



Université Nancy2
Gr.A.P.Co., LabPsyLor (E.A. 3947)

THESE

Présentée pour l'obtention du grade de
Docteur en Psychologie de l'Université Nancy2

Par
Fabien BELTRAME

COMPORTEMENT NON VERBAL ET SITUATION D'INTERACTION

Quand la gestuelle des mains revendique un rôle cognitif de
support des représentations pour la résolution de problème

Soutenue publiquement le 11 janvier 2006 devant la commission d'examen :

Directeur	Paul DICKES	Professeur, Université Nancy2
Co-directrice	Anne-Marie TONIOLO	Maître de conférences, Université Nancy 2
Rapporteur	Bernard RIME	Professeur, Université de Louvain, Belgique
Rapporteur	Even LOARER	Professeur, Université Paris X-Nanterre
Examineur	Christian BRASSAC	Maître de conférences habilité, Université Nancy 2

"On ne se crée point de vieux camarades. Rien ne vaut le trésor de tant de souvenirs communs, de tant de mauvaises heures vécues ensemble, de tant de brouilles, de réconciliations, de mouvements du cœur. On ne reconstruit pas ces amitiés-là. Il est vain, si l'on plante un chêne, d'espérer s'abriter bientôt sous son feuillage (. . .) Telle est la morale que Mermoz et d'autres nous ont enseignée. La grandeur d'un métier est peut-être, avant tout, d'unir des hommes : il n'est qu'un luxe véritable, et c'est celui des relations humaines."

Antoine de Saint-Exupéry – Terre des hommes (1939, p. 35)

"Les grandes personnes aiment les chiffres. Quand vous leur parlez d'un nouvel ami, elles ne vous questionnent jamais sur l'essentiel. Elles ne vous disent jamais : "Quel est le son de sa voix ? Quels sont les jeux qu'il préfère ? Est-ce qu'il collectionne les papillons ?" Elles vous demandent : "Quel âge a-t-il ? Combien a-t-il de frères ? Combien pèse-t-il ? Combien gagne son père ?" Alors seulement elles croient le connaître. Si vous dites aux grandes personnes : "J'ai vu une belle maison en briques roses, avec des géraniums aux fenêtres et des colombes sur le toit . . ." elle ne parviennent pas à s'imaginer cette maison. Il faut leur dire : "J'ai vu une maison de cent mille francs." Alors elles s'écrient : "Comme c'est joli !".

Antoine de Saint-Exupéry – Le petit prince (1943, p. 19)

« Le mime qui se désintéresse du sentiment humain ne fait que du théâtre de mouvement »

Marcel Marceau

Remerciements

En tout premier lieu je souhaiterais transmettre à monsieur le professeur Paul Dickes, mon directeur de thèse, toute la reconnaissance qui est la mienne pour la confiance qu'il a toujours accordée à ma démarche. Qu'il sache ici combien cela est stimulant que de travailler sous son aura. Et madame Anne-Marie Toniolo, mon "accompagnatrice" de thèse, qui a toujours su maintenir l'intérêt et réveiller ma curiosité dans les inévitables moments de doute. De cette collaboration de maintenant 8 années avec le laboratoire Gr.A.P.Co, je garderai un savoir faire, un savoir être, une fidélité qui au fil du temps s'est transformée en collaboration que j'espère durable.

Je souhaite également adresser toute ma reconnaissance à messieurs Rimé, Loarer et Brassac d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

Cette page serait incomplète si je n'évoquais ici ce millier d'inconnues et d'inconnus qui ont offert à mon regard leur gestuelle sans savoir qu'elle alimenterait mon raisonnement. Un restaurant, une terrasse de café, un quai de gare, un comptoir d'aéroport, une pause café, une séance de formation, une réunion de travail, un colloque, mille lieux, mille moments et mille gestuelles des mains qui m'ont révélés combien chacun donne à son geste la couleur qui le rend si personnel. Je tiens à remercier tous ces anonymes qui ne liront peut-être jamais ce document. Un document qui pourtant s'inspire de la prosodie de leur gestuelle.

Anne, Didier, Raphaëlle, Christian, Graziela, Hervé, Nathalie, Cyril, Christelle, Pascal, Patricia, Stéphane, Nancy, Jérôme, Bernie, Jean-Pierre, Nelly, Jérôme, Chantal, Dominique, Valérie, Jean, Angélique, Bernadette, Isabelle, Gérard, Ginette, Christiane, Anne, Stéphane, Rosine, Bruno, Anne, Benoît, Stéphanie, Valérie, Vincente, Jean, Fatima, Jacky, Anne, Raoul, Raphaëlle, Sébastien, Maud, Jean-Pierre, Francine, Elisabeth, Jean, Renée, Francis, Blandine, Maurice, Berthe, Jean-Baptise, Suzanne, Serge, Régine.

Au terme de la lecture de cette page, il est fort probable que vous n'ayez pas retenu la totalité des personnes citées. Toutefois, l'effet de recense et l'effet de primauté, des mécanismes de la mémoire, auront conjugués leurs talents pour vous aider à retenir les premiers et les derniers de cette longue liste. Une manière, un peu détournée je l'avoue, de mettre en exergue les personnes les plus importantes à mes yeux mais également de faire une entrée à la fois en matière et en douceur . . .

A Séverine

Sommaire

INTRODUCTION - REVISITER LE FILM DES INTERACTIONS POUR REDONNER A LA GESTUELLE DES MAINS LE ROLE QUI LUI REVIENT	13
UNE RESOLUTION DE PROBLEME EN COLLECTIF	13
LE PLAN DE LA THESE	15
CHAPITRE I : UNE SITUATION DE RESOLUTION DE PROBLEME : L'INGENIERIE CONCOURANTE.....	21
1. RESOLUTION DE PROBLEMES : DE L'INDIVIDUEL AU COLLECTIF	21
1.1. LE SUJET FACE A SA TACHE	24
1.1.1. <i>Les processus cognitifs, processus supérieurs</i>	25
1.1.2. <i>Les processus de plus bas niveau</i>	27
1.2. LES STRATEGIES, HEURISTIQUES ET ALGORITHMES	30
1.2.1. <i>La démarche descendante</i>	32
1.2.2. <i>La démarche ascendante</i>	33
1.2.3. <i>La décision</i>	34
1.3. LA TACHE PROPOSEE AU SUJET : SES CARACTERISTIQUES	37
1.3.1. <i>Les différents types de tâche</i>	37
1.3.2. <i>De la conception à la situation d'ingénierie concourante</i>	40
1.4. LES SUJETS FACE A LEUR TACHE : CONCEVOIR A PLUSIEURS	44
1.4.1. <i>La planification dans le processus de conception distribuée</i>	45
1.4.2. <i>Place des contraintes dans la conception distribuée</i>	46
CHAPITRE II : RESOUDRE UN PROBLEME EN GROUPE : LA NECESSITE DE COMMUNIQUER.....	49
2. RAISONNER COLLECTIVEMENT : DU GROUPE AUX INTERACTIONS.....	49
2.1. LA CONSTITUTION DU GROUPE	49
2.1.1. <i>Le nombre de participants</i>	49
2.1.2. <i>Particularité de notre situation collective</i>	51
2.2. TRAVAIL COLLECTIF, COLLABORATION, COOPERATION.....	52
2.2.1. <i>La co-présence des individus</i>	54
2.2.2. <i>Collaboration et conception : co-concevoir</i>	56
2.3. LA COLLABORATION : UN PROCESSUS COLLECTIF DE PRODUCTION DE REPRESENTATIONS	56
2.3.1. <i>Réunir le groupe : l'origine des interactions</i>	56
2.3.2. <i>La personnalisation</i>	57
2.3.3. <i>L'individuation</i>	58
2.3.4. <i>Les acteurs à l'origine de l'activité collective</i>	59
2.3.5. <i>Relations de confiance et de conflits</i>	60
2.3.6. <i>La confiance comme savant mélange d'opportunité et de risque</i>	60
2.3.7. <i>Le conflit en tant que critique constructive</i>	61
2.4. LES COMPETENCES DES CONCEPTEURS POUR L'ACTIVITE COLLECTIVE	62
2.4.1. <i>La synchronisation cognitive</i>	63
2.4.2. <i>Les objets intermédiaires</i>	64
2.4.3. <i>Langage opératif</i>	66
2.4.4. <i>La prise de décision</i>	68
CHAPITRE III : UNE MODALITE D'INTERACTION SPECIFIQUE : LA GESTUELLE DES MAINS POUR PARTAGER LES REPRESENTATIONS	71
3. LA COMMUNICATION : DU MODELE PRINCEPS DE SHANNON VERS UNE MULTICANNALITE	71
3.1. UNE COMMUNICATION AU SENS LARGE	72
3.1.1. <i>La communication n'est pas l'apanage de l'homme</i>	74
3.1.2. <i>La communication dans notre situation de conception</i>	76
3.1.3. <i>Apprivoiser les autres canaux de la communication</i>	77

3.2.	LA COMMUNICATION NON VERBALE	79
3.2.1.	<i>Communication non verbale et sémiotique</i>	81
3.2.2.	<i>Communication non verbale : son rôle dans l'interaction</i>	83
3.2.3.	<i>Communication non verbale : canal émotionnel</i>	85
3.3.	UNE MODALITE NON VERBALE : LA GESTUELLE DES MAINS	87
3.3.1.	<i>La main</i>	87
3.3.2.	<i>Ontogenèse de la gestuelle des mains</i>	89
3.3.3.	<i>Le geste et la parole, quelle relation ?</i>	91
3.4.	QUELS GESTES POUR NOS TRAVAUX	95
3.4.1.	<i>Le geste coverbal de type illustratif</i>	98
3.4.2.	<i>Exécuter un geste Iconique</i>	101
3.4.3.	<i>Percevoir le geste</i>	101

CHAPITRE IV : UNE REPRESENTATION ANALOGIQUE, LA REPRESENTATION IMAGEE
..... 107

**4. DU TRAITEMENT DE L'INFORMATION A LA REPRESENTATION MENTALE
IMAGEE 108**

4.1.	LA QUETE DU LIEN GESTUELLE - COGNITION	109
4.1.1.	<i>Gestalt et reconnaissance de formes</i>	109
4.1.2.	<i>Structuralisme Piagétien</i>	113
4.1.3.	<i>Une évolution computationnelle</i>	119
4.2.	UNE AUTRE FORME DE REPRESENTATION MENTALE	121
4.2.1.	<i>Le débat "analogue / propositionnel" de l'imagerie mentale</i>	123
4.2.2.	<i>L'expérience de rotation mentale</i>	123
4.2.3.	<i>L'expérience de balayage visuel des images mentales</i>	126
4.2.4.	<i>La critique des propositionnalistes</i>	128
4.2.5.	<i>Intérêt pour notre recherche</i>	129
4.3.	REPRESENTATION VISUO-SPATIALE	130
4.3.1.	<i>Représentation visuo-spatiale et localisation hémisphérique</i>	132
4.3.2.	<i>Représentation visuo-spatiale et différences individuelles</i>	140

**CHAPITRE V : UN OUTIL D'EVALUATION DE LA CAPACITE DE REPRESENTATION
VISUO-SPATIALE..... 147**

5. EXPERIENCE 1 : EVALUER L'APTITUDE SPATIALE..... 147

5.1.	LES DIFFERENTS TYPES D'EVALUATION DE L'APTITUDE SPATIALE	147
5.1.1.	<i>Les inventaires</i>	148
5.1.2.	<i>Les questionnaires</i>	149
5.1.3.	<i>Les épreuves objectives</i>	151
5.1.4.	<i>La nature de la tâche</i>	153
5.2.	VERS L'AMELIORATION D'UN OUTIL EXISTANT	157
5.2.1.	<i>Choix de l'outil d'évaluation</i>	157
5.2.2.	<i>Amélioration de la qualité écologique</i>	159
5.2.3.	<i>Les nouveaux items</i>	160
5.3.	PRE VALIDATION DE NOTRE OUTIL D'EVALUATION	162
5.3.1.	<i>La passation</i>	162
5.3.2.	<i>La population</i>	163
5.3.3.	<i>Les résultats</i>	165
5.3.4.	<i>L'homogénéité et la fidélité de la mesure de nos items</i>	168
5.3.5.	<i>L'analyse d'items</i>	170
5.3.6.	<i>Choix des items</i>	173
5.4.	CONTRE VALIDATION	175
5.4.1.	<i>La population</i>	175
5.4.2.	<i>Les résultats</i>	176
5.4.3.	<i>L'homogénéité et la fidélité de la mesure de nos items</i>	178
5.4.4.	<i>Indice de difficulté</i>	179
5.4.5.	<i>Indice de discrimination</i>	180
5.4.6.	<i>Contenu spatial de notre outil</i>	181

CHAPITRE VI : EVALUER L'IMPACT DU GESTE COVERBAL DE TYPE ILLUSTRATIF. 185

6. EXPERIENCE 2 : EVALUER L'IMPACT DU GESTE COVERBAL ILLUSTRATIF	185
6.1. LES NECESSAIRES TATONNEMENTS D'UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL ORIGINAL	187
6.1.1. <i>Les hypothèses opérationnelles</i>	187
6.1.2. <i>Construction du dispositif pré expérimental</i>	188
6.1.3. <i>Les hypothèses opérationnalisées</i>	189
6.1.4. <i>Résultats</i>	190
6.1.5. <i>Discussion</i>	193
6.2. CONCEPTION DU DISPOSITIF	195
6.2.1. <i>Les hypothèses opérationnelles</i>	196
6.2.2. <i>Conception du contenu</i>	198
6.2.3. <i>La modalité de présentation</i>	205
6.2.4. <i>Assemblage des 21 items</i>	207
6.2.5. <i>Les hypothèses opérationnalisées</i>	210
6.3. RESULTATS	211
6.3.1. <i>La population</i>	211
6.3.2. <i>Tableau récapitulatif des résultats</i>	222
6.3.3. <i>Gestuelle et capacité de représentation visuo-spatiale</i>	227
6.4. DISCUSSION.....	229
CHAPITRE VII : REPRESENTATION VISUO SPATIALE ET GESTE COVERBAL EN SITUATION COLLECTIVE DE RESOLUTION DE PROBLEME	233
7. REPRESENTATION VISUO-SPATIALE ET GESTE COVERBAL DANS UNE SITUATION COLLECTIVE DE RESOLUTION DE PROBLEME.....	233
7.1. CARACTERISTIQUES DE LA SITUATION DE CONCEPTION.....	234
7.1.1. <i>Le choix de la tâche</i>	234
7.1.2. <i>Le rôle des participants</i>	235
7.1.3. <i>Protocole expérimental</i>	236
7.1.4. <i>Transposition à la situation expérimentale</i>	239
7.2. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	239
7.2.1. <i>Premier objet : la moto</i>	241
7.2.2. <i>Deuxième objet : l'hélicoptère</i>	242
7.2.3. <i>Environnement de la situation expérimentale</i>	243
7.3. PREMIERE EXPERIMENTATION.....	244
7.3.1. <i>Résultats</i>	245
7.3.2. <i>Discussion</i>	246
7.3.3. <i>Ajustements du dispositif expérimental</i>	248
7.4. SECONDE EXPERIMENTATION DU DISPOSITIF	250
7.4.1. <i>Résultats</i>	251
7.4.2. <i>Discussion</i>	252
7.4.3. <i>Ajustements du dispositif expérimental</i>	253
7.5. REUNIR 3 PARTICIPANTS POUR UN EXERCICE DE CONCEPTION.....	254
7.5.1. <i>Méthode</i>	254
7.5.2. <i>Résultats</i>	260
7.6. DISCUSSION.....	270
7.6.1. <i>Atteinte du premier objectif : nommer l'objet</i>	270
7.6.2. <i>Atteinte du second objectif : assemblage des pièces</i>	272
CHAPITRE VIII : DISCUSSION	279
8. DISCUSSION	279
8.1. EVALUATION DE LA REPRESENTATION VISUO-SPATIALE	279
8.2. ROLE DU GESTE DANS LA TRANSMISSION D'INFORMATION	283
8.3. GESTUELLE EN SITUATION DE RESOLUTION DE PROBLEME	285
CHAPITRE IX : CONCLUSION.....	289
9. CONCLUSION GENERALE	289
9.1. PROLONGEMENTS THEORIQUES	289
9.2. PROLONGEMENTS PRATIQUES	291

BIBLIOGRAPHIE	295
FIGURES ET TABLEAUX.....	315
FIGURES	317
TABLEAUX.....	318
ANNEXES I : ANNEXES DU CHAPITRE V.....	327
CONSIGNE:.....	327
ANNEXES II : ANNEXES DU CHAPITRE VI.....	327
ITEM 1.....	328
ITEM 2.....	331
ITEM 3.....	334
ITEM 4.....	338
ITEM 5.....	342
ITEM 6.....	346
ITEM 7.....	350
ITEM 8.....	353
ITEM 9.....	357
ITEM 10.....	361
ITEM 11.....	364
ITEM 12.....	367
ITEM 13.....	371
ITEM 14.....	374
ITEM 15.....	378
ITEM 16.....	381
ITEM 17.....	385
ITEM 18.....	388
ITEM 19.....	391
ITEM 20.....	395
ITEM 21.....	398
ANNEXES III : ANNEXES DU CHAPITRE VII.....	402
CONSIGNE.....	402
EXERCICE "LA MOTO"	405
EXERCICE "L'HELICOPTERE"	407

Introduction - Revisiter le film des interactions pour redonner à la gestuelle des mains le rôle qui lui revient

Il y a quelques années, trois cent cinquante deux mille six tout au plus, notre ancêtre *homo erectus* a l'idée de mettre en forme un silex pour en faire une arme qui l'aidera dans son activité de chasse. Quelques temps plus tard, environ deux cent cinquante mille années, son cousin de néanderthal améliore la technique de taille dans ce qu'il convient d'appeler aujourd'hui *débitage Levallois* (Boëda, 1993). Cette évolution de la compétence technique de taille du silex lui permet d'améliorer l'efficacité de son activité de chasse du gibier. A la manière de monsieur Jourdain, nos ancêtres, vraisemblablement sans le savoir, ou pour le moins sans le nommer ainsi, ont fait preuve de conception et d'innovation.

Cette introduction, en forme de boutade, pose le cadre très général de notre problématique. En effet, qu'il soit seul au fond de sa grotte des Ermitons, en plein cœur du massif montagneux de l'Alta Garrotxa, sur le versant sud des Pyrénées Orientales ou bien en famille, dans la cuisine de l'appartement, perplexe devant le tout nouveau robot multi usages de madame, l'individu qui intéresse nos travaux est constamment confronté à un environnement qui lui demande de s'adapter. Que se soit pour un besoin fondamental, sa survie, ou bien pour une solution de confort, automatiser une tâche qu'il ne souhaite plus exécuter lui-même, notre individu est au cœur de situations qui lui posent des problèmes qu'il doit résoudre. Dès lors, la conception, l'innovation et la manipulation d'outils deviennent des activités centrales dans son quotidien. A tel point que ces activités sont parties intégrantes d'un système de travail et s'érigent en activités industrielles au service de la satisfaction des besoins de toute la société. On comprend alors, face à cette dimension sociétale, que l'activité de conception ne puisse s'envisager individuellement. L'individu ne peut agir seul puisque son environnement est peuplé d'autres individus. Il doit donc composer avec ses *alter ego* et envisager, avec eux, des solutions à leurs problèmes. Ainsi la résolution de problème devient un enjeu collectif.

Une résolution de problème en collectif

En introduisant les termes de conception et d'innovation, nous avons souhaité engager nos travaux dans une voie bien particulière : celle de

l'accompagnement des mutations dans les organisations de travail. En effet, notre problématique ne prétend pas s'emparer du concept de résolution de problème au sens large (Richard, 1994) mais profite d'une évolution récente d'une telle situation en milieu industriel pour montrer ce que le psychologue peut apporter à la compréhension des processus en jeu.

En effet, depuis quelques temps, sous la pression d'un environnement concurrentiel exacerbé, l'industrie doit optimiser ses processus de conception. Ainsi, comme nous l'explique Midler (1996), la création d'un produit moderne est très éloignée des croquis de Léonard de Vinci, la conception n'est plus l'affaire d'individus mais d'organisation.

Dans ce nouveau contexte, les individus, qui autrefois se partageaient la démarche de résolution du problème en fonction des compétences de chacun, décident maintenant de se réunir pour raisonner ensemble sur leur problème commun. Et c'est précisément ici, dans cette rencontre, nous semble-t-il, que le psychologue apporte sa contribution la plus significative. En effet, au-delà du contenu de la tâche qui relève de la technique de conception à proprement parler et qui intéresse le champ disciplinaire des sciences pour l'ingénieur (SPI), cette organisation, pour reprendre le terme de Midler, réunit des concepteurs. C'est-à-dire des individus avec leurs compétences certes, mais également avec leurs personnalités, leurs différences, leurs stratégies de raisonnement etc . . . autant de composants de la situation qu'il convient d'appréhender correctement afin que le processus de résolution de problème en bénéficie, c'est-à-dire que ce collectif devienne plus que la somme de ses parties.

Prétendre que le psychologue peut éclairer le fonctionnement du collectif de travail n'est pas une idée novatrice. En effet, du côté de la résolution de problème, même si la conception n'est envisagée que comme un cas particulier de problème d'arrangement à but mal défini (Bonnardel et Tamara, 1996 ; Hoc, 1987 ; Richard, 1993, 2002), la psychologie cognitive se propose d'apporter des réponses en terme de raisonnement mis en œuvre pour atteindre l'objectif de la conception. Du côté de la psychologie du travail, il s'agit d'appréhender la situation de conception comme une activité collective qui met en œuvre des processus collaboratifs (Darses, 2001 ; Leplat, 1994 ; de Terssac et Rogalski, 1994).

C'est donc dans la rencontre, et nous venons de le voir, dans la nécessaire collaboration des individus que l'apport de la psychologie trouve sa pertinence. Cette collaboration est alors inévitablement liée aux échanges entre individus, ce qui donne une place de choix à la communication. Ainsi collaboration et communication ne sauraient s'envisager indépendamment dans la mesure où ce qui fonde le travail collectif réside dans les échanges.

Le langage parlé, vraisemblablement parce qu'il est le propre de l'homme, mais également le support de la partie la plus visible de sa communication, concentre la plus grande partie des contributions de la psychologie lorsqu'il s'agit de ce collectif de travail (Navarro et Marchand, 1994 ; Falzon, Darses et Sauvagnac, 1998 ; Brassac, Gregori, Grosjean, 1997).

Pourtant, plusieurs auteurs ont lancé, nous semble-t-il, quelques appels du pied à la psychologie pour qu'elle apporte des précisions sur le caractère multimodal de la communication. Falzon par exemple, lorsqu'il s'interroge sur le statut des communications dans le travail, nous explique qu' "*une bonne part de la communication fonctionnelle passe par des échanges non verbaux (gestes, mimiques, représentations imagées ...)*" (Falzon, 1994, p. 301). Ou bien encore Rogalski, lorsqu'elle envisage la formation aux activités collectives, avance que "*la communication - dans ses modalités verbales et non verbales - est un outil majeur des acteurs pour cette coordination, mais les représentations (mentales) y tiennent en "amont" un rôle majeur.*" (Rogalski, 1994, pp. 372).

Il nous semble que cet appel n'a pas encore été entendu et comme il coïncide avec nos centres d'intérêts, nous proposons nos travaux dans le sens d'une contribution de la réponse de la psychologie à cet aspect, non encore éclairé, de la communication non verbale en situation de collectif de travail.

Le plan de la thèse

Dans son développement, notre thèse reprend le parcours qui nous a amené jusqu'à la présentation de ces travaux. Un aboutissement de plusieurs années de recherche entremêlées d'une expérience professionnelle qui se sont enrichies l'une l'autre. De notre rencontre avec le laboratoire Gr.A.P.Co. (Groupe d'Analyse Psychométrique des Conduites) a émergé un centre d'intérêt pour l'observation et l'analyse des conduites sous un éclairage quantitatif. Ce centre d'intérêt, nous l'avons appliqué à la situation d'ingénierie concourante par ailleurs présente dans notre parcours personnel à travers notre cursus de formation. Ainsi, la psychologie nous proposant de passer de l'autre côté de la scène, nous avons laissé le costume d'acteur pour celui d'observateur beaucoup plus de notre goût.

De notre expérience professionnelle de psychologue du travail puis ingénieur de bureau d'étude de l'AFPA (Association Nationale pour la Formation Professionnelle des Adultes) nous avons utilisé le pragmatisme indispensable lorsqu'il s'agit d'analyser et de favoriser l'adaptation de l'homme à son poste de travail. Ce mélange, au demeurant très homogène, nous a conduit à chercher, dans la rencontre des ingénieurs qui doivent trouver une solution au problème qui leur est soumis, le sens qu'ils confient à l'outils le plus basique dont ils disposent : leurs mains.

De la situation de conception industrielle en tant que résolution de problème jusqu'à l'utilisation de la gestuelle des mains, le chemin passe inévitablement par deux étapes incontournables que sont les interactions envisagées en tant que communication et les représentations en tant que support partagé des processus cognitifs.

Ainsi, la première section, théorique, suit ce cheminement. Partant du constat que l'individu est en permanence confronté à des problèmes qu'il doit résoudre (chapitre un), nous précisons le concept de résolution de problème puis suivons la voie du travail collectif, c'est-à-dire d'une résolution qui n'est pas confiée à un individu mais à plusieurs individus interdépendants par les compétences spécifiques qui sont les leurs.

Cette résolution, devenue collective, ne peut se contenter d'additionner des propriétés individuelles. La particularité de cette situation est alors discutée (chapitre deux) depuis la taille du collectif jusqu'à la production d'un espace référentiel commun en passant par les interactions nécessaires au partage des représentations des individus engagés dans le groupe de travail. Ces interactions sont multiples et nombreuses. Il nous faut donc faire un choix et nous suivons la direction de la communication non verbale (chapitre trois). Cette forme d'interaction non langagière nous apparaît, au travers de nombreux travaux et depuis de nombreuses années, sous un jour essentiellement porteur d'information émotionnelle. Par ailleurs, cette voie présente à son tour de nombreuses ramifications devant lesquelles il nous faut faire un choix tant le terme, qui se définit par ce qu'il n'est pas, recouvre un spectre très large de comportements. Quelques traces résiduelles d'un cursus en ingénierie maintenant lointain alimentent vraisemblablement une intuition qui nous oriente vers la gestuelle des mains. Et c'est ici que nous choisissons de bifurquer pour emprunter un chemin que l'on pourrait qualifier de vicinal. En effet, plus rare sont les recherches qui envisagent la communication non-verbale sous un éclairage cognitif. C'est donc cette piste que nous suivons maintenant en nous interrogeant sur le lien qu'il nous faut découvrir entre l'exécution du geste de la main et sa représentation cognitive (chapitre quatre). Ainsi, nous montrons que ce geste possède des propriétés d'analogie avec le contenu verbal qui le rend apte à devenir le support des représentations mentales analogiques elles aussi, c'est-à-dire des représentations mentales imagées.

Cette exploration théorique ouvre les portes de la deuxième section, c'est-à-dire de la voie opérationnalisée du lien plausible que nous nous avons identifié entre le geste de la main et la représentation imagée.

Ainsi, la seconde section propose de reprendre le chemin qui mène de la représentation mentale imagée vers la résolution de problème collective en

illustrant chaque étape par un dispositif expérimental, conçu pour l'occasion et pour l'étude du geste en tant qu'outil cognitif. En effet, si le geste influence les représentations imagées, comme le chapitre quatre nous l'explique, alors nous devons disposer d'un outil d'évaluation de cette capacité qu'ont les individus d'utiliser cette forme de représentation. Or, les tests que nous avons étudiés ne satisfont pas pleinement notre besoin. C'est pourquoi nous proposons une adaptation d'un outil existant (chapitre cinq). Muni de cet instrument d'évaluation, qui nous permet de situer les participants à nos expériences par rapport à cette capacité de représentation cognitive, nous pouvons, dans un premier temps, étudier l'impact du geste de la main pour l'élaboration de la représentation (chapitre six). Pour ce dispositif expérimental, il ne s'agit pas encore de communication non verbale puisque l'interaction n'est pas possible. Mais cette étape est incontournable car elle permet de mieux identifier le rôle du geste lorsqu'il est sollicité pour une transmission d'information. Ce faisant, nous pouvons ensuite le retrouver dans le cadre, cette fois, d'une interaction non verbale et dans un second dispositif expérimental qui se veut proche de la situation de conception en situation collective (chapitre sept).

Ces illustrations opérationnelles donnent alors les clés de la troisième section, c'est-à-dire du lieu de discussion et de conclusion de ce travail. En effet, dans une approche plus globale de leur apport aux points développés dans la première section, les résultats feront l'objet d'une lecture critique (chapitre huit). Enfin, viendra le moment de conclure, pour le moins partiellement, l'ensemble de notre démarche (chapitre neuf).

Première section

La cognition en situation collective, un partage de représentation

Chapitre I : Une situation de résolution de problème : l'ingénierie concourante

Une approche systémique des organisations sociales (Katz et Kahn, 1978) permet de considérer l'individu comme une entité plongée dans un environnement au sein duquel il évolue et produit des comportements en réponse aux situations qui se présentent à lui. Toutes ces situations sont, pour lui, autant de problèmes qu'il doit résoudre.

Nous proposons, dans ce premier chapitre, de nous intéresser à cette situation problème et aux comportements adoptés par l'individu pour résoudre et apporter une réponse. Ce nécessaire éclairage de ce que l'on entend par résolution de problème nous permettra alors de définir la situation la plus adaptée à notre recherche.

1. Résolution de problèmes : de l'individuel au collectif

L'individu que nous nous proposons d'étudier dans nos travaux, est un individu qui évolue dans un environnement. Nous entendons ici un environnement au sens le plus large, c'est-à-dire tous les éléments physiques, vivants, matériels, immatériels, etc qui sont susceptibles d'entrer en action avec lui. Ainsi, face aux sollicitations de cet environnement, les individus doivent composer des réponses pour évoluer dans le sens d'une bonne adaptation. Ces réponses, lorsqu'elles ne relèvent pas d'une exécution systématique, deviennent des conduites intelligentes dites de "résolution de problèmes" dans la mesure où les paramètres de la situation se définissent en terme de problème. Ainsi, Richard (2005) distingue deux types de situations suivant qu'elles mettent en jeu des activités d'exécution ou qu'elles requièrent des activités de résolution de problème.

Arrêtons nous un instant sur ces deux activités afin de préciser ce qui les différencie et, ainsi de faire un premier choix dans la voie que suivront nos travaux.

S'intéresser à la résolution de problème pour un psychologue, c'est porter un regard sur les activités que l'individu met en œuvre pour raisonner et conduire son raisonnement. En effet, la réponse adaptée qu'il va produire repose sur ce raisonnement. Il s'approprie les informations de son environnement, les transforme en une représentation interne d'un état de chose (*state of affairs*) du monde extérieur (Johnson-Laird, 1983). Il peut alors, pour composer ses réponses qu'il estime adaptées, vérifier des hypothèses, concevoir des alternatives sur cette construction interne de la réalité. Ce

construit, produit de l'esprit, recouvre deux concepts qu'il convient de définir pour notre objectif de distinction entre activités d'exécution et activités de résolution de problème.

Lorsque la construction est liée à la situation et aux particularités de la tâche, elle est particularisée, occasionnelle et intimement liée à l'événement et à l'instant qui l'inscrivent dans une certaine durée. Il s'agit, dans ce cas, de structures circonstancielles (Ehrlich, 1985) ou, plus récemment, de l'acceptation du terme représentation de Richard (2002). Nous aurons l'occasion de revenir sur ce terme de représentation pour en préciser la perspective qui est la nôtre pour nos travaux.

Lorsque la construction n'est plus directement liée à la tâche, qu'elle est stockée en mémoire à long terme, elle fait preuve d'une certaine stabilité et s'y maintient sous la même forme tant que l'expérience ou l'apprentissage ne la modifie pas. Il s'agit alors de structures permanentes (Ehrlich, 1985) ou, pour continuer avec les choix sémantiques de Richard (2002), de connaissances.

Ainsi, lorsque les connaissances stockées sous forme de schémas d'action en mémoire à long terme suffisent à définir les actions, et l'ordonnement de ces actions pour la réalisation de la tâche alors il s'agit d'activités d'exécution. Ces activités peuvent être automatisées si une procédure spécifique propre à répondre à la situation le permet ou non automatisées lorsque des procédures générales existent en mémoire mais doivent être adaptées pour répondre à la situation. Et lorsque la représentation de la situation ne permet pas d'accéder aux connaissances suffisantes pour élaborer un enchaînement d'actions permettant la réalisation de la tâche pour l'atteinte de son objectif il s'agira d'activité de résolution de problème (Richard, 1993).

Ainsi il convient de distinguer les conduites de résolution de problèmes des activités d'exécution. Cette distinction repose à la fois sur les connaissances stockées en mémoire à long terme et sur la représentation que l'individu se construit de la situation. Nos travaux s'intéressent à cette représentation de la situation que le sujet élabore. Et particulièrement lorsque cette représentation le confronte à une situation pour laquelle il ne possède pas de procédure d'exécution. C'est-à-dire aux activités que met en œuvre un sujet lorsqu'il ne dispose pas de solution a priori. Il est donc, de ce point de vue, confronté à un problème pour lequel il doit envisager sa résolution.

Reuchlin (1993) évoque la résolution de problème comme d'une situation qui exige une réponse adaptative que le sujet ne peut fournir en utilisant directement les conduites dont il dispose déjà. Avant lui, Oléron (1963) parlait de situation pour laquelle le répertoire de réponses immédiatement disponible chez un sujet ne permet pas à celui-ci de fournir une réaction

appropriée comme pouvant relever d'une situation problème. Plus récemment, on parle de résolution de problème ou encore de conduites intelligentes, dès lors que les conduites ne sont pas « *uniquement régulées par des processus qui relèvent de programmation héréditaires* » (Weil-Barais A., 1991, p. 106).

On le voit, les critères qui permettent d'établir la notion de résolution de problème apparaissent dans la tâche proposée au sujet mais également dans le comportement, c'est-à-dire dans la réponse qu'apporte le sujet au problème posé. Cette situation doit donc être regardée sous le double point de vue de la tâche et de l'individu qui met des compétences et des capacités au service de la résolution.

En effet, comme nous venons de le voir, lorsque la tâche seule, ne peut suffire à distinguer l'activité d'exécution de l'activité de résolution de problème, alors il convient d'envisager les différences entre individus pour éclairer le fait que certaines tâches sont des problèmes pour les uns alors qu'elles sont des situations d'exécution pour d'autres. Imaginons, en effet, une épreuve de sériation de huit baguettes de différentes longueurs. L'exercice proposé à l'adulte sera résolu rapidement, sans peut-être même qu'il se rende compte de la complexité des raisonnements qui sont les siens. En revanche, le même exercice devient un "problème" insoluble pour le jeune enfant qui ne dispose pas des mêmes compétences. Cette différence apparaît également entre deux individus de même âge. On parle alors de différence de flexibilité mentale au cours de cette activité de résolution de problème. Pour Clément (2000) cette flexibilité mentale révèle une plus ou moins grande capacité à changer de point de vue sur la situation lorsque la première interprétation ne permet pas de trouver la solution. La flexibilité mentale peut alors être regardée sous l'angle d'un processus qui guide l'activité de l'individu pendant sa résolution du problème. Ainsi, pour une même situation, un faible niveau de flexibilité empêchera un individu de progresser vers la solution alors qu'un plus haut niveau permettra à un autre de réajuster ses comportements pour s'adapter à la situation et cheminer vers la solution.

Dans notre perspective, que nous avons envisagée systémique, l'on voit se dessiner les premières interactions. Il s'agit ici de l'individu et la tâche qui lui est proposée. Notre situation de résolution de problème se précise et devient le rendez-vous, provoqué ou non, d'un individu et d'une tâche. Ainsi, de l'individu et ses capacités à la tâche et ses caractéristiques en passant par le cheminement qu'il met en œuvre, il nous faut éclairer l'ensemble de ce système. En effet chez l'individu nous trouverons les mécanismes qu'il mobilise et sur lesquels nous pourrions appuyer notre développement. Et dans la tâche nous trouverons les caractéristiques pertinentes à lui proposer.

1.1. Le sujet face à sa tâche

Le sujet, à qui nous allons soumettre un problème, va découvrir la tâche. Au cours de cette étape, il s'approprie les différents éléments qui la constitue – éléments de différente nature : objets, règles, relations entre les éléments etc ... Ainsi il construit sa représentation de la situation par interaction avec son environnement. Cette étape de découverte et de construction de sa représentation sert de point de départ aux confrontations qu'il organise avec les connaissances qu'il possède par ailleurs. Connaissances qu'il a acquises au fil de son existence et de ses expériences, liées ou non à d'autres situations où il a dû résoudre un problème. De cette utilisation des représentations et connaissances va naître les raisonnements que notre sujet est à même de mettre en œuvre dans son exercice de résolution.

Les stratégies cognitives, mobilisables par le sujet, sont donc dépendantes de déterminants cognitifs : les connaissances du sujet, sa représentation de la situation et les modes de raisonnements dont il est capable.

Toutes ces opérations de traitement d'information, qui participent à la mise en œuvre de la stratégie de résolution de l'individu, utilisent des structures de stockage qui ont leurs propres caractéristiques de fonctionnement. Les raisonnements, la construction des représentations, et plus généralement toutes les opérations élémentaires ont leur propre nature et leurs propres contraintes qui conditionnent la réalisation des opérations complexes de traitement.

Les stratégies cognitives sont donc également dépendantes de structures cognitives qui les supportent : les contraintes de stockage et de récupération de l'information, des contraintes attentionnelles et la durée d'exécution de chaque opération qui compose la méthode ou stratégie de résolution du problème.

Pour le sujet, toutes ses actions et pour ce qui intéresse nos travaux, toutes les traces observables de sa méthode de résolution du problème, sont donc intimement liées à ces processus et structures cognitifs. Ainsi, en envisageant le répertoire des comportements qu'il va pouvoir mettre en œuvre sous la dépendance de ces processus et structures, nous voyons apparaître une première source de différence entre les individus. Et nous approchons ici, le niveau de compétences et de capacité de l'individu, que nous avons évoqué plus avant, qui peuvent être à l'origine des différences de comportement que nous pourrions observer entre les sujets.

1.1.1. Les processus cognitifs, processus supérieurs

Comme nous venons de le voir, le sujet qui se lance dans une nouvelle résolution de problème n'est jamais complètement vierge de toutes connaissances. Et c'est en mobilisant ses connaissances au profit de son raisonnement qu'il va mener son activité de résolution. Cette notion de connaissance est aujourd'hui bien connue et communément admise, néanmoins nous prenons le temps de reposer les deux formes usuelles de connaissance car elles jouent un rôle non négligeable dans notre problématique.

Si l'on reprend l'exemple canonique du "nœud de cravate" que l'on présente à un sujet, celui-ci va nous confier : "je sais que c'est un nœud de cravate". Mais il peut également déclarer : "je sais comment faire un nœud de cravate". Le lecteur comprendra aisément que le sujet a fait appel à ses connaissances, c'est-à-dire à ses acquis antérieurs. Mais de la sorte, il exprime deux formes de connaissances différentes. Ces deux connaissances se distinguent l'une de l'autre par leur contenu.

La première forme de connaissance, qui donne des informations sur un objet, est dite "déclarative". Et la seconde, qui fait référence aux procédures à mettre en œuvre et aux conditions d'utilisation de ces procédures est dite "procédurale" (Weil-Barais, 2001).

Cette distinction des connaissances, que l'on peut rapprocher de la catégorisation en savoir et savoir-faire, est fréquemment utilisée. Toutefois, d'autres distinctions sont possibles. Et parce qu'elles introduisent des caractéristiques susceptibles de différencier un individu d'un autre, elles nous paraissent plus appropriées et plus pertinentes pour notre démarche.

Commençons par ce qui nous semble être les connaissances de bases, c'est-à-dire le savoir des objets, des événements. Ce sont toutes ces connaissances que Weil-Barais (2001) décrit sous le terme de connaissances épisodiques. Richard (1996) parle alors de connaissances sur les objets qui relèvent de l'activité de catégorisation. Cette activité consiste à attribuer à l'objet dont il est question, les propriétés de la classe à laquelle il appartient. Cette connaissance sur les objets devient alors un concept, une sorte d'entité cognitive de base, qui permet d'associer un sens aux mots que nous utilisons. Nombre d'auteurs évoquent cette forme de connaissance. Weil-Barais (2001) par exemple, partage cet avis et parle de connaissances conceptuelles. Avec elle, nous pensons qu'il est judicieux de distinguer les concepts naturels, c'est-à-dire ceux que le sujet se forme dans sa vie courante, et les concepts scientifiques, qu'il se formera en recevant et en s'appropriant un enseignement. En effet, le sens que le sujet va associer au mot qu'il utilisera,

va être dépendant de la construction qu'il fera du concept. Gardons en mémoire qu'il utilisera ce concept dans la stratégie qu'il utilisera pour résoudre le problème auquel il sera confronté. En effet, la situation que nous lui proposerons fera nécessairement appel, à un moment ou un autre, à ces deux formes, naturelle ou scientifique, des concepts qu'il manipulera.

Tous ces concepts ne sont pas isolés les uns des autres. Ils cohabitent, non sans une certaine organisation. Cette organisation est qualifiée de relation par certains auteurs. Ainsi Il s'agira de relation de co-occurrence, de co-variance ou encore de contra-variance entre les événements et les objets pour Weil-Barais (2001). Richard (2002) parle lui, de schémas en étendant à tous les contextes relationnels, et non plus seulement aux seules connaissances pragmatiques, les scripts de Schank et Abelson (1977). De la sorte, on ne parlera plus uniquement d'organisation d'événements pour des scènes telle que le restaurant ou la fête d'anniversaire, mais également pour les problèmes de mathématiques, de physique ou encore de mécanique.

Avec ses connaissances de base, qu'il peut catégoriser en concept auxquels il donnera des propriétés et en évitera d'autres et en utilisant ces connaissances suivant des organisations structurées, le sujet se présente devant son problème avec bien plus qu'une simple base de données. En ce sens, nous partageons l'avis de Haton (2003) lorsqu'il explique qu'il faut voir dans les connaissances, deux systèmes imbriqués, c'est à dire une structure de données pour représenter l'information et la méthode associée d'exploitation de cette information. Ainsi les connaissances du sujet dépassent-elles le statisme d'une base de données pour le dynamisme d'une base de connaissances qu'il va pouvoir remodeler au gré de ses expériences.

Nous avons vu, plus avant dans notre texte, qu'une forme de souplesse mentale, la flexibilité permettait à l'individu de s'adapter et opérer les changements nécessaires dans sa représentation de la situation. Cette flexibilité est alors dépendante des connaissances que nous venons de voir. En effet, comme l'explique Clément (2000), les sources de difficulté d'un problème résident dans les processus de compréhension de la situation, une compréhension qui est liée à l'activation et au recouvrement avec des connaissances familières sur les objets et leurs relations impliqués dans le problème. Ainsi, les problèmes qui réactivent des connaissances familières, mais non pertinentes pour trouver la solution, requièrent une plus grande flexibilité mentale pour réussir le changement de point de vue sur la situation.

Muni de ses connaissances, le sujet découvre les différents éléments qui constituent les données du problème qui lui est proposé. Il construit alors sa représentation du problème, c'est-à-dire ce qui lui semble être les éléments constitutifs qui caractérisent ce qui devient sa situation problème. Tous ces processus, nous

l'avons vu, s'appuient alors sur des structures de plus bas niveau. Ce passage par les déterminants infra-cognitifs semblera trivial tant les mécanismes sont connus et les hypothèses suffisamment éprouvées à ce jour. Néanmoins, ils méritent d'être reposés ici car, comme nous allons le voir, ils alimentent judicieusement notre problématique.

1.1.2. Les processus de plus bas niveau

Les processus cognitifs de plus haut niveau, que nous venons de décrire, ne sauraient exister sans structures qui les supportent. A ce jour, la plupart des recherches semblent s'accorder sur un système de stockage de l'information en deux sous-systèmes : une mémoire à court terme (MCT), dont on verra qu'elle est également un espace de travail, et une mémoire à long terme (MLT).

Avec Baddeley (1993), la mémoire à court terme devient mémoire de travail (MdT). C'est un système qui, à la fois stocke l'information pour une courte durée et fait un traitement de cette information. L'auteur propose d'envisager la mémoire de travail suivant un modèle en trois composantes : une *boucle articulatoire* ou *phonologique* qui se charge du maintien et de la manipulation des informations basées sur le langage, un système de *traitement visuo-spatial* relatif au maintien et à la manipulation des informations visuelles ou spatiales et enfin, un *système exécutif central* responsable de la sélection des stratégies et de l'intégration de l'information.

On le voit, dans ce modèle, le système exécutif central joue le rôle de régulateur : il coordonne les différentes activités de la mémoire de travail, contrôle la transmission d'information, gère et coordonne les deux autres systèmes et récupère l'information en mémoire à long terme (Ribaupierre, 1995). Les deux autres systèmes sont alors considérés comme systèmes esclaves et prennent en charge, l'information verbale pour la boucle articulatoire et l'information visuelle pour le système de traitement visuo-spatial.

On voit donc apparaître deux sous-systèmes distingués suivant qu'il s'agit d'informations issues du langage verbal ou d'information visuelle et spatialisée. Notons ici que Baddeley (1993) nous précise que le système visuo-spatial se charge également de l'information verbale qui contient des données spatialisées et qui sera par la suite retenue sous forme imagée.

L'élaboration de ce modèle doit beaucoup au paradigme de tâches duelles, c'est à dire que le chercheur demande à un individu de résoudre une tâche dont il présume qu'elle sollicite l'un des deux systèmes esclaves, tout en lui demandant de réaliser une seconde tâche qui mobilise la composante dont le chercheur souhaite inhiber l'utilisation. Reed (2002) rapporte par exemple, une expérience où le sujet doit reproduire une configuration de pièces sur un

échiquier. Afin de neutraliser l'effet de la boucle articulatoire, il est demandé au sujet de compter mentalement pendant qu'il reproduit la configuration des pièces. Et pour neutraliser le système visuo-spatial, il lui est demandé d'appuyer sur une série de touches dans un ordre prédéterminé. Les résultats révèlent que la suppression de la boucle phonologique n'a pas d'influence sur la capacité des participants à reproduire la configuration des pièces, mais que la suppression du système visuo-spatial altère considérablement leur capacité à replacer correctement les pièces sur l'échiquier.

Ces résultats nous semblent intéressants, car ils permettent, certes, d'illustrer les différentes composantes de la mémoire de travail, mais également de montrer que les individus vont pouvoir s'appuyer sur deux informations, l'une verbale et l'autre visuelle, sans que l'une ne porte préjudice à l'autre. Ce point est toutefois à nuancer car il apparaît, comme nous l'avons vu plus haut avec Ribaupierre (1995) que l'information verbale, dans la mesure où elle contient des données spatialisées, va solliciter le système visuo-spatial.

Une autre caractéristique de la mémoire à court terme, qui la distingue de la mémoire à long terme, est relative à la capacité de stockage. En effet, la taille de l'empan mnésique, c'est à dire le nombre d'items que les individus sont en mesure de se rappeler immédiatement, est d'environ sept éléments. Sur ce point, Reed (2002) rapporte des travaux qui s'intéressent à cet empan mnésique et l'on découvre alors que la taille de sept éléments montre des différences individuelle mais ne varie pas au-delà de sept plus ou moins deux éléments. En fait, cette taille correspond à une performance observée durant les premières étapes de l'apprentissage. En effet, dans une tâche de rétention de tonalités différentes, les individus ont montré une limite supérieure de six stimuli sauf pour un musicien professionnel qui est capable d'en distinguer près de soixante. Ici, ce professionnel s'est appuyé sur son expérience, c'est à dire ses connaissances stockées en mémoire à long terme dont on sait qu'elle n'a pas de limite de capacité. On voit donc apparaître ici une autre forme de différence individuelle, liée à l'utilisation de la mémoire, entre sujets expérimentés et débutants, pour la résolution d'une tâche.

Par ailleurs, nous avons vu un peu plus haut dans ce texte que les connaissances relèvent d'un processus de catégorisation. Reed (2002) rapporte une expérience qui montre qu'en s'appuyant sur des catégories, il devient possible de dépasser les limites de la capacité de la mémoire à court terme. En effet, dans une tâche de rétention de lettres, la présentation de la liste de 14 lettres de la manière suivante : ANP-EED-FAFP-AGD-F montre un rappel correct des lettres dans l'ordre de présentation bien inférieur à la présentation

de la même liste de lettres mais groupées de la manière suivante : ANPE-EDF-AFPA-GDF¹.

L'on constate donc que la capacité de rétention de la mémoire à court terme est impactée par l'effet d'un traitement qui peut accroître cette capacité, comme dans l'exemple ci-dessus ou la diminuer comme dans le cas où le système de traitement est occupé à une autre activité que la tâche à mémoriser, comme nous l'avons découvert plus haut avec la tâche de placement des pièces sur l'échiquier.

Ces caractéristiques de la mémoire de travail, certes bien connues et largement documentées à ce jour, méritaient toutefois d'être rapidement brossées car nous souhaitons les garder à l'esprit pour une bonne compréhension de la résolution de problème qui jalonne notre problématique.

La mémoire à long terme vient se placer en aval de la mémoire de travail et reçoit les informations qui seront stockées pour une durée plus longue. Ainsi, Reed (2002) nous explique que pour retenir longtemps une information, nous devons la sortir de la mémoire à court terme pour l'insérer dans la mémoire à long terme, c'est à dire un stockage plus permanent, qui n'a pas de limites de capacité et qui maintient l'information aussi bien pour quelques minutes que pour la vie entière.

Atkinson et Shiffrin (1968) proposent plusieurs processus de contrôle qui pourraient être utilisés pour faciliter le passage de la mémoire à court terme vers la mémoire à long terme de l'information. Les trois stratégies les plus utilisées sont la *répétition*, le *codage* et la *création d'une image mentale*. La répétition consiste à se répéter l'information, à haute voix ou intérieurement, jusqu'à ce que l'information soit apprise. Le codage consiste à changer le contexte de l'information comme l'utilisation de moyens mnémotechniques par exemple. Ici on pensera à "Que j'aime à faire apprendre un nombre utile aux sages ! Glorieux Archimède, artiste ingénieur," etc . . . dont chaque mot comporte autant de lettres que les décimales du chiffre PI. Et enfin la création d'une image mentale qui consiste à fabriquer mentalement une image des informations à mémoriser.

Ainsi, qu'il s'agisse de la mémoire à court terme et ses capacités de traitement de l'information, mais aussi de la mémoire à long terme, on se rend compte que les expériences destinées à mettre évidence le système de stockage ne se limitent pas au seul matériel verbal. Ce point est particulièrement

¹ Adaptation de l'expérience rapportée par Reed (2002), francisée par nos soins et expérimentée auprès d'une population de 12 personnes de langue française.

intéressant car il révèle que l'information peut être stockée sous diverses modalités. Elle peut donc être maintenue en mémoire sous une forme qui présente des analogies avec son objet.

La mémoire à long terme est donc loin d'être une entité de stockage inerte et seulement disponible quand elle est sollicitée. En effet, il existe un effet d'activation qui joue un rôle important dans la disponibilité des informations pour l'activité cognitive en cours. Cet effet d'activation est emprunt de la notion de contexte. Il semble en effet que plus la distance est courte entre le contexte d'encodage et le contexte de rappel et plus l'information est disponible.

Ehrlich nous parle ici de l'individu qui construit au cours de son développement et de ses apprentissages une base de connaissances stables et permanentes, pôle cognitif des correspondances et des échanges avec l'environnement. (Ehrlich, 1985).

Nous venons de le voir, le sujet dispose de connaissances pour lesquelles il mobilise des processus de fonctionnement. Ces connaissances sont gérées – activation, désactivation, association, etc ... - en lien avec les structures qui les supportent. Tel que nous l'avions envisagé, plusieurs points, sur lesquels nous pourrions nous appuyer ultérieurement, sont venus alimenter notre problématique. C'est le cas de l'information qui peut être verbale mais également visuelle. C'est également la capacité de stockage, certes limitée mais qu'il est possible d'élargir à l'aide de stratégies appropriées. Cet ensemble va pouvoir s'activer et répondre aux stimuli de la situation problème dans une démarche qui nécessite une certaine forme d'organisation. Pour la situation de résolution de problème, cette organisation devient une stratégie que l'individu élabore et applique dans ce qui devient sa réponse.

1.2. Les stratégies, heuristiques et algorithmes

Lorsque le sujet met en œuvre ses raisonnements pour réduire l'écart qui le sépare de son objectif, son cheminement devient une stratégie. Plusieurs possibilités s'offrent à lui. Il peut procéder méthodiquement à l'essai de toutes les possibilités. Cette procédure, algorithmique est, sans conteste vouée au succès mais, en contre partie, elle se révèle longue, coûteuse et fastidieuse. C'est pourquoi le sujet préfère une démarche heuristique qui s'oriente vers l'essai des solutions dont la probabilité de réussite lui semble la plus grande. Démarche moins coûteuse, qui peut se révéler plus rapide, mais dont le succès reste aléatoire.

Au service de ces stratégies le sujet mobilise des compétences. La plus évidente d'entre elles semble être la planification. Il va en effet, anticiper son action et si possible les résultats de son action sur les résultats de celle-ci. Hoc

(1987) nous montre que cette planification diffère suivant que le sujet est un expert ou novice du domaine sur lequel porte la résolution de son problème.

Au-delà de ces stratégies, il nous semble important de prendre en compte la réflexion de notre sujet sur son cheminement et son raisonnement. En effet, avec Richard (2002), nous pensons que l'attention portée aux résultats de l'action est le processus attentionnel, source des connaissances que notre sujet génère tout au long de sa résolution ; connaissances qui lui sont utiles chaque fois qu'il retrouve un état similaire. Cette attention portée aux résultats de l'action est à distinguer de la métacognition telle que définie par Noël (1991). Dans l'acception qu'elle propose, la métacognition est un processus cognitif de second ordre. Lorsque le sujet s'interroge sur ce qu'il découvre du problème, il s'agit de processus cognitifs, puisqu'il s'agit d'une opération mentale exercée sur un contenu. Et lorsqu'il évalue et analyse son comportement pour sa résolution, il s'agit de métacognition parce que l'opération mentale est exercée sur ses propres opérations mentales.

Ainsi, on découvre que le sujet prend en compte les résultats de son action. Si par exemple, il découvre que son action n'a pas eu l'effet escompté et qu'il se retrouve dans une impasse, le chemin qu'il a imaginé, pour aller des données de départ au but, ne convient visiblement pas. Il doit donc modifier la représentation qu'il a de la situation problème. En fait, à chaque instant, son activité est susceptible de faire émerger des incompréhensions qui le questionnent. C'est précisément lorsqu'il est dans cette impasse, c'est à dire qu'il ne progresse plus vers la solution, que le sujet doit revoir et ajuster sa représentation de la situation. En effet, dans sa représentation, le sujet ne trouve plus d'action possible pour avancer dans l'espace de recherche. La représentation du sujet est balisée par un ensemble de contraintes qui autorise certaines actions et en interdit d'autres. Lorsqu'il est dans l'impasse, l'ensemble de contraintes qui forme sa représentation, n'autorise plus aucune action (Clément, 2000).

Ici, Hoc et Amalberti (1999) nous apprennent que le sujet est en mesure de gérer la poursuite de l'interaction avec la situation, éventuellement avec une compréhension limitée du devenir de sa résolution. Et à moyen et plus long terme, il va tenter de reconstruire la cohérence de sa représentation, c'est à dire qu'il va intégrer et donner un sens aux incompréhensions qu'il a repérées en cours de travail.

Ce cheminement des actions vers le but, se distingue généralement en deux types de démarches selon que la planification est descendante ou ascendante (Hoc, 1987). Cette planification amène avec elle la création de sous-buts qui sont autant d'étapes intermédiaires que le sujet juge nécessaires pour jalonner son parcours. Cette génération d'étapes intermédiaires s'inscrit

dans un processus de raffinement qui aboutit à la décomposition d'un but en sous-buts. C'est-à-dire un mécanisme qui permet le passage d'une représentation globale à une représentation détaillée.

Résoudre un problème est une action finalisée. C'est-à-dire qu'elle vise à l'atteinte d'un objectif. La représentation de la situation problème concerne donc le cheminement qui va des données de départ jusqu'au but en passant par les contraintes qui le jalonnent. Le moteur du cheminement est alimenté par les raisonnements. C'est-à-dire des activités dont la finalité est la compréhension ou l'élaboration de décision d'action et orientées vers des inférences plus générales que les informations initiales (inductif) ou orientées vers des inférences plus spécifiques (déductif). Ici, le chemin le plus court des données de départ au but représentera la solution optimale. Ce chemin peut alors être parcouru en suivant des itinéraires différents comme nous allons le voir maintenant.

1.2.1. La démarche descendante

Procéder par une approche descendante c'est aller du général vers le particulier. C'est-à-dire utiliser la relation de raffinement pour décomposer le but général en sous-buts, en se déplaçant dans l'espace problème du haut vers le bas. Ici, le sujet prend comme point de départ, les connaissances qu'il possède du problème, c'est-à-dire la représentation initiale qu'il s'est construit des données du problème pour les particulariser de façon qu'elles soient adaptables à la situation.

Selon Hoc (1987) cette démarche descendante se met en œuvre par l'application de trois processus : la décomposition d'un but en sous-buts, le traitement des interférences entre buts et la particularisation du but.

Décomposer un but en sous-buts, en s'appuyant sur la relation de raffinement, relève d'une démarche générale qui consiste à établir un objectif général qui peut être vu comme constitué d'un ensemble de sous objectifs plus particuliers. Chaque sous objectif pouvant à son tour être décomposé. Et ainsi de suite jusqu'à la décomposition la plus élémentaire.

Lorsque cette décomposition fait apparaître des interactions entre les sous-buts il faut alors envisager l'ordonnancement des sous-buts dans leur réalisation temporelle. En effet, il arrive qu'un sous-but ne puisse être réalisé si la réalisation d'un autre sous-but n'est pas achevée. Dans ce cas on parlera de lien de précondition entre les deux sous-buts (Richard, 2002). Les sous-buts indépendants les uns des autres seront dits en relation de conjonction, car ils doivent être atteints de manière parallèle.

Enfin, la particularisation du but consiste à définir un mode de réalisation de ce but sans le décomposer. C'est-à-dire définir l'action à réaliser pour atteindre un des sous-buts.

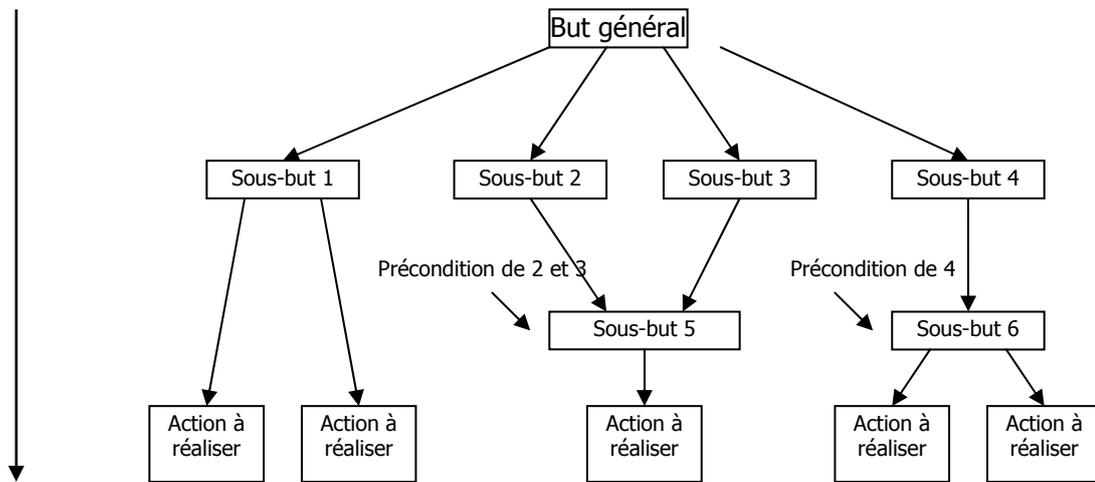


Figure 1 : démarche descendante

La figure 1 illustre la démarche descendante. Le point de départ est situé au niveau de l'objectif général à atteindre. Ensuite le sujet définit les sous-buts dans un sens descendant jusqu'aux actions à réaliser. Sur le schéma de la figure 1 on peut voir que le sous but 6 est une précondition du sous-but 4 car dans l'ordonnancement, le sous-but 4 ne peut être envisagé tant que la précondition, c'est-à-dire le sous-but 6 n'est pas satisfait.

Notons enfin que la particularisation qui amène à l'action à réaliser est une manière de spécifier les conditions dans lesquelles le but pourra être atteint et non d'indiquer les opérations précises liées à ces conditions.

1.2.2. La démarche ascendante

Il s'agit cette fois, on le conçoit aisément de procéder de manière inverse. C'est-à-dire à remonter, l'espace problème du bas vers le haut, des données vers le but général. Présenté différemment, il s'agit de formaliser le plan au fur et à mesure de sa mise en œuvre dans la situation. Sur ce point, Richard nous explique que "le plan est construit par corrections successives à partir des informations obtenues au cours de sa mise en œuvre" (Richard, 2002, p.261). Cette démarche ascendante respecte trois processus : l'évocation d'un plan, l'abstraction d'un plan et la remise en question des plans.

Lorsque le sujet agit sur la base d'indices qui le renvoient à d'autres situations qu'il reconnaît comme similaires ou à des schémas d'actions qu'il a élaborés au cours de ses expériences, il y a recours au processus d'évocation d'un plan qui consiste à adapter ce plan aux particularités de la situation

actuelle. A la lecture de cette explication on peut se demander ce qu'il advient de l'adaptation lorsque la découverte d'analogie est malaisée. Si le sujet possède des plans insuffisamment précis, l'analogie n'est pas suffisamment manifeste pour apparaître. Et s'il possède des plans trop précis, au contraire, la comparaison fait apparaître des différences qui peuvent être à l'origine du rejet de l'analogie.

Dans ce cas, lorsqu'il n'est pas possible d'évoquer un plan à partir d'indices ou par analogie, le processus d'abstraction de plan entre en œuvre. Il s'agit de construire le plan sur la base de l'explicitation de procédures au cours même de l'élaboration. De la sorte, le plan se construit en même temps que la solution.

Enfin, il arrive que la mise en œuvre du plan, construit en même temps que la solution, amène à un constat d'inadéquation de ce plan. Il faut alors pouvoir le remettre en question et envisager d'autres formes pour le plan.

Ainsi, dans la démarche ascendante, les trois processus se combinent pour cheminer de proche en proche vers la solution tout en élaborant le plan.

Notons enfin que ces deux démarches descendante et ascendante ne sont pas exclusives l'une de l'autre. En effet Hoc (1987) reconnaît qu'elles peuvent être présentes au cours de la même tâche.

Que cette démarche soit descendante, ascendante ou même qu'elle combine les deux, le parcours est jalonné d'étapes que l'individu franchit au prix d'une décision. Toutes ces étapes ne sont pas nécessairement conscientes et posées comme telles par l'individu, néanmoins la progression dans le cheminement est marquée par ces instants de franchissement qui valident, de son point de vue, le chemin parcouru jusque là et l'engage dans une nouvelle étape.

1.2.3. La décision

Comme nous l'explique Costermans (1998), le processus de décision ne préoccupe pas que la psychologie. Blaise Pascal, par exemple, avec un regard proche des mathématiques, s'est intéressé à l'ensemble des situations de choix afin de décrire les stratégies possibles. Il s'agit donc, pour lui, d'envisager comment les décisions peuvent être prises. Les théories normatives, quant à elles, souhaitent indiquer la meilleure stratégie pour des conditions données et donc envisager comment les décisions doivent être prises pour être les plus efficaces.

La particularité de l'approche proposée par la psychologie cognitive, en matière de prise de décision, est de s'intéresser à celle qui est effectivement choisie par l'individu. C'est à dire, de l'ensemble des décisions possibles

décrites par les mathématiques, d'identifier les facteurs qui guident l'individu vers une décision qui s'écarte peu ou prou de la décision optimale de la théorie normative. De la sorte, plus l'écart est important et plus la décision apparaît décalée, voire déraisonnable.

Costermans (1998), dans une perspective qui nous semble relativement rationnelle, envisage la décision comme un processus pour lequel l'individu pèse les avantages et inconvénients des choix possibles pour leur attribuer une note d'utilité. Il va ensuite pondérer cette note d'utilité en fonction du contexte de la décision, c'est à dire qu'un même choix n'a pas la même utilité suivant le contexte dans lequel il se trouve. Et enfin, l'individu décide du choix le plus adéquat, celui qui a la plus forte utilité, en fonction d'un critère donné.

Weil-Barais (2001), pour sa part, nous explique que la décision est subordonnée au jugement. C'est à dire que le choix s'appuie sur un ensemble de critères pondérés de valeur objective mais aussi subjective. Ce point de vue nous semble intéressant car il laisse apparaître le rôle d'évaluateur de l'individu. En effet, présenté de la sorte, l'individu devient un évaluateur en regard de critères qu'il s'est appropriés, pour choisir dans les alternatives qui s'offrent à lui, celle qui lui semble la plus adaptée et la plus conforme à son mode de raisonnement. Ainsi, cette possibilité d'évaluation, à travers le jugement qui lui est propre, au moment de décider de ses comportements d'action, contribue à sa liberté d'agir.

Au-delà de ces deux approches, il est un courant de pensée qui a proposé une conception tout à fait originale de cette décision. Il nous importe de le rapporter ici car, par ailleurs, nous aurons l'occasion de rencontrer les travaux de ce courant de pensée à plusieurs reprises tout au long de notre problématique.

Les gestaltistes ont en effet mis en évidence un phénomène tout à fait particulier lié à cette prise de décision qui va intéresser nos travaux sur plusieurs points. Le problème de Dunker (1945) est une illustration tout à fait efficace du phénomène de décision mise en évidence par les psychologues de ce courant théorique : il s'agit de donner au sujet des bougies, des allumettes, des punaises, des petites boîtes puis de lui demander de faire tenir les bougies le long d'une porte. Le nombre de manipulations que peut faire le sujet de tous les objets est important mais l'on observe que le sujet s'est construit une représentation de l'utilisation de chaque objet et il ne peut trouver la solution sans modifier cette représentation. En effet, cette solution, relativement simple consiste à vider les boîtes des punaises et des allumettes qu'elles contiennent pour les faire tenir sur la porte en les punaisant. Il suffit alors de poser la bougie sur cette boîte devenue support. L'instant précis où le sujet ne se représente plus les boîtes comme contenant mais comme pouvant servir de

support entraîne une prise de décision rapide qui amène à la solution qui peut apparaître soudaine. Les Gestaltistes parlent alors d'"*insight*". Pour décrire ce phénomène, Weil-Barais (2001) parle de période de tâtonnement variable, suivi d'une phase courte d'inactivité puis d'une vision quasi instantanée de la solution.

Il nous semble que le terme *vision* n'est pas choisi au hasard. En effet, comme l'explique Costermans (1998), l'*insight* apparaît de manière soudaine, semble échapper au contrôle du sujet lui-même et débouche sur une sorte de restructuration des données du problème. Les gestaltistes, particulièrement attentifs aux processus perceptifs parlent d'organisation particulière du champ visuel répondant à des critères de "bonne forme". Ainsi, la perception du carré qui est une "bonne forme", empêche de résoudre le problème des neuf points de la figure 2 ci-dessous.

L'*insight* n'apparaît que lorsque le sujet découvre qu'il peut déborder de la forme carrée. Ici, ce processus est important pour notre recherche car il apparaît qu'il est porteur, d'une partie au moins, de la décision. En effet, la restructuration, c'est à dire la modification de la représentation des données, doit être accompagnée de la décision d'accepter cette nouvelle donnée pour permettre à l'*insight* de fonctionner à plein rendement et guider vers la solution.

Et comme nous l'avons indiqué ci-dessus, ce phénomène est intéressant sur d'autres points également. En effet, nous découvrons ici que la vision, et notamment la représentation des données du problème élaborée à partir de la perception visuelle est en mesure de jouer un rôle non négligeable dans la résolution.

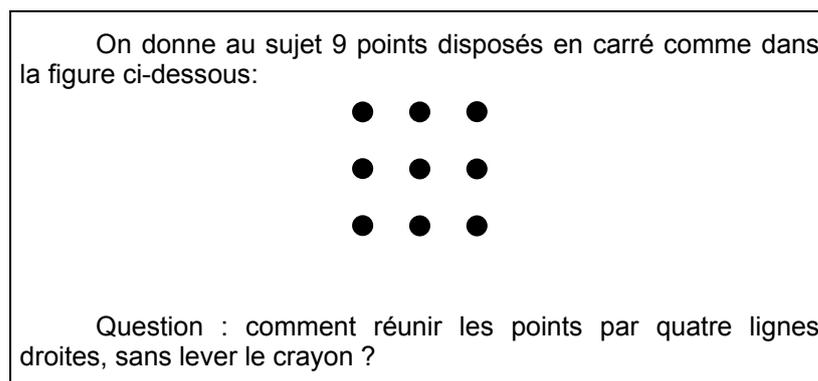


Figure 2 : problème des 9 points

Notons enfin que Max Wertheimer a montré que l'*insight* caractérisait la pensée créatrice. Cette pensée créatrice est au centre de la résolution de problème et vraisemblablement plus encore dans la situation que nous allons proposer au sujet, comme nous allons le découvrir maintenant.

A ce point de notre développement, nous avons vu que, si l'homme dispose d'un langage verbal sophistiqué qu'il a élaboré et sur lequel il s'appuie pour ses raisonnements, il reste que d'autres formes d'information sont disponibles. D'autres formes d'information qu'il sait traiter et utiliser dans ses mêmes raisonnements. En effet, nous avons vu que l'information visuelle, par exemple, était en mesure d'alimenter les processus cognitifs et, avec les gestaltistes, qu'elle pouvait jouer un rôle tout à fait particulier pour une résolution de problème. Tous ces traitements peuvent alors être à l'origine des différences entre individus, faisant qu'une situation sera problématique pour certains, alors qu'elle ne le sera pas pour d'autres. C'est ce qui nous a conduit à détailler les caractéristiques mobilisables du sujet pour la résolution de la tâche qui lui est proposée. Il nous faut maintenant porter notre attention sur la seconde composante de la situation, la tâche.

1.3. La tâche proposée au sujet : ses caractéristiques

Il existe des tâches qui peuvent être résolues très rapidement. C'est le cas, par exemple, de l'identification d'un animal sur une photographie. Ici, le traitement du stimulus perceptif ne peut prendre que quelques centièmes de secondes pour reconnaître que le sujet photographié est un chien. Et à l'opposé, il existe des tâches dont le temps de traitement peut être beaucoup plus important. C'est le cas lorsque le champion du monde d'échec dispute un tournoi contre un ordinateur muni d'une forme d'intelligence artificielle.

Certaines tâches nécessitent la production, par le sujet qui la résout, d'un comportement observable. C'est le cas lorsque l'on présente un stimulus à un sujet et qu'il lui est demandé de choisir, parmi les quatre représentations graphiques qui sont devant lui, celle qui répond au stimulus en respectant la consigne. Mais il existe également des tâches qui ne se traduisent pas nécessairement par une réponse observable. C'est l'exemple d'une tâche de mémorisation d'une liste de nombres.

On le voit, l'ensemble des tâches disponibles est vaste. Il convient donc de le circonscrire afin de le rendre accessible à nos travaux. Nous proposons de le délimiter, dans un premier temps, aux tâches habituellement référées dans le champ d'étude de la résolution de problème. Pour ensuite, dans un second temps, identifier la tâche qui servira de support à nos travaux.

1.3.1. Les différents types de tâche

Pour définir l'ensemble des tâches qui relève du champ d'étude de la résolution de problème, Weil-Barrais (1991) nous propose de regarder les trois composantes qui la définissent, à savoir un ensemble de données, un ensemble de questions et un ensemble de contraintes.

L'ensemble de données configure ce que l'on pourrait qualifier "d'état initial" et se traduit par une situation matérielle, un énoncé, un ensemble d'information, etc . . .

L'ensemble de question, plus souvent traduit sous le vocable de "but", précise l'objectif général à atteindre. Notons ici que ce but peut être plus ou moins identifié. En effet, ce but peut être entièrement explicite et spécifié dans un "état final", c'est le cas pour les problèmes dits de "transformation d'état", ou plus ouvert lorsqu'il y a plusieurs états finaux possibles.

Enfin, un ensemble de contraintes qui délimitent les actions possibles du sujet. Ces contraintes peuvent être liées aux données disponibles pour le sujet, aux traitements possibles ou encore au format d'expression de sa réponse.

Ainsi, par résolution de problème nous entendons la situation dans laquelle la tâche d'un individu consiste à appliquer un certain nombre de règles de transformation sur un objet afin de l'amener d'un état initial à un état final, son but. Sur ce principe et en respectant les composantes de la tâche que nous venons de décrire, trois types de problème sont généralement distingués : les problèmes à transformation d'état, les problèmes d'induction de structures et les problèmes de conception.

1.3.1.1. Les problèmes à transformation d'état

Reed (2002) nous explique qu'il s'agit de problèmes qui consistent à changer un état initial en suivant une séquence d'opérations pour le faire correspondre à un état final. Le meilleur représentant de ce type de problème est la Tour de Hanoï.

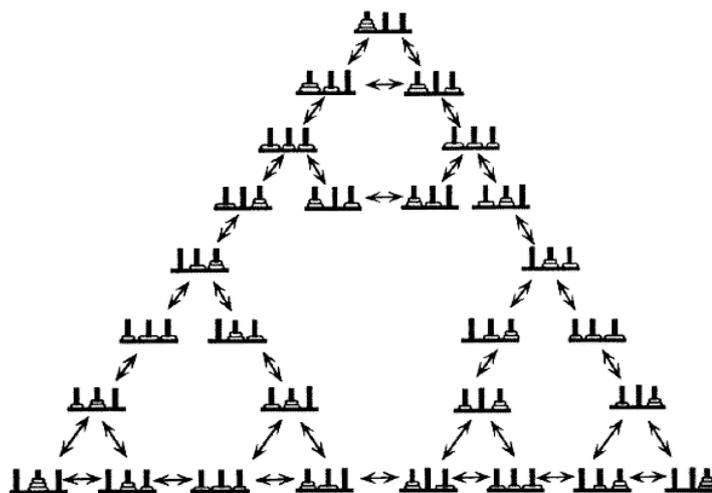


Figure 3 : Représentation de l'espace problème de la Tour de Hanoï à 3 disques

Il s'agit ici d'un problème à transformation d'états spécifiés pour lequel la tâche du sujet consiste à passer d'un état initial clairement défini – les anneaux empilés à gauche du sujet – à un état final également défini – les anneaux empilés à droite du sujet. Le passage devant se réaliser en respectant des règles de transformation précises. Par exemple, il est interdit de déplacer plus d'un disque à la fois, d'empiler un disque de plus forte dimension sur un plus petit, etc . . . Ainsi, dans ce type de situation problème, le sujet se représente la tâche comme le cheminement à travers des états générés les uns à partir des autres en appliquant des règles de transformation (Hoc, 1987). Ici, l'ensemble des états possibles (figure 3) est de dimension finie et correspond à l'espace problème. Notons également qu'il existe un cheminement optimal de résolution qui correspond à 2^n-1 déplacements, avec n le nombre de disques.

En regardant rapidement dans notre vie quotidienne, l'on découvre que l'on est régulièrement confronté à ce type de problème. C'est par exemple l'utilisation d'un traitement de texte avec ses menus déroulants dans lesquels il faut se déplacer pour atteindre le résultat souhaité. Plus usuelle encore est l'utilisation d'un magnétoscope. Dans ces deux cas, le chemin dans les sous-butts est assuré par des commandes.

1.3.1.2. Les problèmes d'induction de structures

Ici l'état final est défini, mais il n'est pas donné au sujet. Dans les problèmes d'induction de structures, le sujet doit en effet trouver une forme parmi un ensemble de relations fixées, et ainsi découvrir l'état final (Reed, 2002). Ici, le sujet doit se représenter la tâche comme une recherche de relations dans un ensemble d'éléments qui lui sont fournis (Hoc, 1987). C'est l'exemple des problèmes d'extrapolation de série où la tâche consiste à découvrir le prochain élément de la série 1 2 8 3 4 6 5 6 par exemple.

Pour une illustration de ce type de problème dans la vie quotidienne, on peut regarder du côté des techniciens de maintenance industrielle qui doivent, dans le cas d'une action corrective, établir un diagnostic en relevant les éléments pertinents qui ont amené la panne.

1.3.1.3. Les problèmes d'arrangement

Nous avons vu que l'état final était précisément défini dans les problèmes à transformation d'état, qu'il était défini dans les problèmes d'induction de structure mais non disponible pour le sujet. Cette fois, dans les problèmes d'arrangement, comme l'explique Wel-Barais (1991) il y a plusieurs états finaux possibles et, de plus, il ne sont pas précisément définis. Ce troisième type de tâche va donc dans le sens d'une ouverture des problèmes. Il

s'agit ici de réarranger des objets en satisfaisant à certains critères pour que le problème soit résolu. Et Reed précise que "résoudre un problème d'arrangement implique souvent beaucoup d'essais et d'erreurs durant lesquels des solutions partielles sont élaborées et évaluées" (Reed, 2002, p. 434)

Hoc (1987) nous explique que dans ce type de problème, le sujet doit se représenter la tâche comme l'élaboration d'une représentation détaillée du but à atteindre. Il faut donc construire cette représentation dans la mesure où elle n'est pas fournie au départ.

Cette catégorie de tâche a été particulièrement étudiée par les psychologues de la Gestalt, comme nous avons pu le voir précédemment avec le problème de Dunker et la notion d'insight.

Pour poursuivre dans les exemples de la vie quotidienne, ce type de problème correspond aux activités de conception. En effet, comme le soulignent Chevalier et Bonnardel (2003), les problèmes de conception sont considérés comme "mal définis" dans la mesure où toutes les informations nécessaires à l'élaboration de la solution ne sont pas présentes dans l'énoncé du problème ce qui en fait un problème ouvert.

Des trois grandes catégories de tâches que nous venons de présenter brièvement, la troisième présente des caractéristiques propices à la mise en œuvre des processus que nous souhaitons étudier. En effet, les problèmes ouverts présentent l'avantage, pour notre recherche, de ne pas restreindre l'espace des solutions et donc de laisser au sujet une grande latitude dans son activité de représentation. Ainsi comme nous l'indique Simon (1973) pour réussir son cheminement vers le but, le concepteur doit préciser sa représentation mentale. Et Darses (2001) nous précise que, depuis les années 80, la psychologie participe aux recherches de ce champ disciplinaire en contribuant à l'étude des représentations mentales élaborées par les concepteurs.

D'autre part, comme nous le verrons un peu plus loin, la nature de nos travaux nécessite une situation collective de résolution de problème. Or cette nécessité rejoint une préoccupation actuelle des situations de conception industrielle comme nous l'explique Toniolo (2005).

1.3.2. De la conception à la situation d'ingénierie concurrente

Nous avons retenu les problèmes d'arrangement comme point de départ de notre situation de résolution de problème. Nous avons vu également que cette catégorie de problème se retrouvait dans notre vie quotidienne et plus précisément dans l'univers de l'industrie à travers les situations de conception. Nous avons donc choisi une tâche de conception industrielle parce que celle-ci est actuellement en mutation. Et nous pensons que cette transformation, par les nouvelles organisations de travail qu'elle introduit, propose une situation

qui mérite que la psychologie y apporte son éclairage. En effet, comme nous allons le voir, la conception industrielle d'aujourd'hui demande aux concepteurs d'interagir, de partager leurs représentations en communiquant plus qu'ils ne le faisaient jusqu'à présent.

Pour bien mesurer les changements, il nous semble important de présenter tout d'abord le processus de conception traditionnel. Cette présentation nous permettra d'éclairer les dimensions qui sont aujourd'hui remises en cause, et les nouvelles modalités d'organisation proposées pour y remédier. Et, chemin faisant, de préciser en quoi cette situation est en adéquation avec l'objectif de nos travaux.

La notion de conception, ou "d'engineering" pour le monde anglo-saxon apparaît au début du vingtième siècle avant la seconde guerre mondiale, aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Allemagne. Il s'agissait alors de l'activité de conception ou de montage de grandes unités de fabrication industrielle dans les domaines du pétrole, de la pétrochimie, de la chimie, de la mécanique et des usines d'armement.

Le Boterf (1999) nous propose une définition de cette ingénierie, il s'agit de "l'ensemble coordonné des activités permettant de maîtriser et de synthétiser les informations multiples nécessaires à la conception, l'étude et la réalisation d'un ouvrage ou d'un ensemble d'ouvrages (unités de production, bâtiment, équipement...) en vue d'optimiser l'investissement qu'il constitue et d'assurer les conditions de sa viabilité." (Le Boterf, 1999, p.1).

Cette définition de la conception se traduit, dans sa mise en œuvre, par un regard porté sur l'objet de la conception du point de vue du cycle de vie du produit. Par cycle de vie, on entend la naissance du produit et les premières spécifications, sa conception, son élaboration, son utilisation et en fin de sa vie, sa destruction. Un cycle de vie que l'on retrouve dans les quatre phases proposées par Vandeville (1985) : Le marketing, la conception, l'élaboration et l'après-vente.

Lorsque le processus de conception s'appuie sur le cycle de vie du produit (figure 4) pour planifier son activité, la tentation est grande d'introduire la notion d'étape. Et donc d'instaurer un mode séquentiel du déroulé du processus. C'est ce que l'on observe dans l'approche dite "traditionnel" de la conception.

En effet, le bureau d'étude en liaison avec le service marketing propose un cahier des charges qui reflète l'expression du besoin par le client. Le dossier ainsi constitué passe entre les mains du bureau des méthodes dont le rôle sera de choisir les composants adéquats. Le dossier, enrichi des

indications de ce second bureau, parvient enfin au service de fabrication qui réalise le produit au plus près du potentiel de fabrication de l'entreprise.

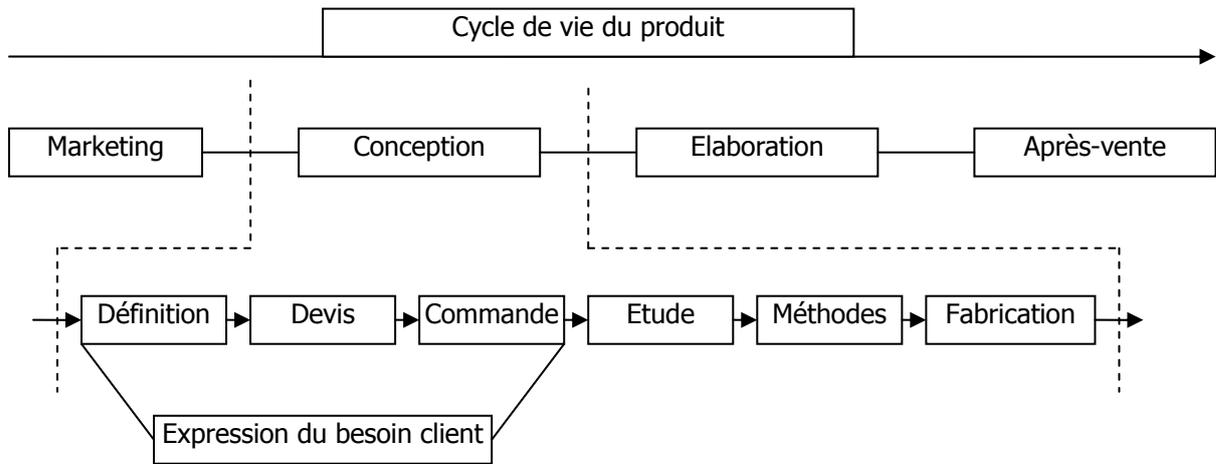


Figure 4 : Cycle de vie du produit et "zoom" sur la phase de conception

Pour illustrer ce principe séquentiel, Midler (1996) utilise la métaphore sportive de la course de relais. Ainsi dans les plannings traditionnels de la conception, "chaque métier ajoute sa contribution à celle de ses prédécesseurs, puis fait passer le projet à celui qui le suit, dans une chaîne qui va du cahier des charges marketing à la commercialisation" (Midler, 1996, p. 68).

Notons ici que le cahier des charges permet d'introduire l'expression du besoin du client dans le processus de conception. On peut donc l'envisager comme une somme de contraintes que le concepteur doit prendre en compte pour respecter la commande. D'autre part, ce cahier des charges ne peut s'apparenter, du point de vue de la résolution de problème, à un ensemble de données de départ qui définirait "l'énoncé" du problème de conception. En effet, et nous l'avons découvert quelques paragraphes plus avant, la conception envisagée comme problème est "mal définie". C'est-à-dire que l'espace problème est très ouvert, à construire. C'est le cas lorsque le premier acteur à intervenir, le bureau d'étude, va ajouter ses propres contraintes aux données de départ. Il va donc transmettre le dossier à l'acteur suivant avec sa contribution au problème posé mais également avec un niveau de contraintes supplémentaires. Et ainsi de suite jusqu'à la fin du processus.

On le voit, un processus en étapes cloisonnées de la sorte se traduit inmanquablement par une addition de contraintes non envisagées lors de l'expression du besoin du client. Sans interaction entre acteurs sur ces "add-on" du cahier des charges, le produit dévie tout au long du processus vers une solution qui s'éloigne de la satisfaction du besoin du client.

Ce premier reproche, fait à la démarche traditionnelle de conception, associé à un environnement économique où la complexité des produits et la pression concurrentielle ne fait que s'accroître amènent les concepteurs à résoudre différemment leur problème de conception (Tollenaere, 1998). En effet la complexité engendre une diversité qui impose de maîtriser les coûts et les délais de conception. Le constructeur automobile Renault par exemple, qui gérait en 1990 quelques centaines de coffres-moteurs différents (mariage entre un moteur et une caisse), en gère aujourd'hui plus de mille (Dimock, 1998). La pression concurrentielle quant à elle impose une réduction du *time to market* (temps nécessaire pour aller des premières études à la commercialisation) et du « ticket d'entrée » (coût global dépensé en études, prototypes, frais commerciaux). Dans le domaine automobile toujours, les constructeurs Japonais mettent leurs modèles en circulation en trois ans, alors que les Européens et les Américains en ont besoin de cinq.

De la sorte, ces deux constats vont se rejoindre pour faire émerger un nouveau paradigme de recherche en conception : l'ingénierie concourante. Traduit de l'américain "*concurrent engineering*", on trouve dans la littérature francophone plusieurs acceptions : ingénierie "simultanée" ou encore "parallèle" ou, pour revenir dans le vocabulaire de la résolution de problème, "conception distribuée".

A l'opposé de l'approche séquentielle, ce concept apparu aux Etats-Unis dans la deuxième moitié des années 1980, représente un mode de travail où toutes les activités d'ingénierie sont intégrées et mises en œuvre en parallèle. (Salau, 1995). Cette fois, et pour continuer dans les métaphores sportives proposées par Midler (1996), l'ingénierie concourante est comme "la descente d'une ligne de rugby : la ligne progresse collectivement, tous accompagnant le porteur du ballon pour l'assister et être prêt à le remplacer dans les meilleures conditions." (Midler, 1996, p. 69).

En présentant cette nouvelle approche, nous avons souhaité préciser la tâche qui est au coeur du problème que doit résoudre l'individu que nous avons envisagé jusqu'ici. Mais nous avons souhaité également mettre l'accent sur une caractéristique qui attire l'attention du psychologue : il ne s'agit plus d'une tâche pour un individu mais d'une tâche pour plusieurs. En effet, cette situation se caractérise par l'introduction de la dimension collective pour la résolution du problème. Ainsi, en favorisant la mise en parallèle des activités spécialisées de la conception, l'ingénierie concourante introduit des interactions entre les différents intervenants. En ce sens, la conception d'un produit devient une construction d'un sens commun entre différents secteurs d'activité à partir d'échanges d'informations (Charpentier, Garro, Toniolo, Brissaud, 1995).

Nous venons de découvrir la situation qui intéresse notre problématique. En effet, nous choisissons de focaliser notre attention sur cette situation de conception distribuée parce qu'elle élargit l'intérêt que nous portons à la résolution de problème en l'envoyant dans une dimension collective. L'individu que nous avons ausculté jusqu'ici n'est donc plus seul face à un problème, il doit composer avec d'autres pour résoudre ce même problème.

1.4. Les sujets face à leur tâche : concevoir à plusieurs

L'ingénierie concourante suscite les rencontres entre les différents acteurs de la conception pour optimiser les échanges d'information et se diriger vers la construction d'un sens commun. Or, si le processus n'est plus séquentiel comme dans l'approche traditionnelle de la conception, il n'en demeure pas moins que chaque acteur conserve sa spécificité, son rôle et son expertise. C'est-à-dire que chacun possède un objectif qui lui est propre. Le bureau d'étude a pour objectif de définir au mieux le besoin à remplir par le produit en fonction de la définition du problème par le client ou l'utilisateur. Le bureau des méthodes doit choisir les composants qui, réunis, pourront conférer à la structure les meilleures performances. Quant au service de fabrication, il doit optimiser le potentiel des machines de l'atelier pour la réalisation du produit (Charpentier et al, 1995).

On le voit, dans cette approche distribuée des rôles de chaque acteur pour la conception, ces derniers ont des objectifs locaux. Et reliés entre eux, ils forment un système doté d'un objectif global : la conception du produit qui correspond à la demande formulée par la commande du client. Cette méthode de conception suppose donc que les acteurs s'acheminent vers l'objectif global, différent de leurs objectifs respectifs au fur et à mesure des échanges qui prennent place dans l'interaction.

Cette présentation de la situation de conception laisse entrevoir quelques spécificités de la situation de résolution de problème de conception que nous avons retenue. En effet, outre la dimension collective, il s'agit de réunir des acteurs aux compétences diverses. Néanmoins, nous ne sommes pas dans le paradigme "expert/novice", car il ne s'agit pas de compétences différentes en termes de niveau de maîtrise, mais bien de compétences différentes en terme de complémentarité pour l'atteinte de l'objectif global. Cette distinction nous semble importante car elle reflète, non pas un niveau d'expertise différent mais des compétences d'experts différents.

La présence de connaissances différentes au sein d'un collectif qui interagit introduit la notion de mise en commun de ces connaissances dans l'objectif de concevoir un objet. Pour concourir à la réussite de l'objectif global, c'est-à-dire la conception de cet objet, chaque acteur va devoir exposer et faire

comprendre ses points de vue, mais il devra également comprendre et prendre en compte les connaissances des autres acteurs (Brassac et al, 1997).

Tel que nous venons de la présenter, la conception distribuée a pour principale caractéristique de percuter le déroulé habituellement séquentiel pour laisser la place à un modèle plus "tourbillonnaire" (Midler, 1996, p. 68). Dans cette circonstance, on peut se demander ce que devient la planification de la résolution de problème que nous avons envisagée plus avant.

1.4.1. La planification dans le processus de conception distribuée

Bien souvent, et c'est le cas si l'on se réfère à l'industrie automobile, les problèmes de conception sont de dimension si grande qu'ils obligent les concepteurs à structurer le problème en buts et sous-buts. Nous retrouvons ici la démarche de planification de la résolution de problème que nous avons évoquée un peu plus haut. De la sorte, les concepteurs identifient des sous-systèmes quasi autonomes. Par exemple, en conception automobile, le train avant et le moteur seront traités indépendamment par des sous-groupes de concepteurs.

Cette structuration du processus de conception correspond à la démarche descendante que nous avons présentée plus avant. Dans le cas de la conception, la démarche descendante consiste, à partir de l'expression de la demande du client ou de l'utilisateur, à décomposer cet objectif global en sous-buts associés dans un processus descendant.

Or, on sait que les sous-buts interfèrent entre eux du fait des contraintes qui lient les différents objets techniques. C'est le moteur et le train avant, deux sous-buts distincts dans notre exemple qui sont interdépendants par la liaison technique qui les relie physiquement.

Mais toutes les contraintes ne sont pas identifiées au cours de la planification descendante du processus de conception. En effet, d'autres vont émerger au cours du processus lui-même puisque l'ingénierie concourante parie sur l'interaction des différentes compétences pour identifier, négocier et intégrer ces contraintes pour les dépasser.

Ainsi, la mise en évidence au cours du processus de conception du produit, de nouvelles données qui n'avaient pas été envisagées jusque là, va obliger à restructurer le processus, ou une partie du processus, en partant de ces nouvelles données. Et l'on est alors dans ce que nous avons défini de la démarche ascendante.

On le voit, la conception distribuée fait apparaître une démarche de résolution de problème dont la planification, d'abord descendante, se réorganise et s'ajuste au fur et à mesure de l'avancée vers l'objectif global. Cette troisième voie, qui mêle démarche descendante et ascendante, reflète le caractère non exclusif des deux démarches que nous avons déjà envisagé. Mais si Hoc (1987) se contente de souligner cette éventualité, d'autres auteurs ont identifié cette troisième démarche et proposent le terme de démarche "opportuniste" (Richard, 2002 ; Beguin et Darses, 1998).

Nous avons vu, lors de la présentation de la démarche ascendante que le plan d'action pouvait être remis en cause si sa mise en œuvre conduisait à une impasse. Dans le cas de la conception, la notion de contraintes prend ici tout son sens. En effet, les contraintes liées au produit à concevoir jalonnent toute la démarche, que nous venons de découvrir opportuniste, et peuvent être envisagées comme les éléments clé dans une démarche ascendante (Darses et Falzon, 1996). En fait, les contraintes vont restreindre l'espace de recherche en balisant l'ensemble des solutions possibles.

1.4.2. Place des contraintes dans la conception distribuée

Nous avons vu que les problèmes de conception sont des problèmes mal définis et ouverts. Et Hoc (1987) nous précisait que le sujet doit se représenter la tâche comme l'élaboration d'une représentation détaillée du but à atteindre. De la sorte, les concepteurs ne disposent, au départ, que d'une représentation mentale incomplète et imprécise. Il leur faudra donc préciser leur représentation et, vraisemblablement, compléter le cahier des charges. En cela les concepteurs vont introduire et générer de nouvelles contraintes (Darses, 1994).

Ce processus est important car il introduit la notion de différences dans la méthode de résolution du problème et explique, au moins en partie, la diversité des solutions possibles.

Ainsi des concepteurs confrontés à une même tâche parviendront à des solutions très différentes les unes des autres (Chevalier et Bonnardel, 2003). En ce sens, Richard et Zamani (1996) nous précisent que "résoudre un problème c'est rechercher le meilleur compromis entre un ensemble de contraintes" (Richard, Zamani, 1996, p. 79). Dans notre situation les contraintes sont liées aux concepteurs et donc aux individus, tel que nous l'avons exposé au début de ce chapitre. Et cela rejoint la pensée de Chevalier et Bonnardel lorsqu'elles expliquent que "la construction et la précision de la représentation mentale du concepteur reposent en partie sur les contraintes qu'il mobilise." (Chevalier, Bonnardel, 2003, p. 36).

Par ailleurs, nous avons découvert que la situation de conception autrefois linéaire, qui pouvait être analysée sous l'angle d'une somme de contribution individuelle, est devenue collective. L'individu qui résolvait isolément pouvait mobiliser et appliquer ses contraintes à sa guise. Il est lui demandé aujourd'hui d'exposer son point de vue, de le partager et surtout de négocier avec les autres concepteurs. On comprend alors qu'il leur faudra mutualiser les contraintes pour converger et concourir vers la solution. Sur ce point, Beguin et Darses (1998) nous précise que la mise en confrontation des points de vue de plusieurs participants qui sont chacun porteur de logiques différentes et d'expertise variées devient le point crucial de cette situation de résolution de problème.

Ce premier chapitre pose le contexte global de notre problématique. En effet, nous posons que l'homme est partie prenante d'un environnement dans lequel il évolue et avec lequel il interagit. Au cours de ces interactions, il rencontre des situations qui lui posent problème. Il doit donc mettre en œuvre ce que nous avons défini de la résolution de problème. Pour cela il dispose de connaissances, de facultés de raisonnement, de stratégies. Puis, nous avons choisi de diriger notre recherche vers un type de situation qui sollicite son environnement social. En effet, nous avons défini l'ingénierie concourante comme une situation de conception qui présente la particularité d'être collective. Il doit donc mettre ses capacités de raisonnement au service d'une coopération avec d'autres individus pour résoudre un problème qui leur est commun.

Il nous faut à présent éclairer cette particularité collective de la résolution de problème. C'est ce que propose le chapitre suivant.

Chapitre II : Résoudre un problème en groupe : la nécessité de communiquer

Tout au long du chapitre précédent, nous avons eu l'occasion de définir les caractéristiques générales auxquelles va se référer notre travail. Ce chapitre s'est alors terminé sur une particularité de la situation de résolution de problème qui prend une place centrale dans notre problématique : sa dimension collective. Pour cela, nous avons distingué la conception traditionnelle, avec un processus globalement linéaire, et cette nouvelle approche de la conception qui implique un plus haut niveau d'échange et d'interaction entre les participants pour atteindre le but : l'objet à concevoir. Nous avons, en effet, présenté l'ingénierie concourante qui nécessite, pour sa mise en œuvre, de réunir plusieurs individus autour d'une tâche commune. Cette nouvelle organisation de travail présente alors la singularité de requérir la présence d'individus hétérogènes, quant aux compétences qu'ils apportent pour la résolution, et de partager une représentation homogène de leur résolution.

2. Raisonner collectivement : du groupe aux interactions

Nous avons vu au cours du chapitre précédent que l'activité de conception était une activité de résolution de problème. Mais la situation que nous présentons maintenant introduit une particularité qui n'est pas sans affecter cette résolution de problème. En effet, il s'agit de résoudre un problème en groupe. Il s'agit de cheminer, non plus seul avec son propre raisonnement, vers la solution, mais de parcourir ce chemin à plusieurs et donc en tenant compte des apports, et vraisemblablement des lacunes et limites, de chacun.

C'est parce que nous pensons qu'une résolution de problème à plusieurs ne peut se réduire à la somme des résolutions individuelles qu'il nous faut regarder d'un peu plus près les caractéristiques essentielles d'une situation collective. Et nous proposons de commencer par l'élément central et intrinsèque qui crée de fait la situation collective : le nombre de participants.

2.1. La constitution du groupe

2.1.1. Le nombre de participants

Pour qui souhaite étudier une situation de résolution de problème, force est de constater que la plupart des travaux de ce courant de recherche s'intéressent à la situation individuelle. Brassac et al. (1997) font remarquer à

ce propos que ce sont traditionnellement des travaux qui envisagent le sujet humain seul et dans une activité individuelle.

Et lorsque l'on s'interroge sur le nombre de participants qui caractérise la situation collective, les conceptions divergent. En effet, du côté de l'ergonomie cognitive, Rogalski (2005) nous parle "d'équipe" (*team*) ou encore de "collectif", qu'elle définit comme un ensemble identifiable de deux acteurs ou plus. Leplat quant à lui, nous indique que "*The group is the set of people who interact in association with the execution of the same task.*" (Leplat, 1994, p. 211). Il définit donc le groupe par l'activité commune qui réunit les participants. On peut donc penser qu'il y a interaction à partir du moment où deux individus sont réunis spontanément ou de façon imposée. Samurçay et Delsart (1994) quant à eux, ne définissent pas la taille de l'équipe, mais nous présentent les activités collectives de *duos* d'opérateurs pour la conduite de hauts fourneaux.

On le voit, pour l'ergonomie cognitive qui s'intéresse aux situations de travail, le collectif prend forme à partir de deux interactants. Et l'on peut noter également que le groupe est défini du point de vue de la tâche qui amène les participants à avoir une activité commune plus que du point de vue des participants eux-mêmes.

Si l'on se tourne du côté de notre discipline, le groupe est l'objet d'étude de l'approche sociale de la psychologie. Et de ce point de vue, Blanchet et Trognon (1994) définissent le groupe comme une structure intermédiaire entre l'individu et la société. Et ils indiquent la dimension de cette structure par ses tailles minimale et maximale. Ainsi, le nombre minimum de participants pour que leur réunion devienne un groupe doit être tel que le nombre des relations individuelles potentielles entre les membres soit supérieur au nombre de membres. Et la taille maximale ne peut être infinie puisque, selon les auteurs, il est nécessaire que chaque membre puisse avoir une relation avec chacun des autres membres. Ainsi il ne doit pas pouvoir se constituer de sous-groupes stables et identifiés comme tels. Dans cette perspective, le groupe restreint est défini par Anzieu et Martin comme "un ensemble d'individus dont l'effectif est tel qu'il permet à ceux-ci des communications explicites et des perceptions réciproques, dans la poursuite de buts communs" (Anzieu et Martin, 1997, p. 161).

Ainsi, la psychologie sociale considère le collectif du point de vue des relations potentielles entre les membres et fixe à trois le nombre minimum de participants pour former un groupe. En effet, deux participants ne peuvent échanger des messages qu'entre eux deux ($2 \times 1 = 2$). L'introduction d'un troisième participant porte alors à six le nombre des échanges possibles puisque chaque individu peut échanger avec un couple ($3 \times 2 = 6$). On le voit,

la psychologie sociale considère le groupe du point de vue des participants et non de l'activité du groupe.

Cette différence de conception du collectif entre ergonomie et psychologie est importante pour nos travaux car nous avons choisi d'emprunter une situation réelle d'un univers de travail, l'ingénierie concourante, pour l'étudier du point de vue de la psychologie. Il nous semble donc judicieux de tenir compte de ces deux approches pour conserver à la situation collective sa dimension ergonomique, l'activité finalisée du groupe, et sa dimension psychologique à travers les échanges potentiellement disponibles dans un groupe de trois personnes ou plus.

Après avoir défini la taille du collectif, il convient de s'intéresser à la situation elle-même et en quoi le collectif la rend particulière. Sur ce point, Poitou (1996) nous met sur la voie lorsqu'il explique que l'Intelligence Artificielle a bien des maux à trouver des applications dans l'industrie dans la mesure où les relations de coopération dans le travail sont loin d'être de purs échanges d'informations mais doivent composer avec les rapports sociaux inhérents à la situation collective. Comme nous allons le voir maintenant, l'interaction est, dans cette situation, bien plus qu'un échange d'information.

2.1.2. Particularité de notre situation collective

La situation de conception a évolué de l'individuel vers le collectif en réponse aux sollicitations de son environnement. Nous avons vu en effet que différents facteurs, d'ordre technique mais également économiques, ont obligés les concepteurs à adapter et transformer leurs méthodes. Dans cette perspective, l'ingénierie concourante propose de s'organiser en équipe ou "team" (Rogalski, 2005) en resserrant les liens de collaboration entre les différents acteurs. Ainsi, cette évolution vers plus de phases collectives devrait favoriser l'explicitation et la confrontation des points de vue pour une meilleure convergence des acteurs sur l'objet de la conception. Les concepteurs ne doivent pas se contenter de se réunir, ils doivent surtout coopérer, collaborer pour cheminer ensemble vers leur objectif devenu commun, ils doivent donc co-construire une solution au problème qui leur est soumis.

Par ailleurs, et du point de vue de l'activité collective, la psychologie sociale nous enseigne que la manière dont un groupe travaille dépend de la tâche qui lui est confiée. En effet, la productivité du groupe dépend de l'implication de ses membres, c'est-à-dire de la manière dont les concepteurs vont contribuer au résultat final.

Sur ce point, Steiner (1972) distingue quatre types de tâches selon que les résultats du groupe reflètent la contribution d'un seul de ses membres ou bien

qu'ils reflètent les contributions de tous les participants. Les tâches sont alors respectivement disjonctives, c'est-à-dire que le groupe bénéficie de l'apport du membre le plus compétent ou conjonctive, et la production du groupe est réduite à celle de son membre le moins compétent. Enfin les tâches peuvent être additives lorsque le résultat est constitué de la somme des productions individuelles ou bien élaboratives lorsqu'elles nécessitent des participants qu'ils organisent leurs contributions respectives (Blanchet et Trognon, 1994).

La tâche de conception, telle que nous l'avons définie, est clairement de notre point de vue une tâche élaborative, c'est-à-dire que les concepteurs vont devoir prendre en compte la situation d'interaction et l'organiser pour rendre efficiente l'activité collective. Mais cette collaboration peut s'organiser de différentes manières comme le relèvent Barthe et Queinnec (1999).

2.2. Travail collectif, Collaboration, Coopération...

Le point de départ, lorsque l'on souhaite définir un terme consiste à interroger son origine. Pour *collaborer*, l'étymologie nous renvoie au latin "*collaborare*" construit sur le latin "*laborare*", travailler. Puis nous invite à regarder "coopérer" et "participer à", c'est dire si les termes sont proche dans le langage commun. Coopérer est alors appuyé sur le latin "*cooperari*" et la définition proposée devient : Opérer conjointement avec quelqu'un. Encore une fois, l'étymologie nous propose de poursuivre vers d'autres analogies. On ne suivra pas ce fil que nous avons débuté car il serait sans fin mais il nous semble intéressant de noter que, parmi les termes proposés, nous trouvons "*concourir*" qui nous renvoie à la dénomination que nous donnons dans le premier chapitre de l'ingénierie concourante. Le choix des termes n'est pas anodin et ne retourne pas, comme on pourrait aisément l'imaginer à une ingénierie qualifiée par exemple de termes renvoyant à des dispositifs techniques. Il s'agit bien d'une ingénierie qui doit être coopérative, c'est-à-dire une méthode de conception qui, avant toutes choses, mise sur la synergie des acteurs qui vont collaborer.

Voyons maintenant comment notre définition de base, opérer avec quelqu'un, se précise autour de notre objet d'étude lorsque nous regardons du côté de la littérature scientifique qui s'intéresse à ce sujet.

Leplat (1994) nous explique qu'à bien y regarder, toute activité en situation de travail relève d'une collaboration. En effet, nous rejoignons ici l'option que nous avons retenu au départ de nos travaux, c'est à dire que l'homme n'est pas envisagé seul et autarcique. Ainsi l'activité d'un individu n'est jamais isolée mais dépend très souvent d'autres tâches effectuées en amont par d'autres individus. De même que sa tâche sera vraisemblablement l'origine d'une autre tâche assurée par un autre individu. Cette perspective du

travail collectif rejoint la notion plus formelle de coopération distribuée de Rogalski (1998). Cet auteur précise le caractère distribué de la coopération en évoquant les relations horizontales qu'elle oppose aux relations verticales pour expliquer l'organisation du travail à plusieurs. Lorsqu'elle est verticale, la relation renvoie aux notions de prescripteur et d'exécutant. Ici, il y a plusieurs individus mais on introduit l'idée de subordination de celui qui réalise la tâche à celui qui fait réaliser. Lorsqu'elle est horizontale au contraire, la relation tend vers la collaboration avec des acteurs qui partagent des buts communs pour la réalisation de la tâche.

Présentée de la sorte, la collaboration existe mais n'impose pas la rencontre des individus pour la résolution de la tâche. En effet, même dans le cas d'une coopération, qui ferait référence à une relation horizontale, le travail peut être distribué sur différents individus et ceux-ci appliquer une résolution à leur problème individuellement. Notons que, dans ce cas, chaque individu poursuit un but qui lui est propre et qui diffère des autres, mais que collectivement ils se dirigent vers un but global qui, cette fois, leur est commun.

Sur ce point, Hoc (1996) nous indique que l'on peut parler de mise en œuvre d'activités coopératives dans la mesure où deux conditions sont remplies. Il faut tout d'abord que les activités des individus soient en mesure d'entrer en interférence, et ensuite que chaque individu essaie de détecter et de traiter ces interférences pour faciliter ses propres activités, celles de ses partenaires ou encore faciliter la réalisation d'une tâche commune. Ici, la notion d'interférence se définit par opposition à celle d'indépendance, c'est à dire que l'action d'un individu a des effets sur les buts poursuivis par un autre individu. Et, comme il s'agit d'une coopération, il est souhaitable que l'interférence soit positive, c'est à dire que les effets de l'action d'un individu soient pertinents pour l'action d'un autre individu.

Notons ici, que Leplat (1994) n'utilise pas le terme d'interférence mais propose d'introduire la notion d'interaction entre les individus. En effet, pour lui, une tâche ne devient véritablement collective que si il y a interaction entre les membres du collectif ainsi constitué. De ce point de vue, la collaboration autour d'une tâche ne peut se satisfaire, comme nous l'avons vu juste avant, d'un but et de conditions externes, mais requiert l'activité continue des autres individus. De sorte que sa définition de l'activité collective devient : "*the activity of a group of people who interact to carry out a task*" (Leplat, 1994, p. 211).

Précisons que Leplat ne parle pas de collaboration ni de coopération et conserve le terme d'activité collective. Schmidt et Bannon, pour leur part, expliquent que le terme "coopération" est historiquement marqué. En effet, Marx écrivait que "*When several workers function together in view of a common*

goal in the same product process or in different, but related processes, their work take the cooperative form”² (Schmidt et Bannon, 1992).

Nous le constatons, la situation d'ingénierie concurrente que nous avons retenue demande une précision de son caractère collectif de résolution de problème. En effet, si le terme collectif renvoie bien à la notion de tâche commune aux membres du groupe restreint telle que nous l'avons définie, ce terme peut avoir plusieurs acceptions selon la dimension "espace temps" retenue.

2.2.1. La co-présence des individus

Ainsi, nous venons de le voir, la coopération peut être distribuée à la fois dans le temps et l'espace. Les individus coopèrent car leurs tâches concourent à un but commun, mais ils ne sont pas amenés à interagir au cours de la résolution de leur propre tâche. Ce type de coopération nécessite avant tout une forte coordination des acteurs.

Leplat (1994) quant à lui semble nous orienter vers un travail collaboratif qui nécessite une interaction entre les individus tout au long de la réalisation de la tâche. Falzon (1994) nous propose alors de distinguer les formes de travail collectif suivant l'interdépendance des tâches. De la sorte, Rogalski (1994) propose de les ordonner de la co-action à la collaboration en passant par la coopération distribuée suivant le principe d'interdépendance croissante des tâches. Ainsi la collaboration apparaît lorsque les individus élaborent ensemble les stratégies de résolution de leur problème commun.

Nous avons vu que la conception avait évolué d'un schéma séquentiel vers une forme sollicitant beaucoup plus les interactions entre les différents acteurs. Au niveau de la coopération entre les individus cela se traduit par un déplacement de la coopération distribuée vers plus de collaboration tels que nous venons de préciser ces termes. Mais cela ne veut pas dire pour autant qu'une forme se substitue entièrement à l'autre. Suivant la taille du projet de conception, il est fréquent de voir une alternance de phases de conception distribuée et de co-conception. La co-conception étant la forme collaborative de la conception tel que nous venons de le définir. En fait Zarifian (1996) fait remarquer que, plus l'organisation apparaît traditionnelle et plus une version faible de coopération prévaut. Sur ce principe, ce sont les organisations qui choisissent de mettre en place des équipes intégrées qui s'orientent vers une version forte de la coopération.

² Quand plusieurs ouvriers fonctionnent ensemble pour un but commun dans le même processus de production ou dans des processus différents, mais liés, leur travail prend la forme coopérative (C'est nous qui traduisons)

Sur cette alternance des formes de résolution collective, Dameron (2002) revient sur le terme de "coopération" et nous propose deux processus de développement, de ce mode de relation dans l'organisation, déclinés en *complémentaire* et *communautaire*. Cette perspective, apparemment dichotomique de la coopération, offre l'intérêt d'introduire deux perspectives d'analyse du travail collaboratif. En effet, si l'approche communautaire trouve ses fondements théoriques dans la dynamique des groupes restreints que nous avons déjà présentés plus avant dans ce chapitre, la vision complémentaire de la coopération est issue des théories économiques sur les contrats. On voit donc apparaître un regard croisé de rationalité identitaire aidé de la psychologie sociale et d'une rationalité plus calculatoire des sciences économiques pour le même objet d'étude qui nous intéresse, la coopération des individus.

Ainsi, la coopération complémentaire rejoint la relation verticale de Rogalski (1998) en ce qu'elle est intrinsèquement liée au modèle hiérarchique de l'organisation. Dameron définit cette coopération complémentaire comme prenant sa source dans le partage d'une tâche commune pour des individus qui mettent en œuvre une stratégie individuelle de gain de pouvoir pour l'accès à des ressources complémentaires. Dans ce cas, la congruence des intérêts individuels et donc la réciprocité des rapports est assurée par des engagements interindividuels (Dameron, 2002).

La coopération communautaire quant à elle, rejoint les préoccupations de la psychologie sociale et met en avant l'importance du facteur humain dans l'organisation et notamment l'existence d'une vie de groupe. Sa définition révèle le partage d'une tâche commune également, mais cette fois les individus sont regardés comme appartenant à un groupe restreint et soucieux d'être reconnus par les autres membres du groupe. Il s'agit alors, pour les individus, de préserver et de développer leur identité commune notamment autour d'objectifs partagés, dans un espace d'interactions.

Sur l'analyse qu'elle nous propose de ces deux formes de coopération dans le cas d'une situation de conception, on voit apparaître une évolution des relations collaboratives tout au long du projet. En début comme en fin de projet, c'est la communauté des objectifs qui prévaut et la coopération communautaire apparaît dans les situations de co-conception. Alors qu'à mi-parcours du projet, la conception distribuée laisse place à une coopération complémentaire exprimée dans les aspects liés à la coordination temporelle des ressources et des tâches.

Ce qui intéresse nos travaux dans ce que nous venons d'exposer, c'est la particularité collective de la situation de conception qui invite les concepteurs à se réunir certes, pour partager une tâche commune, mais également pour

concevoir ensemble dans ce que nous venons de définir de la collaboration. Nous utiliserons donc le terme de *collaboration*, tel que Rogalski (1994) le propose et en précisant que celui-ci fera référence à la présence d'interactions entre individus, tout au long d'une phase de co-conception, c'est-à-dire d'une résolution conjointe du problème en co-présence.

2.2.2. Collaboration et conception : co-concevoir

Pour notre situation d'ingénierie concurrente, dont on sait maintenant qu'il s'agit d'une situation de co-conception, les individus sont engagés dans la production d'une solution de manière conjointe. Vu sous cet angle, les participants sont cognitivement interdépendants dans la mesure où le cheminement de leur raisonnement est fortement lié à leurs interactions. Les particularités individuelles, que nous avons évoquées lors du premier chapitre, deviennent donc les bases du raisonnement qui devient collectif. Et Falzon (1994) ajoute que ce raisonnement va s'étayer des échanges d'informations, de la disponibilité des informations mais également de l'adéquation entre les rôles attendus des différents participants et les rôles effectivement tenus par ceux-ci en lien avec les connaissances des uns et des autres sur les avancées du projet. On le voit, les participants construisent la solution conjointement en partageant un but commun, identique, et en contribuant à son atteinte *via* leurs compétences spécifiques. Il s'agit pour eux de construire ce que Zarifian (1996) appelle "un espace d'intersubjectivité". Cet espace est composé de représentations mentales liées à l'artefact, c'est-à-dire l'objet à concevoir, mais également de représentations liées à la collaboration c'est-à-dire au processus collectif de production de la solution.

2.3. La Collaboration : un processus collectif de production de représentations

Avec le départ du processus de conception débute la formation du groupe restreint tel que nous l'avons défini un peu plus haut dans ce chapitre. C'est à ce moment que vont débiter les premières interactions entre les membres du groupe qui va, tel que nous venons de le voir, se réunir pour mettre en œuvre une résolution du problème de conception de manière conjointe.

2.3.1. Réunir le groupe : l'origine des interactions

Nous avons jusqu'ici, utilisé le terme d'interaction sans véritablement le définir. Or nous découvrons au fur et à mesure de l'avancée de nos travaux que celui-ci prend une place très particulière et relativement centrale de part la situation que nous avons choisie et définie. En effet, nous avons choisi de concentrer nos travaux sur une situation qui requiert la présence physique des

individus pour la tâche qui leur est demandée. Ainsi toutes les actions qui vont concourir au cheminement vers la solution repose sur les échanges entre les participants. Ces échanges de toutes natures peuvent justement être regroupés sous le terme d'interactions.

En effet, les interactions peuvent être de nature très diverses si l'on en juge par les champs disciplinaires qui s'en préoccupent. Pour la linguistique il s'agit "d'interactions langagières", pour la psychologie du développement "d'interactions précoces", pour l'anthropologie "d'interaction sociales", pour la psychologie sociales "d'interactions humaines" etc . . . C'est la raison pour laquelle, dans la situation qui est la nôtre, le terme d'interaction ne se limitera pas aux échanges entre participants mais s'élargit à tous les échanges dans l'environnement que constitue cette situation.

D'autre part, l'interaction est à distinguer de la *relation* ou du *lien* qui unit les individus et que nous avons déjà rencontrée dans ce chapitre lorsque nous nous sommes interrogé sur la taille du groupe. Goffman (1974), pour sa part, propose de réserver l'interaction à la classe d'événements qui ont lieu lors d'une présence conjointe. La relation ou le lien perdurent en effet après la séparation effective des individus. Ainsi, avec cette distinction nous pensons que la notion d'interaction est particulièrement adaptée à notre situation que nous avons particularisée à la rencontre effective des participants.

Dans cette circonstance, l'interaction peut prendre la forme simple que décrit Maisonneuve (1973) lorsqu'il explique que l'interaction apparaît lorsqu'un sujet agit comme stimulus d'une réponse chez un autre sujet. Mais elle peut prendre une forme beaucoup plus complexe que cette simple causalité linéaire lorsque la cybernétique nous propose d'introduire le concept de *feed-back*. Le sujet qui agit comme stimulus n'est plus simple émetteur, il devient le récepteur de ce que son comportement a engendré comme réponse chez l'autre sujet dans un processus de causalité circulaire. Ainsi, il y a bien action mutuelle des individus entre eux pour une inter-action.

Pour la situation de conception, telle que nous l'avons définie, les individus vont donc se rencontrer et interagir. Lorsqu'ils rejoignent le groupe et participent à l'activité de ce groupe, deux phénomènes vont concourir à leur intégration : la personnalisation et l'individuation (Blanchet et Trognon, 1994).

2.3.2. La personnalisation

Bruner (1991) nous explique que la personnalisation est le processus par lequel un système socioculturel façonne l'esprit de ses membres. Pour notre situation, il s'agit du groupe restreint des concepteurs fortement structuré par son but et le rôle présumé de chacun pour l'atteinte de ce but. Ici les rôles sont clairement identifiés et correspondent aux métiers respectifs des participants.

Cependant, comme le fait remarquer à juste titre Guillevic (2002), on peut distinguer trois grands types de rôle pour un même individu suivant le niveau auquel on se place : le rôle prescrit, qui est assigné au sujet par les autres (son supérieur, ses pairs, ses subordonnés), le rôle perçu c'est-à-dire la représentation qu'a le sujet lui-même du rôle qu'il doit jouer et enfin le rôle réel, qui est la traduction comportementale du rôle, c'est-à-dire ce que fait réellement le sujet.

On le constate, les participants vont se structurer en groupe restreint autour de la tâche qui leur est confiée : la résolution du problème de conception. Et, chacun à la hauteur de ses compétences et du rôle qui lui est assigné pour cette tâche, va contribuer au fonctionnement du groupe auquel il appartient par les interactions qu'il va mettre en œuvre pour l'atteinte de leur but commun (Oberlé, 1995).

Ainsi pour le groupe qui nous intéresse, la dynamique des interactions qui va engendrer le cheminement vers la résolution du problème de conception s'appuie sur une distribution des rôles définis formellement par l'organisation. Et nous découvrons que la représentation collective de ce jeu des rôles interdépendants pour l'occasion va dépendre, en grande partie, du consensus établi autour du caractère prescrit, perçu et réel des rôles de chacun.

Ainsi on devine, en introduisant un critère différentiateur des participants, en l'occurrence le rôle, que chaque participant va, tout en appartenant au groupe, se distinguer des autres membres. Cette différenciation va dans le sens du deuxième phénomène : l'individuation.

2.3.3. L'individuation

Codol (1984) nous explique que l'individuation est en œuvre lorsque la personne cherche à se situer par rapport à son groupe d'appartenance. Nous venons de voir que les concepteurs se retrouvent autour de leur but commun et forme un groupe qui se différencie du reste des individus. Ils se reconnaissent donc comme groupe animé d'une même intention et partagent une activité commune. Mais, lorsque la référence n'est plus externe et qu'ils n'envisagent que leur propre groupe, alors le processus d'individuation nous apprend que les participants souhaitent se différencier des autres membres de leur groupe d'appartenance du moment.

Les travaux de Codol (1984) avancent deux stratégies mises en œuvre par les membres du groupe pour parvenir à cette individuation. Il s'agit tout d'abord de l'accentuation des différences soi-autrui au sein du groupe, c'est-à-dire que chaque individu aura tendance à se considérer comme un élément de différenciation mais dans le même temps comme le centre de similitude. Ainsi

la personne a le sentiment de beaucoup moins ressembler aux autres, que les autres ne lui ressemblent.

Codol (1984) parle de conformité supérieure de soi pour la seconde stratégie. Ici, chaque membre recherche l'individuation en ayant le sentiment de plus contribuer à la norme du groupe que les autres membres.

Nous avons vu que l'ingénierie concourante se proposait de réunir autour d'un même problème de conception, les différents acteurs de la résolution. Et que tous les acteurs ne sont pas équivalents du point de vue de leur rôle suivant qu'il s'agit du client, du bureau des méthodes ou du service fabrication comme nous l'avons découvert au cours du premier chapitre.

Ainsi, on peut s'attendre à ce que les concepteurs cherchent à se distinguer des autres concepteurs du groupe en s'appuyant d'une part sur leurs connaissances et compétences spécifiques pour la tâche commune.

Et d'autre part sur le sentiment qu'a chacun de plus participer à la norme du groupe, c'est-à-dire ce pour quoi ils sont réunis, la résolution du problème de conception.

Le groupe restreint des concepteurs que nous venons de définir va alors se réunir et interagir pour cheminer vers la résolution du problème de conception qui lui est proposé. En s'appuyant sur les interactions de ses différents acteurs, le groupe va produire le parcours vers la solution dans une forme d'intelligence collective différente de la somme des intelligences individuelles. Cette différence est à rechercher dans la collaboration, et donc dans les processus d'interaction, dans l'articulation des activités individuelles pour une action collective mais aussi dans les régulations collectives.

Dés lors, les variables liées aux acteurs, que nous avons découvertes au premier chapitre, vont déterminer l'activité collective et auront un impact sur la performance du groupe lui-même.

2.3.4. Les acteurs à l'origine de l'activité collective

Il ne fait aucun doute que les caractéristiques des participants vont influencer l'activité du groupe (Augustinova, Oberlé, et Stasser, 2005). Samurçay et Delsart (1994) par exemple étudient le fonctionnement des activités collectives dans une situation de conduite de haut fourneau. Pour cela, ils observent deux groupes de deux opérateurs pendant le traitement qu'ils font d'une situation simulée de la marche du fourneau. Les deux groupes se différencient par les années d'expérience des membres du groupe. Les résultats révèlent que le groupe le plus expérimenté verbalise davantage d'activité de raisonnement, travaille plus sur des phénomènes que des

paramètres et utilise un ensemble plus large de phénomènes interne que le groupe le moins expérimenté. Ainsi, les deux groupes font preuve de deux stratégies de collaboration différentes : une construction d'un référentiel commun en amont des activités de raisonnement pour le groupe expérimenté et des ajustements mutuels de représentations, dans une forme de collaboration plus distribuée, pour le groupe moins expérimenté.

On le voit dans cette expérience, le niveau d'expertise des acteurs de l'activité collective va retentir sur la stratégie de collaboration et d'organisation des interactions.

De la même manière, les relations intersubjectives des acteurs et leur confiance accordé au collectif pour résoudre la tâche influe sur la marche même du groupe. Cette confiance est à envisager à la fois dans l'activité collective plus à même de trouver des solutions que l'activité individuelle mais également dans le collectif tel qu'il se constitue avec des individus qui ont, ou non, un passé commun par ailleurs.

2.3.5. Relations de confiance et de conflits

Nous avons vu, au cours du premier chapitre lors de la présentation de l'ingénierie concourante, que les concepteurs vont devoir cheminer vers la solution en s'appuyant sur des expertises différentes. Ceci nécessite des interactions au cours desquelles les concepteurs vont échanger sur leurs représentations mais aussi expliquer et négocier leurs points de vue. Il ne fait aucun doute ici, que ces échanges, ces négociations et ces explications seront placés sous l'emprise d'un niveau de confiance réciproque. C'est ce que Cahour explique lorsqu'il écrit que "la dimension cognitive de la conception collective recouvre la façon dont les propositions, évaluations et choix de solutions sont fondés sur des critères et arguments reposant sur des connaissances et des expériences antérieures de conception" (Cahour, 2002, p.316)

2.3.6. La confiance comme savant mélange d'opportunité et de risque

La collaboration pour la résolution du problème de conception repose sur un échange d'information. On peut alors penser que la confiance accordée à cette information est liée à la crédibilité de la source qui l'émet. Et il est vraisemblable que cette crédibilité va dépendre de la compétence connue et reconnue de l'émetteur. C'est-à-dire du "poids" attribué au point de vue défendu. Sur ce point Petersen et Behfar (2003) proposent les résultats d'une expérience qui mettent en évidence l'impact de la confiance sur la performance du groupe mais également l'impact négatif sur la confiance d'un résultat négatif de l'activité collective.

On le voit, dans le groupe, les concepteurs intègrent l'information et poursuivent leur raisonnement, lorsque l'information porte en elle la confiance nécessaire. On retrouve ici la célèbre expérience de Milgram (1974) lue sous un angle un peu différent : le sujet accepte de poursuivre son action tant qu'il accorde une confiance suffisante et nécessaire au professeur, en l'occurrence l'expert. Dès lors que ce dernier entre en conflit avec son homologue, un autre expert, la confiance du sujet est impactée négativement, diminue et il refuse alors de poursuivre son action.

Cette référence à Milgram (1974) permet d'entrevoir ce qu'il advient de nos concepteurs si la confiance devient aveugle. Sans un minimum de regard critique, et on le constate chez le sujet de Milgram (1974) qui accepte sans concession d'adopter un comportement que l'on espère inhabituel, un trop haut niveau de confiance dans le groupe peut conduire à des raisonnements malencontreux. On est ici proche du phénomène de "pensée groupale" identifiée par Janis (1972). C'est-à-dire le fonctionnement du groupe qui fait en sorte d'établir un consensus sur la solution la plus acceptable pour sauvegarder la cohésion et ainsi contourner les échanges qui risqueraient d'être sources de conflit.

On le voit, le niveau de confiance à l'intérieur du groupe est un facteur de performance mais il doit s'accompagner d'une vigilance qui devient moteur en prenant garde de ne pas s'imposer en conflit destructeur.

2.3.7. Le conflit en tant que critique constructive

Leplat (1994) confirme l'importance du conflit, qu'il nomme "socio-cognitif", dans le cadre des recherches sur les activités collectives. Et Rogalski (2005) propose d'envisager deux sortes de conflit dans le cadre du travail collaboratif et des tâches collectives : le conflit sur la tâche et le conflit relationnel. Ces deux types de conflit semblent compatibles avec la perspective de Blanchet et Trognon (1994) qui précisent qu'un conflit dans un climat coopératif dynamise l'action commune. Ainsi, rapporté à notre situation, la contribution des concepteurs serait plus élevée, les messages plus pertinents avec des tentatives d'influence et des propositions plus amicales et attentives lorsque des conflits sur la tâche émaillent le raisonnement selon ces auteurs.

Le conflit relationnel quant à lui semble déporté sur la sphère conative, il naît et se nourrit dans les relations interpersonnelles emprunts d'émotions. Ce deuxième type de conflit est source d'affectivité et peut aller jusqu'à stopper la progression du groupe vers son but. Ce que confirme Rogalski (2005) lorsqu'elle considère le conflit relationnel à l'image d'un parasite du traitement cognitif. En effet, ce deuxième type de conflit limite les fonctions cognitives en

augmentant le niveau de stress. Le conflit relationnel est alors une surcharge cognitive qui détourne les capacités de raisonnement utiles à la résolution de problème vers une finalité peu contributive à l'objectif global.

Nous venons de voir que le groupe doit appuyer son fonctionnement sur des niveaux maîtrisés de confiance et de conflit s'il veut optimiser sa performance, c'est-à-dire cheminer le plus efficacement vers la solution de son problème de conception. Or, cette maîtrise est liée aux compétences des individus à travailler en collectif. En effet, si la résolution d'un problème de conception en situation individuelle demande au concepteur des compétences techniques tournées vers l'objet de la conception. Le même problème de conception en situation collective lui demande, en plus, des compétences orientées vers le processus de collaboration. Ainsi, placé en situation collective de résolution de problème, le concepteur a deux types d'action : son action vers l'objet de la conception et son action vers les autres concepteurs.

2.4. Les compétences des concepteurs pour l'activité collective

Nous avons vu au cours du premier chapitre que la conception d'un produit devient une construction d'un sens commun entre différents secteurs d'activité à partir d'échanges d'informations (Charpentier et al, 1995). Les interactions vont donc porter sur l'échange de l'information et sur la négociation des points de vue.

Cet échange d'information suppose, de la part de celui qui souhaite exposer son point de vue, des compétences d'explicitation. Il doit exprimer clairement, dans un mode de communication compréhensible pour les autres concepteurs, les connaissances qu'il possède et auxquelles il souhaite recourir pour la résolution en cours. Cela suppose de sa part, une sélection pertinente des informations parmi toutes celles en sa possession. Mais aussi une maîtrise suffisamment élaborée de ces informations pour établir des liens avec les autres informations qui lui parviennent. Pour étendre l'importance de ces compétences à l'ensemble de l'activité collective, Rogalski (2005) parle d'*assertivité* dans la communication, c'est-à-dire de l'expression claire des hypothèses de diagnostic, de propositions d'action ainsi que la défense des raisons de ces propositions.

D'autre part, dans l'activité collective, le concepteur est un émetteur de l'information mais il devient alternativement un récepteur du message d'un autre concepteur. Ainsi, dans l'interaction telle que nous l'avons définie plus avant, la réception d'une information est un stimulus qui va le modifier, c'est-à-dire modifier la représentation qu'il a élaborée de la résolution en cours. Or, cette information ne peut l'atteindre que s'il est disposé à la recevoir. L'activité collective suppose donc des compétences d'attention portée à autrui, mais également des capacités à prendre en compte cette information pour l'agréger

à celle dont il dispose déjà. Il doit en effet acquérir de l'information et tenir compte des compétences des autres concepteurs tout autant qu'il souhaite voir les autres concepteurs acquérir et tenir compte de son information.

On le voit l'activité collective s'appuie sur des compétences individuelles. Mais on ne peut pas recomposer la compétence collective en sommant les compétences individuelles. En effet, les concepteurs vont échanger de l'information mais aussi négocier, évaluer et ajuster cette information dans une forme de régulation collective. Et la situation collective ne se contente pas de réunir des situations individuelles, elle doit également favoriser l'intercompréhension *via* le partage négocié de l'information pour éviter ce que l'on appelle communément le "dialogue de sourds". Ainsi, il existe, ce que l'on peut qualifier de compétence "holistique" de l'équipe. En effet, il est nécessaire que le groupe soit en mesure de réguler son fonctionnement en s'appuyant sur ses compétences individuelles, pour concourir à l'élaboration d'une représentation partagée de l'objet de la conception.

Le point de vue de Falzon (1994) sur ce point est d'envisager les acteurs à travers leur engagement dans un processus de synchronisation cognitive.

2.4.1. La synchronisation cognitive

Il s'agit du processus qui vise à construire et à maintenir, tout au long des interactions, un environnement de connaissances mutuelles. Ces connaissances mutualisées et partagées deviennent un espace référentiel commun (Karsenty et Falzon, 1992). Nous retrouvons ici l'élaboration de l'espace d'intersubjectivité de Zarifian (1996) que nous avons introduit dans la présentation de cette partie.

Loiselet et Hoc (2001) nous expliquent qu'il apparaît deux formes de gestion du référentiel commun. Ainsi, lorsqu'il y a mise en commun d'une information acceptée par tous les participants, celle-ci s'intègre directement dans leurs représentations et on parle alors d'activité de maintien du référentiel commun. Et lorsque l'information nécessite des modifications des représentations individuelles, c'est à dire que l'information ne peut plus être assimilée par les autres participants sans passer par une étape d'explication alors il y a élaboration du référentiel commun.

Ainsi, les interactions seront porteuses d'activité de maintien du référentiel, c'est à dire de sa mise à jour proposée par un concepteur et acceptée par les autres car elle ne remet pas en cause les représentations individuelle préexistantes. Dans ce cas les échanges entre les concepteurs sont limités à une forme d'accusé de réception de l'information.

Mais les interactions sont aussi le lieu d'échanges plus important lorsqu'il y a élaboration du référentiel commun. En effet, dans ce cas, les modifications nécessaires des représentations individuelles requièrent une explication c'est à dire un processus plus complexe d'ajustement mutuel des représentations. Ici, les concepteurs devront remettre en cause tout ou partie de leur représentation en cours. Le but de cette élaboration peut être de compléter la représentation de l'un ou plusieurs des autres concepteurs, de rendre compatibles des représentations divergentes ou encore de construire en commun une nouvelle représentation, c'est à dire de prendre une décision.

On remarquera ici, que l'élaboration du référentiel est beaucoup plus coûteux que ne peut l'être le maintien. En effet, le processus d'élaboration mobilise des ressources pour l'explication et l'argumentation mais il mobilise également du temps supplémentaire par rapport à l'activité de maintien.

2.4.2. Les objets intermédiaires

Il est important de noter que cet espace référentiel commun est certes, composé de représentations mentales comme nous venons de la voir, mais pas uniquement. En effet, comme le fait remarquer Jeantet (1998) de nombreux objets sont produits au cours d'une phase de conception. Ces objets peuvent être des plans, des esquisses, des maquettes, des documents textuels, des graphiques etc. Autant d'objets qui matérialisent, au moins partiellement, le référentiel commun. En effet il est impossible de matérialiser chaque idée, chaque nouvelle proposition, chaque différence dans le cheminement du raisonnement des concepteurs. Pour illustrer ce point, imaginons la conception d'un boggie d'une rame TGV-Est. Il est très difficile d'envisager l'usinage des différentes pièces au fur et à mesure de leur conception par les ingénieurs. Ces derniers vont en effet beaucoup plus vite dans leurs raisonnements qu'une unité de fabrication ne peut usiner de pièces. Et par ailleurs, nous avons vu que le cheminement du raisonnement des concepteurs était souvent l'occasion d'impasses qu'ils devaient contourner pour poursuivre la résolution de leur tâche. Vouloir matérialiser ce cheminement s'apparenterait donc à un formidable gâchis de temps, de matière première et de ressources humaines. On comprend alors mieux pourquoi cet espace référentiel commun a recours à toutes sortes de représentations aisément mobilisables.

Ces productions sont autant d'objets intermédiaires de la résolution du problème de conception que les sociologues du travail utilisent pour rendre compte des processus collectifs de production de savoir nouveau. En effet, Jeantet (1998) explique que les objets intermédiaires sont produits ou utilisés au cours du processus de conception et qu'ils sont des traces et supports de l'action de concevoir. Et Vinck (2000) d'ajouter que ces objets ne sont pas

simplement des inscriptions matérielles qui se réduisent à de l'information, mais ils sont des entités matérielles plus ou moins contraignantes à produire, à conserver et à utiliser. On comprend alors que c'est cet investissement, relativement fort, de la part l'auteur de l'objet intermédiaire qui intéresse le sociologue des sciences. Ainsi, les objets intermédiaires permettent de révéler et de caractériser la nature des échanges et des relations entre les concepteurs, de dessiner leurs réseaux de coopération, mais aussi d'accéder aux investissements et activités en amont, en cours et en aval des échanges (Vinck, 2000).

Ici, il nous semble que le sociologue des sciences a identifié le rôle judicieux et pertinent des objets intermédiaires dans la cognition en œuvre dans notre situation. Toutefois, son regard porté sur les objets comme trace de l'activité des concepteurs fait de ces objets intermédiaires une fin en soi. Le regard du psychologue que nous proposons est sensiblement différent. En effet, nous souhaitons voir dans ces objets intermédiaires les moyens que se donnent les concepteurs pour partager et mutualiser leurs représentations pour leur référentiel commun.

De la sorte, les objets intermédiaires ouvrent le champ des échanges dans le groupe. Les modalités de formalisation de leur représentation s'élargissent et ils vont pouvoir choisir celle qui leur semble la plus adéquate au moment le plus opportun. Par ailleurs, nous avons vu, au cours du premier chapitre que l'insight des gestaltistes donne une place importante à la modalité visuelle et à la perception de la forme pour la restructuration de la représentation. Il nous semble que l'objet intermédiaire, en donnant à voir la représentation de son auteur, contribue à cet ajustement des représentations.

Ainsi par synchronisation cognitive, on entendra tous les mécanismes qui concourent à l'élaboration de l'espace référentiel commun. Et Falzon (1994) d'expliquer que cette synchronisation s'appuie sur la communication pour s'assurer que, d'une part, chaque concepteur a une connaissance des faits relatifs à l'état de la situation et d'autre part, que les concepteurs partagent un même savoir général pour la situation en cours (règles techniques, procédures de résolution, etc.).

L'on entrevoit ici l'effet du niveau de savoir général des concepteurs sur les processus de synchronisation cognitive. En effet, lorsque les opérateurs sont expérimentés, les connaissances communes dans leur domaine d'expertise permettent une économie des communications par le recours à un langage technique spécifique, et a contrario, lorsque l'expertise du domaine est manquante ou insuffisante, les opérateurs ont besoin de plus de communication pour ajuster leur savoirs généraux.

Ce langage technique spécifique accroît l'efficacité des communications (Navarro, 1991). Falzon (1989) parle de "langage opératif" dont la spécificité tiendrait à un taux informationnel élevé qui permet, lorsque les contraintes temporelles sont fortes, d'être rapidement compris par l'interlocuteur. Comme l'explique Navarro (1991), ce langage opératif ne peut être s'établir que si les individus s'appuient sur les mêmes référents au cours du processus d'interaction. Une homogénéité de représentation apparaît donc comme préalable à toute interaction équilibrée.

Pour illustrer ce point, l'auteur nous présente une dyade d'opérateurs affectés à une chaîne de fabrication, sur un poste où ils doivent, entre autres tâches, veiller au bon fonctionnement d'une "couleuse". L'ouvrier débutant, éprouve le besoin de se déplacer fréquemment pour constater, de visu, le contenu de la couleuse et apprécier ce qui se passe à l'intérieur. Plus tard, son expérience est telle, qu'il est en mesure de se représenter les évolutions internes de la couleuse en constatant les débits d'entrée et de sortie. En fait, son inexpérience l'incite à s'appuyer sur des indices directs qu'il recueille fréquemment en constatant l'état physique de la couleuse. Puis, cette activité de contrôle lui permet de dégager des constantes dans le fonctionnement de l'appareil et de se construire un système représentationnel qui va le dégager de l'obligation d'être fréquemment à proximité de la couleuse. De la sorte, son activité centrée sur la surveillance physique de la couleuse qui l'oblige à rester à proximité de l'appareil, va se transformer en représentation cognitive qui le libère de la contrainte d'être physiquement à côté de la machine. Et cette représentation devient le référent commun qu'il partage avec les opérateurs plus expérimentés avec lesquels il va maintenant pouvoir interagir grâce à un langage opératif.

2.4.3. Langage opératif

Selon Navarro et Marchand (1994), la notion de langage opératif exprime une certaine compétence collective. Sur ce point, le langage opératif peut être regardé comme une partie de la compétence "holistique" de Rogalski (2005) que nous avons présentée plus avant dans ce chapitre. Ce langage repose, comme nous venons de le voir dans l'exemple ci-dessus, sur la construction d'un système de référents communs. Il est alors un langage spécialisé caractérisé par sa rapidité et son efficacité.

La spécificité opérative du langage contribue à la compétence holistique de l'équipe des concepteurs comme le montre les résultats de Navarro et Marchand (1994). Dans une analyse qu'ils font de dialogues entre experts et entre expert et novice, ils montrent que les experts mettent en œuvre des dialogues beaucoup plus courts, en temps et nombre de mots, que les dialogues entre expert et novice. D'autre part, ils montrent qu'au delà de

l'analyse quantitative, le langage opératif peut se repérer sur les caractéristiques du lexique utilisé. Avec un interlocuteur novice, le lexique est proche du langage général alors qu'entre expert, le lexique est beaucoup plus restreint.

Dans cet article, il s'agissait de standardiste-permanenciers du SAMU (Service d'Aide Médicale Urgente) qui traitent des appels de professionnels, pompiers, police par exemple, ou des appels de particuliers. Le langage qu'ils utilisent n'est donc pas le même suivant le niveau de compétences de l'interlocuteur. Mais il nous semble important de noter également que la distinction n'est pas dichotomique. En effet, comme l'explique Rogalski (1994), la représentation de la compétence de l'interlocuteur, ainsi que de sa propre compétence, est une composante de la dynamique des activités collectives.

Ici, le standardiste, au fur et à mesure de l'échange, évalue le niveau de compétence de son interlocuteur et guide l'échange en conséquence. C'est ce que les auteurs expriment lorsqu'ils indiquent que la succession des tours de parole fait apparaître le mécanisme d'ajustement par lequel le permanencier extrait et traite les informations nécessaires à la prise de décision.

Ainsi, il n'y a pas seulement reconnaissance du statut de l'interlocuteur - expert ou novice - puis recours au langage approprié - opératif ou général - mais bien évaluation au cours de l'échange et ajustement du recours au langage en conséquence.

Le recours à un langage opératif n'est donc pas binaire suivant le statut des interlocuteurs mais relève d'un ajustement mutuel au cours de l'échange. De la sorte, il nous semble judicieux de noter également que le niveau d'expertise n'est pas intrinsèquement lié à la fonction de l'interlocuteur. Navarro et Marchand (1994), par exemple, ne l'ont pas explicitement exprimé mais l'on pourrait imaginer que le particulier n'en est pas à son premier appel et a acquis une certaine expérience en matière d'explicitation. Ainsi, bien que l'interlocuteur ne soit pas un professionnel, le permanencier peut envisager de recourir partiellement au langage opératif.

D'un langage général vers un langage opératif dans un processus d'ajustement par évaluation mutuelle, et donc l'élaboration d'un système de référents communs, nous retrouvons ici la mise en œuvre des explications et négociations dont nous avons dit, au chapitre précédent, qu'il s'agissait du cœur de l'ingénierie concurrente.

La synchronisation cognitive que nous venons de voir participe des processus de mise en confrontation des points de vue dont Beguin et Darses

(1998) nous expliquaient qu'elle est liée aux participants qui sont chacun porteur de logiques différentes et d'expertises variées.

La construction de leurs référents communs passe, on le voit, par un processus de synchronisation cognitive qui fait appel à des interactions. Des interactions au cours desquelles les concepteurs, puisque c'est d'eux dont il s'agit dans nos travaux, vont s'ajuster par des négociations et des explications. L'introduction du terme "négociateur" montre qu'ils vont devoir ajuster leur représentation, comme nous venons de le voir, mais également qu'ils vont devoir décider. C'est-à-dire que leur synchronisation cognitive repose sur des décisions collectives issues de leurs ajustements.

2.4.4. La prise de décision

Nous avons vu au cours du premier chapitre que la décision pouvait être envisagée comme une production du système cognitif. Et que cette production présente un niveau d'élaboration différent suivant que la décision est prise dans le cadre d'une tâche de résolution de problème, d'une tâche d'exécution non automatisée ou automatisée.

Avec la situation collective, la décision prend une dimension supplémentaire. En effet, nous venons de voir qu'il s'agit pour les acteurs, de partager des connaissances et de s'assurer qu'ils parlent bien de la même chose tout au long de leur cheminement vers la résolution du problème de conception. Ainsi, régulièrement, ils doivent s'ajuster, c'est-à-dire poser le plus explicitement possible leur point de convergence. Envisagée de la sorte, la décision n'est plus seulement une situation à choix multiples où existe une "bonne" solution telle que Morel (2002) par exemple, l'explique. Mais, dans cette situation de conception, la décision devient une bonne option parmi plusieurs vers laquelle les concepteurs convergent. Et les objets intermédiaires que nous avons rencontrés un peu plus haut contribuent au processus de décision en permettant la validation de cette convergence. Ici, les objets intermédiaires ont une fonction de pérennisation de la décision.

Nous retrouvons alors ce que Fixmer et Brassac (2004) qualifient de micro-décisions et macro-décisions, c'est-à-dire les processus de décisions collectives qui jalonnent l'activité pour ordonner et générer son cheminement. La décision peut alors être regardée sous l'angle de sa participation à la construction du sens. C'est-à-dire qu'elle s'élabore dans un espace d'intercompréhension dans lequel le groupe inscrit sa démarche de recherche de cette décision (Grosjean, Grégori, Brassac., 1996). Et la décision contribue à la validation de certaines options qui donnent lieu à des "irréversibilités locales" (Fixmer et Brassac, 2004, p.113) afin de favoriser la convergence des points de vue vers une solution.

Sur ce point, la psychologie sociale nous apprend que le groupe est en mesure d'élaborer des décisions qu'individuellement ses participants n'auraient pas envisagées. C'est le cas de l'effet "Janis" dont nous avons parlé plus avant mais c'est également le cas sur le niveau de prise de risque.

En effet, Kogan et Wallach (1967) rapportent une expérience où des individus commencent par répondre individuellement à un questionnaire envisageant différents niveaux de prise de risque : il s'agit de conseiller un étudiant en matière d'orientation professionnelle. Le questionnaire présente un lycéen qui pratique le piano depuis son enfance et son talent musical a été récompensé par quelques prix. Le lycéen s'interroge sur l'opportunité d'entrer au conservatoire, la carrière de pianiste étant présentée comme incertaine, ou de suivre des études de médecine, métier prestigieux et beaucoup plus sûr. On demande alors au sujet d'indiquer si, de son point de vue, le lycéen ne doit pas poursuivre ses études de musique ou suivant les probabilités proposées, 9, 7, 5, 3 ou 1 chances sur 10 de réussite, quel seuil minimal serait acceptable pour suivre des études de musicologie.

Les sujets répondent individuellement puis la même tâche leur est proposée mais cette fois par groupe de 5 sujets. Les auteurs constatent alors que le consensus auquel aboutit le groupe est plus audacieux que la moyenne des décisions individuelles (Kogan et Wallach, 1967).

Ces résultats sont confirmés même lorsqu'il ne s'agit plus de comportement hypothétique comme ce conseil en orientation pour un lycée fictif mais lorsque la décision engage concrètement le sujet ou le groupe. En effet, dans une seconde expérience, il s'agit de choisir le niveau de difficulté d'un exercice à résoudre qui déterminera le niveau de rémunération réellement obtenu. Là encore, le groupe se révèle plus téméraire que les sujets qui le composent (Kogan et Wallach, 1967).

Tout au long de ce chapitre, nous avons décrit l'activité collective du groupe et, par la même, précisé la situation particulière de l'ingénierie concourante. Le processus de résolution de problème, que nous avons posé au cours du premier chapitre, est donc maintenant contextualisé ce qui nous engage dans une perspective située de la cognition. Et par ailleurs, à travers les concepts de langage opératif et de synchronisation cognitive, c'est bien d'une cognition distribuée dont il s'agira maintenant. En ce sens, Fixmer et Brassac (2004) envisagent la décision comme activité conjointe de production de sens déclinée en actions à la fois langagières, artefactuelles mais également corporelles. Avec cette activité, envisagée de la sorte, apparaît le concept plus large de communication, c'est-à-dire d'enchaînement d'interprétations qui forme le travail conjoint de génération de sens (Brassac, 2001).

Nous avons vu, au cours du premier chapitre, le contexte global de notre problématique à savoir la résolution de problème. Nous avons alors regardé en quoi cette situation pouvait être la source et le lieu d'expression de différences individuelles. Puis nous avons précisé la situation que nous souhaitons étudier en introduisant l'ingénierie concourante comme situation collective de résolution de problème. Ce second chapitre a donc été l'occasion d'éclairer le processus collectif de résolution.

Cette collaboration nous a amené à parler de la co-conception qui s'élabore en prenant appui sur les interactions. Des interactions qui sont à la source de la compétence que nous avons montré collective à travers la régulation des compétences individuelles par la synchronisation cognitive. Le groupe est alors producteur d'un espace référentiel commun qui peut cheminer vers son objectif : la résolution du problème de conception en produisant des résultats visibles issus de ses prises de décisions.

Ces prises de décisions, comme l'ensemble du travail du groupe, s'appuie sur la communication. C'est ce que nous avons vu avec l'aspect opératif du langage par exemple. Se pose alors la question de savoir ce que l'on peut entendre par communication et ce qu'il conviendra de retenir pour notre problématique.

Chapitre III : Une modalité d'interaction spécifique : La gestuelle des mains pour partager les représentations

Au cours des deux chapitres précédents, nous avons présenté la situation de résolution de problème qui intéresse nos travaux : la conception. Et plus particulièrement la conception déclinée dans sa forme nouvelle d'ingénierie concourante. Celle-ci suppose alors une activité collective des concepteurs pour l'atteinte de leur but devenu commun et partagé. La résolution du problème de conception dans ce contexte passe, nous l'avons découvert avec Leplat(1994) qui introduit la notion d'interaction pour définir la collaboration dans l'activité collective, par la communication. C'est donc dans l'interaction et plus précisément dans les processus qui la supportent, c'est-à-dire la communication, que nous allons rechercher la part d'activité de résolution de problème de nos concepteurs sur laquelle nous allons porter notre attention. Nous pensons en effet que la communication est le lieu privilégié d'échange et d'ajustement des représentations pour la construction du référent commun dont nous avons parlé précédemment. Dans notre situation de conception, ce référent commun n'est autre que l'objet conçu, c'est-à-dire la solution au problème posé, c'est dire si le partage des représentations est crucial pour la bonne marche de la collaboration telle que nous l'envisageons.

3. La communication : du modèle princeps de Shannon vers une multicannalité

Le point de départ des travaux de recherche contemporains sur la communication est sans conteste les travaux de Shannon. Même si nombre de chercheurs critiquent le modèle proposé, dans les années 1950, par l'ingénieur de la *Bell Telephon*, il faut bien reconnaître que tous se réfèrent à son modèle pour s'en distinguer.

Il convient ici de replacer les événements dans leur contexte. En effet, lorsque Shannon (1948) élabore ce qui va devenir son modèle de la communication, son objectif est de rendre compte de la transmission des signaux dans les systèmes de télécommunication. Nous sommes alors aux prémises de ce qui sera bientôt un formidable essor des médias audio-visuels pour nous amener, un demi siècle plus tard, à la société de la communication que nous connaissons aujourd'hui.

Ce modèle envisage alors la communication comme un simple transfert d'un message sous forme de signal depuis une source vers un récepteur via un canal. Ce canal suppose un codage de l'information chez l'émetteur puis un décodage chez le récepteur. Entre le codage et le décodage, le modèle envisage la notion de bruit qui reflète l'influence des parasites qui perturbent le bon transfert de l'information. Loin d'être aussi simple qu'il n'y paraît, ce modèle présente l'avantage d'introduire plusieurs concepts intéressants pour notre problématique. On retiendra en effet, qu'avec ce modèle, le message devient distinct de son support. Ce qui ouvre la voie à de multiples supports pour la communication.

Ce modèle, qui apparaît très épuré, a paru transposable aux communications humaines notamment parce qu'en envisageant le codage puis le décodage du message, il pouvait expliquer cette distorsion souvent constatée entre le message émis et celui qui est reçu. Or, ce point de vue mathématique et linéaire d'un code formel pour lequel à chaque signifiant correspond un seul signifié semble un peu étriqué pour une communication humaine aux multiples niveaux. En effet, que faire par exemple des sous-entendus dans un modèle aussi rationnel ?

3.1. Une communication au sens large

Imaginons un instant que l'on vous propose une sortie cinéma. Vous n'êtes guère emballé mais ne souhaitez pas l'exprimer ouvertement. Vous serez alors tenté de répondre : "Tu sais, Pierre a vu ce film et il s'est ennuyé". Voilà une affirmation qui respecte le modèle de Shannon et serait transmise sans encombre. Mais il n'y a pas de place dans le modèle pour supporter plusieurs signifiés. Outre le fait que Pierre se soit ennuyé, le récepteur devra comprendre également, que vous ne souhaitez pas, vous aussi, vous ennuyer et devra en tirer les conclusions qui s'imposent.

Ainsi, la sémiologie a mis en évidence l'inévitable pluralité des significations d'un message résultant de la polysémie des signes utilisés. En effet, pour Barthes (1991), tout signe est porteur de multiples sens, souvent cachés qui viennent se surajouter à un contenu formel. C'est ainsi que le mot « château » désigne un type d'habitation mais renvoie également l'idée de richesse, d'une autre époque, de monuments historiques, etc..

Avec les sémiologues, on le voit, le modèle de Shannon s'est donc élargi pour envisager la pluralité du sens. Et la communication humaine se place sous le signe du langage. Et ce dernier est essentiellement verbal. Mais il serait illusoire de penser que les potentialités communicationnelles se réduisent à un unique canal. Sur ce point, Cosnier (1982) explique qu'il faut distinguer deux sous-systèmes représentés par la verbalité qui permet la réalisation de "textes"

conformes au code linguistique et la vocalité qui constitue un paralangage qui participe à la réalisation des fonctions expressives (émotives et pulsionnelles) (Léon, 1976).

Hymes (1972), ethnographe de la communication ouvre plus encore le modèle en proposant d'étudier la communauté de parole (« *The natural unit for sociolinguistic taxonomy is not the language but the speech community* », 1972, p.43). De la sorte il exprime l'importance de la situation sociale dans laquelle prend place la communication. En introduisant le "*setting*", Hymes (1972) envisage la situation, c'est-à-dire l'endroit où se déroule l'acte de parole et tout ce qui le caractérise d'un point de vue matériel, mais également le cadre psychologique c'est-à-dire la manière dont le moment est culturellement défini comme un certain type de scène.

D'autres auteurs proposent d'aller un peu plus loin encore. Bateson (1972) dans une perspective anthropologique mais également psychiatrique, propose le concept de double contrainte qui caractérise une communication paradoxale, c'est-à-dire comportant des messages contradictoires. Watzlawick, Helmick, Beavin et Jackson Don (1972) envisagent l'impossibilité de ne pas communiquer puisque même le refus de la communication est un message. Hall (1978) pour sa part, dépasse le cadre de l'échange verbal et introduit la notion de comportement proxémique et de "bonne" distance à adopter vis-à-vis de son partenaire. L'auteur montre qu'en situation interculturelle, où les normes proxémiques sont différentes, l'éloignement des deux interlocuteurs sera interprété en rejet par l'un et en agression par l'autre. Goffman (1974), en tant que sociologue, postule qu'une fonction de la communication consiste à maintenir l'image positive de soi que l'on tente de présenter aux autres à travers le langage mais également les postures, les vêtements etc.

Tous ces auteurs, dans leurs disciplines respectives, mettent en avant que, lorsque la linguistique, l'anthropologie ou la psychologie s'appuient sur un modèle mathématique et linéaire, c'est pour montrer l'homme sous la forme d'un esprit enfermé dans un corps, qui extériorise des pensées au moyen d'une succession de mots. Ces différents auteurs réfutent en effet, l'approche de la communication conçue comme un acte verbal, conscient et volontaire. Ces chercheurs fondent leurs travaux sur la base de l'existence de codes du comportement. Codes qui, selon eux, organisent, sélectionnent et surtout règlent l'adéquation au contexte des comportements personnels et interpersonnels. La communication recouvre alors toute utilisation de ces codes en un processus social permanent susceptible d'intégrer de multiples modes de comportement : la parole, le geste, le regard, la mimique, l'espace interindividuel, etc. (Winkin, 2000).

Cet élargissement du concept de communication chez l'homme, et son ouverture sur d'autres comportements que l'acte de langage verbal, interpelle notre curiosité et nous invite à regarder plus loin encore. En effet, si la communication peut s'appuyer sur un autre matériel que le verbal, spécifique à l'homme rappelons-le, alors c'est chez l'animal que doivent commencer nos investigations.

3.1.1. La communication n'est pas l'apanage de l'homme

Nous venons de voir que Hall (1978) nous propose d'être attentif à la distance qui sépare les individus en interaction. Il nous explique en effet que cette distance est porteuse d'un message culturellement pondéré. Cheyney et Seyfarth (1990) pour leur part, rapportent dans leurs travaux que les singes s'observent les uns les autres, notent qui s'associe à qui, et en déduisent alors les propriétés des rapports sociaux d'une manière qui leur permet de comparer ces rapports indépendamment des individus particuliers impliqués. On trouve ici une certaine analogie avec le message communiqué par la distance inter individu proposé par Hall.

Mais cette communication, sans l'usage du verbe, est plus nette encore dans cette expérience devenue un grand classique de l'éthologie. En effet, depuis plusieurs décennies, des chercheurs japonais étudient le comportement des singes sur l'île Takasakyama. Sur ces observations, Itani (1965) rapporte que les singes aiment les patates douces. Les pommes de terres leur sont apportées chaque semaine entre autre nourriture. En revanche, ils aiment moins la terre qui reste sur la peau. Les singes passent donc beaucoup de temps à éplucher leurs patates douces avec leurs doigts jusqu'au jour où l'un d'entre eux a l'idée d'aller laver sa patate dans l'eau de mer. Les observateurs notent que les premiers à suivre l'exemple de la guenon sont les jeunes singes qui l'accompagnent au fil des jours, de plus en plus nombreux et ensuite les autres femelles. Les plus réticents sont les vieux singes, visiblement rivés à leurs habitudes, qui observent néanmoins le comportement de leurs congénères. Ces observations, outre le fait qu'elles illustrent l'acquisition et la transmission des savoir-faire dans les sociétés non humaines comme le fait remarquer Burton (1992), nous interpellent sur d'autres points plus proches de notre problématique. En effet, sur le plan de la communication, l'on découvre que la diffusion d'un message se passe volontiers du langage verbal. Et ce message est loin d'être anodin puisqu'il s'agit, ni plus ni moins que d'une situation d'apprentissage. La guenon transmet une compétence avec succès sans formaliser la moindre phrase, sans recourir à aucun sujet, verbe, ni complément, le geste lui suffit. Encore faut-il, et il s'agit là d'un autre enseignement, que l'individu soit réceptif et que d'autres variables ne viennent interférer avec ce qui apparaît pourtant comme une résolution positive du problème. En effet, si les jeunes sont ouverts au changement et à

l'évolution de leur pratique en adoptant la nouvelle méthode, les individus plus expérimentés diffèrent dans leur comportement et font apparaître plus de réticence.

Puisque l'éthologie nous met sur la piste d'une communication sans références verbales, profitons-en pour rapporter les travaux de Goussard (1986) sur l'utilisation d'instruments chez le chimpanzé pour la résolution de problème. Les animaux sont sur une île d'environ 3000 mètres carrés entourée d'une rivière de 5 à 7 mètres de largeur. Son expérience consiste à jeter des pommes dans l'eau, à environ 2,5 mètres du bord. Le léger courant les entraîne suffisamment lentement pour que le singe puisse les suivre à la marche. Les pommes étant trop éloignées du bord, le singe qui souhaite les récupérer doit donc se munir d'un outil. L'auteur nous explique que le singe s'éloigne du bord pour chercher un bâton puis revient au bon endroit pour attraper la pomme avec l'instrument qu'il a choisi. Et ce choix ne s'est pas fait au hasard car le singe se saisit d'un bâton dont la longueur est suffisante mais pas trop. C'est-à-dire que, hors de la vue des fruits, le singe est en mesure d'évaluer la distance entre la berge où il se placera et la pomme, c'est-à-dire sans percevoir directement cette distance. Ici, le chimpanzé, qui ne dispose pas du langage verbal, résout son problème en s'appuyant sur une information d'origine visuelle mais qu'il réutilise en l'absence de la perception du stimulus original.

Arrêtons-nous un instant pour faire un point d'étape de ce concept de communication. Nous venons de voir que dans le cadre de la communication humaine, le modèle linéaire avec son caractère très mathématiquement rationnel de l'information proposé par Shannon semblait bien pauvre en regard de ce que la communication humaine pouvait véhiculer de sens. Le modèle s'est donc élargi pour tenir compte de la particularité polysémique présente dans le langage humain. En cela, il se met en accord avec la notion de feedback que nous avons introduit au chapitre précédent lorsque nous avons envisagé les interactions entre individus.

Avec l'ethnographie, la communication ne s'analyse plus isolée mais se contextualise en admettant que la situation est porteuse de caractéristiques susceptibles de l'influencer. Et cela conforte ce que nous avons déjà évoqué de la situation de résolution de problème collectif de conception et notamment des mécanismes de synchronisation cognitive et de langage opératoire.

Puis, lorsque Hymes (1972) parle de "*speech community*" le langage ne se conçoit qu'à travers l'expression verbale du message, mais on découvre avec Goffman (1974) que la communication est non seulement polysémique mais aussi multi canal en intégrant toutes les formes de comportement.

Enfin, avec l'éthologie, le versant verbal de la communication est *ipso facto* exclu, et pourtant, les animaux échangent des messages et résolvent des problèmes.

Nous avons envisagé la communication comme le support des processus d'intercompréhension des concepteurs qui partagent leur représentation de la situation. Or, le support n'est plus seulement verbal, il emprunte d'autres voies et devient un des supports des compétences des concepteurs pour l'activité collective comme nous l'avons introduit au premier chapitre. On comprend alors aisément qu'interviennent ici, des facteurs individuels comme la propension à utiliser toutes les voies disponibles ou encore la personnalité des interlocuteurs à travers leur vécu personnel, leur motivation, leur état affectif, leur statut social, et en règle générale tout ce qui est constitutif de l'identité de l'individu. Ce sont autant de facteurs individuels, sources de différences dans la compétence que nous avons montrée collective.

3.1.2. La communication dans notre situation de conception

Nous avons vu que Leplat (1994) introduit la notion d'interaction pour définir la collaboration dans l'activité collective. Et Rogalski (1994) nous précisait que, selon elle, les communications non verbales participent de la communication opérative.

Or, lorsque l'on s'intéresse à la communication dans le cadre de la résolution de problème, force est de constater que les principales recherches se sont principalement appuyées sur la communication verbale sans vraiment s'interroger sur le statut et l'apport des autres canaux. Rappelons ici que Rogalski, en 1994 avait pourtant noté que "la communication – dans ses modalités verbales et non verbales – est un outil majeur" (Rogalski, 1994, p. 372). Or, à ce jour nous n'avons trouvé que très peu de travaux centrés sur la communication non verbale dans le cadre de l'activité collective de résolution de problème de type conception.

On peut alors penser que cette communication est délaissée des travaux de recherche par les psychologues qui s'intéressent à la situation d'ingénierie concurrente, car ceux-ci utilisent une méthodologie de recueil de corpus adaptée aux interactions langagières qu'ils étudient. Or, si le magnétophone restitue correctement le son, il faut reconnaître qu'il n'est pas en mesure de capturer les autres canaux de la communication. Et pour le coup, les indices non verbaux de la communication s'évaporent au fur et à mesure de leur production.

Il faut attendre que la vidéo prenne le pas sur le magnétophone pour que l'on reconnaisse que l'analyste travaillant sur un corpus uniquement audio ne peut atteindre les gestes.

La communication non verbale semble donc intéresser les recherches en résolution de problème collectif de type conception. Mais il faut reconnaître que la trace enregistrée de ce comportement non verbal manque de méthode pour son analyse. En effet, Fixmer et Brassac (2004) présentent une situation de réunion de travail où l'un des participants utilise une gestuelle, en l'occurrence un déictique; le locuteur pointe du doigt le document auquel son discours verbal fait référence. Ils expliquent alors que la possibilité d'accéder à la gestualité des acteurs, et en particulier à ce pointage du doigt, permet l'identification des référents du déictique. Ici, les auteurs ont besoin du geste pour identifier le référent du contenu verbal de l'interaction. De notre point de vue, c'est déjà accorder un rôle important à cette autre modalité de communication : son lien avec le verbal au point de les rendre dépendant l'un de l'autre.

Mais nous pouvons remarquer ici que la communication non verbale est appréhendée dans un rôle d'outil au service du verbe, c'est-à-dire dans une relation de subordination. De notre point de vue, ce rôle mérite d'être requalifié pour l'emmener vers une contribution beaucoup plus active dans le raisonnement en œuvre au cours de notre situation collective.

C'est pourquoi il importe d'envisager le versant non verbal de la communication, afin d'en dégager les caractéristiques révélatrices de son importance dans le processus d'interaction.

3.1.3. Apprivoiser les autres canaux de la communication

Nous venons de l'évoquer, la communication appréhendée d'abord du point de vue du langage a vu son champ d'étude s'élargir progressivement pour s'intéresser également à la transmission de message par d'autres canaux que celui de la verbalisation. Ce versant de la communication est défini par ce qu'il n'est pas : la communication non verbale.

Comme le souligne Argentin (1989), le nombre d'ouvrages traitant de la communication non verbale est exponentiel depuis 1872 pour atteindre aujourd'hui un nombre d'études tellement important que l'investigation systématique de ce champ de recherche est quasiment impossible. Notons par ailleurs que 1872 correspond à la publication de « L'expression des émotions chez l'homme et chez les animaux » de Darwin. Ainsi nombre d'auteurs s'accordent à dire que l'essor de l'étude de la communication non verbale coïncide avec l'acceptation progressive de la filiation hommes / animaux proposée par Darwin.

Cette référence à Darwin paraît judicieuse à double titre. En effet, l'intérêt pour la communication non verbale chez l'homme coïncide avec la parution d'un ouvrage qui expose l'expression des émotions chez l'homme et

chez l'animal. Et nous verrons plus loin que la communication non verbale est majoritairement étudiée sous l'angle conatif. Mais nous avons vu également que le geste avait retenu l'attention des psychologues lorsqu'il est apparu sur le film de leur expérience. Or, si la réalisation d'un enregistrement vidéo est une démarche novatrice pour qui s'intéresse aux interactions langagières, elle ne l'est plus depuis longtemps pour les éthologues qui ont fait de la caméra l'outil de leurs investigations du comportement animal (Desor, 1999). Nous découvrons ici tout l'intérêt que nous aurons à nous tourner vers ces spécialistes de l'analyse du flux comportemental, lorsque nous souhaiterons étudier cette communication non verbale de manière plus approfondie.

C'est d'ailleurs cette piste qu'ont empruntée la plupart des chercheurs qui se sont intéressés au versant non verbal de la communication. Goffman, par exemple, explique que ses travaux sur les interactions sociales s'appuient sur les procédures utilisées et mises au point par les éthologues pour l'analyse des relations animales (Goffman, 1974). Marc et Picard (1989) quant à eux, nous précisent les caractéristiques essentielles de cette méthodologie et expliquent qu'elle donne d'abord la primauté à une démarche d'observation et de description s'appuyant souvent sur différentes formes d'enregistrements (photos, magnétophone, films, vidéo, ...). Il s'agit ensuite de privilégier une observation naturaliste et de se centrer sur le processus de communication considéré comme un phénomène global intégrant plusieurs modes de comportement (la parole, les mimiques, le regard, les gestes, la distance interpersonnelle ...). Et enfin de considérer le sujet comme un élément d'un système plus vaste qui inclut la relation à autrui et le contexte (Marc et Picard, 1989).

La méthode éthologique appréhende ce phénomène global en considérant le comportement comme un flux continu. Il s'agit alors de repérer les unités discrètes qui, assemblées, composent ce flux. La liste exhaustive de ces unités est alors regroupée dans ce qui devient une grille d'observation du comportement : l'éthogramme. Cet outil est important dans la démarche éthologique car il explique la méthode de découpage du continuum comportemental en unité observée et, par la suite, du regroupement de celles-ci en catégorie ou en classes (Feyereisen et De Lannoy, 1985). Les auteurs, qui se sont intéressés à la communication non verbale, ayant emprunté leur méthode à l'éthologie, on ne sera pas surpris de retrouver dans leurs travaux des tentatives de catégorisation des expressions non verbales.

Souvenons nous ici que Rogalski (1994) nous avait mis sur la piste de l'importance de la communication non verbale pour la situation de conception dans sa modalité collective. Pour leur part, Brassac et Fixmer (2004) les premiers, ont découvert, sur leur vidéo, un geste pointeur qui attire leur attention au cours d'une interaction dans un collectif de travail. Il nous semble

qu'il devient judicieux d'appliquer plus rigoureusement cette méthode éthologique d'observation du comportement pour la mettre au service de l'analyse de la communication non verbale dans la situation de conception que nous avons retenue.

Restreindre la communication à son versant "Non verbal" nous amène maintenant à nous interroger sur ce que l'on entend par communiquer sans le support verbal. Il nous faut pour cela répondre à la question : "qu'est-ce que communiquer non verbalement ?"

3.2. La communication non verbale

Corraze (1992) reprend à son compte l'exclusion du verbal et nous explique que par communications non verbales, il faut entendre l'ensemble des moyens de communication existant entre des individus vivants n'usant pas du langage humain ou encore qu'il s'agit des dérivés non sonores (écrits, langage des sourds-muets, etc.) de ce même langage.

D'autres auteurs s'essayent à la liste descriptive de ce que renferme ce "non verbal". C'est le cas de Winkin (2000) pour qui la communication non verbale c'est la parole, le geste, le regard, la mimique, l'espace interindividuel. Marc et Picard (1989) quant à eux, nous proposent les gestes, les postures du corps, les mimiques du visage, la tonalité de la voix ; et aussi la présentation de soi, la tenue. Et Feyereisen et De Lannoy (1985) y ajoutent les sourires, les froncements de sourcils, le balancement du tronc, les mouvements de la main accomplis en parlant.

Ekman et Friesen (1969), quant à eux, tentent de catégoriser l'expression non verbale en cinq catégories différentes pour leur répertoire du comportement non verbal. Ils envisagent en effet les *emblèmes*, les *illustateurs*, les *expressions affectives*, les *régulateurs* et les *adaptateurs*.

Dans cette acception, les emblèmes sont tous les gestes qui sont susceptibles d'être traduits par des mots comme les mouvements de la tête signifiant le oui et le non ou encore l'index sur la bouche signifiant le silence ; l'illustateur est un mouvement qui accompagne l'expression verbale pour l'illustrer comme les gestes de la main qui dessinent l'objet ; les expressions affectives sont présentées comme étant totalement indépendantes du langage, elles sont des phénomènes biologiques et elles impliquent surtout la mimique faciale et ont des significations transculturelles identiques ; les régulateurs permettent de maintenir et de régler l'échange verbal comme peuvent le faire les mouvements de la tête de l'auditeur de haut en bas qui semblent approuver le discours qui est tenu ; les adaptateurs, eux aussi libérés du langage et qui sont des activités au cours desquelles il y a manipulation d'une

partie du corps ou d'un objet comme l'action de se gratter ou de se passer la main dans les cheveux Ekman et Friesen (1969).

Comme on le voit, en essayant un regroupement par catégorie, il semble se dégager une sorte de consensus sur un noyau central que l'on pourrait définir par les expressions du visage, la statique et dynamique du corps et la prosodie. Néanmoins, il reste que toutes les énumérations sont différentes, non exhaustives, et laissant parfois même la liste ouverte avec un *et cætera*.

Ceci posé et quelque soit la définition choisie, on se rend compte que cette communication non verbale coexiste chez l'homme, avec son versant verbal. Et c'est peut-être l'origine de la difficulté à la définir sans référence au langage verbal. On parlera alors de communication « *paraverbale* » comme le suggère Cosnier (1982) puisqu'elle accompagne la verbalisation. Un accompagnement dont la proximité peut être si proche qu'elle y est intriquée. C'est le cas de la prosodie, c'est-à-dire du ton employé pour dire les choses, la mélodie des mots qui permettra de distinguer l'affirmation de l'interrogation, l'ironie ou le sérieux d'un propos.

Cette proximité du verbal et du non verbal amènent Cosnier et Brossard (1984) à se demander s'il faut parler de communication non verbale en terme de *contexte* ou de *co-texte*. C'est-à-dire respectivement en terme de sous catégories non langagières qui relèvent des éléments statiques et qui constituent la *contextualisation* ou bien en terme de sous catégories qui contribuent, de façon dynamique aux échanges interactifs, en accord étroit avec la partie proprement verbale et qui constituent la *co-textualisation*. Cette interrogation nous semble pertinente car elle sous-entend que la communication non verbale peut contribuer de manière dynamique à l'interaction. En effet, si l'on envisage avec Cosnier, la communication non verbale comme co-textualisation, alors on comprend qu'elle porte une part des informations nécessaires à l'échange. Ce point de vue ne peut que nous encourager à poursuivre nos travaux qui font l'hypothèse d'une participation active et non négligeable de la communication non verbale dans la situation de résolution de problème que nous avons choisie.

C'est donc en accord avec Cosnier et Brossard (1984) que nous adoptons le caractère multicanal de la communication non verbale en distinguant les éléments *voco-acoustiques* de l'énoncé (intonation, timbre, hauteur, intensité, accents, tempo), puis les *éléments visuels* qui peuvent être statiques (morphotype, artifices, parures, etc...), cinétiques lents (faciès basal, rides, postures) ou encore cinétiques rapides (mimiques faciales, gestes), et enfin les éléments olfactifs, tactiles et thermiques.

Recourir au terme communication pour tous ces éléments voco-acoustique, visuels, olfactifs, tactiles et thermiques indique l'existence d'un message. C'est-à-dire, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, d'une transmission d'information qui fait sens entre les interlocuteurs.

3.2.1. Communication non verbale et sémiotique

Ekman et Friesen, lorsqu'ils publient leur répertoire du comportement non verbal, décrivent l'origine, l'usage et le codage du comportement non verbal (Ekman et Friesen, 1969). Dans leur répertoire, le codage correspond aux règles qui expliquent comment le comportement transmet l'information. Pour ces auteurs, le codage décrit comment la signification est contenue dans un acte non-verbal, c'est-à-dire, la règle qui caractérise le rapport entre l'acte lui-même et ce qu'il signifie. Ils envisagent alors trois codages principaux : le *code arbitraire* qu'ils qualifient d'extrinsèque, le *code iconique* extrinsèque également et le *code intrinsèque*.

Ils définissent ensuite les actes qui relèvent du codage arbitraire comme les comportements qui n'ont pas de ressemblance visuelle avec ce qu'ils signifient. En ce sens, il s'agit de comportements qui sont comme la plupart des mots qui s'appuient sur des sons qui ne reflètent pas le sens qu'ils véhiculent. Ekman et Friesen (1969) donnent comme exemple de comportement non verbal qui utilise ce type de codage, le signe de la main levée qui s'ouvre et se ferme pour le signe du départ.

Les actes qui relèvent du codage iconique contiennent en eux-mêmes les indices de leur décodage. Les auteurs expliquent que le comportement non verbal, ici, est exprimé dans une forme qui prend l'apparence de ce qu'il signifie. L'exemple caractéristique de ce codage est la main qui prend la forme d'un pistolet avec le geste de déclenchement.

Quant aux gestes qui relèvent du code intrinsèque, les auteurs expliquent que la frontière avec les gestes iconiques peut paraître subtile et donne comme exemple le même geste d'imitation du pistolet. Mais cette fois la main ne prend pas la forme de l'objet, elle réalise l'action de déclenchement comme si un pistolet virtuel se trouvait dans la main.

Nous avons souhaité présenter ce codage proposé par Ekman et Friesen (1969) car la lecture de cette section du répertoire qu'ils proposent interpellent nos travaux sur deux points. Tout d'abord, les trois formes de codage sont définies sur la base d'une référence visuelle. En effet, le codage est arbitraire parce qu'il n'a pas de ressemblance visuelle avec le signifié. Le codage est iconique parce qu'il prend l'apparence visuelle de la forme de sa référence. Et le codage est intrinsèque parce qu'il reprend, mais en l'absence du référent, le geste réel. Ce sont trois codages qui sollicitent une modalité visuelle de la

communication. Lorsque Descamps (1989) nous propose la présentation de soi comme relevant du non verbal, on pouvait imaginer le choix du parfum comme comportement non verbal. Et la modalité de codage sollicite alors l'olfaction.

Ensuite, les auteurs donnent trois exemples pour illustrer leur proposition de codage et l'on peut remarquer que ces trois exemples font appel à la gestuelle des mains. Ils nous présentent pourtant le codage comme étant un aspect du "*nonverbal behavior*" (Ekman et Friesen, 1969, p 60), c'est-à-dire du comportement non verbal qu'ils présentent en introduction du répertoire comme relevant des "*movement or position of the face and/or the body*" (Ekman et Friesen, 1969, p 49), c'est-à-dire des mouvements du visage et/ou du corps. On pouvait alors aisément imaginer l'exemple de la bouche fermée et des lèvres pincées pour exprimer le mutisme.

Marc et Picard (1989) nous proposent trois types de signifiants qu'ils nomment *indices, symboles et signes*. L'*indice* relève du registre émotionnel et a une valeur expressive plus que communicative. Les auteurs présentent l'indice comme traduisant un état émotionnel ou affectif, et bien souvent en réaction à l'interaction. Le *symbole*, quant à lui suppose une certaine élaboration du comportement corporel dans le sens d'une codification culturelle et d'une visée communicative. Et ils donnent comme illustration de ce symbole le fait de passer la langue sur les lèvres pour exprimer que l'on aime quelque chose. Et enfin les *signes* qui peuvent avoir une origine indicielle ou une origine symbolique. D'origine indicielle, c'est le sourire indice de la joie et signe de reconnaissance, sympathie ou salutation. D'origine symbolique ce sont les gestes servant aux rituels de politesse.

De tous ces travaux, le répertoire d'Ekman et Friesen (1969) nous semble présenter une particularité. En effet, lorsqu'ils éprouvent le besoin d'illustrer par des exemples, ils choisissent la gestuelle des mains. Ainsi, vraisemblablement sans le savoir, ils ouvrent la voie de recherches aujourd'hui prolifiques. En effet cette gestuelle est aujourd'hui au centre des préoccupations si l'on en juge par le nombre, et la qualité des intervenants du colloque qui s'est tenu à Lyon cette année, à l'invitation de l'*International Society for Gesture Studies*³. Et ces préoccupations sont multiples comme en témoignent les communications présentées : étude des gestes coverbaux de l'enfant dans une perspective développementale (Colletta et Pelleng, 2005), analyse du geste de l'élève comme outil diagnostique pour le professeur (Lund,

³ 2nd ISGS conférence, Lyon, France, June 15-18, 2005 – Colloque organisé par le laboratoire ICAR – <http://gesture-lyon2005.ens-lsh.fr>

2005), l'étude du geste en situation de communication dans un cockpit d'avion (Nevil, 2005), Technologie de reconnaissance et d'analyse du comportement pour détecter les gestes suspects (Burgon, 2005), Traitement informatique de la langue des signes (Braffort et Dalle, 2005) etc .

3.2.2. Communication non verbale : son rôle dans l'interaction

Paterson (1987) propose de différencier cinq classes de fonctions : la transmission d'information, la régulation de l'interaction, l'intimité, le contrôle social et le service professionnel. Suivre cette classification c'est accepter de distinguer, d'une part les comportements non verbaux qui transmettent de l'information et d'autre part, des comportements qui n'en transmettent pas et qui sont alors distribués dans quatre autres catégories. Or, si l'on regarde d'un peu plus près la définition de chacune des catégories, il nous semble difficile d'en dessiner des frontières tranchées. Paterson (1987) nous explique par exemple, que l'intimité est une communication spontanée et affective que l'on peut envisager sur un continuum bipolaire allant de l'amour à la haine. Ensuite, le contrôle social vise à agir sur les comportements d'autrui par divers moyens. Ainsi nous retrouvons dans toutes ces catégories la transmission d'information et la notion de feedback qui relève de la communication telle que nous l'avons définie plus avant.

Il semble donc qu'il apparaisse des chevauchements dans cette proposition de catégorisation. Notons ici que c'était déjà le cas des cinq catégories d'Ekman et Friesen (1969) puisque l'*adaptateur* ou encore les *expressions affectives* pouvaient être envisagées du point de vue de leur rôle de *régulateur* de l'interaction.

Corraze (2001) nous explique alors, qu'en tant que système de communication, le non verbal assure la cohérence de la relation au sein du groupe. C'est ce que l'on trouve dans les régulateurs d'Ekman et Friesen (1969), mais également dans la fonction de régulation de l'interaction de Paterson (1987).

Les auteurs semblent donc s'accorder sur le rôle de régulation des interactions que permettrait la communication non verbale, en une sorte de pondération des échanges verbaux. C'est ce que l'on trouve chez Cosnier (1982) lorsqu'il explique que la communication non verbale est connotative du contenu du discours. Elle va en effet, à travers le ton employé, la posture de l'individu, l'attitude du locuteur, indiquer le sérieux ou l'ironie d'un propos. C'est par exemple, la réponse à la question « alors il paraît que ta situation a changé ? » qui peut prendre plusieurs formes : « Tu parles » accompagné de hochements de tête et « mimique de tristesse », ou bien « Tu parles » accompagné de hochements de tête rapides et « mimique de satisfaction » ou

encore « Tu parles » accompagné d'un geste du doigt quasi linguistique qui signifie « mon œil ! ». Cette fonction de régulation coexiste avec une seconde fonction qui est inhérente à tout système de communication, celle de transmettre de l'information. Une fonction identifiée par Paterson (1987) comme nous l'avons indiqué mais également chez Ekman et Friesen (1969) lorsqu'ils tentent d'expliquer "*how the behavior contains or conveys information*" (Ekman, Friesen, 1969, p. 49).

Ces deux fonctions sont alors envisagées par Marc et Picard (1989) lorsqu'ils présentent les trois fonctions principales : une fonction de communication tendant à transmettre des informations ; une fonction relationnelle et régulatrice facilitant l'ajustement mutuel des interlocuteurs ; et une fonction symbolique dont la signification renvoie à un cadre rituel. Cette fois, les fonctions reconnues à la communication non-verbale ne sont pas exclusives les unes des autres comme pouvaient l'être les catégories de Paterson (1987). On notera avec intérêt la fonction symbolique qu'ils ajoutent aux deux fonctions unanimement admises. En effet, cette fonction symbolique renvoie nécessairement à la notion de groupe d'appartenance et de processus de personnalisation et d'individuation comme nous avons eu l'occasion d'en discuter dans le chapitre précédent. La fonction symbolique, en faisant référence à un rituel, renvoie à l'apprentissage d'un code propre aux individus du groupe d'appartenance. On pensera ici à nos concepteurs qui ont la particularité de partager le même "espace" professionnel et donc vraisemblablement d'exprimer des comportements non verbaux qui leur sont propres.

Une des principales fonctions de la communication non verbale relèverait donc de l'ordre du relationnel pour participer à la régulation et l'ajustement mutuel des interlocuteurs. C'est ce que nous présentaient Ekman et Friesen (1969) au travers de leur *régulateur* et des *expressions affectives*. Mais également Marc et Picard (1989) lorsqu'ils nous proposent l'*indice* qui, selon eux, relève du registre émotionnel. Ou encore Paterson et son *intimité* qui est une communication spontanée et affective (Paterson, 1987). Plus récemment Martin-Juchat (2005) souhaite que l'on considère le corps comme le médiateur de l'opération d'interprétation réunissant les deux plans du langage social des émotions.

Cosnier (1982) nous semble aller plus loin encore, lorsqu'il explique que les dispositions psychologiques profondes du locuteur, ses intentions latentes, sont susceptibles de transparaître à son insu à travers ses postures, sa mimogestualité. La communication non verbale s'installe alors dans une dichotomie qui place d'un côté le caractère psychologique maîtrisable pour dissimuler ou falsifier l'information et de l'autre le caractère physiologique qui ne peut mentir. Et nous découvrons que la communication non verbale est

souvent envisagée du point de vue de son rôle conatif. Ce rôle de support des émotions qu'on lui attribue est d'ailleurs à la base du processus de fonctionnement du détecteur de mensonge utilisé dans les enquêtes judiciaires. Ce rôle de support des émotions est illustré par Rimé (2005) lorsqu'il présente la croyance populaire qui voit l'organisme humain comme un réservoir qui peut se transformer en bouilloire. Il s'agit d'une métaphore où le corps, en proie aux états émotionnels, emmagasine ceux-ci jusqu'à ne plus pouvoir les contenir. La pensée populaire conçoit alors qu'un brusque surcroît d'énergie dans ce réservoir doit se libérer d'une manière ou d'une autre. Les manifestations expressives de l'émotion sous la forme de gestes, rires, paroles et autres actes apparaissent comme les moyens naturels de cette décharge

3.2.3. Communication non verbale : canal émotionnel

"Généralement le regard reflète assez bien la plupart de nos états affectifs et émotionnels, c'est-à-dire de nos sentiments." (Brossard, 1992, p. 125).

De Bonis et Nahas (1998) avancent que l'on repère plus vite un visage en colère ou effrayé dans un ensemble de visages gais, qu'un visage joyeux au sein de visages exprimant la peur. Et cette identification est d'autant plus aisée et sûre que les expressions qui constituent le fond (la foule) et la figure cible caractérisent des émotions primaires que sont la colère, le dégoût, la honte, la joie, la peur, la surprise et la tristesse (Ekman, 1973).

Constatant que, dans nombre de situations de la vie courante, le sujet est confronté à des signaux émotionnels qui ne sont pas aussi tranchés que peuvent l'être ces émotions primaires, les deux auteurs ont utilisé les technologies de l'image numérique pour fabriquer des expressions émotionnelles "chimérique", c'est-à-dire des photographies combinant plusieurs parties issues d'un même visage exprimant des états émotionnels différents. A partir de deux photographies d'un même individu, l'une exprimant la joie, l'autre la peur, les auteurs ont composé un visage chimérique dont le haut exprime la peur, et le bas la joie et vice versa (voir figure 5). Le principe qu'elles ont adopté consiste à fusionner de façon continue une expression dans l'autre en prenant le nez comme zone frontière.

Les auteurs de l'expérience ont constaté que l'évaluation par des observateurs ne résulte pas d'une algèbre simple qui consiste à retrancher les éléments négatifs et additionner les éléments positifs pour aboutir à une expression neutre : un visage qui n'exprime ni la peur, ni la joie.

En effet, les chimères du type "peur-joie" (figure 5a), par exemple, sont estimées plus expressives que les prototypes de joie ou de peur (De Bonis et Nahas, 1998). D'autre part, les mélanges de peur-joie (figure 5a) sont jugés

positifs et ceux de joie-peur (figures 5b), négatifs. Ainsi, bien que les expressions chimériques ne correspondent pas à des configurations d'unités musculaires "biologiquement correctes", elles apparaissent à l'observateur qui n'est généralement pas conscient de la supercherie, comme dotées d'une signification psychologique cohérente, les unes sont plus proches de l'expression de joie, les autres de l'expression de peur (De Bonis et Nahas, 1998).



a) Chimère Peur-Joie

b) Chimère Joie-Peur

Figure 5 : visages chimériques (source : Pour la Science n°246, montage par nos soins)

Ce que les auteurs de cette expérience ne font pas remarquer, c'est qu'en jugeant positivement la chimère Peur-Joie et négativement la chimère Joie-Peur, les observateurs vont à l'encontre de la citation de Brossard que nous donnons en introduction de ce paragraphe. En effet, chaque chimère est une association d'un regard et d'une bouche. Et l'on peut remarquer que l'évaluation positive de la chimère Peur-Joie va dans le sens de la bouche souriante, non dans celui du regard effrayé de la peur. De même pour l'évaluation négative de la chimère Joie-Peur qui va dans le sens de la bouche apeurée, non dans le sens du regard joyeux. Et le regard n'est peut-être plus un indicateur non-verbal aussi fiable de notre état émotionnel tel que Brossard (1992) le suggérait.

Revenons un instant aux résultats exposés par De Bonis et Nahas (1998). Les auteurs expliquent que la thèse Darwinienne explique assez bien le fait que l'expression de colère ou de peur est plus vite reconnue que les émotions positives. En effet, une détection précoce de ce type de stimulus incite à la fuite ou au retrait, un avantage loin d'être négligeable pour l'individu et son espèce.

Ainsi, envisagée sous l'angle de l'adaptation, la fonction régulatrice de la communication non verbale, à travers l'expression des émotions, situe les individus dans leur cadre relationnel. Cette fonction est intéressante et nous avons déjà eu l'occasion de l'aborder, de manière différente, lors de la constitution du groupe au chapitre précédent.

La communication non verbale possède une fonction qui intéresse nos travaux. Et nous en avons déjà esquissé les contours lorsque nous avons présenté les stratégies cognitives des individus, mais également les mécanismes de synchronisation cognitive. Il s'agit, en effet, de sa participation au partage des informations nécessaires à la résolution du problème qui réunit les individus. Il ne s'agit donc plus de l'adaptation au sens relationnel des individus dans la situation, mais bien de l'adaptation au sens de la cognition qu'ils mettent en œuvre pour résoudre le problème auquel ils sont confrontés.

Nous avons donc orienté nos travaux vers la communication non verbale envisagée comme une donnée porteuse de connaissance qui peut être traitée. Et il nous semble donc judicieux maintenant d'envisager une information d'une autre nature que celle véhiculée par le canal émotionnel.

Au fil de l'exposé qui fait l'objet de ce chapitre, nous avons rencontré à plusieurs reprises une modalité de cette communication non verbale : la gestuelle des mains. C'est d'abord Ekman et Friesen (1969) qui appuient inexorablement leurs exemples sur le geste de la main. C'est ensuite Brassac et Fixmer (2004) qui découvrent que le geste de la main, pointeur ou déictique, est un indicateur précieux du référent du verbe.

3.3. Une modalité non verbale : la gestuelle des mains

La main est avant tout l'organe de préhension et récepteur sensitif privilégié chez les primates et chez l'homme. Située à l'extrémité du membre supérieur, il lui est conféré un rôle particulier chez l'humain parce qu'elle est libérée des fonctions de locomotion et d'appui par l'adoption de la station debout.

3.3.1. La main

L'évolutionnisme accorde à la main une place capitale dans la phylogénèse des hommes. C'est en effet, avec elle, qu'il a commencé à avoir une prise sur le monde. Les chiromanciens sont sans aucun doute les premiers à avoir voulu faire parler les mains. Le précurseur en la matière, selon la tradition grecque aurait été Aristote qui, en envoyant à Alexandre, un livre sur les lignes de la main, découvert sur un autel consacré à Hermès, lui en aurait vivement recommandé la lecture.

La main est, pour l'œil averti, une source d'information. Les activités du quotidien ne sont pas sans influences sur celle-ci : la main du pianiste n'est pas celle du bûcheron. Les manipulations régulières de substances dangereuses laissent souvent des traces irréversibles. On sait par exemple, que la poussière de charbon finit par imprégner les mains des mineurs d'une façon indélébile. Il apparaît donc que la main est un révélateur d'une partie du temps que l'homme a vécu. Certaines expressions populaires n'hésitant pas à parler de « mains d'intellectuels » ou encore de « mains de travailleurs ». La main garde en effet, la trace du passé. De plus, l'on doit à Sir Francis Galton d'avoir montré que les empreintes digitales varient toujours d'un individu à un autre et constituent un irréfutable moyen d'identification.

L'on peut remarquer également que les deux mains n'ont pas le même statut. L'ambidextrie n'est pas le lot commun et même pour les individus dont c'est le cas, il faut bien reconnaître que dans la représentation commune la main gauche n'est pas porteuse des mêmes valeurs que son opposée. En effet, Ambidextre, du latin « ambo » deux et « dextra » main droite, signifiant littéralement : deux mains droites.

De plus le côté gauche est traditionnellement considéré beaucoup moins positivement que ne peut l'être le droit qui traduit l'habileté manuelle et la valeur morale. Notons tout de même le paradoxe qui veut que les gauchers étant beaucoup moins représentés dans l'ensemble de la population, ils soient considérés statistiquement comme des individus exceptionnels. C'est ce que nous explique en substance Bertrand (2001) lorsqu'il nous apprend que Léonard de Vinci, qu'il présente comme le parangon du génie universel, avait en outre la particularité de préférer sa main gauche à sa main droite.

Il existe de nombreuses hypothèses sur l'origine de la prééminence accordée au côté droit, qui vont de l'anatomo-physiologie aux rites sociaux en passant par l'influence de l'embryologie. En référence à la poésie d'Homère et en relation avec les traditions pythagoriciennes, Cuillandre (1944) explique que la voie droite est celle qui va du levant au couchant, et lorsque le fidèle voit le soleil monter vers sa droite pour se diriger vers le couchant, le côté droit est le côté exposé à la lumière et le côté gauche celui de l'ombre ; de là serait né le caractère sacré du côté droit lumineux, véridique, bon et faste et le caractère maléfique de son antipode, côté de l'ombre et de la mort.

Par ailleurs, on notera, que peu d'objets sont adaptés à leur prise en main par un gaucher. Mises à part les poignées des armes pour escrimeurs, certains stylo avec une plume adaptée, des ciseaux qui peuvent être fabriqués spécialement pour des gauchers, il faut bien reconnaître que la plupart des poignées, des dispositifs de commande sur les appareils et les machines sont toujours faites pour des droitiers. Notons tout de même, parmi les objets les

plus usuels qui soient aujourd'hui, ce récent téléphone mobile qui propose un clavier dont les chiffres sont disposés de droite à gauche spécialement pour les gauchers.

La possibilité de joindre le pouce avec chacun des autres doigts donne à l'homme la possibilité de former une pince paucidigitale plus évoluée encore que celle du primate et qui se révèle être un formidable outil de préhension. Commandée par le cerveau, elle va aider le bébé à acquérir l'appréciation visuelle des distances ainsi que le relief des objets ; elle va suppléer l'infirmité de l'aveugle en l'aidant à se positionner dans son environnement et en «sentant » ce que son regard ne peut distinguer. Ainsi, des travaux manuels, requérant la force du muscle, aux manipulations précises de la création artistique, la main est une interface plurielle de l'homme pour son adaptation à son environnement.

Notons enfin que la main a longtemps servi d'étalon pour aider l'homme à définir ses unités de mesure. C'est ainsi que le pouce, le doigt, l'empan, la main, la poignée, voire la pincée ont primitivement servi à évaluer des longueurs ou des volumes (Brun, 1986).

L'individu utilise sa main pour lui, en prenant, touchant, s'informant, caressant, mais il l'utilise également pour les autres, comme nous l'avons déjà entrevu en nous intéressant à la communication non verbale. En effet, en pointant l'index dans une direction, il provoque la convergence des regards et amorce ainsi la compréhension et les démarches en commun. La main est alors bien plus que cette pince paucidigitale, outil au service de son action sur le monde. La main devient communication, outil au service de son intention de partage d'information. Il convient alors de s'interroger sur l'origine de cette gestualité.

3.3.2. Ontogenèse de la gestuelle des mains

Ainsi, plus que la simple manipulation d'outil, la main, par sa liberté de mouvement dans les trois dimensions de l'espace, autorise une gestuelle complexe utile pour la communication. La main accompagne la parole. Mais la main se substitue parfois au langage parlé lorsque celui-ci fait défaut comme chez les sourds-muets. On notera que la main est souvent le recours naturel lorsque la barrière de la langue rend difficile l'intercompréhension.

Chez l'enfant, les premiers actes de communication avec son entourage, et a fortiori avec sa mère, font appel à la gestuelle des mains. Cette communication non-verbale va ensuite se structurer autour du canal verbal dont l'importance croît rapidement à partir de la deuxième année (Corraze, 1992). Des psychanalystes comme Spitz (1968) se sont intéressés à l'impact de ces premiers échanges et ont montré que le jeune enfant est capable de

discriminer les attitudes mimiques et intonatives de sa mère. De la sorte, l'assimilation des systèmes de communication non verbaux et paraverbaux commencerait dès la première année et l'apprentissage mimogestuel serait un processus très proche de celui du langage verbal. Le langage verbal ne prend, par ailleurs, jamais une suprématie totale sur cette première forme de communication comme l'ont montré les observations de Montagner (1995). Cet auteur avance, en effet, que les réactions de sympathie et de dominance sont essentiellement régulées par des échanges mimogestuels dont la qualité du répertoire utilisé par l'enfant dépendrait, pour une grande partie, des attitudes parentales.

Il apparaît donc que la communication non-verbale, prépondérante, lors des premiers échanges, laisse progressivement la place à une communication mixte, largement mimogestuelle dans les années suivantes de la petite enfance. Puis, à partir de quatre ou cinq ans, une prédominance croissante du verbal sur le gestuel jusqu'à la communication adulte, où l'importance du verbal n'est pas à démontrer mais avec, néanmoins, une gestuelle toujours présente. Cosnier (1982) rapporte deux situations expérimentales permettant d'affiner et de nuancer ce schéma retraçant l'ontogenèse de la mimogestualité.

Dans la première situation, dite de "réception passive", les sujets sont invités à regarder une animation vidéo sur téléviseur. La mimogestualité du sujet, assis à côté de l'expérimentateur, est enregistrée au magnétoscope. Les résultats de cette expérience mettent en évidence une motricité de l'enfant marquée par la décharge et l'activité ludique, utilisant abondamment la gestualité expressive, déictique, phatique, imitative et autistique jusqu'à l'âge de quatre ans environ. A partir de quatre ou cinq ans, le sujet apparaît plus stoïque avec uniquement quelques mouvements autocentrés et expressifs très proches du comportement adulte.

Dans la seconde situation, dite "d'interaction spontanée", l'expérimentateur s'entretient avec le sujet sur le contenu de l'animation vidéo de l'expérience précédente et sur la vie scolaire, de manière semi-directive en sollicitant l'utilisation du verbe et du geste. Les résultats vont dans le même sens que ceux avancés pour la première expérience et montrent une mimogestualité décroissante à partir de quatre ou cinq ans pour se stabiliser à un niveau très bas, excepté la gestuelle autocentrée. La mimogestualité se redéveloppe alors, à partir de l'adolescence pour adopter, progressivement la forme que nous, adulte, utilisons régulièrement et que nous allons découvrir dans la suite de ce chapitre.

Cosnier (1982) remarque que la gestualité à nouveau relativement abondante qui apparaît chez l'adulte à l'issue de cette phase de latence de plusieurs années, est très différente de la gestualité du jeune enfant, en

particulier en raison de l'utilisation des paraverbaux intonatifs pratiquement absents chez l'enfant et durant la période de latence.

Acredolo et Goodwyn (1985), en s'appuyant sur une étude longitudinale de l'acquisition du langage et des gestes de Kate explique que l'objet référent est symbolisé par un geste ou un mot mais pas les deux. Et que les gestes ont disparu presque juste après que l'occurrence verbale ait été acquise (Acredolo et Goodwyn, 1985).

On peut donc raisonnablement penser que la gestualité, qui accompagne le discours verbal, n'est pas un "résidu" de la gestualité infantile mais bien une gestualité conventionnelle de nature culturelle (Cosnier, 1992). Cette dernière ne serait donc pas en concurrence avec le langage parlé, mais se développerait en étroite association avec lui et avec l'apprentissage des stratégies d'interaction. Ce point vient alors enrichir et conforter la notion de gestuelle relative à la fonction symbolique de nos concepteurs qui partagent un "espace" professionnel commun et donc un apprentissage partagé.

Et l'on découvre également que cette ontogenèse de la gestuelle des mains est difficilement dissociable du développement du langage parlé. Elle le précède, puis s'efface pour mieux réapparaître dans une plus grande maturité et fonctionne alors de concert avec la verbalisation pour souligner un mot, mimer une forme, soupeser une idée, évaluer une longueur, etc . . .

Il nous semble alors indispensable de s'interroger sur ce lien qu'entretiennent geste et parole afin d'orienter la nature de travaux dans la meilleure direction. En effet, il nous faut répondre à ces deux questions : est-il judicieux de dissocier le geste du discours concomitant pour mieux épurer la situation de tout ce qui peut perturber son analyse ? Ou doit-on, au contraire, envisager le geste et la parole comme un système d'une telle intrication que tenter de le désentrelacer reviendrait à déstructurer les deux ?

3.3.3. Le geste et la parole, quelle relation ?

Carbonell, Valot, Mignot, et Dauchy (1997) ont constaté que parole et geste ne sont pas équivalents. En effet, dans une tâche de déplacement d'objets, ils se rendent compte que l'expression orale est moins efficace que le geste pour décrire des déplacements dans la mesure où l'indication orale de la position finale de l'objet est souvent moins précise que la désignation du doigt. Par contre, ils font remarquer que, dans le même temps, l'expression verbale permet d'exprimer les orientations et ajustements avec une précision supérieure. Ainsi, dans leur expérience, les sujets énoncent verbalement "contre le mur" en parallèle à l'indication gestuelle du déplacement. Ces observations laissent entrevoir non une subordination de l'un ou l'autre mais plutôt une certaine forme de complémentarité.

C'est que nous explique Cosnier (1982) lorsqu'il avance que les mains qui participent à la communication dans une situation d'interaction, sont étroitement intriquées au langage verbal. Ce constat est assez bien illustré par Goldin-Meadow (1998) qui rapporte une situation d'épreuve de conservation piagétienne. L'enfant, à qui l'on demande d'expliquer pourquoi il a pensé que la quantité d'eau avait changé quand l'expérimentateur a versé le verre dans un plat, a produit le geste de prendre le verre puis a déplacé sa main en arc de cercle au même moment qu'il prononçait la phrase : "*it's different because you poured it*" (Goldin-Meadow, 1998, p. 29). Cette observation rejoint ce que Condon (1976) explique lorsqu'il fait remarquer que le langage dans son aspect naturel sous forme de parole n'est jamais désincarné et il est toujours exprimé à travers un comportement.

Graham et Heywood (1975) se sont interrogés sur ce qu'il adviendrait d'une description verbale s'ils empêchaient le locuteur d'utiliser la gestuelle des mains. Pour cela, ils demandent aux sujets de décrire des dessins linéaires de formes à deux dimensions, et ce, à deux niveaux de codabilité verbale dans les deux conditions suivantes : avec et sans la permission d'utiliser les gestes de la main. Ils constatent alors que l'élimination des gestes affecte la performance verbale en changeant le contenu sémantique des phrases prononcées. Le geste du locuteur a donc un effet sur le contenu de son discours verbal. Driskell et Radtke (2003) apportent alors des résultats qui montrent que la production de gestes a non seulement un impact sur le discours du locuteur, mais également un impact sur la compréhension par l'interlocuteur. Ce qui nous semble important dans ces résultats, c'est que les auteurs montrent que l'impact, sur la compréhension par l'interlocuteur, n'est pas seulement dû au changement du contenu sémantique du discours, mais bien à l'effet direct du geste.

McNeill (1985), pour sa part, s'appuie sur les démonstrations des psychologues cognitivistes qui expliquent la production linguistique comme le résultat de "computations" internes, pour avancer l'idée que les gestes et la parole font partie de la même structure psychologique et partagent une étape d'élaboration interne. Pour argumenter sa position, il défend l'idée que la gestuelle et la parole ont des fonctions sémantique et pragmatique parallèles. La gestuelle qu'il met en avant pour cette argumentation relève des gestes *iconiques* et *métaphoriques*. Les gestes iconiques sont ceux qui, dans leur forme et la manière de les exécuter, montrent la signification linguistique simultanément exprimée. Le geste est envisagé comme un symbole dont la partie signifiée est mise en forme afin de présenter visuellement une image de ce signifié. Rappelons-nous ici qu'Ekman et Friesen (1969) proposaient déjà le codage iconique dans leur répertoire des comportements non verbaux.

Les gestes métaphoriques fonctionnent comme les gestes iconiques mais pour des significations abstraites. Les gestes métaphoriques montrent des images des concepts abstraits en s'appuyant sur des métaphores indépendantes des connaissances culturelles et linguistiques. Pour illustrer ce geste métaphorique, McNeill (1985) relate la conversation entre deux mathématiciens qui évoquent une relation "A est au-dessus de B" qui devient "A est au-dessous de B". La référence verbale à ce concept mathématique est accompagnée d'un geste où les mains alternent entre deux positions. L'auteur explique que la rotation de la main forme une image concrète du remplacement d'une position par une autre dans un mouvement qui est synchronisé avec la parole.

Ainsi, les gestes métaphoriques et iconiques fonctionnent en parallèle avec certains des mots énoncés verbalement dans une expression concomitante sur le mode imagé de la pensée véhiculée par l'énoncé verbal. Et le mouvement du geste anticipe régulièrement la séquence d'énoncé à laquelle il est associé et se maintient lors des silences et des hésitations avant l'accès au mot recherché, particulièrement lorsque les performances verbales à accomplir sont difficiles et complexes (McNeill, 1992 ; Rimé et Schiaratura, 1991 ; Hadar et Butterworth, 1997).

Sur ces deux points, c'est-à-dire la propriété transculturelle et les mathématiques, Caprile (1995) constate que pour quatre langues africaines, le MBAY et NGAMBAY au Tchad et le POPOI et MAMVU au Zaïre, la numération utilise les doigts comme unités, le changement de main après cinq, le passage aux membres inférieurs après dix, le passage au corps ou à l'homme entier à partir de vingt. Notons que l'auteur a pris soin de préciser, dans l'introduction de son article, qu'il sera amené à sortir de la description linguistique et à recourir à une sémiologie parallèle pour rendre compte d'une interaction avec une pragmatique gestuelle pour révéler un certain isomorphisme entre le verbal et le non-verbal.

La numération nous semble un assez bon exemple pour illustrer la production concomitante d'une phrase et d'un geste. En effet, au cours d'une conversation le recours aux doigts pour signifier le nombre du référent verbal est une observation communément admise. Et pour peu que l'on s'y attarde un peu, l'on constate inmanquablement le synchronisme du geste et de la parole. C'est précisément en étudiant plus finement cette synchronisation que McNeill (1985) argumente en faveur d'une interdépendance du geste et de la parole. En effet, celui qui parle tend à produire son geste dans la même unité temporelle que le contenu sémantique et pragmatique de son item linguistique. Les gestes iconiques et métaphoriques ne franchissent jamais les frontières temporelles des unités sémantiques de la phrase prononcée. Et cette synchronisation suggère que la gestuelle indique le moment où le processus

de la pensée, de celui qui parle, formule le concept que l'item linguistique signifie.

Ce moment où le geste est produit en synchronisation avec la production verbale correspond à ce que Goldin-Meadow, Wein et Chang (1992) ont étudié chez l'enfant lorsque l'on propose à ce dernier une tâche piagétienne de conservation. L'objectif de leurs travaux n'était pas d'étudier précisément cette synchronisation, mais plutôt d'observer l'effet sur l'interlocuteur d'une discordance entre le discours prononcé par l'enfant et sa production gestuelle. Mais on peut légitimement penser que si le geste est aussi fortement lié au concept que la parole énonce, alors on peut s'attendre à ce que le geste, discordant par rapport à la parole produite par l'enfant, entraîne l'évaluation de l'adulte vers une appréciation globalement négative à l'égard de la maîtrise de la conservation. Les résultats vont effectivement dans ce sens et montrent que les adultes ne se contentent pas des paroles de l'enfant, mais intègrent le geste de l'enfant dans sa démonstration pour conclure qu'il n'y a pas maîtrise de la conservation (Goldin-Meadow et al., 1992).

Les résultats de cette expérience révèlent également que les adultes ont tendance à solliciter plus largement les enfants qui montrent une discordance entre leur parole et leur geste que ceux qui sont concordants. Et lorsque les adultes demandent des informations supplémentaires à l'enfant, leurs interrogations sont directement liées au contenu de la gestuelle de l'enfant qu'ils traduisent dans leur question. La réutilisation par l'adulte, dans sa phrase, du contenu de la gestuelle de l'enfant va dans le sens de la production et de la compréhension interculturelle du geste que nous avons évoquée plus avant.

On le constate, selon ce qui vient d'être dit, il semble exister un lien très étroit entre le geste et la parole. Ainsi, il apparaît difficile de dissocier les deux sans porter atteinte à l'un ou à l'autre. Nous suivrons donc cette voie en considérant le geste et la parole comme un système qui interagit.

Nous avons vu au cours de ce chapitre que la main avait une liberté de mouvement dans les trois dimensions qui lui autorise une gestuelle complexe. La méthode éthologique propose de catégoriser cette complexité pour regrouper les gestes qui possèdent des points communs et ainsi rendre accessible l'analyse du flux comportemental. Nous allons donc maintenant interroger les différents répertoires disponibles pour définir une catégorisation de la gestuelle des mains adaptée à nos travaux. C'est-à-dire une catégorisation propice à rendre compte de l'utilisation que font de leur gestuelle les concepteurs de notre situation.

3.4. Quels gestes pour nos travaux

Dans l'acception courante, le terme "gestuelle" n'est pas suffisant pour ne renvoyer qu'aux mains. En effet, le dictionnaire Petit Robert de la langue française donne, pour définition du terme "gestuelle", ensemble des gestes expressifs considérés comme des signes. En suivant cette définition, et en s'appuyant sur le répertoire des comportements non verbaux de Ekman et Friesen (1969), ainsi que les travaux de Cosnier (1982), on trouve les gestes *quasi-linguistiques*, les gestes *phonogènes*, les gestes *coverbaux*, les gestes *synchronisateurs de l'interaction* et les gestes *extra-communicatifs*.

La gestualité *phonogène* est constituée par les mouvements phonatoires nécessaires à l'émission du langage parlé. En apparence, elle relève plus de la phonétique articulatoire que de la gestuelle dans la mesure où elle réalise la production sonore de la communication mais elle peut prendre une signification propre en terme de geste puisqu'elle permet la "lecture labiale" qu'utilisent les malentendants ou encore les individus se trouvant dans un environnement bruyant. Cette gestualité ne concernant pas directement les mains, nous ne la retiendrons pas pour la suite de nos travaux.

Les *synchronisateurs de l'interaction* relèvent d'une stratégie de l'intercommunication. Condon et Ogston (1966) parlent de phénomènes "autosynchroniques" pour l'organisation individuelle et "intersynchroniques" pour les éléments liés à la pragmatique co-locutoire et concernant directement l'interaction. Ainsi, il existe les synchronisateurs *phatiques* qui assurent le contact par le regard mais également par un contact corporel comme la main posée sur le bras ou l'épaule de l'interlocuteur, et les synchronisateurs *régulateurs* dont la forme la plus courante est le hochement de tête accompagné ou non d'onomatopées de type "hum". On constate alors que les synchronisateurs phatiques sont plutôt le fait du locuteur et les synchronisateurs régulateurs, celui de l'interlocuteur. Les synchronisateurs interviennent également dans la passation des tours de parole et on montre qu'en position d'émission un sujet regarde moins qu'en position de réception, et lorsqu'il regarde c'est pour souligner un mot ou une position importante, pour marquer la fin d'une proposition ou encore annoncer la fin d'une intervention et donner la parole à l'autre.

Cosnier (1982) rapporte une expérience de Dahan dans laquelle deux sujets sont placés en situation de dialogue libre en face à face. L'un des deux est un compère qui parle en gesticulant normalement pendant les trois premières minutes, puis ne bouge plus mais garde un regard mobile pendant les trois minutes suivantes et enfin, ne bouge plus et regarde le sol pendant les trois dernières minutes. Il apparaît alors qu'avec la disparition des

mouvements du compère, on constate une diminution des paraverbaux du sujet naïf et avec la disparition du regard, on constate une augmentation de la gestuelle autocentrée chez le sujet naïf. Ainsi, les synchronisateurs de l'interaction jouent un rôle dans l'organisation et le déroulement de l'interaction.

La gestualité *extra-communicative* nous semble assez proche de la catégorie précédente. En effet, elle recouvre tous les gestes qui semblent étrangers à la stratégie de la communication bien qu'ils apparaissent au cours de l'interaction (Cosnier, 1982). On trouve ici, les gestes du type "allumer une cigarette", "se croiser les jambes" ou encore "se gratter le bout du nez". Ils sont qualifiés d'*extra-communicatifs* parce qu'ils n'ont pas, apparemment, de fonction explicite dans le processus d'interaction. Toutefois Ekman et Friesen (1969) émettent l'hypothèse que ces *extra-communicatifs* seraient appris au cours de l'ontogenèse comme procédés d'adaptation émotionnelle, progressivement simplifiés et ritualisés. L'adulte les utiliserait alors de manière spontanée et inintentionnelle. Ces deux auteurs catégorisent alors les *extra-communicatifs* en *self-adaptateurs*, *adaptateurs à autrui* et *adaptateurs à l'objet*.

Les *self-adaptateurs* sont des mouvements autocentrés sans véritable relation avec la parole. Néanmoins ils seraient déclenchés par le discours verbal et reliés aux motivations ou affects verbalisés. Ici, l'interlocuteur feint de les ignorer et ne renvoie pas de feed-back malgré qu'il les perçoive et rien ne prouve qu'il n'en tienne pas compte. Les *adaptateurs à autrui* trouveraient leur origine dans les mouvements liés aux contacts interpersonnels comme donner, recevoir, attaquer, se protéger, se rapprocher ou encore fuir. Ce sont des mouvements de mains, des déplacements posturaux indiquant le sens d'un rapprochement ou d'un éloignement d'autrui. Et enfin les *adaptateurs à l'objet* découlent d'apprentissages plus tardifs, de manipulations d'objets comme allumer et fumer une cigarette ou gribouiller des graffiti sur le premier support venu etc.

La gestualité *coverbale* recouvre tous les gestes associés au discours verbal pour l'illustrer (les gestes *illustratifs*), le connoter (les gestes *expressifs*), le renforcer et (ou) souligner certains traits phonétiques, syntaxiques ou idéiques (les gestes *paraverbaux*). Les *illustratifs* et les *expressifs* pourraient être confondus avec les *quasi-linguistiques* mentionnées ci-après, mais ils s'en distinguent par le statut particulier qui leur est conféré de part leur coexistence avec le discours verbal et l'interprétation qui en est faite. Ainsi les *illustratifs coverbaux* peuvent être *déictiques*, *spatiographiques*, *kinémimiques* ou encore *pictomimiques*.

Les *déictiques* désignent le référent de la parole, comme montrer du doigt l'objet dont on parle par exemple. Les *spatiographiques* schématisent la structure spatiale de l'objet, comme l'escalier en colimaçon par exemple. Les *kinémimiques* miment l'action du discours. Les *pictomimiques* schématisent la forme ou certaines qualités du référent comme l'écartement des mains pour montrer la taille d'un poisson par exemple.

La gestualité *quasi-linguistique* est capable d'assurer une communication sans l'usage de la parole. Elle est syllinguistique dans la mesure où elle coexiste avec le discours verbal pour l'illustrer ou le contredire et peut aisément être traduite en mot ou phrase, mais garde la particularité de pouvoir exister sans le verbal. Sa coexistence avec la langue parlée se veut informelle et chaque communauté sociolinguistique semble utiliser un répertoire moyen de cent cinquante à deux cents gestes *quasi-linguistiques*. Cosnier et Dahan (1977) avancent que les quasi-linguistiques français peuvent être distingués en *expressifs*, *conatifs*, *phatiques*, *opératoires*, *injures*.

Les *expressifs* sont surtout des mimiques. Les *conatifs* sont utilisés pour influencer autrui comme le pouce levé pour l'auto-stoppeur, la demande de silence etc. Les *phatiques* correspondent aux rituels de contact, aux appels, aux déictiques d'interaction, etc. Les *opératoires* sont utilisés pour transmettre une information.

Cette catégorisation, si elle présente le mérite d'être exhaustive, n'en est pas pour autant pratique pour nos travaux. En effet, on notera par exemple que les gestes quasi-linguistiques font l'objet d'une catégorie, car ils présentent la particularité de pouvoir exister en toute autonomie. Il nous semble que cette particularité relève d'une caractéristique propre à certains gestes et non d'une fonctionnalité qui leur permettrait d'être distingués des autres. C'est ainsi, par exemple, que le geste quasi-linguistique phatique est également un geste synchronisateur de l'interaction.

Au cours du paragraphe précédent, nous nous sommes interrogés sur le lien qui existe entre geste et parole. Il nous a été suggéré d'envisager une forte interdépendance en s'appuyant des gestes iconiques et métaphoriques. Ainsi, et au moins pour les deux types de gestes envisagés, ces derniers sont intimement liés au contenu sémantique de la parole. Le geste est, dans ce cas, envisagé comme un symbole dont la partie signifiée est mise en forme afin de présenter visuellement une image de ce signifié.

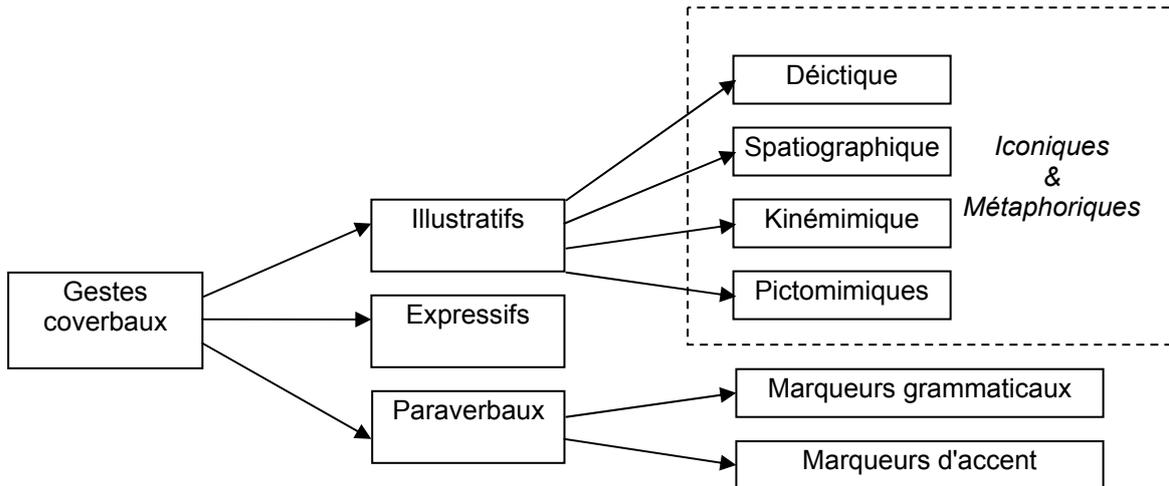


Figure 6 : sélection des gestes iconiques et métaphoriques dans la chaîne des gestes coverbaux

Au cours des chapitres précédents nous avons posé que la situation d'interaction, dans laquelle se trouvent les concepteurs, oblige ces derniers à partager les informations qu'ils possèdent, et élaborent, au fur et à mesure de leur résolution du problème. Ce qui nous conduit à penser que si le geste contribue à leur raisonnement collectif c'est précisément par l'intermédiaire de ces gestes iconiques et métaphoriques. Ainsi, il nous semble que la gestuelle, la plus à même de contribuer au raisonnement collectif de notre groupe de concepteurs, est à rechercher dans les gestes qui supportent ces fonctions iconiques et métaphoriques. C'est-à-dire, les gestes coverbaux de type illustratifs comme le montre la figure 6.

3.4.1. Le geste coverbal de type illustratif

En envisageant le geste comme iconique, McNeill (1985) explique qu'il est une manifestation visuelle des aspects "*imageables*" de la pensée qui produit le discours verbal. Pour illustrer ce point de vue, il rapporte son expérience basée sur un protocole expérimental qu'il répète depuis le début des années 1980. L'expérimentateur projette un dessin animé à un sujet. Puis on demande au sujet de raconter l'épisode qu'il vient de visionner à un interlocuteur qui ne connaît pas le dessin animé. La gestuelle du sujet est alors enregistrée en vidéo puis analysée avec la méthode éthologique que nous avons décrit au début de ce chapitre. Le dessin animé est toujours le même, il s'agit d'un épisode de "Tweety and Sylvester : the Canary row" (connu sous le titre de "titi et gros minet" en France).

McNeill (2002) rapporte alors un exemple de la gestuelle produite qui lui semble caractéristique. Il s'agit du moment où un personnage se glisse dans

une gouttière puis remonte à l'intérieur de celle-ci. Le sujet décrit verbalement cette scène et, de manière synchrone, au moment où il évoque la remontée dans la gouttière, il soulève sa main droite vers le haut, sa paume vers le haut et doigts et pouce écartés.

L'auteur fait remarquer que le sujet produit le geste de manière synchrone avec son discours verbal mais également qu'il ne laisse pas apparaître de signes indiquant que le geste relève d'un effort communicatif conscient : le regard du sujet reste fixe et il n'apparaît aucune séparation temporelle. Ces observations font dire à l'auteur que le sujet a eu recours au geste pour véhiculer la part "*imageable*" du signifié. Sur ce point, Lausberg et Kita (2003) se sont intéressés au choix de la main, gauche ou droite, pour exécuter ce geste iconique en posant l'hypothèse d'un effet lié à la latéralisation hémisphérique du langage. Pour cela, les sujets devaient produire leur gestuelle suivant deux conditions, en accompagnement du discours verbal et en silence. Leurs résultats révèlent que le recours à la main droite ou gauche dépend du contenu sémantique du discours et que l'influence de la latéralisation hémisphérique du langage n'est pas significative. Par ailleurs les auteurs abondent dans le sens de McNeill en posant que le discours verbal semble induire une organisation séquentielle des gestes iconiques

Il est intéressant de noter que le langage verbal est, par nature, organisé séquentiellement et linéairement. Même si toutes les langues n'utilisent pas le même schéma de construction des phrases, il n'en demeure pas moins qu'il consiste en un assemblage de mots distribués linéairement en fonction du temps. Dans cette construction, le geste offrirait la possibilité au locuteur de produire, parallèlement, deux formes de production de l'information qu'il souhaite transmettre : une forme verbale, la phrase prononcée oralement et une forme imagée, le geste iconique.

Cette hypothèse nous semble tout à fait intéressante et pertinente pour notre problématique. En effet, les concepteurs, pour résoudre leur problème, doivent se diriger vers un objet qui, par définition même du processus de conception industrielle, n'existe pas encore. Cette tâche nécessite qu'ils élaborent un objet qui corresponde au cahier des charges, c'est-à-dire aux contraintes telles que nous les avons définies au cours des chapitres précédents. Nous avons vu également que les différentes stratégies disponibles, la planification de la démarche, les contraintes de chaque participant engendrent un cheminement dans la conception qui ne peut s'envisager linéairement vers la solution. Ainsi les concepteurs constatent parfois des impasses qui les amènent à rebrousser chemin pour choisir une autre voie. Ce cheminement rend impossible la matérialisation effective de l'objet à chaque étape du raisonnement des concepteurs. Mais cet objet doit

néanmoins "prendre forme" dans une représentation partagée par l'ensemble du groupe.

La résolution de problème collectif de type conception est l'occasion de créer ce que Jeantet nomme des objets intermédiaires (Jeantet, 1998). Ces objets peuvent être des plans, des esquisses, des maquettes, des documents textuels, des graphiques etc. Ces objets révèlent le besoin qu'ont les concepteurs d'accéder à une forme visuellement accessible de l'objet de leur tâche.

Présenté de cette manière, les gestes iconiques et métaphoriques seraient en mesure de contribuer à la "*matérialisation*" visuelle de l'objet en cours de conception. Le geste est alors le moyen le plus simple, le plus souple et le plus facilement mobilisable pour accéder à la forme visuelle du contenu sémantique de la parole du locuteur. Cette hypothèse est en partie éclairée par Miller et Franz (2005) qui ont souhaité vérifier, en demandant à leurs sujets une production verbale et gestuelle, que la production de gestes est liée au contenu spatial du discours. Pour cela, les sujets devaient décrire leur salon, une procédure temporelle, l'endroit où ils ont passé leur enfance et l'endroit où ils aimeraient vivre dans 15 ou 20 ans. Leurs résultats montrent que la gestuelle des deux mains est beaucoup plus sollicitée dans les conditions à fort contenu spatial. La gestuelle à une seule main, quant à elle, montre des résultats opposés faisant dire aux auteurs que le lien gestuelle/spatial est à rechercher dans la gestuelle bimanuelle. Reste alors à étudier la part de responsabilité de cette gestualité coverbale dans la mémoire spatiale. C'est précisément ce que proposent Morsella et Krauss (2004) en étudiant la gestuelle de sujets qui doivent faire des descriptions de contenu spatial mémorisé ou visuellement présent. Leurs résultats montrent que le locuteur produit plus de gestes lorsqu'il s'agit de contenu spatial mémorisé. Par ailleurs, les sujets utilisent également plus de gestes lorsqu'il s'agit de décrire un contenu spatial mémorisé difficile à décrire verbalement comme un schéma par exemple.

Jusqu'ici, nous avons envisagé la gestuelle des mains sous l'angle de la communication et de l'interaction. C'est-à-dire, une gestuelle au service du locuteur pour transmettre une information à l'interlocuteur et par là même partager cette information. En restant sur ce schéma nous serions amené à nous interroger sur les mécanismes que doit mobiliser l'interlocuteur pour comprendre et mettre à son profit cette information transmise par le locuteur. Or, le geste est produit dans une forme de synchronie avec le langage verbal qui laisse supposer une plus grande complexité du geste du locuteur. C'est pourquoi il paraît plus judicieux, pour éclairer cette assertion de commencer par décrire le geste sur le versant de sa production avant de l'aborder sous celui de sa réception.

3.4.2. Exécuter un geste Iconique

Pour exécuter un geste de pronation, le système nerveux central commande les actions intentionnelles des muscles qui sont concernés par ce mouvement (Marchal, 1991). Que le message parte du système nerveux central pour se diriger vers les muscles correspond à l'exécution des gestes dont nous avons parlé jusqu'à présent. Mais Roll (1998) nous apprend que les muscles ainsi sollicités ne se contentent pas d'exécuter le message, ils retournent au système nerveux central des informations sur la bonne exécution du geste. Ainsi, les muscles sont non seulement des organes moteurs, mais ils sont également pourvus de capteurs sensibles à leur longueur et leur allongement. Ce qui nous semble intéressant dans cette propriété des muscles, c'est que leur sensibilité est telle qu'ils peuvent assurer des fonctions mentales de haut niveau. En effet, pour mettre en évidence cette propriété, l'auteur applique des vibrations mécaniques de faibles amplitudes sur les tendons des muscles pour obliger ces derniers à envoyer leur information comme s'ils avaient été sollicités par le système nerveux central. Ainsi, en s'intéressant aux muscles fléchisseurs de la main, il donne la sensation à des sujets, qui sont immobiles avec les yeux bandés, que leur main effectue un mouvement vers le haut. En stimulant successivement les muscles fléchisseurs et adducteurs, puis les deux conjointement, les sujets reconnaissent et nomment sans difficultés le triangle qu'ils sont persuadés d'avoir exécuté.

Ainsi, le locuteur est informé en continu de la position de ses mains lorsqu'il exécute son geste, et il reconnaît en temps réel la forme visuelle de son mouvement. On peut donc penser que le geste sera utile à nos concepteurs pour transmettre l'information. Mais qu'il sera également utile pour le concepteur lui-même pour parachever sa connaissance de l'objet qu'il évoque.

3.4.3. Percevoir le geste

Le rôle principal du système nerveux est de permettre à l'individu d'avoir un comportement adapté aux diverses situations auxquelles il peut être confronté. Pour cela, il doit pouvoir renseigner sur différents paramètres physiques et chimiques du milieu, intégrer les informations recueillies et les comparer à l'expérience passée, et enfin programmer un ensemble de mouvements qui permettront une réaction adaptée. Et sa singularité, par rapport au système endocrinien, c'est qu'il dispose de tout ce qu'il faut pour réaliser cela de manière optimale. En effet, il est en mesure de moduler les réponses, de cibler les réponses et surtout d'apporter des réponses rapides grâce à la nature électrique des messages dont il se sert.

Les systèmes sensoriels qui analysent les informations provenant du monde extérieur ou intérieur constituent le préalable à toute activité, consciente ou inconsciente, de l'organisme (Perilleux, Anselme et Richard, 1995).

Ainsi la perception visuelle du geste, et la conscience qu'a l'interlocuteur de celui-ci résulte de l'interprétation, en référence à l'expérience personnelle de l'individu, d'une somme d'impressions sensorielles différentes captées par l'oeil. Les phénomènes perceptifs sont alors subjectifs, et chaque individu interprète personnellement chaque sensation particulière.

L'information sensorielle prend naissance au niveau de l'œil lorsqu'un stimulus traverse le champ visuel. Les récepteurs sensoriels vont alors assurer le codage de cette stimulation en un message interprétable par les niveaux supérieurs du système nerveux. Le message est transmis le long des voies sensorielles avant d'être interprété au niveau du système nerveux central (Perilleux et al, 1995). Ainsi, en suivant la voie visuelle rétino-geniculo-corticale, le champ visuel gauche se projette dans l'aire visuelle primaire droite et vice versa (Bear, Connors et Paradiso, 2002). Le cortex visuel étant situé au niveau du lobe occipital.

Jannerod (1998) qui s'intéresse à la reconnaissance d'objet puis à la saisie par la main, nous détaille les mécanismes qui mènent de la vision à l'action. Ce point est important pour nos travaux car l'action qui résulte de la vision relève nécessairement de la compréhension et l'interprétation de l'individu pour lui permettre de choisir le comportement adapté comme nous l'avons mentionné ci-dessus. Ainsi, comme l'illustre la figure 7, cet auteur nous apprend qu'il existe deux modalités de la vision : deux voies cérébrales visuelles parallèles, qui traitent différentes informations extraites du même objet.

La voie inférieure ou ventrale, relative au lobe temporal, semble spécialisée pour identifier et reconnaître l'objet alors que la seconde, la voie supérieure ou dorsale, liée au lobe pariétal, semble spécialisée dans la réalisation d'actions dirigées vers l'objet. Ce qui fait dire à Jacob (1998) que la voie ventrale permettrait de répondre à la question : quel est l'objet ? Et la voie dorsale de répondre à la question : où est l'objet ?

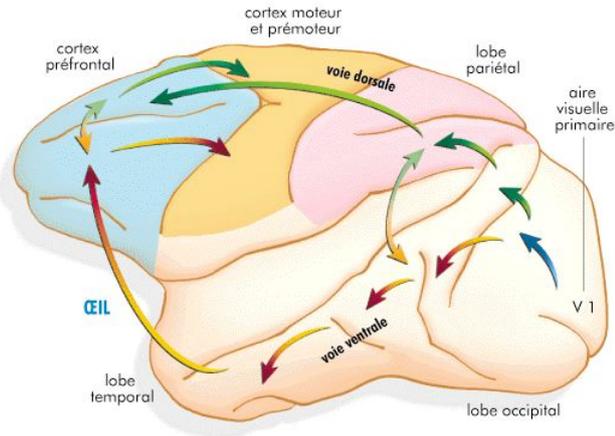


Figure 7 : Voie ventrale : reconnaissance, identification des objets. Voie dorsale : traitement des informations, actions.

(La recherche, n°309)

Toutefois, Jannerod (1998) nous demande d'être prudent sur le rôle attribué à ces deux voies et met en garde contre une réduction rapide pour une dichotomie "vision pour la perception" ou système "sémantique" et "vision pour l'action" ou système "pragmatique". En effet, il apparaît que des malades, victimes de lésions au niveau de la voie dorsale, montrent un déficit visuo-moteur mais perdent également une forme particulière de perception spatiale. Ils ne peuvent en effet, plus identifier ou décrire certaines propriétés spatiales des objets, comme leur orientation ou leur taille, ils peuvent même éprouver des difficultés à reconnaître un objet photographié sous un angle inhabituel. Il propose alors de regarder les deux voies visuelles sous l'angle d'une collaboration. Et l'auteur illustre cette collaboration par une observation courante en faisant remarquer que l'on ne tient pas de la même manière un crayon et un bâton de taille similaire, "ce qui indique bien que l'action tient compte de la sémantique de l'objet" (Jeannerod, 1998, p.56).

Cette démonstration est importante, à la fois pour le locuteur mais aussi pour l'interlocuteur, car elle montre que les neurosciences vont dans le sens de l'hypothèse de McNeill qui nous montrait que le geste iconique est activé dans une synchronie sémantique avec le discours.

On notera enfin que Jacob (1998) nous fait remarquer que la voie ventrale, avec ses propriétés d'analyse "sémantique" produit des "représentations perceptuelles" conscientes de l'objet et que la voie dorsale, avec ses propriétés d'analyse "pragmatique" produit des représentations motrices d'objets. Les représentations perceptuelles conscientes sont alors mises à la disposition de processus cognitifs supérieurs de conceptualisation. Ainsi, l'interlocuteur qui perçoit le geste non verbal iconique, en mettant en œuvre les mécanismes de la perception que nous venons de décrire

brièvement, va aussi mettre en œuvre des processus cognitifs supérieurs pour conceptualiser et s'approprier l'objet de sa perception.

Sur ce point, McNeill (2002) nous avait indiqué que le geste iconique permet de donner une forme, visuellement accessible, au contenu sémantique du discours. Nous venons de voir que la perception du geste donne sens à l'objet de la perception, via des représentations perceptuelles conscientes qui sont mises à disposition de processus cognitifs supérieurs. Sur ce point, la neuropsychologie récente, confirme les travaux sur les représentations mentales imagées et nous révèle que les deux grandes voies que nous venons d'évoquer sont aussi valables pour les images mentales, c'est-à-dire pour un contenu visuo-spatial, en présence mais aussi en l'absence de stimulus visuel (Mellet, Tzourio, Crivello, Jolliot et Denis, 1998).

Il semble donc que si la communication non verbale, par le geste de la main, contribue au raisonnement que vont mettre en œuvre les concepteurs pour résoudre leur problème, c'est par l'élaboration et l'utilisation d'un contenu spatialisé.

Le second chapitre a été l'occasion d'éclairer le processus collectif de résolution en mettant en avant les nécessaires interactions pour l'élaboration, entre autre, du référentiel commun. Ce chapitre s'est donc donné pour objectif d'éclairer le concept de communication en tant que support de ces interactions.

Ainsi nous venons de voir que la communication pouvait s'envisager sous l'angle d'une multi modalité. Et parmi toutes les formes que peut revêtir cette communication, nous avons choisi de centrer notre attention sur le canal non verbal. Un canal dont nous avons montré qu'il était souvent étudié pour sa capacité à transmettre de l'information émotionnelle. Sans remettre en cause cette position, nous avons proposé d'emprunter une autre voie pour envisager une participation plus cognitive à notre situation de résolution de problème. Pour cela nous avons choisi de concentrer notre problématique sur la gestuelle des mains et plus précisément sur les gestes que les différents référentiels disponibles qualifient d'iconiques. Avec la perception visuelle de ce geste nous avons introduit le point d'entrée de nos investigations du caractère cognitif du rôle de ce geste dans la résolution de problème.

Chapitre IV : une représentation analogique, la représentation imagée

Nous avons vu, tout au long des chapitres précédents, que l'homme qui intéresse notre recherche est un organisme complexe placé dans un environnement avec lequel il interagit. Il nous est apparu complexe au cours du premier chapitre lorsqu'il met en œuvre diverses stratégies pour résoudre les tâches qui lui posent problème. Cette complexité s'est accrue, au fil du deuxième chapitre, à l'occasion de sa rencontre avec d'autres individus pour résoudre ensemble une tâche qui leur est problématique. Enfin, l'apparition de l'interaction et la nécessaire communication, révélé par le troisième chapitre conforte l'immense espace des possibles qui s'offre à lui et duquel il puisera le comportement qui lui semble opportun. Nous avons vu qu'il disposait d'un registre de comportements très vaste pour ses interactions, et nous avons choisi de focaliser notre regard sur une modalité de sa communication : la gestuelle de ses mains.

Ainsi, présenter l'homme comme un organisme complexe c'est choisir d'étudier son fonctionnement. C'est-à-dire les activités mentales qui le caractérisent au sens de Richard (2002). Situer l'homme dans un environnement, c'est choisir de prendre en compte le contexte de ce fonctionnement et donc de circonscrire ses activités mentales à un contexte particulier. Et enfin, postuler que l'homme interagit avec son environnement c'est poser qu'il y collecte de l'information, qu'il traite cette information et qu'il produit un comportement, en lien avec ce traitement, qui va agir sur cet environnement. L'homme et son environnement sont alors perçus comme deux systèmes en perpétuelle transformation par action réciproque de l'un sur l'autre.

Notre recherche s'intéresse donc à cette information que l'individu perçoit dans la situation que nous lui proposons, et que nous avons présenté dans les chapitres précédents. Cette information alimente son fonctionnement. Un fonctionnement qui est lié de près à la capacité qu'il a de s'approprier et de donner sens à cette information, c'est-à-dire de s'en construire une nouvelle forme qui lui appartient et qu'il aura élaborée avec ce qu'il convient d'appeler ses capacités cognitives. Pour ce qui intéresse notre problématique, le centre de gravité de cette information est situé dans l'usage qu'il fait de sa gestuelle pour la résolution d'un problème qu'il partage avec d'autres individus.

4. Du traitement de l'information à la représentation mentale imagée

Envisager la cognition comme un traitement d'information c'est immanquablement faire penser au cognitivisme pour tenter de comprendre comment s'opère ce traitement de l'information. Il nous semble donc important de situer ce paradigme en regard de nos travaux. Car nous nous sommes rendu compte que s'il est porteur de nombreux concepts susceptibles d'éclairer notre démarche, il est aussi, à certains égards, proche de montrer ses limites.

Ganascia (1996) situe en 1985, l'adhésion des neurosciences, de la psychologie, de la linguistique, de l'anthropologie, de la philosophie et de l'intelligence artificielle au néologisme de cognitivisme. Les vingt dernières années qui viennent de s'écouler seront donc notre point de repère autour duquel nous allons naviguer pour tenter de mieux comprendre les courants de pensée qui alimentent notre problématique.

Au-delà de l'aspect historique, situer les événements dans le temps et d'un point de vue chronologique nous permet de rattacher ces événements avec un contexte plus général d'une époque et d'autres événements concomitants.

Au début du XXI^{ème} siècle, en réaction à la démarche introspectionniste de la psychologie imaginée par Wundt à Leipzig, vont émerger deux paradigmes qui se proposent d'étudier la cognition à l'aide d'expériences autrement que par auto-analyse même contrôlée. Il s'agit de la psychologie de la forme, ou gestalt psychologie de Wertheimer (1912) et du béhaviorisme de Watson (1913). Ces deux approches nous interpellent car elles nous mettent sur la piste de dispositifs expérimentaux qui s'inscrivent dans une démarche d'objectivation des phénomènes.

Toutefois, si en apparence, ces deux courants de pensée s'inscrivent dans la même volonté d'opposition à l'introspection, ils ne présentent pas les mêmes atouts pour notre problématique. En effet, le béhaviorisme postule qu'il existe des lois générales qui régissent le comportement et qu'il est vain de chercher à accéder aux états mentaux des individus car il ne peut s'agir que de reconstructions qui pèchent par leur subjectivité. La gestuelle des mains, au cœur de nos travaux, étant souvent présentée sous l'angle du comportement non-verbal, le lecteur pourrait être amené à penser que s'intéresser aux processus intermédiaires entre stimulus et réponse est inutile et donc que le comportement non verbal qui nous intéresse s'accommode très bien de ce paradigme.

Nous pensons qu'il n'en est rien et nous souhaitons, au contraire, montrer l'importance du traitement de l'information lié à ce comportement gestuel. Et il nous semble alors que la psychologie de la forme peut éclairer avantageusement notre problématique. En effet, c'est elle qui nous parle de perception et de forme, deux dimensions que nous avons déjà rencontrées au cours des chapitres précédents lorsque nous avons évoqué l'aspect imageant du geste iconique et la perception visuelle de ce geste.

C'est donc avec cette approche structuraliste de la psychologie, la Gestalt que nous souhaitons débiter notre recherche de la participation de la gestuelle des mains à la cognition.

4.1. La quête du lien gestuelle - cognition

Faire appel à la Gestalt psychologie, alors que celle-ci ne semble pas avoir résisté à la montée en puissance du cognitivisme du milieu du siècle dernier, semble risqué tant l'anachronisme peut paraître flagrant. Pourtant, si l'on en croit Gapenne et Roviva (1999), cette démarche est loin d'être inhabituelle et des voies de recherche, tout à fait contemporaines, se réfèrent aux travaux gestaltistes en considérant les enjeux méthodologiques, théoriques et/ou épistémologiques propres à ce paradigme. C'est dans cette perspective que nous nous y référons.

4.1.1. Gestalt et reconnaissance de formes

Ce qui nous a mis sur la voix de la psychologie de la forme c'est d'une part sa volonté de s'opposer à l'introspection et d'autre part son intérêt pour la perception. Mais pas uniquement. En effet, nous avons vu au cours de nos investigations sur la communication non verbale, qu'en poussant le raisonnement à son extrême, l'on pouvait aller chercher chez les animaux, donc chez le vivant qui ne dispose pas d'un langage verbal, des transmissions de messages, et même des résolutions de problème qui s'appuient sur de l'information issue de perceptions visuelles mais non disponibles au moment de la résolution. Or, s'il est bien un courant de pensée qui envisage une cognition sans langage, c'est bien la Gestalt Psychologie (Gapenne et Roviva, 1999).

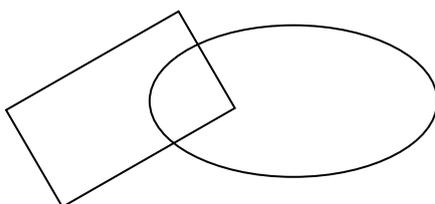
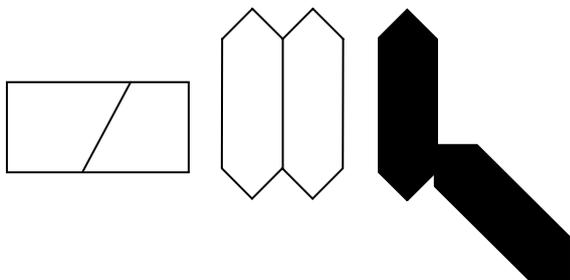
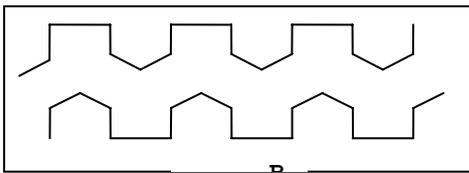
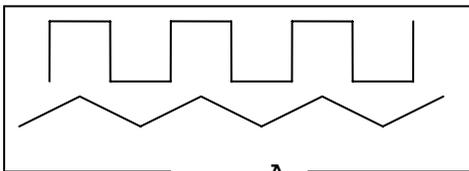
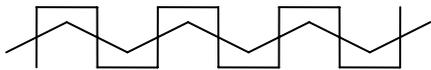
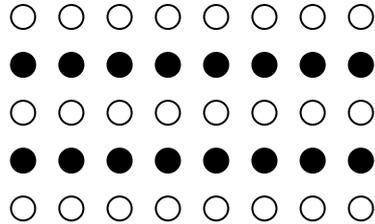
Le gestaltisme tire son nom de l'école psychologique fondée à Berlin dans les années 1910-1920 et dont la traduction française a donné "psychologie de la forme (de l'allemand *Gestalt*)". Les auteurs de cette approche, Wertheimer, Koehler et Koffka pour les plus célèbres, s'intéressent particulièrement à ce qu'ils définissent "forme" et donc aux mécanismes de perception visuelle de ces formes.

Nous pensons que la perception visuelle des formes occupe une place importante dans le processus de résolution de problème de type conception tel que nous l'avons défini. En effet, les recherches actuelles dans ce domaine s'intéressent de près aux "objets intermédiaires", c'est-à-dire aux productions qui ponctuent le processus de conception et permettent aux concepteurs d'externaliser des représentations : dessins, graphiques, schémas, croquis, maquettes, prototypes etc . . . La bonne compréhension mutuelle des informations véhiculées par ce type de représentations repose alors essentiellement sur la perception visuelle.

Sur ce point, Suwa et Tversky (1997) expliquent que ces représentations externes ne sont pas de simples aide-mémoire mais bien des facilitateurs de la résolution du problème en guidant les inférences. Ce rôle facilitateur repose sur l'existence de la représentation externe mais plus encore sur son rôle dans les processus cognitifs d'interprétation (Suwa & Tversky, 1997). Or, lorsque l'on parle dessin, graphiques, schéma, etc., il nous semble que ce processus cognitif d'interprétation passe par une nécessaire reconnaissance de forme telle que les gestaltistes l'ont explorée.

Même si nous pensons, comme l'explique Bonnet (1989), que la représentation issue de la perception n'est pas le reflet immédiat de la structure du monde comme le présupposaient les Gestaltistes, il nous semble judicieux de ne pas écarter trop rapidement les lois de l'organisation perceptive. C'est en effet à travers ces lois qu'ils définissent la Forme, c'est-à-dire une organisation qui est plus que la somme des éléments, de sorte qu'elle possède en propre une qualité que l'on ne trouve dans aucun des éléments la constituant.

Ainsi, la Forme pour les gestaltistes devient une structure, c'est-à-dire une structure unitaire qui présente une unité propre. Bonnet (1989) dénombre 114 lois de l'organisation perceptive. Nous allons reprendre quelques une de ces lois. Il nous semble, en effet, judicieux de les garder à l'esprit car il y a fort à parier qu'elles ont des choses à nous dire par rapport aux dessins, graphiques, et autres schémas que les concepteurs utilisent. Nous allons suivre Reuchlin (1993) qui illustre les cinq (figure 8), qu'il considère principales, de la manière suivante :



Proximité

Des éléments relativement proches sont perçus comme appartenant à la même forme. On perçoit plus facilement, sur la figure de gauche, trois colonnes étroites et un trait isolé à droite que trois colonnes larges et un trait isolé à gauche, comme cela serait également possible.

Similarité

Des éléments relativement semblables sont perçus comme appartenant à une même forme. Sur la figure de droite, on verra plus facilement des alignements horizontaux (trois lignes de cercle blanc et trois lignes de cercle noir) que des alignements verticaux (huit colonnes de cercles alternés blanc noir).

Continuité

Des éléments orientés dans la même direction tendent à s'organiser en une forme.

Sur la figure de droite, on perçoit plus facilement la figure supérieure comme la superposition des deux lignes de A que l'assemblage des deux lignes de B (qui pourtant la reconstitue aussi).

Symétrie

Les figures admettant un ou plusieurs axes de symétrie sont de bonnes formes, qui s'imposent aisément.

Les figures A et B, symétriques, seront perçues plus facilement comme formant un objet unique que la figure C, dissymétrique.

Clôture

L'expression est prise dans des sens différents. Dans son sens le plus restreint, elle désigne des contours "simples" complets. Dans la figure on percevra deux formes, le rectangle et l'ellipse. On pourrait en percevoir trois, mais la petite surface centrale introduirait des "échancrures" dans le rectangle et dans l'ellipse, et nos mécanismes perceptifs évitent autant que possible les interprétations conduisant à des tracés "incomplets".

Figure 8 : les cinq lois de l'organisation perceptive illustrées par Reuchlin (1993)

Ces lois gestaltistes rendent compte de la formation de groupements et de configurations. Ce sont des constats. Pourtant ces constats sont des relations répétables qui viennent impacter les représentations via les objets intermédiaires lorsque les concepteurs vont avoir recours aux croquis pour exprimer, externaliser, la représentation qu'ils souhaitent partager.

Prenons l'exemple de la figure 9 où nous dessinons un losange vertical (A), un losange horizontal (B) et un carré (C).

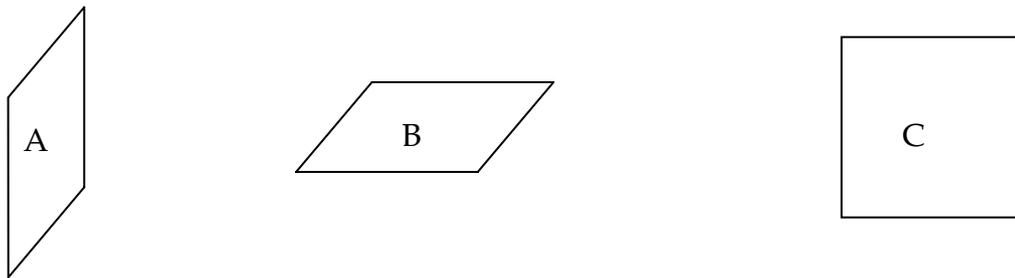


Figure 9 : un losange vertical (A), un losange horizontal (B) et un carré (C)

Dessinés éloignés les uns des autres, ce sont trois figures géométriques A, B, C. Il s'agit de figures représentées à plat sur une feuille, ce que l'on appelle communément une représentation en 2 Dimensions. Mais, si on choisit de les rapprocher de manière à superposer certaines de leurs arêtes, l'assemblage engendre une figure qui véhicule plus d'informations que chacune des trois formes géométriques car, la représentation est maintenant perçue comme un volume, c'est-à-dire une représentation en 3 Dimensions comme nous le montre la figure 10.



Figure 10 : l'assemblage devenant volume

Ce phénomène est important pour notre recherche, car nous avons constaté que les tests papier crayon, utilisés pour l'évaluation des capacités de représentation visuo-spatiale, s'appuient sur des représentations de type "dessin au trait" qui simulent la perception de la troisième dimension par ce procédé. On pensera, par exemple, au test de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978), l'épreuve de pliage du cube de Shepard et Feng (1972) ou

encore, le subtest "spatial" de la Batterie Générale d'Aptitude (Boss, Cardinet, Maire et Muller, 1960).

On le voit à travers cet exemple du cube, le stimulus, utilisé pour la représentation graphique, respecte ce que les gestaltistes ont observé. Par ailleurs, ces lois de l'organisation perceptive, par l'explication qu'elles tentent de donner de l'interprétation de l'information, nous guident vers les représentations mentales de type imagé. Et sur ce point, la seconde approche structuraliste, celle de Piaget, constitue le début de nos investigations.

4.1.2. Structuralisme Piagétien

Nous allons focaliser notre attention sur ce que les travaux de Piaget nous apprennent de la représentation imagée. Dans l'objectif de contextualiser les concepts que nous emprunterons à sa théorie, il convient d'en situer brièvement les bases.

Les travaux de Piaget ont pour objectif ultime d'éclairer la phylogénèse de la connaissance de l'espèce humaine, c'est-à-dire d'expliquer l'apparition et la maîtrise de la logique au cours de l'histoire de l'humanité. Du point de vue de Piaget, l'enfant doit faire un cheminement similaire pour comprendre le monde qui l'entoure. Ainsi, étudier l'ontogenèse de l'homme lui donnera les clés du développement cognitif de l'humanité.

Pour Piaget, le développement de l'intelligence, doit être regardé comme un prolongement des mécanismes biologiques d'adaptation (Piaget et Inhelder, 1966a). En effet, les organismes vivants maintiennent les équilibres nécessaires à leur survie en assimilant à leurs structures la matière et l'énergie disponibles dans leur environnement. Cette assimilation est alors suivie d'une accommodation de ces mêmes structures pour le retour à l'état d'équilibre. Le développement de l'intelligence généralise ce processus d'adaptation à quelques particularités près. En effet, il ne s'agit plus de matière et d'énergie, que l'organisme assimile, mais d'information. Et l'équilibration ne ramène pas l'organisme à l'état d'équilibre antérieur mais construit des structures cognitives nouvelles (Reuchlin, 1993) assurant un nouvel état d'équilibre dans une dynamique de développement.

Ces structures cognitives ne peuvent être directement observées car il s'agit de processus cognitifs. Mais elles peuvent être inférées à partir de l'observation du comportement. Ainsi il montre, à travers ses nombreuses expériences, que deux comportements différents sont observés pour une même situation, à deux moments différents du développement. Piaget explique alors, qu'une structure cognitive s'interpose entre le stimulus perçu et la réponse donnée, le comportement. Cette structure transforme, interprète,

l'information perçue et se construit à partir de l'action (Huteau et Lautrey, 1999).

4.1.2.1. Les images mentales chez Piaget

Piaget parle de période sensori-motrice avant 18 mois, puis préopératoire jusqu'à 6 – 7 ans, opératoire concrète jusqu'à 11 – 12 ans et opératoire formel au-delà. Pour ce qui intéresse nos travaux, les images mentales, Piaget en récapitulant ses travaux (Piaget et Inhelder, 1966b), met en évidence deux moments clés au cours du développement. Tout d'abord, l'apparition de l'image en même temps que l'exploitation de la fonction symbolique, vers la fin du stade sensori-moteur (Bideaud et Courbois, 1998). C'est en effet par la mise en œuvre de cette fonction symbolique que l'enfant va pouvoir intérioriser et donc commencer à s'approprier l'information par une imitation intériorisée. Ensuite, au début du stade opératoire concret vers 7 – 8 ans, les images qui étaient jusqu'ici des représentations intériorisées statiques, deviennent cinétiques, capables de reproduire le mouvement et les transformations (Bideau et Courbois, 1998).

Piaget montre donc que toutes les images mentales ne sont pas de même nature. En effet, il distingue deux types d'image qui apparaissent à deux moments distincts du développement, ce qui, d'après ce que nous venons de présenter de sa théorie, laisse entrevoir qu'elles s'appuient sur deux structures cognitives différentes. Il s'agit des images *reproductrices* et *anticipatrices*.

Pour préciser ces deux catégories, Piaget et Inhelder (1966b), nous proposent une classification des images que nous allons brièvement exposer maintenant. Cette classification a, de notre point de vue, l'intérêt d'être exhaustive mais surtout de rappeler les différents raisonnements qu'il est possible de mettre en œuvre avec ce type de représentation.

Les images *reproductrices* (R) sont les images qui évoquent des objets ou des événements déjà connus, par oppositions aux images *anticipatrices* (A) qui sont relatives à des objets ou événements non perçus antérieurement. Les images reproductrices peuvent être *statiques* (RS) lorsqu'elles portent sur un objet ou une configuration immobile, *cinétiques* (RC) lorsqu'elles évoquent un mouvement, ou de *transformation* (RT) lorsqu'elles représentent de façon figurale des transformations déjà connues du sujet. Pour ce type d'image, les auteurs proposent de distinguer les images reproductrices suivant le caractère *immédiat* (I) ou *différé* (II) du rappel car celui-ci va conditionner le degré d'intériorisation.

Il n'existe pas d'image anticipatrice statique car pour anticiper par l'image, une situation statique qu'il n'a pas encore rencontrée, le sujet doit

tenir compte des mouvements qui engendrent cette situation statique. Les images *anticipatrices* (A) sont donc seulement *cinétiques* (AC) ou de *transformation* (AT).

Dernier point enfin, les auteurs distinguent les images mentales, tant reproductrices qu'anticipatrices, suivant qu'elles portent uniquement sur le résultat ou produit (P) de la transformation ou bien qu'elles ne portent que sur la modification (M) elle-même et pas uniquement sur le résultat.

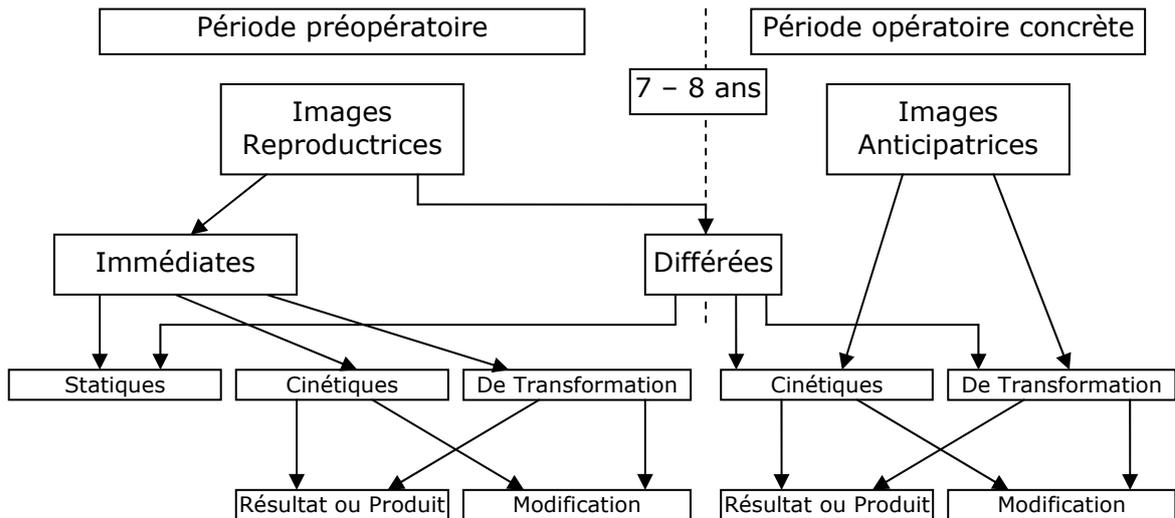


Figure 11 : traduction graphique de la classification des images de Piaget & Inhelder (1966b)

Cette classification, nous semble pertinente pour nos propres travaux car elle recense toutes les différentes utilisations qu'un sujet adulte peut faire de ses propres images mentales. Mais elle nous renseigne également sur les différences de structures cognitives à solliciter pour les mettre en œuvre. Sur la figure 11 ci-dessus, nous avons traduit en schéma les conclusions de Piaget et Inhelder (1966b)

4.1.2.2. Analyse des résultats observés par Piaget

La dichotomie images reproductrices et anticipatrices est bien mise en évidence. Par contre, les travaux montrent que, dans la condition de rappel différé, les images reproductrices ne semblent maîtrisées qu'après 7-8 ans comme si elles nécessitaient des phases anticipatrices préalables (Piaget et Inhelder, 1966).

D'autre part, au niveau des images anticipatrices, le critère le plus marqué de différenciation semble bien être celui qui distingue l'image qui porte sur le produit de la transformation ou sur la transformation elle-même. En effet, il semble qu'au cours du développement, la maîtrise de l'image

anticipatrice du résultat de la transformation précède celle de la transformation elle-même.

Sur notre schéma, le sens normal de lecture de gauche à droite donne une idée de l'ordre d'apparition au cours du développement. Il faut toutefois rester prudent sur les images cinétiques et de transformation car, mêmes reproductrices, il semble qu'elles aient recours à une forme d'anticipation qui les place alors, plus près de la période opératoire concrète comme le font remarquer les auteurs. C'est la raison pour laquelle, sur notre schéma, nous avons choisi de stopper le pointillé, qui représente le passage de la période préopératoire à la suivante au niveau des images reproductrices à rappel différée. Sur ce point, Piaget et Inhelder (1966a) expliquent que les images de la période préopératoire demeurent essentiellement statiques, et par conséquent inaptées à représenter les mouvements et transformations. Or, d'autres travaux ont mis en évidence le recours à des images mentales cinétiques dès l'âge de quatre ans. Marmor (1975) par exemple, rapporte une expérience où il a adapté le paradigme de la rotation mentale de Shepard et Metzler (1971) pour des enfants et qui retrouve bien la fonction linéaire du temps de réponse en fonction de l'angle qui sépare la présentation des deux stimulus à comparer.

Ce qui nous importe ici n'est pas tant le débat entre tel ou tel autre auteur quant à l'âge d'apparition des différents types d'images mentales mis en évidence par Piaget, mais bien la conséquence de ce débat. C'est-à-dire que toutes les images mentales ne sont pas traitées de manière similaire et, selon la théorie de Piaget, qu'"entre le stimulus perçu par l'enfant et la réponse qu'il donne s'interpose une structure mentale à travers laquelle l'information perçue est transformée, interprétée". (Huteau et Lautrey, 1999, page 167)

Comme nous le rappellent utilement Lautrey et Chartier (1987), l'objectif de Piaget est de montrer que l'image mentale ne se contente pas de prolonger la perception. Il souhaite en effet montrer que l'image mentale prend sa source dans l'action et qu'elle ne peut fournir de connaissances adéquates qu'en étant subordonnée aux structures opératoires.

4.1.2.3. Apport des travaux de Piaget à notre problématique

Le constructivisme de Piaget, tel que nous venons de le présenter, nous apprend que l'image mentale n'est pas une simple copie de la réalité, elle n'est pas un prolongement de la perception en une simple trace résiduelle.

Par ailleurs, lorsque les concepteurs vont se représenter l'objet qu'ils conçoivent, celui-ci peut faire appel à un assemblage d'éléments présentés au moment de la conception. Nous sommes donc dans une configuration proche

de ce que Piaget appelle une image reproductrice. Mais l'objet en cours de conception peut également faire appel à un assemblage d'éléments issus de solutions antérieures. Et dans ce cas il s'agit d'une démarche plus proche des images anticipatrices. De même, il est fort probable qu'ils aient à se représenter un objet au repos, et donc une image mentale statique. Mais également un assemblage d'objet et donc une image mentale cinétique. On commence donc à voir apparaître, pour une même représentation imagée, deux modes de fonctionnement différents.

Il reste enfin un dernier point des travaux de Piaget qui nous semble pertinent de rapporter ici. Il peut apparaître au niveau de l'anecdote pour d'autres travaux mais il prend un tout au sens pour notre problématique et mérite, nous semble-t-il, d'être souligné.

Nous avons vu, lors de la présentation des travaux de Piaget, que les structures cognitives ne peuvent être directement observées, mais qu'elles peuvent être inférées à partir de l'observation du comportement. Si nous nous penchons sur ce comportement et sur l'observable que Piaget a utilisé, nous découvrons qu'il a eu recours à quatre types de production de réponses : "la description verbale du sujet d'après son introspection ; dessin par le sujet ; choix par le sujet du dessin qui correspond le mieux à sa représentation parmi plusieurs modèles préparés d'avance par l'expérimentateur : ou reproduction gestuelle par le sujet." (Piaget et Inhelder, 1966b, page : 13). Piaget s'est donc appuyé sur le geste de la main comme signe extérieur de l'image mentale imagée. En effet, lors d'une expérience, en collaboration avec Mme Tuât Vinh-Bang, Piaget a demandé à des enfants de tracer de l'index une droite équivalant à sa longueur, puis de fournir une indication de la longueur de cette même droite en représentant les deux extrémités par les index dressés. Nous retrouvons ici les gestes que nous avons décrits au chapitre précédent, avec respectivement un geste de type spatiographique, puis un geste de type pictomimique. Piaget était donc déjà sur la trace du lien entre gestuelle des mains et représentation mentale imagée.

Cette approche structurale que nous venons d'évoquer à travers le gestaltisme et l'approche génétique du développement de l'intelligence sous l'angle de l'image mentale issue des travaux de Piaget, nous renseigne sur les différences de structures à mobiliser pour réussir des opérations sur les images.

Toutefois, et nous venons de le voir l'approche structuraliste s'attache à expliquer les structures qui supportent les opérations mentales. Cette démarche n'est pas suffisante pour notre recherche. En effet elle ne permet pas d'expliquer les différences de conduite observées dans la résolution d'une tâche dont on présume qu'elle fait appel à la même structure.

Les arguments expérimentaux dans ce sens sont à rechercher du côté des travaux effectués dans le domaine de la perception visuelle. Dans l'illusion perceptive de Müller-Lyer (figure 12) par exemple, le stimulus est identique dans les deux conditions et pourtant l'observateur est enclin à décider que les deux droites sont de longueur différente (Thomas, 1999).

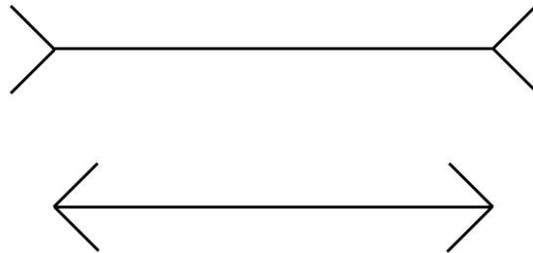


Figure 12 : Stimulus de l'illusion perceptive de Müller-Lyer

Pour expliquer cette différence, l'hypothèse que ce n'est pas un seul système cognitif unique qui est responsable de toutes les conduites est avancé. Il s'agirait plutôt d'un ensemble de systèmes indépendants que Jerry Fodor appelle des modules, c'est la thèse "modulariste" (Fodor, 1986). Son hypothèse des modules est accompagnée d'un "langage de la pensée" pour représenter les informations qui entrent dans le système. Et ce langage serait de type propositionnel. C'est une hypothèse bien pratique car les langages informatiques sont capables de traiter les propositions sur la base de la logique des propositions.

Essayons de nous replacer dans le contexte de l'époque de l'émergence de cette conception du fonctionnement de l'esprit. En 1945, John Von Neuman suggère d'incorporer les instructions de traitement (le programme) dans la mémoire de l'appareil, en même temps que les données à traiter et de permettre à l'ordinateur de modifier, sur commande, ces instructions. Il publie le premier rapport décrivant ce que devrait être un ordinateur à programme enregistré. En 1950, Allan Turing (Turing, 1950), publie son article dans lequel il propose une méthode, le test de Turing, permettant d'évaluer la "pensée" ou la "conscience" relative à un jeu. La plus célèbre des expériences qui illustre ce fonctionnement de l'esprit coïncide avec la naissance de l'Intelligence Artificielle. C'est en 1956, année où Newell et Simon présentent à l'occasion d'un congrès le premier programme qui simule la démonstration d'un théorème. Parallèlement, sur le plan matériel, en 1956 : IBM commercialise le premier disque dur. On le voit, l'informatique en est à ses premiers balbutiements. A cette époque toute l'interaction avec la machine est assurée en "ligne de commande" par une entrée essentiellement symbolique. Qu'il s'agisse de cartes perforées ou de clavier, il s'agit de commandes textuelles. Il

n'est donc pas question de systèmes d'exploitation graphiques, d'images et encore moins de traiter de l'information imagée.

Sur ce point, Andler reconnaît que le rôle joué par l'ordinateur dans la réflexion sur les fondements des sciences cognitives est subtil (Andler, 2004a). Et à partir de ce moment, les recherches qui se préoccupent de la cognition vont se diriger vers un computationnalisme qui va éclipser la psychologie de la forme que nous avons présentée plus avant.

Il s'agit alors pour notre démarche, de regarder ce que ce nouveau paradigme peut apporter à notre problématique.

4.1.3. Une évolution computationnelle

Le cognitivisme, puisque c'est de lui qu'il s'agit, s'intéresse donc maintenant aux opérations appliquées à l'information recueillie et devient computationnel. C'est la psychologie dite du "Traitement de l'Information". Ces deux termes résument à eux seuls le paradigme au point de focaliser toutes les attentions. En effet, le cognitivisme computationnel envisage la cognition comme un traitement, c'est-à-dire du calcul, sur une information, qu'il envisage symbolique. L'esprit humain est alors envisagé comme Système de Traitement de l'Information (STI). L'enjeu majeur consiste donc à définir le type de codage de l'information et les règles de calcul des symboles.

C'est ici qu'intervient le concept central de ce paradigme : la représentation. En effet, le système cognitif ne manipule pas l'entité externe au système mais bien ce qu'il acquiert de cette entité externe par un processus qui lui est propre. Pour les individus, au nombre de ces processus on retrouvera évidemment les cinq sens classiques. Mais pour nos travaux, gardons à l'esprit qu'il s'agit de ce qui est externe au système cognitif et non uniquement externe à l'individu. En ce sens, la kinesthésie, propre à l'individu est le siège d'entités externes au système.

L'information qu'il va traiter est donc ce qui est intérieur au système et qui est acquise par le système. Meunier nous précise que pour les théories philosophiques classiques, c'est précisément la définition d'une représentation (Meunier, 2000). L'objet est présent une nouvelle fois dans le système, mais sous un autre mode. Ici, la représentation sera donc définie comme un substitut dans le système de ce qui lui était extérieur.

Comme nous l'avons envisagé plus avant, les systèmes informatiques qui se développent et deviennent sources d'inspiration pour la modélisation du fonctionnement de l'esprit, sont pensés autour d'une logique textuelle. Qu'il s'agisse des programmes ou des commandes qui leur sont passées, le

codage sous-jacent est toujours propositionnel et s'appuie sur la logique des prédicats.

Le codage propositionnel est intimement lié au langage verbal. Ce codage propositionnel trouve son origine dans la syllogistique d'Aristote (Andler, 2004b). Il s'agit d'un modèle "prédicatif dans lequel la structure de base est la structure prédicat-argument". Et Richard nous explique que pour ce modèle, la proposition constituée par un prédicat et ses arguments est considérée comme l'unité cognitive de base qui intervient dans les traitements sémantiques (Richard, 2002).

Allen Newell et Herbert A. Simon vont s'appuyer sur cette logique propositionnelle pour tenter de simuler le fonctionnement de l'esprit lorsqu'il résout un problème. Ils s'étaient donné pour objectif de développer un programme général de résolution de problèmes (General Problem Solver) à partir d'observations de joueurs d'échec. La démarche consiste à essayer de comprendre les raisonnements des joueurs pour produire le déplacement de leur pièce. Puis de modéliser ce raisonnement pour le traduire sous forme informatique.

Il faut reconnaître que le résultat n'est pas à la hauteur de leurs espérances et toutes les tentatives de modélisations de résolution de problème n'ont jamais atteint les performances des individus. Seules les tâches répétitives ou celles pour lesquelles la solution peut être trouvée en appliquant un algorithme ont pu être modélisées (Weil-Barais, 1993)

Aujourd'hui encore, même doté de capacités de calcul exponentiellement croissantes et, depuis longtemps incommensurablement supérieures à celles de tout individu, l'ordinateur a bien des difficultés à supplanter le raisonnement de l'homme dans une partie d'échec par exemple (IBM research. Deep Blue. Kasparov vs Deep Blue, the rematch)

Cela tient essentiellement au fait, que lorsqu'il ne s'agit plus de démarche automatisée, l'intelligence humaine utilise des méthodes heuristiques plutôt que des méthodes algorithmiques (Weil-Barais, 1993).

Le versant computationnel du cognitivisme montre donc ses limites lorsqu'il s'agit de dépasser le caractère mécanique du calcul sur les représentations. Et jusqu'ici, les représentations sont envisagées sur un mode de codage unique et propositionnel. Et comme l'explique Richard, cette approche considère que "on ne peut pas dire qu'on ait commencé à comprendre quoi que ce soit si l'on n'a pas construit une proposition, on ne peut pas dire qu'on ait conclu quelque chose si l'on n'a pas abouti au moins à une proposition" (Richard, 2002, p. 74).

Or, le caractère uniquement propositionnel des représentations est mis à mal par plusieurs résultats expérimentaux. Une expérience de rotation mentale de Shepard, au début des années 1970 révèle que le temps de reconnaissance d'une figure géométrique est proportionnel à l'angle de rotation suivant lequel est présenté la figure (Shepard, Metzler, 1971). Ces résultats laissent supposer qu'un codage sous la forme d'image mentale est plus approprié pour expliquer le phénomène observé. Allan Paivio, un an plus tôt, soutient que dans une situation d'apprentissage, l'individu peut aborder le matériel à mémoriser de manière verbale ou visuelle et propose la théorie du double codage (Paivio, 1969). Kosslyn rapporte en 1978, quatre expériences pour montrer que le temps de balayage d'une image mentale préserve l'information métrique spatiale d'une image réelle (Kosslyn, Ball et Reiser, 1978).

Au cours du chapitre précédent, nous avons montré combien la dimension visuelle et iconique était importante, à la fois pour celui qui produit le geste mais également pour celui qui le perçoit. Ainsi, et comme nous l'avons évoqué à la fin du chapitre précédent, c'est vers l'imagerie mentale que nous proposons de diriger nos travaux. La psychologie de la forme et le constructivisme de Piaget nous ont permis de progresser dans la compréhension du lien qui existe entre la perception et ce que l'individu intériorise de cette perception. Le cognitivisme, quant à lui, nous parle de représentation pour caractériser cette appropriation de la perception par l'individu. Toutefois, l'on découvre que la représentation imagée qui nous intéresse ne rentre pas exactement dans le moule du traitement de l'information.

4.2. Une autre forme de représentation mentale

Ces résultats expérimentaux que nous venons de rapporter pour justifier de l'introduction d'une seconde forme de codage des représentations méritent, de notre point de vue, un regard méthodologique.

En effet, malgré la perspective historique qui nous a permis de situer le cognitivisme au siècle dernier, cela ne doit pas pour autant laisser croire que la prise en compte des images mentales est contemporaine de ce paradigme. Les images mentales sont en effet évoquées dès l'antiquité par Aristote lorsqu'il énonce que "l'esprit [*anima*] ne pense jamais sans image mentale [*phantasma*]". Il justifie ainsi notre perception du monde environnant par le *sensus communis*, cette faculté que nous avons d'utiliser nos différents modes de sensation pour pouvoir construire une image cohérente.

Toutefois, jusque Galton, la seule méthode d'investigation employée faisait appel à l'introspection. Sur ce point, nous pensons, que l'introspection est sujette à d'innombrables biais de subjectivité qui ne permettent pas d'appréhender correctement les mécanismes propres aux images mentales.

Galton propose, tout en sollicitant ses sujets sur un mode introspectif, d'étudier les images mentales d'un point de vue statistique et armé d'un questionnaire (Galton, 1880). Ce questionnaire accompagné du traitement statistique des données recueillies nous semble aller dans le sens d'une plus grande objectivité. Notons qu'avec son questionnaire de vivacité d'imagerie mentale, il a été stupéfié de constater que, bien que la plupart des personnes aient rapporté éprouver des images plus ou moins vivaces, quelques unes, concentrées parmi des scientifiques et d'autres intellectuels, ont nié éprouver n'importe quel langage figuré (Galton, 1880). Ce premier constat de l'existence de différences individuelles dans l'utilisation de l'imagerie mentale est confirmé par Abelson qui évalue entre 10 et 12% la part de la population qui est pauvrement ou non imageante (Abelson, 1979).

Un peu plus tard, avec le début du siècle suivant, un premier débat au sujet de l'imagerie mentale va opposer Wundt et Tichener à Külpe et ses étudiants dans une controverse intitulée "*imageless thought*" (Thomas, 1989, p. 395). Le recours à l'introspection est une nouvelle fois de mise. Puis, après une longue période de traversée du désert pendant laquelle le béhaviorisme a fait beaucoup d'ombre à l'intérieur de la "boîte noire", l'approche cognitive de la psychologie a été l'occasion de proposer d'autres méthodes qui nous semble plus objectives pour ramener l'imagerie mentale sur le devant de la scène. Il ne s'agit plus de demander au sujet d'auto-évaluer son activité cognitive, comme dans le cas de l'introspection, mais les expérimentateurs conçoivent des tâches pour lesquelles on peut présumer qu'une réponse ne peut être fournie qu'en ayant recours à l'imagerie mentale. Ainsi la réponse du sujet devient un observable direct de la mise en œuvre de l'imagerie mentale par le système cognitif. Et non une interprétation par le sujet lui-même de cette même mise en œuvre.

C'est pourquoi, de notre point de vue, les travaux de Paivio (1969), Shepard et Metzler (1971) et Kosslyn et al. (1978), comme nous le verrons un peu plus loin, sont une réelle avancée pour l'étude des représentations mentales imagées. Ainsi nous choisissons de situer avec ces travaux et avec le début de ce nouveau débat sur l'imagerie mentale, notre point de départ de l'étude des représentations mentales imagées.

Ce nouveau débat intitulé "analogue versus propositionnel" comme nous avons déjà pu l'entrevoir, va opposer Paivio, Shepard et Kosslyn, les tenants de l'existence d'un langage figuré à Pylyshyn qui préfère parler d'un seul et unique code représentationnel quasi-linguistique (Pylyshyn, 1981).

Les arguments avancés par les uns et les autres seront autant d'occasions de capitaliser, pour notre recherche, les propriétés des représentations mentales imagées.

4.2.1. Le débat "analogue / propositionnel" de l'imagerie mentale

Nous venons de le voir, l'intérêt pour l'étude des images mentales est constant dans les recherches qui s'intéressent à la cognition. Mais lorsque le cognitivisme a défini son concept de représentation, c'est pour l'envisager symbolique et essentiellement propositionnel afin de pouvoir lui appliquer des opérations et des règles qui les régissent (Ander, 2004a). Le constat que toutes les langues connues ont une structure prédicative a vraisemblablement contribué à ce que le codage propositionnel s'impose de lui-même. Or, si le concept de représentation peut convenir à notre problématique, celui-ci nous semble trop restrictif lorsqu'il ne peut pas sortir du cadre des propositions. Et les résultats expérimentaux qui envisagent une autre forme de codage nous permettent de regarder ce concept de représentation en tissant des liens avec ce que nous avons vu de la perception avec la Gestalt et de l'image mentale avec Piaget.

Ces expériences sont très connues et reproduites jusque dans les publications grand public. On pourrait donc faire l'économie d'une nouvelle présentation. Toutefois, il nous semble que notre problématique est l'occasion de porter un regard différent sur ces protocoles expérimentaux.

4.2.2. L'expérience de rotation mentale

En s'appuyant sur la mesure du temps de réaction, Shepard et Metzler (1971) ont eu l'idée de demander à des sujets de comparer deux formes qui leur sont présentées sous forme d'image et d'indiquer si elles sont identiques. Les paires de formes sont présentées avec des décalages angulaires variant de 0 à 180 degrés, par pas de 20 degrés. Chaque forme est construite en assemblant, dans les 3 dimensions, 10 cubes face contre face avec, pour chaque forme, exactement 3 coudes à angle droit. Il a ainsi été créé cinq objets non congruents et leur cinq images miroir. Pour chaque objet, des projections en perspective sont dessinées avec les décalages angulaires de 20 degrés. Seules sont retenues les perspectives qui ne posent pas de problème d'interprétation. En effet, suivant l'angle de rotation, il se présente des configurations où les parties en avant occultent la partie arrière. Ainsi, ce sont 7 dessins qui sont sélectionnés pour chaque objet, en s'assurant que les paires auront des différences de rotation réparties uniformément sur l'intervalle 0 à 180 degrés.

Les expérimentateurs ont présenté, à leurs 8 sujets, 1600 paires de figures. Le sujet apporte sa réponse en levant un levier en main droite dès qu'il estime que les deux figures sont identiques après une rotation dans l'espace et un levier en main gauche s'il estime que ces figures ne sont pas

superposables. Les figures sont présentées de manière aléatoire. La moitié étant congruente (figure 13(a) et figure 13 (b)), l'autre moitié ne l'étant pas (figure 13 (c)). Les figures non congruents sont en fait des images chirales, c'est à dire qu'elles peuvent se recouvrir par symétrie plane (image dans un miroir). Cette précision méthodologique est importante car de cette manière Shepard et Metzler ont éliminé la possibilité pour le sujet de recourir à une autre stratégie que la rotation mentale. En effet, si les formes étaient différentes d'une autre manière que par symétrie plane, les sujets auraient pu se fier à la simple découverte d'un signe distinctif d'une autre nature et apporter une réponse correcte sans pour autant avoir recours à la rotation mentale.

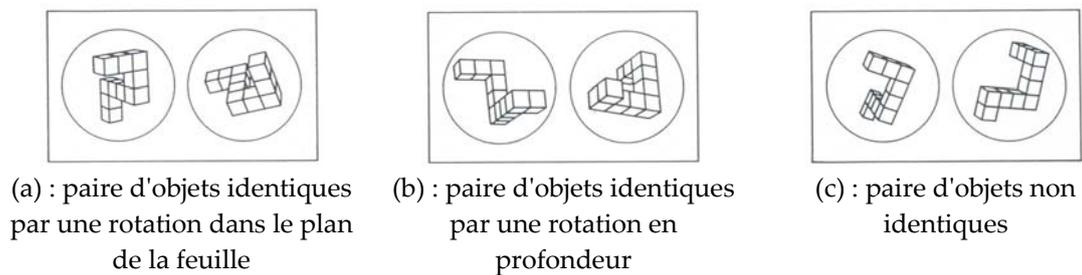


Figure 13 : paire d'objet de l'expérience de rotation mentale de Shepard et Metzler (1971)

Les résultats montrent que les réponses erronées représentent 3,2%, (de 0,6% à 5,7% suivant les sujets). Plusieurs paires étant présentées pour le même angle de rotation, les résultats ont été moyennés par angle de présentation. On se rend compte alors que la relation entre l'angle de présentation du stimulus et le temps de réponse est une fonction linéaire allant d'environ 1 s pour un angle de 0° à 4-6 s pour un angle de 180°. Et il est intéressant de constater que, quelque soit la rotation, dans le plan ou dans l'espace, le constat reste le même et avec des valeurs similaires.

Shepard et Metzler ont alors émis l'hypothèse que les sujets créent une représentation graphique en 3D des figures puis effectuent une rotation mentale de vitesse angulaire constante de 60°/s, que la figure soit tournée dans l'espace ou bien dans le plan. Ainsi le temps de réponse serait décomposable en un temps nécessaire pour construire la représentation et un temps pour la rotation.

On notera ici qu'un test a été fabriqué à partir de l'expérience principes de Shepard et Metzler, il s'agit du MRT "*Mental Rotations Test*" de Vandenberg et Kuse (1978). Il ne s'agit plus, pour le sujet, d'indiquer si les deux pièces sont identiques ou en miroir, mais il lui faut maintenant retrouver, parmi quatre

figures proposées, les deux qui correspondent au modèle auquel on aurait fait subir une rotation comme le montre la figure 14.

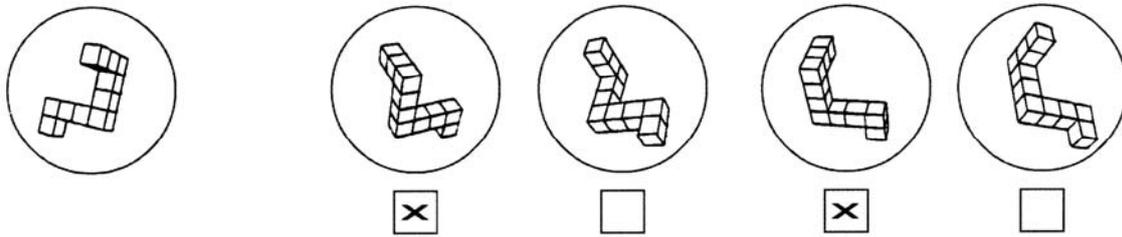


Figure 14 : item exemple du test de Vandenberg et Kuse.

Lorsque nous regardons les dessins qui servent de stimuli dans l'expérience de rotation mentale et donc ceux repris pour le *Mental Rotation Test*, il nous semble que le tracé noir sur fond blanc qui utilise les principes de la perspective filaire pour simuler un volume en trois dimensions sur une feuille plane, rejoint ce que nous avons présenté des lois Gestaltiste au début de ce chapitre.

Par ailleurs Shiina, Saito, et Suzuki (1997) ont utilisé un protocole de capture du balayage visuel pour analyser les différences de stratégies mises en œuvre pour la résolution d'une tâche de rotation mentale entre des experts et des novices.

Dans cette expérience, les sujets ont tout d'abord répondu au test de Vandenberg et Kuse (1978). Le score maximal étant de 40, les sujets ayant obtenu un score supérieur à 37 ont été considérés "Experts" et les sujets ayant obtenu un score inférieur à 12 "Novices". Les sujets ont ensuite répondu aux 160 items de l'expérience de rotation mentale de Shepard et Metzler et les auteurs ont enregistré leurs mouvements oculaires. Les résultats révèlent que les experts, beaucoup plus que les novices utilisent la même stratégie. En effet, l'analyse du balayage visuel montre que les experts regardent le bras supérieur de la pièce puis le milieu de la pièce et enfin le bras inférieur de la pièce et émettent leur jugement rapidement. Les novices, quant à eux, semblent beaucoup moins homogènes et font appel à plusieurs stratégies qui toutes révèlent un chemin de balayage plus complexe et plus long en temps (Shiina, Saito, et Suzuki, 1997). La perception joue donc un rôle de premier plan dans la prise d'information, et il nous semble que la nature du stimulus n'est pas à négliger, lorsqu'il s'agit de recourir à des items qui sollicitent les représentations mentales imagées.

4.2.3. L'expérience de balayage visuel des images mentales

La seconde expérience princeps concerne le balayage visuel des images mentales. Kosslyn, Ball et Reiser (1978), rapportent quatre expériences qui font appel au temps de réaction pour montrer que le balayage des images mentales préserve l'information spatiale métrique de l'image réelle. Nous allons nous intéresser à la seconde expérience à laquelle vont participer onze étudiants, volontaires rémunérés, de l'université John Hopkins (Baltimore, Maryland). Cette expérience nous paraît intéressante à double titre pour notre problématique. En effet, non seulement il s'agit de résultats considérés comme fondateurs qui vont nous renseigner sur les propriétés de l'imagerie mentale mais ce sera l'occasion de repreciser le protocole utilisé par Kosslyn et ses collaborateurs. Cette précision est importante car elle fait apparaître l'usage du geste de la main dans la phase d'apprentissage de l'image. Or, ce protocole d'apprentissage de l'image stimulus est absent des manuels qui traitent de cette question. Nous l'avons constaté chez Reed (2002) et Richard et Richard (1992).

Dans cette expérience, les sujets doivent mémoriser la carte d'une île fictive, comme le montre la figure 15, sur laquelle sont disposés : une hutte, un arbre, des rochers, un puits, un lac, une plage et de l'herbe. Soit 21 distances possibles entre deux positions et la distance la plus longue est neuf fois plus importante que la plus courte.

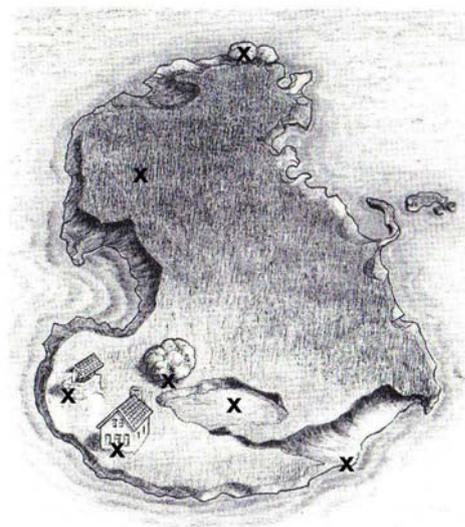


Figure 15 : île fictive utilisée par Kosslyn (1978)

La méthode de mémorisation fait appel à la fois à la perception visuelle parce que les étudiants regardent la carte mais également au geste de la main car l'expérimentateur demande au sujet de dessiner l'emplacement des sept positions sur une feuille blanche, suffisamment transparente, placée sur la carte de l'île (nous avons reproduit ici, en figure 15, l'image de l'île très connue

pour permettre au lecteur qui le désire de s'essayer à la mémorisation par le geste en plaçant une feuille blanche transparente sur l'image).

On le voit, la méthode de mémorisation de la carte proposée par Kosslyn et ses collaborateurs (1978) s'appuie sur les deux modalités sensorielles que sont la perception visuelle de la carte de référence et la réalisation motrice du geste de la main qui dessine l'emplacement des objets. Encore une fois, et comme dans le cas des travaux de Piaget que nous déjà évoqués, l'expérimentateur utilise le geste de la main pour accéder à l'image mentale, mais surtout pour aider le sujet à mémoriser la forme visuelle. Cette utilisation du geste pour renforcer la représentation visuo-spatiale rejoint, une nouvelle fois, l'utilisation du geste que nous avons envisagée pour le geste iconique dans le cas d'une interaction non verbale.

Ici, le geste de la main est utilisé comme interface sans que l'expérimentateur ne se soit interrogé sur le lien qui l'unit à l'image mentale. Notons qu'ici, comparativement à l'utilisation du geste par Piaget, Kosslyn utilise le geste de la main comme facilitateur de la mémorisation. Il ne s'agit donc plus du geste comme "*output*", signe extérieur de l'image mentale mais comme "*input*" c'est-à-dire, le geste de la main comme source de données pour construire l'image mentale.

Les sujets vont ensuite étudier la carte visuellement puis fermer les yeux et imaginer mentalement la carte. Dans l'étape suivante ils doivent dessiner l'emplacement des objets sur une nouvelle feuille blanche mais sans l'aide de la carte de référence. L'expérimentateur compare ensuite le dessin du sujet avec la carte de référence. Cette étape est répétée jusqu'à ce que le dessin de l'étudiant corresponde à la carte de référence avec une marge de 0.64 cm autour de chaque emplacement.

Pour la tâche de balayage de l'image mentale, l'étudiant entend le nom d'un des objets présents sur la carte. Il doit alors imaginer la carte mentalement et concentrer son attention sur la position désignée. Puis, cinq secondes plus tard, il entend le nom d'un second objet. Il doit alors parcourir mentalement la distance séparant les deux positions et appuyer sur un bouton quand leur balayage mental est arrivé à destination. Il a pour consigne d'imaginer un point noir se déplaçant, "*as quickly as possible*" (Kosslyn et al, 1978, p.49), sur une ligne droite reliant les deux positions.

Notons que l'expérimentateur a introduit une condition contrôle pour laquelle le second objet n'existe pas sur la carte mais est un emplacement plausible comme "banc" par exemple. Cette condition contrôle est distribuée aléatoirement. Dans cette situation, le sujet doit appuyer sur un second bouton.

Les résultats montrent que le temps de réaction est une fonction linéaire de la distance qui sépare les deux emplacements avec une corrélation de .97 . Des résultats qui suggèrent que les sujets peuvent balayer des images mentales de la même manière que des images réelles. Mais également que l'image mentale conserve les propriétés spatiales des distances de l'objet qu'elle reproduit.

4.2.4. La critique des propositionnalistes

Les arguments des propositionnalistes, et particulièrement de Pylyshyn (1973) consistent à dire que les images mentales ne sont pas une représentation mentale mais qu'elles sont le produit de processus cognitifs. C'est-à-dire que si le contenu de ces représentations est bien d'origine perceptuelle, la forme n'est pas nécessairement graphique puisque des processus cognitifs l'ont "traduit" dans une forme plus propositionnelle. Les arguments avancés pour illustrer son propos repose sur l'idée que le sujet est en mesure de répondre adéquatement sans pour autant réellement utiliser de telles images (Pylyshyn, 1981). En effet, selon cette perspective, les sujets peuvent deviner ce que les expérimentateurs attendent et répondre de façon à satisfaire les attentes de l'expérimentateur.

Il serait alors judicieux d'imaginer un protocole expérimental où les sujets ne seraient pas en mesure de deviner les attentes de l'expérimentateur. C'est ce que rapporte Reed (2002) dans une expérience de balayage mental similaire à l'expérience de l'île de Kosslyn mais avec deux formes particulières que sont une ligne droite et une spirale. La vitesse avec laquelle les individus balayent visuellement ces deux formes dépend de leur apparence et les résultats montrent que la ligne droite est balayée plus rapidement que la spirale. Or, les sujets ne sont pas parvenus à prédire dans quelle mesure ces différentes formes influenceraient le temps de balayage (Reed, 2002).

Une autre expérience, qui ne fait pas appel cette fois au balayage mental, est rapportée par Finke (1996). Dans cette expérience, des sujets ont été invités à superposer mentalement des lettres, des nombres, ou des formes géométriques simples. Il leur est alors demandé de décrire ce qu'ils voient lorsque la superposition est réalisée. Par exemple, ils ont été invités à imaginer la majuscule "H" et à lui superposer mentalement la majuscule "X" de sorte que les quatre coins de chaque lettre coïncident. Ils ont été alors invités à rapporter toutes les formes ou modèles familiers qu'ils pourraient maintenant voir dans leur image. Les résultats montrent que les sujets ont signalé qu'ils pouvaient détecter des formes géométriques telles que des triangles, des lettres "M" et "N", un "Z" tourné, un sablier et un nœud papillon (Finke, 1996). Ces formes, détectées après la superposition mentale, ne pouvaient pas être devinées a priori puisqu'elles ne sont pas contenues dans

les deux lettres d'origine. Ici, comme le fait remarquer Reed (2002), il est hautement improbable que les sujets réalisent ces tâches sans avoir recours aux images mentales. En effet, dans la mesure où ils effectuent cette tâche pour la première fois, l'issue attendue n'est pas évidente et il leur est impossible de deviner ce qui est attendu de la part de l'expérimentateur.

4.2.5. Intérêt pour notre recherche

Les trois protocoles expérimentaux que nous venons de présenter ont permis à leurs auteurs de mettre en évidence l'existence d'une autre forme de codage que le code propositionnel. Mais ils sont aussi l'occasion de faire apparaître quelques unes des propriétés des représentations issues de ce codage imagé. En effet, avec la rotation mentale de Shepard et Metzler (1971) on découvre que la rotation, appliquée à une forme mentalement représentée, conserve les propriétés d'une rotation appliquée à cette même forme si elle était réelle. Wohlschläger et Wohlschläger (1998) ont souhaité vérifier cette analogie entre rotation mentale et rotation manuelle. Pour cela, ils ont utilisé un dispositif informatisé équipé d'un stéréoscope qui présente les items de la rotation mentale de Shepard et Metzler (1971). Les items sont présentés sur écran et profitent de la qualité graphique numérique disponible pour améliorer la présentation imagée des cubes. Le sujet dispose, à sa gauche d'un clavier à trois boutons pour apporter sa réponse et lancer les stimuli, et à sa droite d'un bouton spécialisé pour commander les rotations du stimulus selon les trois axes X, Y et Z. La moitié des sujets utilise le dispositif pour une rotation mentale classique, c'est-à-dire sans l'usage du bouton spécialisé pour la rotation. L'autre moitié est invitée à utiliser le bouton spécialisé pour tourner le stimulus dans les sens adéquats afin de le faire coïncider et décider de la réponse. Les résultats montrent que l'augmentation du temps de réponse en fonction de l'angle de présentation du stimulus apparaît comme dans l'expérience princeps de Shepard et Metzler (1971) pour les deux conditions, c'est-à-dire rotation mentale ou rotation manuelle. Et de plus, il n'apparaît pas de différence statistiquement significative entre ces deux conditions (Wohlschläger et Wohlschläger, 1998). Ce qui tend à confirmer l'analogie de la propriété de la rotation mentale et de la rotation réelle.

Avec le balayage mental des trajets sur l'île de Kosslyn et al. (1978) on découvre que les images mentales conservent les distances. C'est-à-dire que les sujets sont en mesure de balayer visuellement une image mentale de la même manière qu'ils balaieraient une image réelle.

Et enfin, avec la superposition de deux formes de Finke (1996), on découvre qu'une image mentale est modifiable par recombinaison et transformation de ses éléments constitutifs. C'est-à-dire que les sujets sont en

mesure d'appliquer des opérations de transformation aux objets de ces images mentales.

Ces travaux nous montrent que ce que les individus intériorisent de leur perception, c'est-à-dire ce qu'ils captent de leur environnement physique et social, deviennent des représentations mentales imagées sur lesquelles ils peuvent agir. Ils peuvent en effet opérer des balayages de cette représentation, ils peuvent lui appliquer des mouvements et même les transformer et les assembler.

Il convient donc de préciser cette forme de représentation spatiale. En effet, les trois protocoles expérimentaux que nous venons de présenter proposent au sujet de construire une représentation mentale imagée à partir d'un stimulus visuel. Mais nous allons voir qu'il existe d'autres modalités d'élaboration comme nous allons l'envisager maintenant.

4.3. Représentation visuo-spatiale.

Jusqu'à présent nous avons employé les termes utilisés par leurs auteurs respectifs pour présenter les protocoles expérimentaux permettant de les mettre en évidence. Nous avons donc utilisé les termes d'*image mentale*, de *représentation mentale imagée*, et de *représentation visuo-spatiale*. Notons également que dans la littérature nous trouvons aussi le terme d'*imagerie mentale* chez Denis (1988), d'*imagerie mentale visuelle* chez Farah (1989) et d'*imagerie spatiale* chez Thompson-Schill (2002) par exemple.

Le terme le plus large et le plus global semble bien être celui d'image mentale. En effet, comme l'explique Denis (1988), l'image est une des formes de représentation qui permet à l'esprit humain de conserver et de manipuler l'information extraite de son environnement. Et l'imagerie devient une pratique cognitive, qui consiste à évoquer les caractéristiques d'un objet, d'un événement ou d'un processus absent du champ perceptif actuel (Le Scanff, 2005). Or, l'individu dispose de plusieurs modalités sensorielles au service de cette imagerie mentale. Ainsi il est tout à fait possible d'alimenter cette imagerie mentale en information spatiale avec la somesthésie par exemple. On comprend alors que, dans cette acception, le terme d'image dépasse celui de représentation picturale, graphisme ou même icône comme pourrait nous le faire penser le terme iconique proposé par McNeill (1985) pour les gestes. Il faut donc associer au terme image, un second terme, pour le limiter à la forme de représentation qui intéresse nos travaux.

Le terme *spatial* est intéressant car il apporte une information sur une des propriétés de l'objet de cette représentation. Mais nous voyons avec Thompson-Schill (2002) qu'il n'est pas suffisant. En effet, cet auteur nous

explique que la plupart des tâches employées dans les protocoles expérimentaux qui étudient l'imagerie mentale ne font pas suffisamment de distinction entre représentation visuelle et représentation spatiale. C'est le cas, par exemple, du protocole qui demande au sujet d'imaginer la lettre majuscule "F" et de balayer mentalement son contour pour indiquer chaque fois qu'il rencontre un coin. On peut aisément imaginer qu'un aveugle pourrait recourir à l'imagerie tactile pour résoudre ce type de tâche (Thompson-Schill, 2002).

D'autre part, on découvre avec Denis, Gonçalves et Memmi (1995) qu'il est possible d'élaborer une image mentale à partir d'une description verbale. En effet, ces auteurs ont mené des travaux qui mettent évidence la capacité des individus à construire une représentation interne de configurations spatiales à partir des descriptions verbales de ces configurations, sans aucun contact perceptif avec les configurations elles-mêmes. Les résultats, qui s'appuient sur des analyses chronométriques basées sur le paradigme de balayage mental de Kosslyn que nous avons présenté plus avant, montrent la similarité structurale des représentations imagées construites à partir de descriptions verbales.

Le terme visuel devient donc incontournable puisque, pour nos travaux et comme nous l'avons montré, la situation d'interaction et le recours au geste de la main va solliciter la modalité visuelle des concepteurs.

Ainsi le terme composé de *représentation visuo-spatiale* permet d'envisager le codage spatial d'un stimulus visuel. Notons qu'en extension à la remarque de Le Scanff (2005) ci-dessus, l'absence du champ perceptif actuel du concept de représentation autorise le recours à un stimulus ancien mais également à un stimulus à venir. Comme l'explique Denis (1989), elle permet l'anticipation. Ainsi la représentation visuo-spatiale devient un instrument au service d'opérations non encore réalisées et donne à nos concepteurs la capacité de se tourner vers des mondes possibles, vers des activités créatrices et constructives.

Nous avons vu au cours des chapitres précédents que les individus étaient en situation d'interaction collective. Et dans leur situation de résolution de problème il leur fallait communiquer pour partager leurs représentations. Nous venons de voir quelle pouvait être la nature de ces représentations. Par ailleurs, dans ce contexte collectif et leur nécessité de partager les représentations, nous avons vu que la perception visuelle était sollicitée. Or nous avons vu que cette perception visuelle faisait l'objet d'un traitement par le cerveau en suivant deux voies, l'une ventrale et l'autre dorsale. Il nous semble donc opportun de nous intéresser maintenant à la place de cette représentation visuo-spatiale dans ce traitement.

4.3.1. Représentation visuo-spatiale et localisation hémisphérique

Ce chapitre a été l'occasion de présenter ce que nous appelons maintenant les représentations visuo-spatiales. Nous avons découvert que la mise en évidence de cette forme de représentation ne s'est pas imposée d'elle-même, et qu'un long débat a opposé les tenants d'une forme unique de représentation propositionnelle à ceux qui défendent l'idée de l'existence d'une double forme de codage. Même si l'argumentation, en faveur de la seconde hypothèse, s'est faite plus précise au fil du temps, il faut reconnaître, avec Kosslyn, Ganis, et Thompson (2001), que ce sont les neurosciences cognitives qui ont résolu cette controverse. En effet, comme le soulignent Bideau et Courbois (1998), les recherches en imagerie mentale se sont fortement engagées dans la voie des neurosciences cognitives pour échapper aux critiques des propositionnalistes.

Ainsi, les nouvelles technologies de neuroimagerie, notamment la tomographie par émission de positon (TEP) et l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ont permis de montrer les interactions qui pouvaient exister entre l'imagerie mentale et la perception visuelle, le langage ou encore la mémoire (Mazoyer, 2001). En effet, nous avons vu, avec Shepard et Metzler (1971), que le temps de rotation mentale d'une figure en trois dimensions était proportionnel à l'angle de la rotation, comme si celle-ci était réellement effectuée et avec Kosslyn & all (1978), que le temps de déplacement entre deux points d'une représentation visuo-spatiale était proportionnel à la distance séparant ces deux points, comme si le déplacement était réel. Il est donc légitime de s'interroger sur cette similitude, en terme de traitement cognitif, entre la perception visuelle réelle et sa représentation visuo-spatiale.

4.3.1.1. Localisation hémisphérique de la représentation visuo-spatiale.

Nous avons vu, au cours du chapitre précédent, le rôle de l'aire visuelle primaire (AVP), c'est-à-dire du lobe occipital, dans la perception visuelle. Pour l'imagerie mentale visuelle, la participation de l'aire visuelle primaire fait aujourd'hui débat. En effet, Kosslyn, Alpert et Thompson (1993) présentent une recherche qui va dans le sens de la participation de l'AVP dans une tâche d'imagerie mentale visuelle. Il s'agit de comparer les aires cérébrales activées dans deux conditions, l'une d'imagerie mentale visuelle et la seconde de perception visuelle.

Dans la condition d'imagerie, les auteurs présentent visuellement aux sujets, une grille où figure une croix dans l'une des cases et une lettre minuscule sous la grille. Les sujets doivent alors indiquer si la croix se trouve

dans l'une des cases qu'occuperait la lettre si elle était dans sa version majuscule.

Dans la condition de perception, les sujets réalisent la même tâche mais avec les cases de la lettre majuscule effectivement noircies (Figure 16).



Figure 16 : Stimulus utilisés par Kosslyn & al (1993)

La comparaison des deux situations, c'est-à-dire en soustrayant le débit sanguin cérébral régional (DSCr) mesuré dans la condition perceptive à celui mesuré dans la situation d'imagerie, révèle une activation d'une région voisine de l'aire visuelle primaire. Les auteurs rapportent donc que l'Aire Visuelle Primaire a présenté une activité supérieure dans la situation où les sujets imaginaient la lettre, comparée à celle où ils percevaient réellement le stimulus (Kosslyn & al, 1993).

Mellet, Tzourio, Crivello, Joliot et Denis (1996) rapportent, pour leur part, une recherche qui montre l'absence de participation de l'aire visuelle primaire dans une tâche d'imagerie mentale visuelle. Il s'agit cette fois, pour les sujets, de fabriquer mentalement une forme en trois dimensions, proche des stimuli utilisés par Shepard et Metzler (1971) pour la rotation mentale. Les sujets sont placés dans le noir complet, les yeux fermés. Il leur est demandé de former tout d'abord une image mentale du premier cube au centre de leur "champs de vue" puis d'ajouter les autres cubes en fonction des onze directions qui leur sont successivement indiquées par l'intermédiaire d'écouteurs, à la fréquence d'une direction toutes les deux secondes (Mellet et al., 1996).

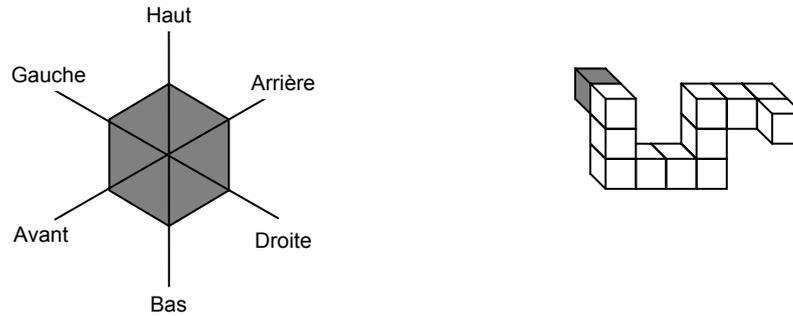


Figure 17 : Forme en trois dimensions de l'expérience de Mellet et al. (1996)

Sur la figure 17 ci-dessus, on peut voir la première forme en trois dimensions qui correspond à la description verbale : droite, bas, bas, arrière, arrière, arrière, haut, haut, arrière, arrière, droite. Le premier cube que doit le sujet doit former au centre de son champ visuel correspond au cube grisé sur la figure ci-dessus. Deux conditions contrôle sont alors ajoutées à cette tâche de manière à pouvoir comparer les mesures effectuées en Tomographie par Emission de Positons. Dans la première condition contrôle, la tâche consiste en une écoute passive de mot abstrait dont la phonétique est proche des mots de direction de la première condition. Il s'agit des mots : *taux*, *cas*, *moite*, *roche*, *amant*, et *amer*. Et dans la seconde condition contrôle, il s'agit pour le sujet de rester au repos. Les résultats ne montrent aucune activation de l'Aire Visuelle Primaire au cours de la construction mentale, que celle-ci soit comparée au repos ou à la tâche d'écoute passive de mots (Mellet et al., 1996).

Ainsi, les résultats de cette seconde expérience ne permettent pas de confirmer l'implication de l'Aire Visuelle Primaire dans la représentation mentale imagée de type visuel, c'est-à-dire la région du cortex mobilisé pendant la perception visuelle.

Nous avons vu avec Jannerod (1998), au cours du chapitre précédent, que le traitement de l'information visuelle repose sur les deux voies dorsale et ventrale. La voie ventrale permet la reconnaissance de l'objet et la voie dorsale la localisation spatiale de l'objet. Sur ce point, le consensus semble être de mise sur l'implication des aires visuelles associatives dans l'activité d'imagerie mentale (Mellet, Petit, Mazoyer, Denis et Tzourio, 1998).

Kosslyn, pour sa part, s'appuie sur des observations réalisées chez des patients victimes de lésions cérébrales. Il montre ainsi que des lésions de la voie ventrale entraînent chez ces sujets une impossibilité à visualiser les formes. C'est ce que rapporte Farah (1989) également chez un sujet atteint d'une agnosie visuelle suite à une lésion du cortex temporal inférieur bilatéral.

Ce sujet est incapable de reconnaître les objets, mais ne montre pas de difficulté à les localiser. De plus, il est incapable de décrire ou de dessiner, de mémoire, la forme de l'objet, alors qu'il est en mesure de localiser spatialement ce même objet toujours depuis sa mémoire (Farah, 1989).

Pour la voie dorsale, Levine, Warach et Farah (1985) rapportent les observations réalisées sur un patient qui était incapable de localiser des villes ou des états sur une carte, et de la même manière était incapable d'indiquer la position de sa chambre dans l'hôpital les yeux fermés (Levine & al., 1985).

Mellet, Petit, Mazoyer, Denis, et Tzourio (1998) pour leur part, observent l'activation des deux voies dans l'expérience décrite ci-dessus. Ainsi, la voie neuro-anatomique occipito-pariétale, spécialisée dans le traitement de l'information visuelle spatiale, intervient également dans les aspects spatiaux de l'imagerie mentale en l'absence d'une perception visuelle. Et la voie ventrale occipito-temporale intervient dans le stockage et l'évocation des aspects figuratifs des représentations visuelles (Mellet et al., 1998).

Mellet (2001) fait remarquer que si l'analogie entre perception visuelle et imagerie mentale est avérée pour le rôle des voies ventrale et dorsale, le flux d'information est quant à lui opposé pour ces deux activités. En effet, pour la perception visuelle il s'agit du flux des aires visuelles primaires vers les aires visuelles associatives, puis vers les aires intégratives pariétales et frontales. Alors qu'il s'agit d'un flux des aires intégratives vers les aires visuelles associatives pour l'imagerie mentale (Mellet, 2001). Le débat sur la participation de l'Aire Visuelle Primaire laisse alors en suspend les limites du traitement *top-down* nécessaire à la génération des images mentales.

4.3.1.2. La question de l'asymétrie cérébrale

Nous n'avons envisagé jusqu'ici les localisations que de manière symétrique, c'est-à-dire sans s'intéresser à une éventuelle différence entre l'hémisphère gauche et droit pour ce type de traitement. Nous savons en effet, depuis Broca et Wernicke, que les facultés du langage peuvent être considérablement amoindries par des lésions du cortex frontal de l'hémisphère gauche (aire de Broca) ou du lobe temporal de l'hémisphère gauche également (Aire de Wernicke) (Reed, 2002). Ainsi, le langage, dont nous avons vu avec McNeill (2002) qu'il était très lié avec la fonction d'imagerie, est pour sa part localisé dans l'hémisphère gauche. On peut donc se demander ce que devient cette latéralisation pour l'imagerie mentale.

Nous venons de voir que l'imagerie mentale partage avec la perception visuelle un fonctionnement cérébral similaire. Dans ce sens, Mellet (2000) nous explique que l'existence d'une asymétrie fonctionnelle en faveur d'un

hémisphère est une question qui n'est pas encore résolue. Ainsi, dans l'expérience que nous avons décrite ci-dessus, de génération d'une forme complexe, proche des stimuli utilisés par Shepard et Metzler, les résultats vont dans le sens d'une activation du gyrus temporal inférieur exclusivement localisée à droite pendant la construction de la forme complexe.

Roberts et Bell (2003) pour leur part, ont étudié cette latéralisation pour une tâche de rotation mentale avec des stimuli en deux et trois dimensions et en croisant avec le genre, homme ou femme. Les stimuli en deux dimensions utilisent la représentation d'un "*GingerBread Man*" (ndla : homme pain d'épice) qu'il faut comparer à deux autres, en miroir ou non, pour lequel le sujet doit retrouver le modèle identique. Les stimuli en trois dimensions sont issus du test de Vandenberg et Kuse (1978) que nous avons déjà rencontré plus avant. Les auteurs ont procédé par enregistrement électroencéphalographique (EEG) des activations cérébrales.

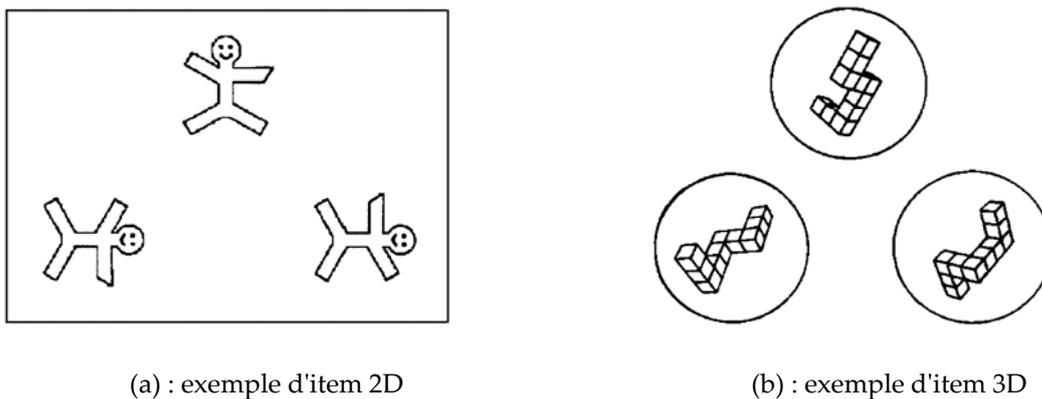


Figure 18 : exemple de stimulus de Roberts et Bell (2003)

Les résultats, en terme de latéralisation, révèlent une différence entre la tâche avec des stimuli en deux dimensions (figure 18 a) et celle avec des stimuli en trois dimensions (figure 18 b). En effet, il apparaît que pour la tâche en 2D, les hommes et les femmes ne sollicitent pas le même hémisphère. Les femmes sollicitent d'avantage l'hémisphère droit, alors que les hommes font appel à l'hémisphère gauche (Roberts et Bell, 2003). Pour la tâche en 3D, il apparaît que les hommes ont recours essentiellement à l'hémisphère droit alors que 56% des sujets féminins montrent une activation supérieure de l'hémisphère gauche et 44% une activation supérieure de l'hémisphère droit.

Cette recherche nous éclaire sur plusieurs points et explique en partie pourquoi la question de l'asymétrie cérébrale n'a pas encore trouvé de réponse à ce jour. En effet, on découvre que sur l'expérience princeps de la rotation

mentale de Shepard et Metzler, les aires corticales sollicitées ne sont pas les mêmes suivant qu'il s'agit d'un stimulus en 2-Dimensions ou en 3-Dimensions. D'autre part, il apparaît des différences dans les régions cérébrales sollicitées entre les hommes et les femmes. Et si l'on se place du point de vue de la performance, l'on découvre que les hommes et les femmes, pour la tâche en deux dimensions, sollicitent des hémisphères cérébraux différents pour un même score puisqu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux groupes (Roberts, Bell, 2003).

Notons ici que, les recherches de Kosslyn et al (1998), quelques années auparavant s'étaient appuyées sur un protocole expérimental extrêmement proche de celui de Roberts et Bell (2003) à une différence près. Et cette différence prend une dimension toute particulière dans le cadre de nos travaux puisqu'il s'agit d'une rotation mentale en deux dimensions où il n'est plus question de "*GingerBread Man*" mais de mains (figure 19).

Dans cette recherche de Kosslyn, Digirolamo, Thompson et Alpert (1998), vingt sujets masculins droitiers réalisent deux tâches de rotation mentale en deux et trois dimensions. Pendant ce travail, les expérimentateurs enregistrent le débit sanguin cérébral (rCBF) par une méthode de Tomographie par Emission de Positons (TEP). Le débit sanguin est alors comparé avec une situation contrôle où les sujets doivent résoudre la même tâche de comparaison mais où aucune rotation n'est nécessaire.

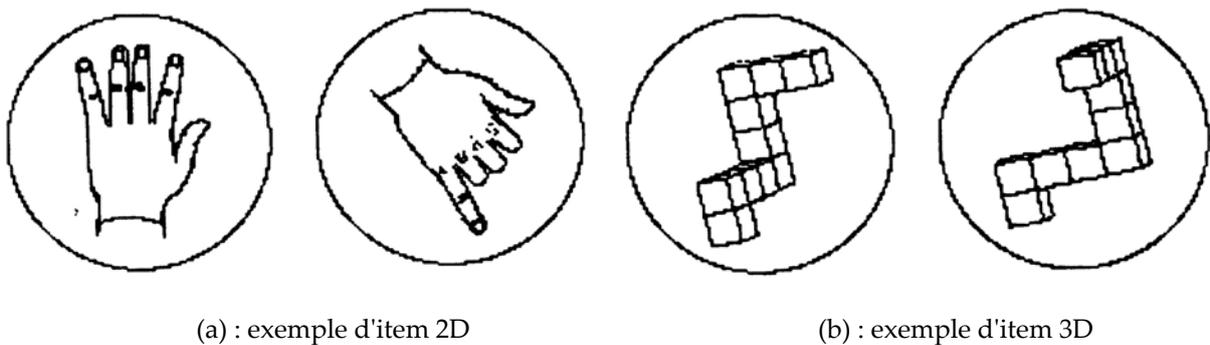


Figure 19 : exemple de stimulus de Kosslyn et al. (1998)

En terme de localisation hémisphérique, les résultats ne montrent pas d'asymétrie dans le cas de la rotation de figure en trois dimensions. En effet, Kosslyn et al (1998) expliquent avoir trouvé une activation au niveau du lobe pariétal inférieur et supérieur bilatéralement ainsi que dans quatre portions de l'aire 19, deux dans chaque hémisphère (Kosslyn et al, 1998).

On ne retrouve donc pas dans ces résultats l'activation asymétrique de l'hémisphère droit, chez les hommes, pour la rotation mentale de structure en trois dimensions de Roberts et Bell (2003).

Quant à la rotation en deux dimensions, les résultats de Kosslyn et al (1998) vont bien dans le même sens que ceux de Roberts et Bell (2003), c'est à dire une activation plus importante de l'hémisphère gauche et apportent des précisions qui éclairent sur les mécanismes mis en œuvre au cours de la rotation mentale. En effet, les aires activées correspondent au gyrus précentral gauche, c'est à dire au cortex moteur primaire. Ce qui fait dire à Kosslyn et ses collaborateurs que, pour cette rotation mentale des dessins de mains, les sujets ont mentalement simulé la rotation de leur propre main (Kosslyn et al, 1998). Précisons ici, que les sujets ont été observés afin de s'assurer qu'ils ne bougeaient pas réellement leurs mains.

On le constate, il semble difficile d'avancer la prédominance d'un hémisphère sur un autre pour le traitement des représentations visuo-spatiales. En effet, comme nous venons de le constater, une même expérience de rotation mentale avec des stimuli similaires issus de l'expérience princeps de Shepard et Metzler, renvoie à un constat d'activation de l'hémisphère droit chez les sujets hommes de Roberts et Bell (2003) et une activation bilatérale chez les sujets hommes de Kosslyn et al (1998). Plusieurs hypothèses sont proposées pour tenter d'expliquer cette différence de localisation hémisphérique. Mellet (2000) avance que l'activation de la voie ventrale dans l'hémisphère droit pourrait être liée à la nature complexe ou simple de l'image mentale visuelle et l'activation de l'hémisphère gauche serait liée à son caractère verbalisable ou non.

Kosslyn et al (1998) proposent d'envisager cette différence sous l'angle du type de stimuli, c'est à dire suivant que le stimulus invite ou non le sujet à simuler le mouvement avec une partie de son corps comme les mains dans l'expérience ci-dessus.

Au-delà de ces constats divergents, il nous semble important de noter que tous les résultats, mentionnés ci-dessus concernant la détection de l'activation d'une aire cérébrale, sont issus de calculs statistiques sur un ensemble de sujets. Il s'agit de vingt hommes dans la recherche de Kosslyn et al (1998), seize hommes et seize femmes pour la recherche de Roberts et Bell (2003), et neuf hommes pour Mellet (2000). Ainsi, Roberts et Bell (2003) qui fournissent les résultats individuels nous permettent de constater qu'ils avancent une activation de l'hémisphère gauche, pour la rotation en deux dimensions chez les hommes, en s'appuyant sur un test de khi-deux statistiquement significatif dans ce sens.

Rotation mentale pour des stimuli en deux dimensions "Gingerbread Man"		
	Activation de l'hémisphère pariétal gauche	Activation de l'hémisphère pariétal droit
Hommes	10	6
Femmes	0	16

Tableau 1 : tiré de Roberts et Bell (2003), Khi-deux (1, N=32)=14.55, P<0.001.

Ici, on ne peut s'empêcher de constater que six des seize hommes ont, pour leur part, sollicité leur hémisphère droit pour résoudre cette tâche. Par ailleurs, la distinction hémisphérique n'est pas dichotomique, comme le tableau 1 pourrait le laisser penser. Elle relève d'un choix des chercheurs. En effet, la mesure de l'activation est une variable d'échelle puisque l'électroencéphalogramme renvoie une différence d'activation hémisphérique échelonnée de faible, c'est à dire proche d'une activation symétrique, à forte, c'est à dire une asymétrie plus fortement marquée pour l'hémisphère droit. De la sorte, les 6 sujets masculins pour lesquels les résultats avancent une activation de l'hémisphère pariétal droit, sont en réalité distribués sur un continuum allant d'une quasi symétrie à une forte prédominance de l'hémisphère droit. Ainsi, l'on retrouve dans ces résultats une sollicitation des régions cérébrales très différenciées entre les individus, ce qui laisse supposer des stratégies de résolution d'une même tâche propre à chaque individu comme nous le laissons entendre au cours du premier chapitre.

Nous venons de découvrir que les représentations visuo-spatiales, telles que nous les avons définies ci-dessus, montrent une forte analogie dans leurs supports neuronaux avec la perception visuelle évoquée au chapitre précédent. De plus la présentation des recherches qui s'intéressent à la localisation hémisphérique cérébrale révèle beaucoup de divergences dans les régions activées. Ainsi, en détaillant au niveau individuel les résultats, il nous semble que ces apparentes contradictions pourraient devenir une source d'informations sur les choix stratégiques mobilisés par les individus. Sur ce point, on peut noter par exemple, que Mellet et ses collaborateurs (1996) ont volontairement neutralisé les différences individuelles en s'assurant d'une homogénéité de leur groupe de sujets quant à leur habileté à mobiliser la représentation visuo-spatiale. En effet, pour leur expérience, seul un échantillon de neuf sujets a été extrait d'une population de cent six sujets masculin sur la base de leurs résultats homogènes, et supérieur à l'ensemble de la population, sur le test du Minnesota Paper Form Board (MPFB) (Likert & Quasha, 1941) et sur le test de Rotation Mentale de Vandenberg et Kuse (1978)

que nous avons évoqué précédemment. Il semble donc bien qu'une certaine complexité dans la capacité à mobiliser les représentations visuo-spatiales ne s'accorde pas au mieux avec le souhait des chercheurs à localiser précisément cette capacité cognitive, quitte à sélectionner les individus pour tenter de gommer cette complexité.

C'est ce qu'introduisent Kosslyn et al (1998) en écrivant que "*the brain is a complex mechanism, which can – and clearly does – perform tasks in different ways*" (Kosslyn et al, 1998, p.160) ou encore que l'imagerie, comme les autres fonctions cognitives, n'est pas une capacité isolée et indifférenciée, mais plutôt un ensemble de capacités qui peuvent être plus ou moins efficaces indépendamment (Kosslyn et al., 2001).

Toutefois si tous les travaux que nous venons de rapporter ne permettent pas de répondre, de manière tranchée, à la question de la localisation hémisphérique précise et sans ambiguïté de cette capacité de représentation visuo-spatiale, ils ont le mérite d'afficher au grand jour, la complexité des différences individuelles dans ce qu'elles ont de fondements, il nous semble, les plus profonds.

4.3.2. Représentation visuo-spatiale et différences individuelles

Medina, Gerson et Sorby (1998) se sont intéressés aux différences individuelles dans la capacité de représentation visuo-spatiale dans un contexte connexe à nos travaux. En effet, ces auteurs, par ailleurs professionnels de la formation d'ingénieur, rapportent l'importance de l'habileté de visualisation spatiale en 3-dimensions pour acquérir correctement les compétences du futur ingénieur. Ainsi, ils expliquent avoir identifié un groupe d'étudiants dont la capacité de visualisation spatiale reste insuffisante après une année de formation au dessin technique. Pour cette recherche, les étudiants ont passé quatre tests qui ont évalué chacun un aspect particulier de la représentation visuo-spatiale. Les résultats montrent alors une différence statistiquement significative entre les hommes et les femmes sur l'ensemble des quatre épreuves. Ces résultats vont dans le sens de ce que rapportaient déjà Linn et Petersen (1985) dans leur méta analyse sur les différences dans l'habileté visuo-spatiale entre les genres.

On notera toutefois que dans cette méta analyse, les auteurs n'ont pas relevé de différences statistiquement significatives pour tous les aspects de la représentation visuo-spatiale. En effet, s'il apparaît bien des différences entre les hommes et les femmes pour les tâches de perception spatiale et de rotation mentale avec des scores plus élevés chez les hommes, en revanche, les tâches de visualisation spatiale semblent de difficulté égale pour les hommes et les femmes (Linn et Petersen, 1985). Par visualisation spatiale, les auteurs

regroupent les tâches qui sollicitent des manipulations complexes, perception spatiale et rotation mentale combinées par exemple, et en plusieurs étapes d'information présentée spatialement (Linn et Petersen, 1985). Notons ici que ces différents aspects de la représentation visuo-spatiale font aujourd'hui l'objet d'une classification dans le projet de théorie Cattell-Horn-Carroll CHC (Gf-Gc) (McGrew, 2005) de développement de la taxonomie des capacités cognitives humaines que nous aurons l'occasion de présenter dans la seconde partie.

Vederhus et Kreling (1996) rapportent des résultats similaires chez des enfants, garçons et filles, de 9 ans. En effet, dans cette recherche, quatre-vingt quatorze garçons et quatre-vingt dix neuf filles ont passé quatre épreuves qui recouvrent les trois catégories d'habiletés visuo-spatiale de Linn et Petersen décrites ci-dessus. Les résultats vont dans le sens de ce qu'avaient constaté Linn et Petersen (1985) dans leur méta analyse, c'est-à-dire que les enfants de neuf ans montrent des différences de performances statistiquement significatives entre les garçons et les filles pour les tâches de perception spatiale et de rotation mentale mais pas pour la visualisation spatiale (Vederhus et Kreling, 1996).

On le voit, le genre semble bien être une source de différences dans la capacité à mobiliser les représentations visuo-spatiales. Moffat, Hampson et Hatzipantelis (1998) vont même plus loin en affirmant que la différence qui apparaît entre les sexes, favorisant les hommes, pour la performance dans l'utilisation de l'habileté spatiale est une des plus fiables de toutes les différences cognitives entre sexe chez l'Homme. Une affirmation qu'il nous semble important de nuancer si l'on en juge par les résultats que nous avons mentionnés ci-dessus et qui tendent à montrer que cette différence s'estompe, voire disparaît, pour certaines dimensions de cette habileté spatiale.

On peut donc s'interroger sur l'origine de cette différence et se demander si des facteurs liés à l'éducation, par exemple, ne pourraient pas contribuer pour une part à cette variation.

En souhaitant identifier des facteurs qui pourraient prédire la réussite au cursus d'ingénieur, liés à l'habileté visuo-spatiale, il nous semble que Medina et ses collaborateurs (1998) ont contribué à apporter des informations en ce sens. En effet, en plus de la batterie de tests visuo-spatiale que nous avons présentée ci-dessus, les étudiants étaient invités à remplir un questionnaire portant sur le *genre*, l'*âge*, la *dominance manuelle*, le *type d'activité ludique* dans l'enfance, la *formation en géométrie*, l'*expérience professionnelle*, la *pratique sportive*, la *formation technique des parents*, la *pratique des jeux vidéo*, la *formation technique antérieure* et l'*expérience antérieure avec le dessin* (Medina et al, 1998). Les facteurs qui apparaissent statistiquement significatifs pour la prédiction

de réussite à l'ensemble des quatre subtests de la batterie d'évaluation de l'habileté visuo-spatiale sont, le *genre*, la *formation en géométrie* et l'*expérience avec le dessin*. Et dans une moindre mesure, parce que la significativité statistique n'apparaît que pour une partie des subtests, la *formation technique*, l'*expérience professionnelle* et la *formation technique des parents* participent à la prédiction de la performance de l'étudiant sur certains des subtests spatiaux de la batterie (Medina et al, 1998).

Ainsi, en souhaitant identifier des facteurs susceptibles de prédire la réussite à la batterie d'évaluation spatiale, les auteurs ont identifié des sources de variation possibles de cette capacité de représentation visuo-spatiale. En effet, on découvre que la pratique du dessin, par exemple, explique de façon significative une part de la variation des résultats aux tests. On peut donc légitimement se demander ce que deviendraient les résultats que nous avons présentés ci-dessus si toutes les recherches qui souhaitent évaluer les différences dans la capacité de représentation visuo-spatiale avaient tenu compte de la présence ou de l'absence de formation en dessin chez les hommes et les femmes. On peut faire l'hypothèse, par exemple, que l'orientation scolaire et professionnelle ayant tendance à inciter les hommes à s'orienter vers le secteur technique et les femmes vers le secteur tertiaire, les premiers soient plus exposés à une formation au dessin technique que les secondes. Ainsi, un échantillon de la population qui se veut aléatoire pourrait être, en réalité, biaisé par une surreprésentation des hommes formés au dessin technique. Nous aurons l'occasion de voir, plus loin dans nos travaux, l'influence de cette dimension, formation au dessin technique, sur l'évaluation des capacités de représentation visuo-spatiale.

Nous avons vu que la communication pouvait être multi-modale et nous avons choisi de focaliser notre attention sur son versant non-verbal et en particulier la gestuelle des mains. Nous avons alors montré comment la modalité visuelle de la perception était sollicitée.

Ce quatrième chapitre était donc l'occasion de répondre à la question du devenir de l'information perçue par les individus en interaction. Ainsi les différents courants théoriques que nous avons présentés apportent leur contribution et c'est avec les représentations de type visuo-spatial que nous proposons d'établir le lien entre la gestuelle des mains et la cognition. En effet, nous venons de voir qu'avec ce type de représentation, les concepteurs ont à leur disposition cognitive de quoi se représenter visuellement l'objet de leur raisonnement. Les propriétés de cette représentation visuo-spatiale leur permet également d'agir sur cet objet en opérant des mouvements, des balayages visuels, des transformations et des assemblages. Ce sont précisément toutes les opérations dont les concepteurs ont besoin pour se représenter l'objet de la conception, tel que nous l'avons envisagé au cours du second chapitre lorsque nous avons présenté la synchronisation cognitive.

Deuxième section

Instrumenter l'analyse du geste dans la résolution de problème

Chapitre V : Un outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale

5. EXPERIENCE 1 : évaluer l'aptitude spatiale

Les chapitres précédents ont été l'occasion de poser le lien étroit qu'envisage McNeill(1985) entre le gestuel et le verbal. Cet intérêt pour le geste, et sa relation d'iconicité avec le verbal, nous a amené à nous interroger sur ce que la cognition entend par image et quelles étaient les capacités des individus en matière de traitement d'information imagée. Ce faisant, la découverte de la représentation visuo-spatiale a mis en évidence des inégalités entre les individus qui se traduisent par des différences dans la capacité à mobiliser cette représentation visuo-spatiale pour une résolution de problème qui la sollicite.

Il nous semble donc important de disposer d'un outil d'évaluation de cette représentation visuo-spatiale. Cet outil nous permettra, en effet, de caractériser chaque sujet en fonction de sa capacité à recourir et utiliser des représentations de type imagées, telles que nous les avons définies. D'autre part, et dans la mesure où nous avons montré qu'il existe des différences dans l'aptitude spatiale, cette évaluation nous semble indispensable pour étudier la contribution de la gestuelle des mains pour la résolution d'un problème, dans la mesure où nous avons posé l'hypothèse que cette contribution intervient dans l'élaboration de la représentation imagée de la solution.

5.1. Les différents types d'évaluation de l'aptitude spatiale

Ernest (1977), Paivio (1983) ou, plus récemment, Denis (1990) répertorient trois modalités d'appréhension des représentations mentales imagées qu'ils qualifient de questionnaire, inventaire et épreuves dites "objectives". Binet (1903), il y a plus d'un siècle maintenant, procédait de la manière suivante : "J'ai prié mes fillettes de donner une appréciation sur l'intensité des images qu'elles forment à la suite des mots que je prononçais devant elles." (Binet, 1903, p. 110). Il s'agit ici de la méthode mise en œuvre dans le questionnaire. Ainsi, il est d'usage courant de présenter ces modalités d'évaluation par ordre chronologique de leur apparition.

Cependant, dans un souci d'adéquation à la mesure que nous souhaitons effectuer, nous présenterons ces trois modalités dans un ordre différent. Cette présentation sera l'occasion de montrer les avantages et inconvénients de chacune d'entre elles pour la mesure que nous souhaitons mettre en œuvre. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'étudier chacune des

modalités en fonction de la nature de la tâche demandée au sujet, et nous présenterons en premier lieu, les inventaires.

5.1.1. Les inventaires

Dans un inventaire d'imagerie mentale, il s'agit d'interroger le sujet sur l'utilisation qu'il fait de l'imagerie dans les situations courantes de sa vie. Le sujet indique alors dans quelle mesure il estime sa fréquence d'utilisation de cette aptitude. L'inventaire le plus utilisé, lorsqu'il s'agit de mettre en œuvre cette méthodologie, est l'*Individual Differences Questionnaire* (IDQ) que Paivio a proposé en 1971. Cet outil s'inscrit dans l'opérationnalisation de sa théorie du double codage : imagé et verbal (Paivio, 1969).

Ainsi cet inventaire de Paivio propose 86 items interrogeant le sujet sur ses habitudes et préférences, dans l'utilisation de ses habilités verbales et imagées, pour des situations d'apprentissage ou de raisonnement. Le sujet doit indiquer, par une réponse dichotomique "vrai" ou "faux", si l'assertion proposée peut ou non s'appliquer à lui-même. Parmi les items liés à l'imagerie mentale, on trouve par exemple l'item 5 : "*J'arrive souvent à trouver une solution à un problème en visualisant les éléments de ce problème*" ou encore l'item 61 : "*Je trouve difficile de se faire une image mentale de quoi que ce soit.*".

On le constate dans la formulation des assertions : les items peuvent avoir une valence positive ou négative au regard de la dimension évaluée. Le nombre total d'items de chaque type étant globalement équilibré sur l'ensemble de l'inventaire. L'analyse factorielle de cet inventaire, présentée par Paivio et Harshman (1983), avec une solution en 2 facteurs, permet d'isoler 23 items, caractérisant le facteur d'imagerie, et 31 items pour le facteur verbal. Ces deux facteurs, dont l'indépendance est attestée par les analyses que présentent les auteurs, permettent de calculer deux scores qui reflètent l'orientation cognitive du sujet.

Dans l'objectif d'en proposer une version abrégée, Richardson (1977) a construit un nouvel inventaire en extrayant 15 items de l'IDQ de Paivio. Denis (1990), quant à lui, présente l'*Imaginal Processes Inventory*, un autre inventaire mis au point par Singer et Antrobus (1972) qui présente la particularité de couvrir un plus large éventail d'activités imaginatives, en particulier la rêverie.

La mesure obtenue par un inventaire de ce type repose sur une évaluation que le sujet fait de sa propre habitude de recours à l'imagerie mentale. Cette évaluation, éminemment subjective dans la mesure où elle requiert une part d'introspection, ouvre la voie à toutes sortes de biais. Si cette

critique semble tout à fait fondée, ce n'est néanmoins pas pour cette raison que nous avons écarté ce type d'outils d'évaluation.

En effet, les inventaires se proposent de différencier les sujets suivant qu'ils sont, ou non, de bons "imageants". La tâche qu'ils proposent pour parvenir à cette distinction consiste à interroger le sujet sur son habitude d'utilisation de l'imagerie dans les situations de la vie courante. Cette approche nous semble relever d'une évaluation globale de l'utilisation de l'imagerie, valable pour un ensemble assez vaste de situations. Or, comme nous l'avons évoqué plus avant, et notamment au cours du chapitre consacré à la présentation de l'ingénierie concourante, nous savons que cette situation, rencontrée habituellement en milieu industriel, est précise, identifiée, régie par des principes de fonctionnement et mise en œuvre par des sujets qui partagent un même "espace professionnel". La situation que nous nous proposons d'étudier met donc en œuvre des représentations visuo-spatiales d'une nature particulière dont nous avons ébauché la présentation au travers des protocoles expérimentaux présentés au cours du chapitre IV. Il nous faut donc évaluer et différencier les sujets sur une tâche dont on présume qu'elle sollicite chez eux le même type de représentation visuo-spatiale. L'outil d'évaluation que nous utiliserons doit donc proposer au sujet une tâche dont nous allons définir la nature.

Sur ce point, les questionnaires se différencient des inventaires par la tâche qui est proposée au sujet. Il devient donc indispensable de s'interroger sur ce que l'on entend par questionnaire.

5.1.2. Les questionnaires

Dans un questionnaire, il s'agit de présenter au sujet des énoncés décrivant des scènes plus ou moins complexes. Puis il est demandé au sujet d'indiquer, sur une échelle en plusieurs points, l'estimation qu'il fait de sa propre performance sur la caractéristique considérée. Le protocole utilisé par ce type d'outil permet donc d'introduire une tâche qui devient le stimulus sur lequel le sujet devra réagir et indiquer son autoévaluation de sa propre performance. Le questionnaire actuellement le plus utilisé semble être le *Vividness of Visual Imagery Questionnaire* (VVIQ) que Marks a proposé en 1973 (Marks, 1973). Il comporte 16 questions différentes pour lesquelles les sujets doivent indiquer, sur une même échelle en 5 points, leur jugement de la précision de l'image mentale qu'ils ont formée. Dans la version française, adaptée par M. Denis, le sujet doit ainsi imaginer "un paysage de campagne, avec des arbres, des montagnes et un lac" puis il doit indiquer la qualité des "contours du paysage" sur l'échelle dont les pôles vont de 1 ("Aucune image") à 5 ("Parfaitement nette, aussi précise et vivace qu'une véritable perception").

Notons que parmi ces 16 questions, 4 sont empruntées à un questionnaire plus ancien. Avant Marks, en effet, Betts (1909) avait proposé le *Questionnaire upon Mental Imagery* (QMI). Un questionnaire plus complet qui sollicitait la modalité sensorielle visuelle mais également auditive, cutanée, kinesthésique, gustative, olfactive et organique.

Un peu plus tard, en 1967, Sheenan s'appuyant sur une analyse factorielle des 150 items de Betts proposera une version abrégée du QMI (Sheenan, 1967).

A ce stade de la présentation des outils d'évaluation de l'imagerie mentale, on ne peut manquer de remarquer, que les outils issus de cette lignée de travaux demandent au sujet d'élaborer une image mentale statique. En effet, lorsqu'il s'agit de "visualiser" les contours de l'image mentale d'un objet ou d'un paysage, nous sommes dans le cas d'une tâche d'inspection de l'image mentale.

D'autres questionnaires, tout en gardant cette modalité de génération d'une image puis de son autoévaluation par le sujet lui-même, se situent sur un versant plus dynamique de l'image mentale. C'est ainsi que le *Gordon Test of Visual Imagery Control* (TVIC) invite le sujet à se représenter un objet puis à appliquer une transformation à cet objet. L'évaluation porte alors sur la capacité qu'a le sujet à imaginer cette transformation. La première version de ce questionnaire a été proposée par Gordon (1949), puis révisé par Richardson (1969).

La possibilité de définir la tâche proposée au sujet et l'introduction d'une sollicitation des propriétés de transformation des représentations visuo-spatiales dans les questionnaires nous rapprochent de l'évaluation que nous souhaitons utiliser. Toutefois, le questionnaire ne permet pas d'évacuer la subjectivité de l'appréciation liée à la nature introspective de la tâche. Ainsi comme le souligne Paivio (1983), ce type d'outil laisse une part trop importante au contrôle interne de la réponse par le sujet qui se traduit inévitablement par des distorsions de la mesure de type biais d'acquiescement ou encore biais de désirabilité sociale. D'autre part, les sujets donnant leurs réponses sur une échelle, les garanties sont faibles d'avoir une même signification de cette échelle par l'ensemble des sujets. Enfin, Denis reconnaît également que la notion de vivacité de l'imagerie s'avère difficile à définir et de ce fait, révèle une certaine imprécision théorique (Denis, 1990).

Comme nous venons de le voir, le questionnaire permet de proposer au sujet une tâche dont on présume qu'elle sollicite, pour sa résolution, l'utilisation de représentations visuo-spatiales. Néanmoins ce type d'outil ne permet pas encore d'obtenir la mesure que nous souhaitons. En effet, pour que cette mesure caractérise

nos sujets sur leur aptitude à utiliser l'imagerie mentale, il est préférable que la performance ne soit pas évaluée par le sujet lui-même mais par un indicateur externe à celui-ci. C'est précisément sur ce point que se distinguent les épreuves objectives.

5.1.3. Les épreuves objectives

Comme pour les questionnaires, il s'agit ici de proposer au sujet une tâche dont la résolution fait appel à l'imagerie mentale. Mais cette fois, résoudre cette tâche devra se traduire par une production que l'on pourra évaluer objectivement, dans la mesure où l'évaluation ne sera pas laissée à l'initiative du sujet. Cette production sera considérée comme le reflet de l'activité du sujet qui a mis en œuvre l'imagerie mentale. Dans ce type d'épreuves, comme nous l'avons vu au cours du chapitre IV avec le test de Vandenberg et Kuse (1978) issu de l'expérience de rotation mentale de Shepard et Metzler (1971), la tâche consiste en l'application de transformation sur une configuration spatiale dont le sujet devra prédire le résultat. Les réponses sont alors évaluées objectivement par comparaison à la réponse correcte attendue.

Pour le *Minnesota Paper Form Board* (MPFB) de Likert et Quasha (1941) par exemple, il s'agit de retrouver, parmi les 5 figures proposées, celle qui peut être composée à partir des éléments décomposés présentés en stimulus.

Le *Mental Rotations Test* (MRT) de Vandenberg et Kuse (1978) reprend, comme nous l'avons vu, les stimuli que Shepard et Metzler ont utilisés pour leur recherche sur la rotation mentale. Le sujet doit ainsi retrouver parmi quatre figures, les deux qui sont identiques au modèle à une rotation près. Il s'agit pour le sujet d'effectuer mentalement la rotation de la structure de gauche pour la superposer aux quatre propositions de droite (figure 20).

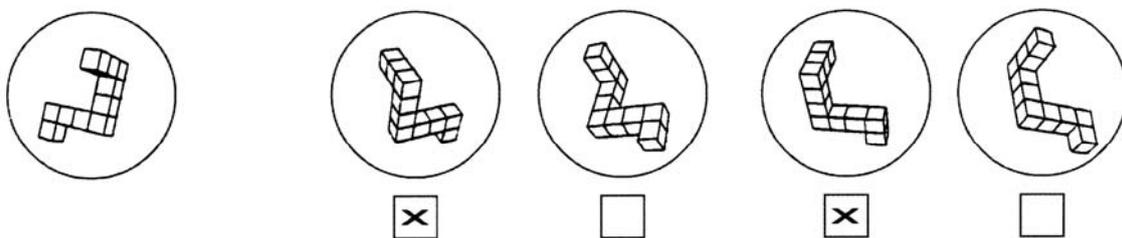


Figure 20: Item d'exemple du test de Vandenberg et Kuse (1978)

La batterie de *Tests Différentiels d'Aptitudes* (DAT) de Bennet, Seashore, et Wesman, (1974) comprend un subtest intitulé Relations Spatiales. Il s'agit, pour le sujet, d'indiquer quelle figure en perspective correspond à la forme présentée en modèle à gauche si elle était mise en forme. Il s'agit ici, pour le

sujet, d'effectuer mentalement les pliages du modèle pour prévoir le volume final (figure 21).

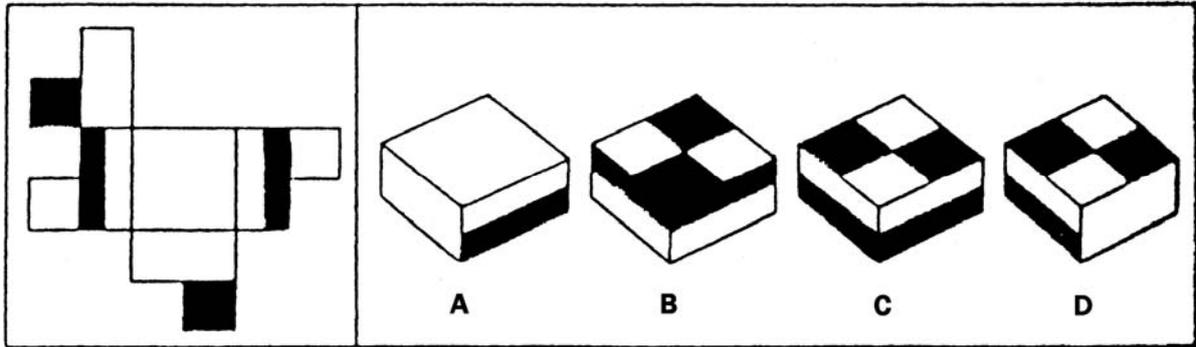


Figure 21 : Item d'exemple du test relation spatiale de la batterie DAT de Bennet, Seashore, et Wesman, (1974).

Le *Test de Comparaison de Cubes* de French, Ekstrom, et Price (1963) est présenté au sujet comme reprenant des dessins de cubes d'enfants. On explique au sujet que chaque cube a une lettre ou un chiffre sur chacune de ses six faces avec la contrainte que la même inscription ne peut se trouver que sur une seule face. On demande alors au sujet d'indiquer s'il est possible que les deux cubes soient identiques (S=Same) ou non (D=Different). Le sujet doit tourner mentalement les cubes pour comparer la position des inscriptions (figure 22).

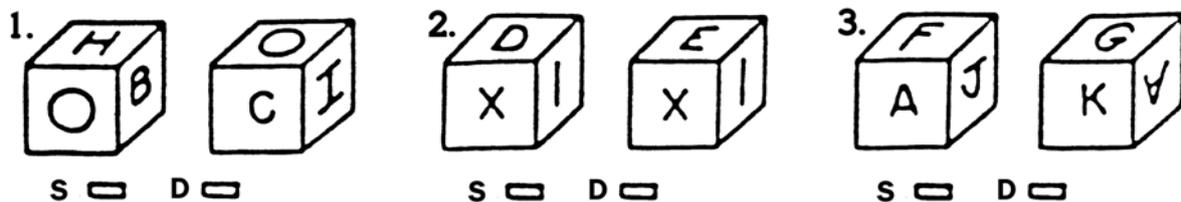


Figure 22 : Item d'exemple du test de comparaison de cubes de French, Ekstrom, et Price (1963)

Le *Spatial Apperception Test (SPA)* de l'U.S. Navy, rapporté par Egan (1981) sollicite le sujet sur la dimension orientation spatiale. En effet l'image de gauche représente le paysage tel que le voit le pilote de l'avion. Il s'agit, pour le sujet, d'indiquer laquelle des 5 images (A, B, C, D ou E) représente l'avion dans la position qui permet au pilote de voir le paysage tel que présenté sur le modèle de gauche. Le sujet doit se représenter mentalement l'inclinaison du paysage en fonction des différents points de vue dans lesquels il pourrait se trouver s'il était assis dans les avions représentés sur les 5 images de droite (figure 23).

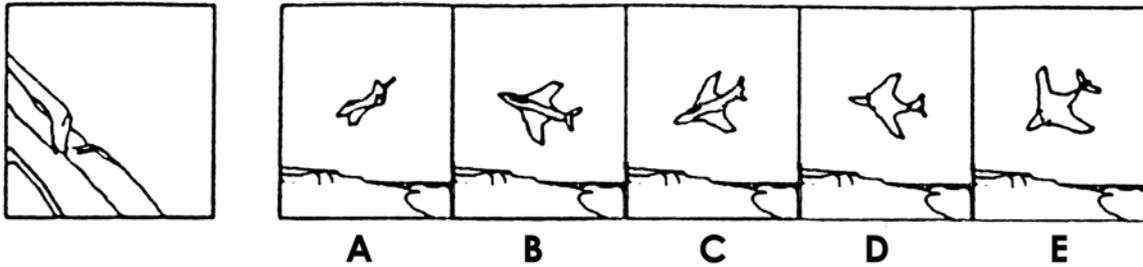


Figure 23 : Item d'exemple du Spatial Apperception Test de l'U.S. Navy (Egan, 1981)

L'avantage de ce type d'épreuve, dites objectives dans toutes leurs déclinaisons, est de comporter les deux critères que nous cherchons à respecter : la nature de la tâche peut être définie par l'expérimentateur et la mesure ne repose pas sur une auto-évaluation par le sujet mais bien sur une évaluation pour laquelle il existe une réponse correcte attendue.

Notre évaluation s'appuiera donc sur un outil de type épreuve objective dont il nous reste à définir la nature de la tâche.

5.1.4. La nature de la tâche

Huteau et Lautrey (1999), lorsqu'ils présentent la structure hiérarchique des capacités cognitives d'après Carroll (1993) répertorient, pour le facteur de second ordre "Représentation visuo-spatiale", quatre facteurs de premier ordre. Ces quatre facteurs, *Visualisation (VZ)*, *Relations spatiales (SR)*, *Vitesse de closure (CS)* et *Flexibilité de structuration (CF)*, sont présentés comme étant les plus significatifs car les auteurs reconnaissent que la structure hiérarchique en compte d'autres (Huteau, Lautrey, 1999). La révision actuelle, disponible sur Internet, du projet Cattell-Horn-Carroll CHC (Gf-Gc) Theory (McGrew, 2005) de développement de la taxonomie des capacités cognitives humaines, indique onze habiletés pour le facteur GV Représentation Visuo-Spatial (*Gv*). Aux quatre habiletés présentées ci-dessus, viennent s'ajouter *Mémoire Visuelle (MV)*, *Balayage Spatial (SS)*, *Intégration Perceptuelle Séquentielle (PI)*, *Estimation de longueur (LE)*, *Illusion perceptive (IL)*, *Alternances Perceptuelles (PN)* et *Imagerie (IM)*. Ces onze dimensions traduisent, pour notre recherche, "l'espace" des épreuves susceptibles de solliciter l'imagerie mentale du sujet pour leur résolution.

La tâche que nous souhaitons mettre en œuvre doit s'approcher, aussi près que possible, de l'activité du sujet qui sera, ensuite, placé dans une situation de conception. Par "approcher" nous entendons : proposer une tâche dont l'objet, ainsi que le traitement appliqué à cet objet, est similaire aux objets et traitements utilisés pendant la phase de conception. Elle doit activer des "leviers" cognitifs analogues à ceux qui seront sollicités en situation ultérieure de conception. Nous avons vu au cours du chapitre II qu'il s'agissait d'une

situation de conception mise en œuvre en contexte industriel. Si la conception peut concerner sur un matériel abstrait, tel par exemple qu'une nouvelle procédure dans une démarche qualité ou bien encore une fonction d'un logiciel informatique, notre situation relève, quant à elle, de la conception d'un objet concret, physiquement matérialisable comme par exemple une table dans le domaine de la menuiserie ou un combiné téléphonique pour le design.

Nous souhaitons ainsi mettre en œuvre un outil d'évaluation qui s'appuie sur des stimuli proches des objets réels et pour une tâche qui demande de manipuler et d'appliquer des opérations de transformation à ces stimuli. En effet, nous avons vu au cours des chapitres précédents que les concepteurs vont devoir se représenter l'objet en cours de conception mais également appliquer à cet objet les transformations proposées par le groupe de travail et véhiculées par les interactions.

Ainsi, par exemple, les tests qui saturent les facteurs de flexibilité de clôture (CF) nous semblent éloignés de ces caractéristiques. En effet, ce sont des outils pour lesquels il s'agit de mesurer la facilité avec laquelle le sujet parvient à déstructurer une forme perceptive pour en percevoir une autre. Ici, il nous semble que l'objet sur lequel porte la tâche, résulte d'une construction de l'esprit pour les besoins de l'outil d'évaluation et l'objet de la représentation visuo-spatiale se retrouve éloigné d'un objet usuel.

Si les onze dimensions que nous avons présentées ci-dessus contribuent au facteur Gv de représentation visuo-spatial, il nous semble que les tests saturés par le facteur relations spatiales (SR) soient les plus à même de correspondre aux caractéristiques que nous avons définies. Il s'agit en général d'appliquer des opérations de rotation, de pliages, dépliages, enrroulements, etc.... sur des objets. Une des principales caractéristiques des outils d'évaluation de ce type est de ne requérir qu'une seule opération de transformation. Ainsi Lohman (1988) explique que ce n'est pas la rapidité de l'opération de transformation qui est importante mais plutôt la qualité de la représentation imagée sur laquelle elle porte. La tâche que le sujet doit effectuer a donc d'autant plus de chance d'aboutir à une réponse correcte que la représentation imagée qu'il aura utilisée sera de bonne qualité. Il s'agit ici des deux caractéristiques qui nous semblent les plus importantes pour notre mesure : appliquer une transformation à un objet issu de l'environnement du sujet et la qualité de la représentation imagée comme facteur de réussite de la tâche.

Pour beaucoup, les outils d'évaluation répondant à ces caractéristiques et disponibles actuellement ont, de notre point de vue, deux inconvénients majeurs à l'égard de la démarche qui est la nôtre. Tout d'abord ce sont des outils, dans leur grande majorité, subtests dans une batterie d'évaluation plus

globale. Ce type de subtest n'est pas prévu pour être extrait de l'ensemble et pour être utilisé isolément. Ou éventuellement, si telle est la démarche de l'utilisateur, celui-ci doit, à minima, inclure une phase de validation de ce subtest dans les conditions d'utilisation devenues différentes de celles préconisées par le constructeur de la batterie de tests.

Par ailleurs, le matériel exploité dans ces subtests s'appuie le plus souvent sur des représentations dessinées des objets qui sont présentées au sujet. Ces dessins, souvent sur fond blanc, utilisent un tracé simulant les trois dimensions par un graphisme de type perspective filaire noire.

Ce mode de représentation s'appuie sur les conventions du dessin technique pour reproduire, sur une surface à deux dimensions, un objet en trois dimensions. De la sorte, il est légitime de penser que le sujet doit tout d'abord interpréter la perspective filaire pour "assimiler" la représentation qui lui est présentée avant d'appliquer la transformation. Cette situation est très proche de celle que nous avons rencontrée dans une expérience professionnelle d'infographiste en cabinet d'architectes.

Dans un contexte de conception de bâtiment industriel, l'architecte est conduit à collaborer avec d'autres techniciens du bâtiment mais également avec des clients, donneurs d'ordres, qui n'ont qu'une connaissance limitée du dessin technique (figure 24 a). Cette différence de niveau de compétences se traduit par de grandes approximations dans le partage des représentations véhiculées par le langage de l'architecte, les perspectives filaires, et celui de son client. Comme dans le cadre de la conception industrielle qui nous intéresse, la réalisation matérielle et concrète de l'objet de la représentation serait la solution optimale pour ce partage de représentation mais, comme nous l'avons déjà montré, elle n'est évidemment pas envisageable. Il faut donc, pour le professionnel, trouver le moyen de partager efficacement sa représentation dans l'objectif de présenter à son client sa proposition de solution. Ce moyen est à rechercher dans un espace balisé par la représentation filaire, très simple à mettre en œuvre car issue des outils de travail du professionnel mais inefficace, et l'objet lui-même, dont l'efficacité ne fait aucun doute mais irréalisable.

La solution optimale, la plus souvent adaptée, semble être la maquette. En effet, il s'agit de l'objet lui-même, mais matérialisé à une échelle réduite dont on comprend aisément que la mise en œuvre sera, certes, plus complexe que le graphique filaire mais en tout état de cause beaucoup plus rapide que l'objet lui-même. Le client accède alors à une matérialisation de l'objet qui se présente à sa perception visuelle comme se présentera l'objet lui-même, à un rapport de proportion près.

Toutefois, cette maquette n'est pas sans présenter d'inconvénients dans une phase de négociation portant sur des solutions esthétiques. En effet, cette maquette permet un partage des représentations suffisamment efficace pour que le client et l'architecte soient en mesure d'ajuster les choix esthétiques. Ainsi la maquette doit être modifiée pour refléter ces modifications. Or, si une gomme et quelques coups de crayons suffisent pour ajuster un graphisme filaire, l'ajustement d'une maquette requiert beaucoup plus d'énergie et de compétences. Cette solution est donc réservée, soit aux chantiers dont l'ampleur rend raisonnable le temps consacré à la maquette, soit aux phases ultimes d'un chantier, c'est à dire lorsque l'architecte estime qu'il n'y aura plus de modifications majeures.

Une autre forme de représentation, plus efficace que le dessin filaire et plus simple à mettre en œuvre que la maquette est aujourd'hui proposée par les outils informatiques graphiques. En effet, l'image de synthèse (figure 24 b) reprend le concept du dessin filaire de l'architecte mais lui ajoute toutes les propriétés de texture et de reflet de la lumière des matériaux pour produire une image de l'objet qui simule la future photographie de celui-ci, comme si il était matérialisé. Pour avoir travaillé, pendant quelques années consécutives, sur la création d'images de synthèse de bâtiments industriels, à partir de plans architecturaux, nous avons pu constater tous les avantages de cette forme de représentation pour le partage des représentations entre le professionnel architecte et son client.

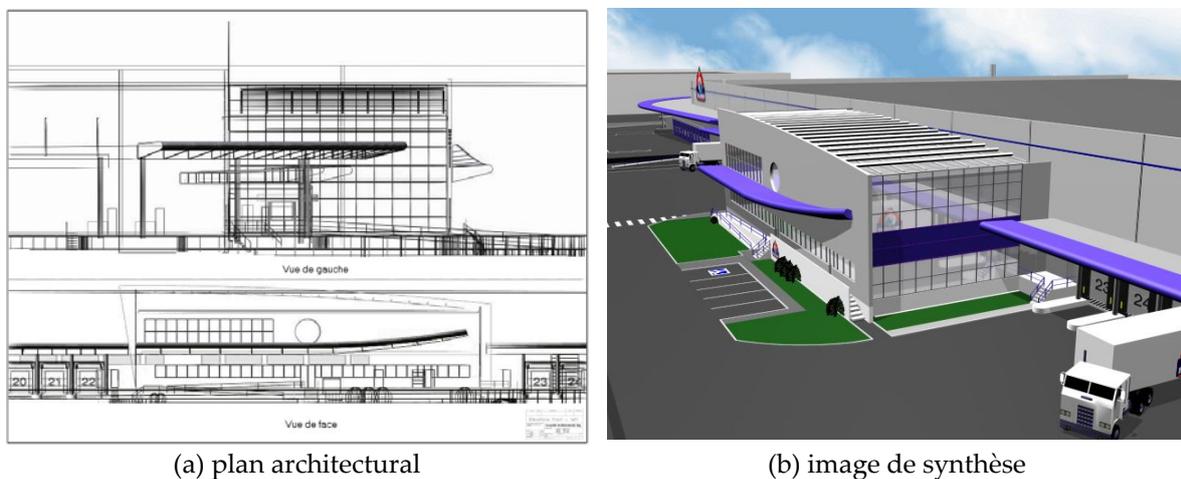


Figure 24 : plan architectural (gauche), image de synthèse (droite)

C'est en partant de ce principe que nous souhaitons construire un outil d'évaluation des représentations visuo-spatiales dont la validité écologique sera améliorée par rapport à ceux que nous avons rencontré jusqu'à présent.

Au vu de ce qui vient d'être dit, nous proposerons une tâche qui consistera en l'application d'une transformation sur un objet. Cette transformation vise à modifier l'objet de telle sorte que le sujet doit mobiliser sa capacité de représentation visuo-

spatiale pour prévoir le résultat. Plusieurs solutions lui seront proposées et il devra indiquer celle qui correspond à sa prévision. Par ailleurs, la conception d'un nouvel outil dépassant le cadre de nos travaux, nous proposons de nous appuyer sur un outil existant pour lequel nous retravaillerons les items avec la technique d'image de synthèse.

5.2. Vers l'amélioration d'un outil existant

5.2.1. Choix de l'outil d'évaluation

Les outils d'évaluation existent mais ceux-ci ne sont pas satisfaisants dans la mesure où les stimuli qui les composent utilisent une perspective filaire qui n'est pas, comme nous venons de le voir, sans poser de problèmes de compréhension et d'interprétation. Nous pouvons constater l'utilisation de cette perspective filaire sur les items d'exemple des cinq tests que nous avons présentés ci-dessus : le *Minnesota Paper Form Board* (MPFB) de Likert et Quasha (1941), *Mental Rotations Test* (MRT) de Vandenberg et Kuse (1978), le subtest spatial de la batterie des *Tests Différentiels d'Aptitudes* (DAT) de Bennet, Seashore, et Wesman, (1974), *Le Test de Comparaison de Cubes* de French, Ekstrom, et Price (1963) et le *Spatial Apperception Test* (SPA) de l'U.S. Navy, rapporté par Egan (1981).

L'outil pour lequel nous avons opté a, pour sa part, été utilisé dans la recherche de Medina, Gerson et Sorby (1998) que nous avons présentés plus avant dans nos travaux. Il s'agissait pour les auteurs d'évaluer la capacité de représentation visuo-spatiale des élèves ingénieurs. Il correspond au subtest *spatial* de la *Batterie Générale de Tests d'Aptitude* (GATB, General Aptitude Test Battery) (U.S.E.S., 1985). Notons ici que ce subtest a déjà fait l'objet de travaux d'adaptation pour son utilisation dans la *Batterie Générale d'Aptitude* (BGA) (Boss, Cardinet, Maire, Muller, 1963) puis, plus récemment, pour la *Batterie Multifactorielle d'Aptitudes* (NV7) (Bernaud, Priou, Simmonet, 1992). Ces travaux ont essentiellement consisté en une vérification des propriétés psychométriques des items et de leurs liens statistiques avec les autres items de la batterie concernée.

La tâche consiste à imaginer le volume qui sera construit si on applique des opérations de pliage et/ou d'enroulement à une forme en deux dimensions présentée comme stimulus (figure 25). Cette forme correspond au développé, présenté à plat, d'un objet tridimensionnel. Le prototype de ce volume est le cube dont le développé est illustré par la figure 25.

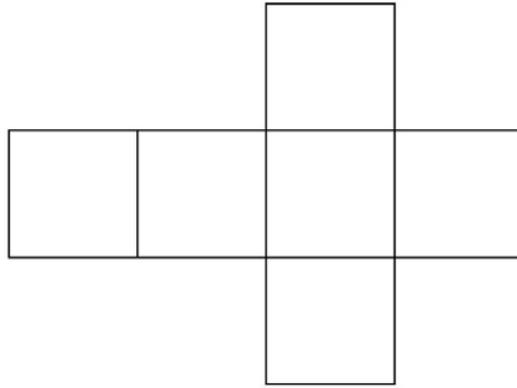


Figure 25 : Forme développée du cube présentée à plat

Le sujet doit alors appliquer les opérations cognitives de pliage suivant les arêtes communes à deux faces tel qu'illustré par la figure 26 ci-dessous.

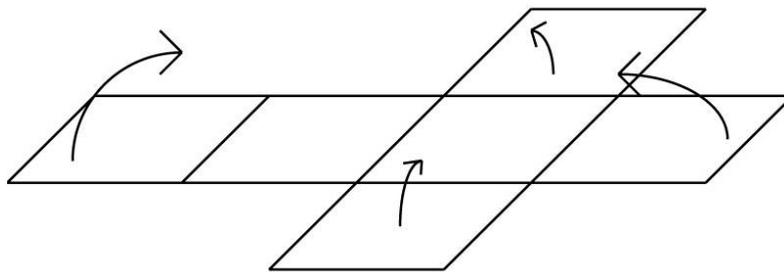


Figure 26 : Opération de pliage suivant les arêtes communes à deux faces

Le résultat de cette opération cognitive doit permettre au sujet de prédire le volume qui sera obtenu si l'on applique réellement l'opération de pliage à une plaque de métal à plat. Dans l'exemple prototypique du cube que nous avons choisi ici, le résultat sera le volume représenté sur la figure 27 ci-dessous.

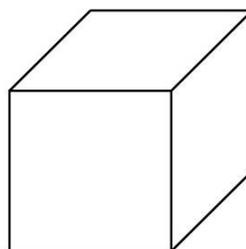


Figure 27 : Volume obtenu si l'on applique l'opération de pliage à la forme développée

Pour fabriquer un item du test, le volume obtenu est présenté, accompagné de trois autres volumes distracteurs tel que la figure 28 ci-dessous.

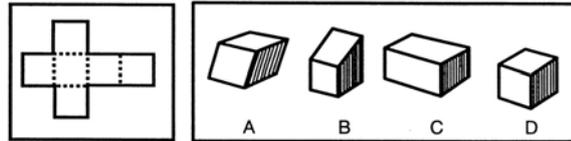


Figure 28 : un item du test

Le sujet indique alors la réponse qui lui semble correcte, de son point de vue, en choisissant parmi les quatre volumes celui qui correspondrait à la plaque de métal à plat si on lui appliquait les transformations.

5.2.2. Amélioration de la qualité écologique

Comme nous l'avons déjà indiqué pour les autres tests, ce subtest spatial utilise également une représentation filaire pour simuler les trois dimensions. Représentés de la sorte, les volumes présentés au sujet utilisent des conventions de dessins qui nécessitent un premier niveau d'analyse. Ce niveau d'analyse revient à interpréter des traits noirs comme la représentation des arêtes vives du volume ; les limites de son contour extérieur. Puis de la face grisée indiquant l'orientation du volume. Cette face grisée représente, en effet, la face opposée à la source lumineuse.

Un cube réel, une boîte d'emballage par exemple ou, plus familier des psychologues, un cube de Kohs, n'a pas besoin de marquer ses arêtes pour indiquer les limites de son contour extérieur.

Comme on peut le constater sur la figure 29, les arêtes n'ont d'existence que parce qu'elles sont les limites extérieures des faces. Les arêtes n'existent pas en tant que telles, elles n'apparaissent qu'à la lumière du contraste entre les surfaces de chaque face. D'autre part, pour cette photographie du cube de Kohs, plusieurs sources lumineuses ont été utilisées. Ainsi les deux faces verticales visibles ne restituent pas complètement leurs couleurs vives; jaune pour la première et rouge/blanc pour la seconde.



Figure 29 : Photographie d'un cube de Kohs

On le voit, la représentation en perspective "filaire" utilisée pour les items du subtest *spatial* de la *GATB* utilise des conventions de dessin qui s'appuient sur une sorte de traduction de l'objet réel. Tout d'abord par le marquage des arêtes et ensuite par l'assombrissement d'une seule et unique face.

Lorsque les sujets seront en situation de conception, leurs représentations visuo-spatiales feront référence à des objets réels. Ou, pour le moins, à des objets qui ont pour vocation à le devenir. C'est principalement pour cette raison que nous avons souhaité mesurer leur aptitude visuo-spatiale à l'aide d'items dont la représentation est proche d'objet réel. Toutefois, recourir à des photographies d'objets existants ne nous semble pas judicieux car il serait beaucoup trop fastidieux de réunir tous les objets et de procéder à une séance photographique. En effet, tous les objets doivent être homogènes quand à leur échelle, leur couleur, leur matière, leur texture etc . . . ce qui ne laisse guère d'autre solution que les usiner réellement.

Nous avons donc procédé différemment et nous avons "construit" les volumes avec un logiciel de DAO (Dessin Assisté par Ordinateur). Ces volumes ont ensuite été dotés de propriétés définissant leur matière. Et enfin, ils seront placés dans une "scène", c'est à dire un environnement doté lui aussi de propriétés liées à la luminosité ambiante et l'éclairage artificiel additionnel. Le logiciel d'images de synthèse, par une méthode de *raytracing*, produit alors un rendu de la scène, c'est à dire une image de synthèse de l'objet modélisé.

Cette méthode de production de l'image nous permet de maîtriser toutes les étapes de construction de l'item pour assurer la plus grande homogénéité des stimuli. En effet, tous les objets sont dotés de la même matière, ils sont placés dans une scène identique, éclairés de manière similaire et "regardés" avec le même angle de vue.

5.2.3. Les nouveaux items

Les stimuli ainsi construits sont alors très proches d'une photographie des volumes dont les arêtes respectent l'existence de celles des objets réels et dont les faces respectent l'ombrage des objets réels. De plus, afin de ne pas générer d'ombres qui pourraient parasiter la représentation du volume lui-même, nous avons choisi de reprendre le principe des objets flottants, et non posés sur une autre structure, utilisée par les items d'origine. Le cube prototypique utilisé jusqu'ici devient, par cette méthode, le cube présenté par la figure 30 ci-dessous.

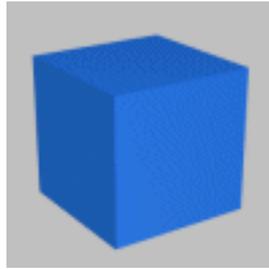


Figure 30 : Un cube en image de synthèse

En procédant de même pour les autres volumes, nous nous assurons de construire des items homogènes dans leur représentation des volumes, à la fois intra-items mais également inter-items (figure 31).

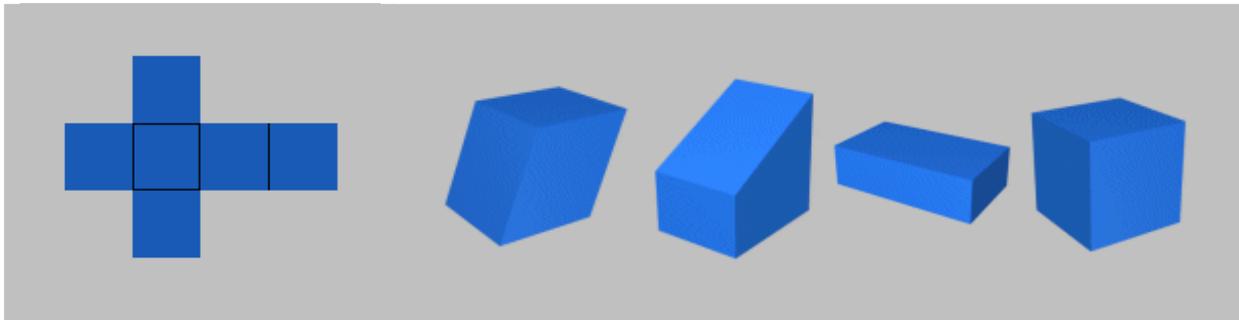


Figure 31 : Un item du test

Ainsi conçu, le test se compose de 42 items dont deux serviront d'exemple pour accompagner le sujet dans son apprentissage de la tâche à réaliser.

Notons ici que le test d'origine propose une passation limitée à un temps de 10 minutes. Cette contrainte de temps nous semble importante car elle va empêcher le recours à d'autres stratégies de raisonnement que la représentation visuo-spatiale. En effet, nous pensons que pour résoudre ce type de tâche, la stratégie la plus efficace passe par l'utilisation de l'imagerie mentale. D'autres méthodes de résolution peuvent s'avérer efficaces mais leur mise en œuvre, plus laborieuse, nécessite de facto un temps plus important. Ainsi en obligeant le sujet à répondre dans un laps de temps contraint, l'outil d'évaluation tente d'inhiber le recours à des stratégies plus consommatrices de temps. En effet, pour le sujet peu imageant qui ferait ce choix, le temps imparti ne lui permettant pas de résoudre tous les items, celui-ci obtiendrait un faible score, reflet de sa faible aptitude à l'imagerie.

Au nombre de ces stratégies plus consommatrices de temps nous pouvons indiquer celle qui consiste à compter le nombre de faces du modèle afin d'éliminer, dans les volumes proposés, ceux qui ne respectent pas ce nombre. On le voit, cette stratégie permet "d'approcher" la bonne réponse, par défaut, sans être complètement efficace. En effet, si elle peut permettre, en fonction des items, d'éliminer 1, 2 ou 3 volumes sur les 4 proposés, dans

l'exemple ci-dessus, elle oblige le sujet à consacrer du temps pour un résultat inutile puisque aucun volume ne peut être écarté.

Ce nouvel instrument de mesure doit maintenant répondre aux critères de qualité d'un test avant de pouvoir nous y référer dans le cadre de notre dispositif. Pour cela il nous faut estimer la validité, la fidélité et la sensibilité dans une phase de validation de l'outil d'évaluation.

5.3. Pré validation de notre outil d'évaluation

Comme l'expliquent Dickes, Tournois, Flieller et Kop (1994), la théorie classique du score vrai, appelée aussi "théorie classique de construction des tests", propose un modèle qui sert essentiellement à estimer la fidélité. La notion de fidélité du test renvoie au caractère reproductible de cette mesure. En effet, plusieurs mesures chez un même sujet avec un même instrument doivent renvoyer un score identique. Le cas échéant, l'expérimentateur ne saurait dire lequel des scores obtenus, ou même un autre à venir, reflète le niveau d'aptitude du sujet.

Afin d'éprouver les qualités métrologiques de notre test, nous avons proposé la première version de notre outil d'évaluation à un échantillon représentatif de la population.

5.3.1. La passation

Le test est présenté sous forme informatisée, en passation individuelle. Le participant est invité à s'installer devant l'ordinateur. Avant de commencer la passation proprement dite, l'expérimentateur lui demande de renseigner, lui-même, les différents champs qui lui sont présentés à l'écran. Il s'agit d'informations qui permettent de caractériser la population : date de naissance, genre, main préférée (droitier / gaucher), et formation. Cette phase de collecte d'informations est importante à double titre. D'une part parce qu'elle permet, nous l'avons dit, de décrire la population, mais surtout parce qu'elle permet à l'expérimentateur de s'assurer que le participant a une maîtrise suffisante de l'outil informatique. En effet, les sujets qui ne parviendraient pas à manipuler le pointeur correctement risqueraient d'être handicapé pour indiquer leur réponse aux questions. L'expérimentateur peut donc évaluer le niveau de maîtrise de l'outil informatique par le participant sur cette phase de recueil d'informations. Notons que tous les sujets que nous avons rencontrés manipulaient le pointeur avec l'aisance suffisante pour utiliser le logiciel.

Précisons enfin, que cette collecte d'informations ne concerne ni le nom, ni le prénom, ni tout autre renseignement personnel afin de garantir

l'anonymat. La validation des champs renseignés permet alors l'affichage de la consigne (disponible dans les annexes de ce document).

Cette consigne est lue par l'expérimentateur qui s'assure que le participant a bien compris le type d'exercice qui va lui être proposé. Elle est accompagnée d'une image en réduction du premier item afin d'illustrer son contenu. A partir de cette étape, le participant n'utilise plus que le dispositif pointeur (souris) pour indiquer ses réponses. Les deux premiers items sont accompagnés d'une aide, c'est à dire que la résolution de ces deux items est détaillée et la réponse correcte est donnée au sujet.

L'expérimentateur reste aux côtés du participant pour les items d'exemple afin de s'assurer que ce dernier manipule correctement le pointeur et indique les réponses correctes données par les explications. Puis il s'éloigne afin de ne pas gêner la concentration du participant.

Pour les passations de cette première version de l'outil d'évaluation, nous avons choisi de ne pas chronométrer ni limiter le temps de passation. En effet, la forme papier-crayon du test limite la durée de passation à 10 minutes. Avec cette contrainte de temps, tous les participants ne parviennent pas à résoudre la totalité des items. Si cette limite de temps se justifie pour un outil d'évaluation de l'habileté spatiale comme nous le verrons par la suite, le fait que les sujets ne répondent pas à tous les items risque d'augmenter le nombre des données manquantes et donc de perturber l'analyse des qualités psychométriques des items. C'est pourquoi nous choisissons de ne pas limiter le temps de passation pour cette pré validation de notre outil.

5.3.2. La population

Notre échantillon est composé de 146 participants dont l'âge varie de 17 à 58 ans. Les quartiles de la distribution des âges sont situés à 20, 22 et 29 ans ce qui révèle une plus grande proportion des participants d'environ 20 à 25 ans dans notre échantillon. Il s'agit de 60 hommes et 86 femmes.

Comme nous l'avons évoqué plus avant, nous pensons que la première forme de ce test faisait référence à des notions de dessin technique. En améliorant le graphisme des items nous nous approchons d'une représentation photographique du volume. Nous pouvons donc faire l'hypothèse, que cette forme de représentation, qui ne fait plus appel à une perspective de type filaire, ne requiert plus, de la part du sujet, une connaissance préalable des conventions du dessin. Toutefois, on peut s'attendre à ce que les participants ayant une expérience du dessin technique soient cependant plus avantagés dans ce type d'exercice. En effet, la pratique régulière du dessin technique mobilise les opérations cognitives de rotation,

pliage, enroulement etc . . . qui sont présentes dans notre test. Afin de vérifier l'hypothèse selon laquelle les participants, familiarisés avec le dessin technique, seront avantagés pour la résolution des items du test, nous avons souhaité les identifier. Le critère, suffisamment objectif, pour distinguer les participants sur cette dimension, est à rechercher dans leur formation initiale ou continue. Ainsi nous avons relevé le domaine de formation des participants suivant trois catégories *Technique*, *Tertiaire* et *Scientifique*. En différenciant technique d'une part, et scientifique et tertiaire d'autre part sur, respectivement, le fait d'avoir suivi ou non un programme d'enseignement en dessin technique.

Ainsi, par domaine de formation Technique, nous entendons : "toute formation à dominante technique avec au moins un an de cours de dessin industriel dans le cadre de l'apprentissage d'un métier". Par Tertiaire "toute formation à dominante tertiaire sans apprentissage du dessin industriel" et par Scientifique "toute formation à dominante scientifique sans apprentissage du dessin industriel".

FORMATION	GENRE		Total
	Homme	Femme	
Niveau 1 - Technique	4	1	5
Niveau 1 - Tertiaire	0	1	1
Niveau 1 - Scientifique	2	3	5
Niveau 2 - Technique	4	3	7
Niveau 2 - Tertiaire	1	0	1
Niveau 2 - Scientifique	1	4	5
Niveau 3 - Technique	7	19	26
Niveau 3 - Tertiaire	6	16	22
Niveau 3 - Scientifique	4	16	20
Niveau 4 - Technique	6	4	10
Niveau 4 - Tertiaire	1	4	5
Niveau 4 - Scientifique	1	4	5
Niveau 5 - Technique	11	0	11
Niveau 5 - Tertiaire	0	1	1
Niveau 5 - Scientifique	0	4	4
Niveau 6 - Technique	6	2	8
Niveau 6 - Tertiaire	3	1	4
Niveau 6 - Scientifique	3	3	6
Total	60	86	146

Tableau 2 : Répartition des niveaux de formation dans notre population

Telles que définies dans le tableau 2, les catégories technique, tertiaire et scientifique ont un effectif de 67, 34 et 45 respectivement. Ainsi 67 participants possèdent une expérience du dessin technique.

Les niveaux de formation⁴ des participants recouvrent tout le spectre de la nomenclature avec une plus forte représentativité du niveau III.

Par ailleurs, et comme nous l'avons esquissé au cours du chapitre IV, il apparaît dans la littérature scientifique, des différences entre les hommes et les femmes sur cette dimension visuo-spatiale (Linn et Petersen, 1985 ; Medina et al, 1998 ; Vederhus et Kreling, 1996). Nous avons donc demandé aux sujets d'indiquer leur genre, masculin ou féminin afin d'étudier, pour notre population, l'existence ou l'absence de différence entre les hommes et les femmes.

5.3.3. Les résultats

La moyenne des scores obtenus par les participants est de 30,21 et l'écart type, indice de dispersion des scores autour de cette moyenne, est de 6,83. La distribution des scores montre une légère asymétrie négative (-.57) qui indique un entassement des scores vers les valeurs supérieures à la moyenne de ces mêmes scores. Avec une valeur de Kurtosis de -.161, la distribution présente une voussure de type leptokurtique. C'est à dire que le centre de la distribution des scores est plus élevé que celui de la distribution normale. Bernier et Pietrulewicz (1997) nous apprennent que ce type de distribution révèle vraisemblablement un test qui contient autant d'items faciles que d'items difficiles.

5.3.3.1. Comparaison suivant le genre masculin vs féminin

Les versions précédentes de cet outil (papier-crayon) révélaient une différence significative dans les scores obtenus entre les hommes et les femmes. Le manuel de la Batterie Multifactorielle NV7 (Bernaud et al., 1992) par exemple, rapporte une différence statistiquement significative ($p < .05$) entre la moyenne des scores obtenue par les femmes ($M=16,8$, $SD=6,8$) et celle obtenue par les hommes ($M=18,8$, $SD=7,9$). Il est intéressant de noter que cette différence n'apparaît pas dans notre adaptation informatisée. En effet, comme le montre le tableau 3, les femmes ($M=29.45$, $SD=6.68$) et les hommes ($M=31.28$, $SD=6.96$) obtiennent une différence moyenne de leurs scores de 1.83 points. Le $t(144) = 1,601$; $p=0.112$.

⁴ Nomenclature des niveaux de formation approuvée par le groupe permanent de la formation professionnelle et de la promotion sociale, le 21 mars 1969. Disponible auprès de la Commission Nationale de la Certification Professionnelle

	GENRE	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Homme	60	31,28	,112 ns
	Femme	86	29,45	

Tableau 3 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculin ou féminin.

On pourra noter que cette absence de différence entre les performances des femmes et des hommes rejoint le constat que faisait Chartier (1988) dans sa recherche des différences individuelles dans la représentation imagée du pliage d'un cube. Toutefois, il convient de rester prudent quant à l'interprétation de cette absence de différence. En effet, comme nous l'avons mentionné plus avant, pour cette pré validation, le temps de la passation n'est pas limité alors qu'il l'est pour les résultats de la version papier-crayon auxquels nous faisons référence. Par ailleurs, la différence importante qui apparaît entre les moyennes des scores obtenus par la population de la version papier-crayon et notre version est à rechercher dans cette contrainte temporelle, différente pour les deux versions, mais également dans les différences de caractéristiques de population. En effet, la population à laquelle fait référence le manuel de la Batterie Multifactorielle NV7 (Bernaud et al., 1992) est composée d'adolescents de niveau VI à V alors que notre population est plus âgée et d'un niveau de qualification majoritairement de niveau III.

Ce niveau de formation, et plus particulièrement le niveau d'apprentissage en dessin technique comme nous l'avons expliqué plus avant, peut être une source de différences des performances réalisées par les participants sur notre outil d'évaluation.

5.3.3.2. Comparaison suivant les connaissances en dessin technique

Les participants ont indiqué leur type de cursus de formation suivant les trois catégories que nous avons définies un peu plus haut. Nous avons expliqué, plus avant, que le fait d'avoir ou non suivi un apprentissage en dessin pouvait être à l'origine de différences entre les performances. En constituant deux groupes avec, d'une part la catégorie Technique et d'autre part l'agrégation des deux catégories tertiaire et scientifique, nous différencions les participants suivant qu'ils ont ou non bénéficié d'un apprentissage en dessin technique. On se rend compte alors, comme le montre le tableau 4, que les participants qui ont bénéficié d'une formation en dessin technique ($M=32,43$, $SD=5,99$) montrent un score supérieur à ceux qui n'ont pas suivi ce type d'enseignement ($M=28,32$, $SD=6,97$) statistiquement significatif, $t(144)=3,791$; $p<.001$

	Formation	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Connaissance du dessin technique	67	32,43	,000 sig.
	Pas de connaissance du dessin technique	79	28,32	

Tableau 4 : Test t pour l'égalité des moyennes du score Total pour les participants qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

5.3.3.3. Comparaison entre les hommes et les femmes qui n'ont pas bénéficié de formation en dessin technique

Les résultats du test t d'égalité des moyennes (tableau 5) nous montre que les femmes qui n'ont pas bénéficié d'une formation en dessin technique ($M=27,86$, $SD=6,85$) ont un score qui ne diffère pas des hommes qui n'ont pas, non plus, bénéficié ce type d'enseignement ($M=29,50$, $SD=7,28$), $t(77)=,937$; $p=.351$.

	Genre	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Homme	22	29,50	,351 ns
	Femme	57	27,86	

Tableau 5 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants, hommes ou femmes, qui n'ont pas bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

5.3.3.4. Comparaison suivant les connaissances en dessin technique pour la population féminine

Les résultats du test t d'égalité des moyennes (tableau 6) nous montre que les participantes qui ont bénéficié d'une formation en dessin technique ($M=32,59$, $SD=5,11$) ont un score supérieur à celles qui n'ont pas suivi ce type d'enseignement ($M=27,86$, $SD=6,85$). Ce résultat est statistiquement significatif, $t(84)=3,276$; $p=.002$

	Formation	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Connaissance du dessin technique	29	32,59	,002 sig.
	Pas de connaissance du dessin technique	57	27,86	

Tableau 6 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participantes qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

5.3.3.5. Comparaison suivant les connaissances en dessin technique pour la population masculine

Pour les hommes de notre population, il n'apparaît pas de différence entre leur score suivant qu'il ont ou non bénéficié d'un enseignement en dessin technique. En effet, le score des hommes qui ont suivi un apprentissage du dessin technique ($M=32,32$, $SD=6,65$) ne diffère pas significativement du score des hommes ($M=29,50$, $SD=7,28$) qui n'ont pas suivi cet apprentissage, $t(58)=1,526$, *n.s.* (tableau 7)

	Formation	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Connaissance du dessin technique	38	32,32	,132 ns
	Pas de connaissance du dessin technique	22	29,50	

Tableau 7 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculins qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

Après cette première analyse, dans une approche globale, des mesures effectuées par la première version de notre outil d'évaluation, il convient de regarder plus en détail les caractéristiques de chaque item. L'analyse des items va nous permettre d'étudier plus finement le comportement de chacune des questions et éventuellement d'éliminer les items qui n'apportent qu'une faible contribution à la mesure que nous souhaitons.

5.3.4. L'homogénéité et la fidélité de la mesure de nos items

Le score total obtenu par le participant correspond à la sommation des réponses aux différents items. Cette somme n'a de sens que si les items mesurent la même dimension. Pour mesurer l'homogénéité de l'ensemble des items, il existe différentes méthodes. On pourra noter que ces méthodes ont pour points communs de s'appuyer sur le lien que les items entretiennent entre eux. C'est ce que nous expliquent Huteau et Lautrey (1999) en posant que l'homogénéité peut être estimée en calculant les corrélations inter-items. Il faut alors s'assurer que l'ensemble des corrélations n'est pas trop faible. En poursuivant sur cette voie, nous trouvons la méthode des covariances. En effet, Laveault et Gregoire (1997) posent que chaque item peut être considéré comme une partie du test. Et que le test peut être regardé comme étant composé d'autant de parties que d'items. Ainsi, plus les covariances entre tous les items pris deux à deux sont élevées et plus les items sont homogènes et mesurent la même dimension. C'est le coefficient Alpha de Cronbach (1951) qui est le plus utilisé pour appliquer cette méthode. Et Dickes et al. (1994)

nous précisent que le coefficient alpha évalue ce qu'on appelle la consistance interne de l'instrument.

Pour cette analyse de l'homogénéité de l'ensemble de nos items nous choisissons d'exclure les deux premiers items 1 et 2. En effet, ces deux items servent d'exemple et la réponse correcte est donnée aux sujets. Les résultats obtenus pour ces deux items ne correspondent donc pas à la mesure de la dimension évaluée par les autres items. Ainsi, pour nos items l'alpha de Cronbach est de $\alpha=.87$.

Cette méthode d'analyse du lien statistique qu'entretiennent entre eux les items pour le calcul de leur homogénéité nous met sur la piste de la fidélité de notre outil. En effet, pour s'assurer que notre test est fidèle, c'est-à-dire qu'il renvoie deux mesures équivalentes dans deux conditions d'utilisation similaires, il nous faudrait recueillir les données de deux passations auprès des mêmes sujets à deux temps différents. Or cette démarche s'avère lourde à mettre en œuvre et n'est pas exempte de biais liés à une forme d'apprentissage de l'outil de la première à la seconde passation. Or, il est possible d'estimer la fidélité en partitionnant le test en deux parties que l'on considère équivalentes, puis en calculant la corrélation entre ces deux parties.

Comme pour la consistance interne, ci-dessus, nous excluons les deux premiers items pour les mêmes raisons. La partition se fait en séparant les items pairs des items impairs. La corrélation entre les deux formes est alors de $r(146)=.75$. Cette valeur est satisfaisante. Par ailleurs, comme l'expliquent Huteau et Lautrey (1999), ce coefficient sous-estime la fidélité de l'outil d'évaluation. En effet, la fidélité est fonction de la longueur du test. Ainsi, plus le test comporte d'items dont on somme les résultats et plus l'estimation de la mesure sera précise. Or, en partitionnant l'ensemble des items en deux parties de même longueur, nous calculons un coefficient de corrélation sur un nombre d'item plus faible que l'outil d'évaluation complet. Il faut donc corriger cet indice pour obtenir une estimation de la fidélité. Dickes et al. (1994) nous expliquent que la formule classique pour l'estimation de la fidélité à partir d'un partitionnement alternatif est celle proposée par Spearman-Brown. Ici le coefficient de fidélité de Spearman-Brown est de .86.

Dimension	Batterie Multifactorielle d'Aptitude, NV7		Notre adaptation	
	Pair- impair	Alpha Cronbach	Pair- impair	Alpha Cronbach
Visuo- spatial	.82	.89	.86	.87

Tableau 8 : comparaison des indices de fidélité de la forme papier-crayon et de notre forme informatisée

La comparaison des indices d'homogénéité et de fidélité de notre format de présentation des items et de la version papier-crayon montre que

l'adaptation informatisée conserve les bonnes propriétés du test d'origine (tableau 8).

5.3.5. L'analyse d'items

Notre outil d'évaluation est composé d'un ensemble de questions qui évaluent la même dimension visuo-spatiale. Cet ensemble doit être homogène afin que l'on puisse sommer l'ensemble des bonnes réponses dans l'objectif de produire un score total qui sera le reflet de la performance du participant. L'homogénéité des items s'apprécie dans la méthode d'analyse des items en observant les deux caractéristiques suivantes de chaque item : l'indice de difficulté et l'indice de discrimination.

5.3.5.1. Indice de difficulté

La difficulté d'un item est donnée par la proportion de sujet qui réussit cet item. Plus cette proportion est importante et plus l'item est réussi par un grand nombre de participants. L'indice de difficulté est calculé avec la formule suivante (Dickes et al., 1994) :

$$P_i = \frac{Nc}{N}$$

Où Nc est le nombre de sujets qui réussissent l'item, et N le nombre total de sujets.

Dans le cas de notre outil d'évaluation, chaque bonne réponse est notée 1 et chaque mauvaise réponse 0. L'indice de difficulté correspond donc à la moyenne arithmétique de l'ensemble des réponses des participants sur l'item considéré. Cet indice varie de zéro à un. Un indice de difficulté de zéro indique qu'aucun participant n'a trouvé la bonne réponse. Et un indice de difficulté de un indique que tous les participants ont trouvé la bonne réponse. Notons que dans ces deux cas extrêmes, l'item n'est d'aucune utilité pour notre mesure puisqu'il ne permet pas de différencier les participants entre eux.

Lautrey et Huteau (1999) expliquent que l'on ne retient en général que les items dont la fréquence de réussite est comprise entre 20% et 80%. Dickes, quant à lui, préconise d'éliminer les items dont l'indice de difficulté est inférieur à 0.10 ou supérieur à 0.90 (Dickes, 1994).

Item	Diff.												
1	0,993	7	0,918	13	0,829	19	0,849	25	0,459	31	0,651	37	0,336
2	0,979	8	0,911	14	0,692	20	0,788	26	0,877	32	0,842	38	0,473
3	0,979	9	0,630	15	0,925	21	0,938	27	0,705	33	0,712	39	0,493
4	0,630	10	0,945	16	0,856	22	0,890	28	0,438	34	0,473	40	0,493
5	0,651	11	0,795	17	0,705	23	0,678	29	0,884	35	0,521	41	0,452
6	0,644	12	0,685	18	0,438	24	0,829	30	0,890	36	0,767	42	0,562

Tableau 9 : Indices de difficulté de chaque item

Le tableau 9, qui présente les items suivant leur indice de difficulté décroissante, révèle qu'aucun item n'a un indice inférieur à 0.10 et que 8 items ont un indice de difficulté supérieur à 0.90. L'analyse d'items suivant cette caractéristique montre que les items 1, 2, 3, 10, 21, 15, 7 et 8 sont réussis par plus de 90% des participants. Notons que les items 1 et 2 sont les items d'exemple pour lesquels la solution est fournie au participant ce qui explique le faible taux d'échec sur ces 2 items. Par ailleurs, dans la mesure où la réponse est fournie aux participants, l'on pouvait s'attendre à ce que les items 1 et 2 présentent un indice de difficulté de 1, c'est-à-dire que 100% les sujets ont correctement répondu. Les valeurs des indices de difficulté pour ces deux items révèlent que tous les sujets n'ont pas correctement entré la réponse qui leur était donnée.

Il est important de préciser ici, que l'indice de difficulté d'un item est fortement dépendant de la population qui sert de référence pour la validation de l'outil. C'est pourquoi nous avons souligné, au cours du paragraphe consacré à la population, l'importance de la représentativité de l'échantillon. En effet, choisir un échantillon supposé très fort sur la dimension visuo-spatiale, ou au contraire supposé très faible sur cette dimension, aurait pour effet, respectivement, d'augmenter ou diminuer les valeurs de l'indice de difficulté de chaque item. De ce point de vue la population qui sert de référence pour notre étude de pré validation est composée de jeunes adultes âgés de 27 ans en moyenne ($M=26,92$, $SD=10,435$).

L'indice de difficulté renseigne sur la proportion de participants qui réussit ou échoue à l'item considéré. Notre outil étant destiné à différencier les participants suivant leur capacité de représentation visuo-spatiale, il convient d'étudier le lien qui existe entre l'item et le score total. Pour cela nous allons observer l'indice de discrimination.

5.3.5.2. Indice de discrimination

La capacité de discrimination d'un item est importante dans notre démarche, car nous souhaitons différencier les participants suivant qu'ils obtiennent, ou non, un score élevé sur l'outil d'évaluation. Notre outil doit donc être composé d'items qui contribuent à départager les sujets qui obtiennent un score élevé de ceux qui obtiennent un score plus faible. Dans

cette perspective, il est judicieux de ne retenir que les items réussis par une plus grande proportion de participants qui ont un score élevé que par des sujets qui ont un score faible. L'indice de discrimination permet d'évaluer le lien qui existe entre la réussite à l'item et le score total. Il est calculé à l'aide de la formule suivante (Dickes et al., 1994) :

$$r_{it} = \frac{Mc - M}{s} \times \sqrt{\frac{p}{q}}$$

Avec

Mc : moyenne des scores des sujets ayant réussi l'item
M : La moyenne du score total

s : l'écart-type du score total

p : l'indice de difficulté

q = 1-p

Un indice de discrimination négatif indique que l'item est mieux réussi par les participants qui obtiennent un score faible. Pour notre outil, ce type d'item est à éliminer en priorité car il va à l'encontre de la mesure que nous souhaitons. Le tableau 10 ne donne qu'un seul item de ce type. Or il s'agit de l'item numéro un, le premier item d'exemple. La solution étant fournie avec cet item, 99% des participants ont réussi cet item, ce qui explique la faible valeur de l'indice de discrimination. Par ailleurs, dans la mesure où la bonne réponse est fournie aux participants pour les items 1 et 2, l'on peut s'attendre à ce que tous donnent cette bonne réponse. Dans ce cas, il n'existe aucune variation dans les réponses pour ces deux items et l'indice ne peut pas être calculé. Comme pour l'indice de difficulté ci-dessus, les valeurs qui apparaissent dans le tableau pour les items 1 et 2 révèlent que tous les participants n'ont pas correctement donné la bonne réponse qui leur était fournie et ont désigné une autre réponse.

Selon Laveault et Gregoire (1997), un indice de discrimination inférieur à 0.10 indique un item sans réelle utilité pour l'examen. De 0.10 à 0.20 un item à améliorer, de 0.20 à 0.30 un item qui discrimine peu et au-delà de 0.30 un item qui discrimine bien.

Item	Discr.												
1	-0,083	7	0,268	13	0,389	19	0,234	25	0,246	31	0,335	37	0,373
2	0,146	8	0,178	14	0,465	20	0,263	26	0,301	32	0,420	38	0,451
3	0,153	9	0,154	15	0,453	21	0,445	27	0,554	33	0,442	39	0,594
4	0,401	10	0,355	16	0,321	22	0,347	28	0,630	34	0,612	40	0,476
5	0,527	11	0,556	17	0,481	23	0,364	29	0,389	35	0,605	41	0,494
6	0,336	12	0,243	18	0,559	24	0,402	30	0,287	36	0,505	42	0,386

Tableau 10 : Indices de discrimination de chaque item

Le tableau 10, qui présente les items et leur indice de discrimination respectif, révèle qu'aucun item n'a un indice de discrimination inférieur à 0.10 et que 5 items ont un indice de discrimination inférieur à 0.20. L'analyse

d'items suivant cette caractéristique montre que les items 1, 2, 3, 9 et 8 sont peu discriminants pour le score total. Notons que les items 1 et 2 sont les items d'exemple pour lesquels la solution est fournie au participant ce qui explique la faible discrimination de ces deux items.

5.3.6. Choix des items

En croisant les deux indications fournies par les indices de difficulté et de discrimination, comme l'illustre la figure 32, on constate que les items 3, 9, 10, 21, 15, 7 et 8 sont à reconsidérer pour la validation de notre outil d'évaluation.

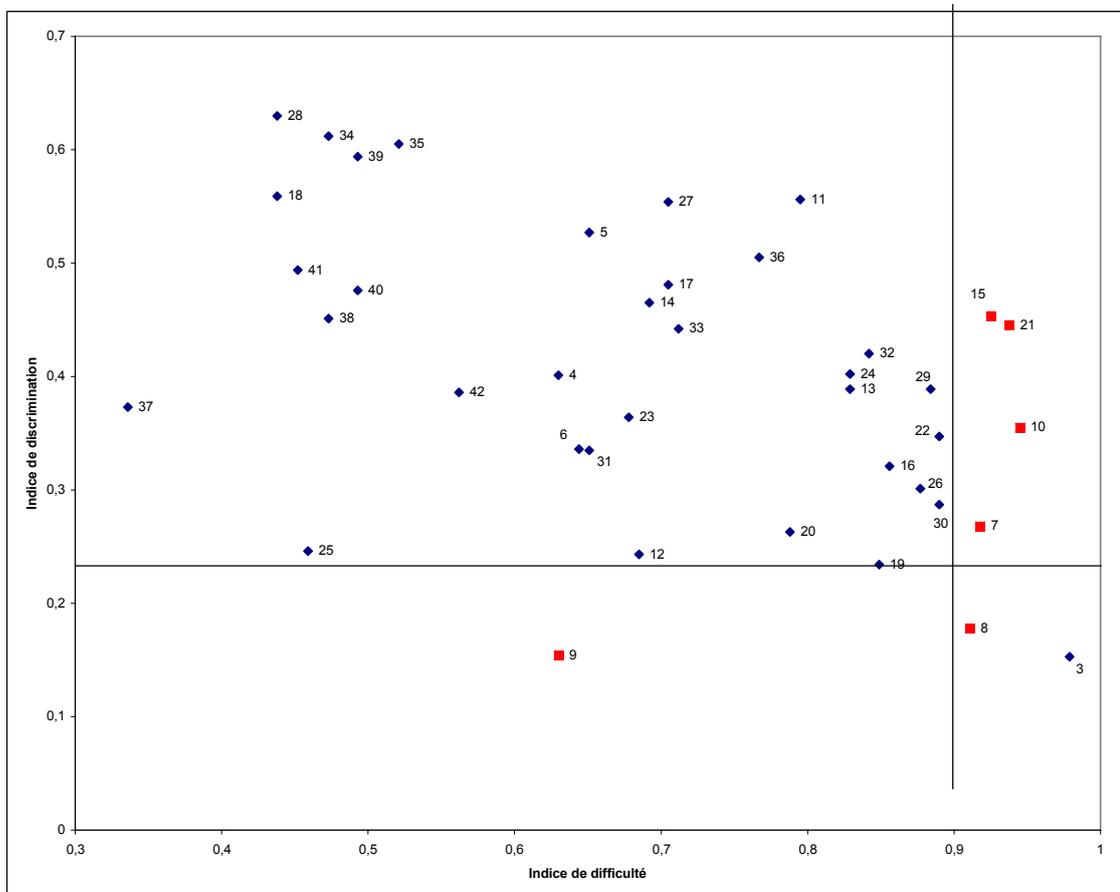


Figure 32 : Indices de discrimination en fonction de l'indice de difficulté des 40 items

Les items 1 et 2 sont les 2 items d'exemples pour lesquels la réponse est donnée au participant. Ces deux items ne sont pas à considérer dans l'analyse. L'item numéro 3, quant à lui, apparaît comme un item réussi par 97 % des participants. L'information qu'il apporte à l'ensemble de la passation est donc faible et on pourrait légitimement le faire disparaître. Toutefois, dans la mesure où il s'agit du premier item auquel le participant est confronté en toute autonomie, il nous semble judicieux de le conserver pour la forme finale de l'outil. En effet, nous pensons important de ne pas confronter d'emblée le

participant avec un item dont la difficulté pourrait le déstabiliser. Rappelons que les deux premiers items sont accompagnés d'une explication de leur résolution et de la réponse à apporter. Ainsi la présence du troisième item, facile à résoudre si l'on en juge par son indice de difficulté, nous semble pertinente pour éviter l'effet de surprise que pourrait engendrer un trop fort contraste entre l'apparente facilité des 2 premiers items et le premier item à résoudre en toute autonomie.

D'autre part, et afin de poursuivre dans cette logique de progressivité, nous pensons qu'il est plus judicieux de présenter les items en veillant à les organiser suivant un continuum de difficulté croissante. En effet, les impressions des participants, recueillies au cours des passations de cette première version de l'outil, révèlent un effet de surprise à la présentation des premiers items. Cet effet de surprise s'accompagne d'un sentiment de faiblesse pour ce type de résolution de problème particulièrement marqué chez les participants n'ayant pas bénéficié d'un apprentissage du dessin technique. Nous pensons qu'une présentation par ordre de difficulté croissante contribuera à rassurer progressivement le participant quant à ses capacités de résolution de problèmes de ce type.

Les items 7, 8, 10, 21 et 15 ont tous un indice de difficulté supérieur à 0.90. Réussis par plus de 91% de la population, on peut penser que leur participation à la mesure contribue plus à décaler la distribution des scores vers les valeurs supérieures qu'elle ne contribue à différencier les participants. Dans un souci d'optimisation de la mesure et d'économie de temps de passation, nous choisissons de les supprimer de la version finale de l'outil.

L'item numéro 9, du point de vue de son indice de difficulté, se situe au début du troisième tiers du test. C'est donc une valeur intéressante pour notre mesure. Par contre, son indice de discrimination est le seul à se situer en deçà de 0.20. Les participants qui réussissent cet item sont donc relativement peu discriminés sur le fait qu'ils obtiennent ou non un score élevé sur notre outil. Cette analyse est confortée par la valeur de la corrélation item-total pour l'item numéro 9. En effet, avec une valeur $r(146)=.085$, l'item numéro 9 est aussi l'item qui présente la plus faible corrélation avec le score total. Il semble donc pertinent de supprimer cet item. D'autre part ce choix est conforté par la présence de l'item numéro 4, situé immédiatement après celui-ci du point de vue de l'indice de difficulté croissant. L'item numéro 4 peut, en effet, aisément assurer la transition entre l'item 6 et l'item 42 puisqu'il possède le même indice de difficulté que l'item numéro 9 mais un indice de discrimination beaucoup plus avantageux pour notre mesure.

Pour résumer, nous choisissons d'éliminer les items 7, 8, 9, 10, 15 et 21 pour la forme finale de l'outil d'évaluation des capacités de représentation

visuo-spatiale. D'autre part, l'ordre d'apparition des items qui subsistent sera revu afin de respecter une présentation par difficulté croissante. Enfin, pour la forme finale de notre outil d'évaluation, le temps de passation sera limité dans les mêmes proportions que l'outil d'origine.

5.4. Contre validation

Après la phase de pré validation, notre outil d'évaluation de l'habileté spatiale se compose maintenant de 36 items dont les deux premiers servent d'exemple. L'ordre des items a été revu afin de les présenter dans un ordre de difficulté croissante. Et enfin la durée de la passation sera maintenant limitée dans le temps.

Pour la durée de passation, le test d'origine proposait un temps limité à 10 minutes soit 15 secondes par items. En effet, les deux items d'exemple étant résolu avec l'expérimentateur qui donne les explications de la solution et la réponse correcte, le décompte du temps ne commence qu'à partir du troisième item. Il reste donc 40 items à résoudre en 10 minutes. Nous choisissons de reprendre la même valeur de 15 secondes par item. Rapporté à la longueur de notre outil qui compte 36 items dont 2 pour les exemples, le temps de passation sera donc limité à 15 secondes multipliées par 34 items, soit 8 minutes et 30 secondes.

5.4.1. La population

Notre échantillon est composé de 120 participants dont l'âge varie de 17 à 61 ans. Les quartiles de la distribution des âges sont situés à 21, 24 et 27 ans ce qui révèle une plus grande proportion des participants d'environ 20 à 25 ans dans notre échantillon. Il s'agit de 82 hommes et 38 femmes.

Pour ce qui est des formations, les catégories technique, tertiaire et scientifique ont un effectif de respectivement 46, 37, 37. Ainsi 46 participants possèdent une expérience du dessin technique.

Les niveaux de formation⁵ des participants ne recouvrent pas tout le spectre de la nomenclature. En effet, il n'y a pas de participant de niveau VI dans notre population (tableau 11). Ce niveau VI correspond aux personnes sans qualification.

⁵ Nomenclature des niveaux de formation approuvée par le groupe permanent de la formation professionnelle et de la promotion sociale, le 21 mars 1969. Disponible auprès de la Commission Nationale de la Certification Professionnelle

FORMATION	GENRE		Total
	Homme	Femme	
Niveau 1 - Technique	2	0	2
Niveau 1 - Tertiaire	0	2	2
Niveau 1 - Scientifique	1	0	1
Niveau 2 - Technique	1	0	1
Niveau 2 - Tertiaire	3	12	15
Niveau 2 - Scientifique	14	7	21
Niveau 3 - Technique	21	1	22
Niveau 3 - Tertiaire	5	6	11
Niveau 3 - Scientifique	6	3	9
Niveau 4 - Technique	13	0	13
Niveau 4 - Tertiaire	1	6	7
Niveau 4 - Scientifique	5	1	6
Niveau 5 - Technique	8	0	8
Niveau 5 - Tertiaire	2	0	2
Total	82	38	120

Tableau 11 : Répartition des niveaux de formation dans notre population

5.4.2. Les résultats

La moyenne des scores obtenus par les participants est de 25,19 et l'écart type, indice de dispersion des scores autour de cette moyenne, est de 5,99. La distribution des scores montre une légère asymétrie négative (-.48) qui indique, comme lors de la pré validation, un entassement des scores vers les valeurs supérieures à la moyenne de ces mêmes scores. Avec une valeur de Kurtosis de -.42, la distribution présente, comme lors de la pré validation, une voussure de type leptokurtique. C'est à dire que le centre de la distribution des scores est plus élevé que celui de la distribution normale.

5.4.2.1. Comparaison suivant le genre masculin vs féminin

Ici, contrairement aux résultats de la pré validation, les femmes ($M=21,82$, $SD=5,76$) obtiennent un score inférieur à celui des hommes ($M=26,76$, $SD=5,45$) de manière statistiquement significative, $t(118)=4,536$; $p<.001$ (tableau 12). On ne retrouve donc pas l'absence de différence entre les scores des hommes et des femmes qui apparaissait dans la pré validation. Toutefois nous avons émis une réserve quant à cette absence de différence liée au fait que la pré validation mettait en œuvre une passation sans limitation de durée.

	GENRE	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Homme	82	26,76	<,001 sig.
	Femme	38	21,82	

Tableau 12 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculin ou féminin.

Une autre particularité de notre population, qui pourrait être à l'origine de cette différence de score entre les hommes et les femmes est liée à l'apprentissage du dessin technique. En effet les hommes ayant bénéficié de cet enseignement sont surreprésentés, puisqu'ils sont au nombre de 45 pour seulement 1 femme.

5.4.2.2. Comparaison suivant les connaissances en dessin technique

Comme pour l'étape de pré validation, les participants qui ont bénéficié d'une formation en dessin technique ($M=28,07$, $SD=5,01$) montrent un score supérieur à ceux qui n'ont pas suivi ce type d'enseignement ($M=23,41$, $SD=5,878$) statistiquement significatif, $t(118)=4,461$; $p<.001$ (tableau 13).

	Formation	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Connaissance du dessin technique	46	28,07	<,001 sig.
	Pas de connaissance du dessin technique	74	23,41	

Tableau 13 : Test t pour l'égalité des moyennes du score Total pour les participants qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

5.4.2.3. Comparaison entre les hommes et les femmes qui n'ont pas bénéficiés de formation en dessin technique

Les résultats du test t d'égalité des moyennes nous montre, contrairement à ce que nous avons observé pour l'étape de pré validation, que les femmes qui n'ont pas bénéficié d'une formation en dessin technique ($M=21,89$, $SD=5,82$) ont un score inférieur à celui des hommes qui n'ont pas, non plus, bénéficié ce type d'enseignement ($M=24,92$, $SD=5,61$), $t(72)=2,278$; $p=.026$ (tableau 14).

	GENRE	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Homme	37	24,92	,026 sig.
	Femme	37	21,89	

Tableau 14 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants, hommes ou femmes, qui n'ont pas bénéficiés d'un apprentissage en dessin technique

Notre population, pour cette étape de contre validation, ne compte qu'une seule femme ayant bénéficié d'un apprentissage du dessin technique. Il ne nous est donc pas possible de comparer les scores obtenus par les femmes suivant ce critère. Les hommes sont quant à eux suffisamment nombreux pour effectuer cette analyse.

5.4.2.4. Comparaison suivant les connaissances en dessin technique pour la population masculine

Pour les hommes de notre population, et contrairement à ce que nous avons observé pour l'étape de pré validation, il apparaît une différence entre leur score suivant qu'ils ont ou non bénéficié d'un enseignement en dessin technique. En effet, le score des hommes qui ont suivi un apprentissage du dessin technique ($M=28,27$, $SD=4,88$) diffère significativement du score des hommes ($M=24,92$, $SD=6,61$) qui n'ont pas suivi cet apprentissage, $t(80)=2,889$; $p<.005$ (tableau 15).

	Formation	Effectif	Moyenne des scores	Significativité de la différence
Score Total	Connaissance du dessin technique	45	28,27	,005 sig.
	Pas de connaissance du dessin technique	37	24,92	

Tableau 15 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculins qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

5.4.3. L'homogénéité et la fidélité de la mesure de nos items

Comme lors de l'étape de pré validation, et pour pouvoir comparer les résultats, pour cette analyse de l'homogénéité de l'ensemble des items nous choisissons d'exclure les deux premiers items 1 et 2 pour les mêmes raisons que précédemment.

Notons ici que des précautions sont à prendre pour l'analyse de l'homogénéité. En effet, puisque la durée de la passation est maintenant limitée dans le temps, il est fortement probable que des participants ne parviennent pas à résoudre tous les items dans le temps imparti. Ainsi, les

items non résolus sont considérés comme un échec pour le calcul du score total. Mais cet échec n'est pas de la même nature qu'un autre échec sur le même item pour lequel le sujet a pris le temps de choisir une mauvaise réponse.

Pour notre analyse de l'homogénéité, mais également pour l'analyse des caractéristiques des items qui va suivre, il convient d'exclure les items pour lesquels le participant n'a pas apporté de réponse faute de temps.

Pour notre nouvel ensemble d'items l'alpha de Cronbach est de $\alpha=.88$. Et la corrélation entre les formes est de $r(77)=.77$. Cette valeur est satisfaisante et supérieure à la valeur obtenue lors de l'étape de pré validation. Ici le coefficient de fidélité corrigé de Spearman-Brown est de .87. Cette valeur est également supérieure à la valeur obtenue lors de l'étape de pré validation.

Nous avons vu, lors de l'étape de pré validation, que la longueur du test influence positivement la valeur du coefficient de fidélité. On pouvait donc s'attendre à ce que la diminution du nombre d'items entraîne une baisse sensible de ce coefficient. Les résultats qui apparaissent ici justifient les choix que nous avons réalisés pour la suppression de six items et leur réorganisation en ordre de difficulté croissante (tableau 16).

Dimension	Pré validation		Contre validation	
	Pair-impair	Alpha Cronbach	Pair-impair	Alpha Cronbach
Visuo-spatial	.86	.87	.87	.88

Tableau 16 : comparaison des indices de fidélité des étapes de pré et contre validation

5.4.4. Indice de difficulté

Item	Diff.										
1	1,000	7	0,683	13	0,958	19	0,642	25	0,600	31	0,505
2	0,958	8	0,933	14	0,883	20	0,642	26	0,626	32	0,660
3	0,950	9	0,850	15	0,758	21	0,610	27	0,673	33	0,505
4	0,933	10	0,858	16	0,767	22	0,661	28	0,495	34	0,477
5	0,900	11	0,833	17	0,875	23	0,741	29	0,547	35	0,481
6	0,833	12	0,900	18	0,842	24	0,724	30	0,641	36	0,286

Tableau 17 : Indices de difficulté de chaque item

Le tableau 17, qui présente les items suivant leur indice de difficulté décroissante, révèle qu'aucun item n'a un indice inférieur à 0.10. Le plus difficile des items étant le dernier avec près de 29% de réussite parmi les participants qui ont apporté une réponse à cet item. D'autre part, 8 items ont un indice de difficulté supérieur à 0.90. L'analyse d'items suivant cette caractéristique montre que les items 1, 2, 3, 4, 5, 8, 12 et 13 sont réussis par plus de 90% des participants. Notons que, comme pour l'étape de pré validation, les items 1 et 2 sont les items d'exemple pour lesquels la solution est fournie au participant ce qui explique le faible taux d'échec sur ces 2 items.

Par ailleurs, dans la mesure où la réponse est fournie aux participants, l'on pouvait s'attendre à ce que les items 1 et 2 présentent un indice de difficulté de 1, c'est-à-dire que 100% les sujets ont correctement répondu. Seul le premier item présente cette valeur. Ce qui révèle que tous les sujets n'ont pas correctement entré la réponse qui leur était donnée pour l'item numéro 2.

5.4.5. Indice de discrimination

Le tableau 18, qui présente les items et leur indice de discrimination respectif, révèle que seul l'item 4 a un indice de discrimination inférieur à 0.10 et que seul l'item 20 a un indice de discrimination inférieur à 0.20. Notons que, comme pour l'étape de pré validation, les items 1 et 2 sont les items d'exemple pour lesquels la solution est fournie au participant.

Item	Discr.	Item	Discr.	Item	Discr.	Item	Discr.	Item	Discr.	Item	Discr.
1	constante	7	0,329	13	0,201	19	0,267	25	0,265	31	0,438
2	0,259	8	0,203	14	0,361	20	0,165	26	0,511	32	0,317
3	0,245	9	0,344	15	0,508	21	0,597	27	0,584	33	0,603
4	0,050	10	0,411	16	0,426	22	0,229	28	0,547	34	0,417
5	0,371	11	0,338	17	0,589	23	0,227	29	0,460	35	0,459
6	0,310	12	0,456	18	0,661	24	0,446	30	0,444	36	0,281

Tableau 18 : Indices de discrimination de chaque item

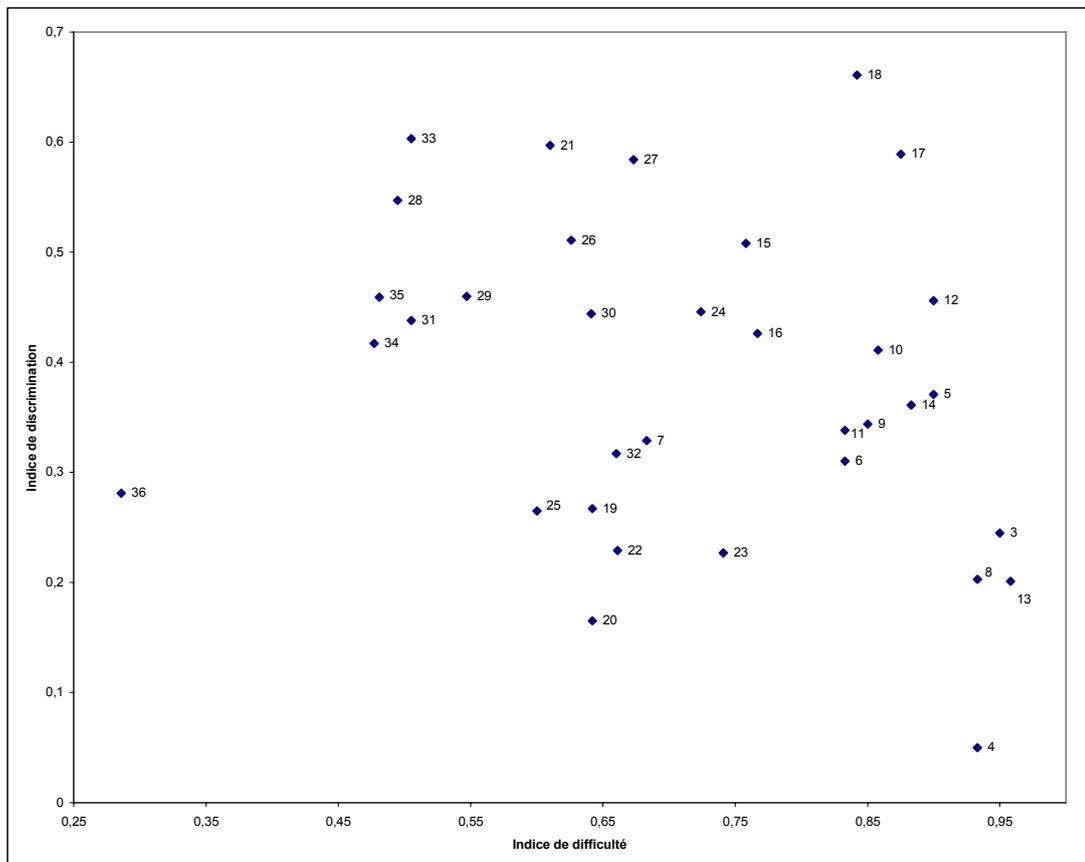


Figure 33 : Indices de discrimination en fonction de l'indice de difficulté des 34 items

La figure 33 nous montre que les items discriminants couvrent toute l'étendue de l'échelle de difficulté. Il y a des items très faciles et des items très difficiles. Néanmoins, on notera un plus grand nombre d'item faciles que d'items difficiles. Notre souhait de présenter les items par ordre de difficulté croissante, comme nous l'avons expliqué plus avant, contribue à ce phénomène. En effet en introduisant une progressivité dans la difficulté, notre outil favorise une forme d'apprentissage de la tâche qui peut expliquer cette augmentation globale des scores. Dans l'ensemble, le graphique de la figure 33 révèle une bonne validité interne du test.

5.4.6. Contenu spatial de notre outil

Pour analyser le contenu spatial de notre outil, nous suivons les recommandations de Dickes, Kop et Tournois (1997) qui suggèrent de recourir à un modèle d'échelonnement multidimensionnel (E.M.D.). En effet, les modèles d'échelonnement multidimensionnel ont pour principale finalité de représenter les relations entre des variables dans un espace à plusieurs dimensions, en faisant en sorte que les variables soient d'autant plus proches qu'elles se ressemblent le plus. Ainsi, si tous les items évaluent la même dimension, l'organisation graphique doit refléter cette structuration.

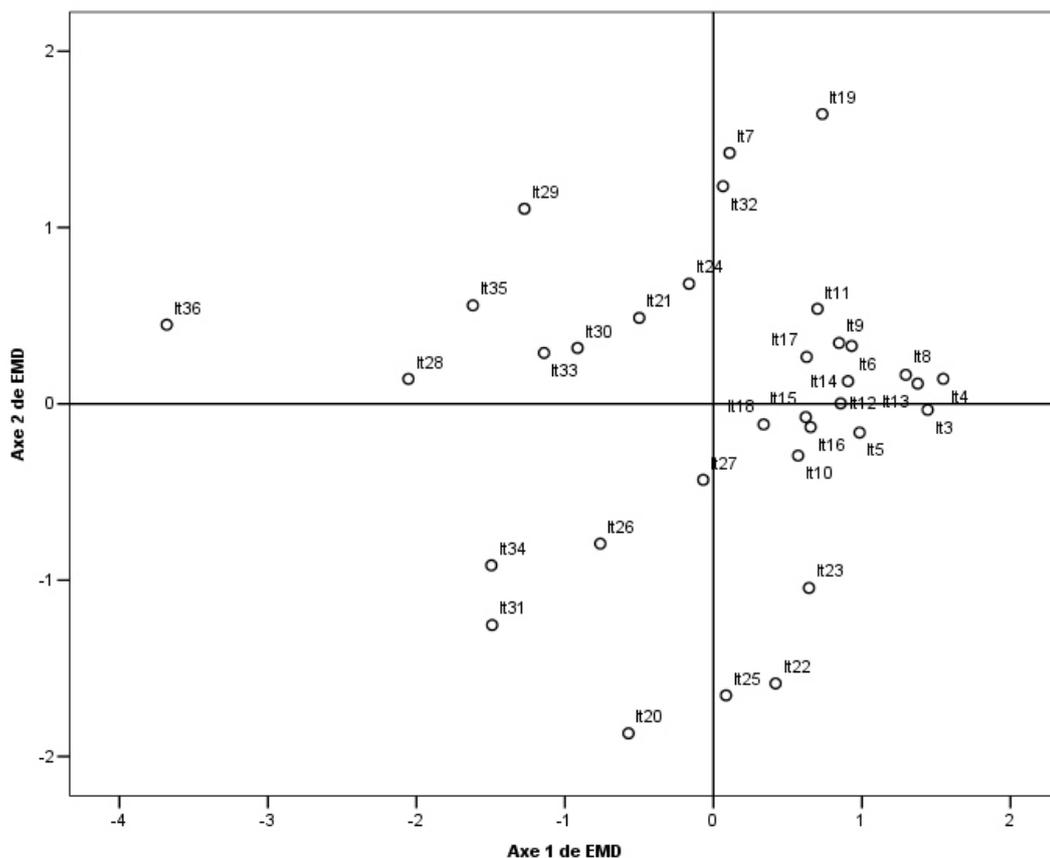


Figure 34 : représentation des items par rapport aux deux axes de l'échelonnement multidimensionnel (EMD)

Pour l'échelonnement multidimensionnel, nous avons utilisé, comme mesure de proximité, la distance euclidienne au carré normalisée. La valeur du stress de Kruskal est égale à 0.22 ($R^2=0.79$) pour 2 dimensions. La figure 34 représente les items par rapport aux deux axes de l'analyse par échelonnement multidimensionnel.

La représentation des items par rapport à l'axe 1 met en évidence une structuration suivant la difficulté de l'item. En effet, les items faciles, dont l'indice de difficulté est supérieur à 0.75, se trouvent à droite de la figure 34. Les items dont l'indice de difficulté est situé entre 0.6 et 0.75 occupent une position centrale. Les items plus difficiles, dont l'indice de difficulté est inférieur 0.6 sont situés à gauche de la représentation graphique.

La représentation par rapport à l'axe 2 apparaît plus difficile à interpréter. Néanmoins, il semble se dégager une structuration liée à au contenu de l'item mais sans que celle-ci ne soit complètement identifiée. En effet, on retrouve 48 % des items qui ne comptent que des pliures dans la moitié inférieure alors 70% des items, composés d'enroulement, sont positionnés dans la moitié supérieure de la représentation graphique. Les items composés de pliures ET d'enroulement se répartissent de manière homogène dans une position centrale.

Notons ici que nous ne disposons pas d'information sur le mode de construction des items d'origine. La distinction des items suivant pliure ET/OU enroulement se réfère au contenu de la consigne qui explique au sujet que "les pièces peuvent être pliées et/ou enroulées" et que "les traits noirs indiquent une pliure et non une courbure".

Ici le mode de réponse se structure suivant les deux axes que nous venons d'évoquer. Toutefois, on retiendra que le second axe ne reflète pas complètement le mode de construction des items lorsque l'on s'en tient aux pliures ET/OU enroulement. Une première explication à ce résultat serait vraisemblablement à rechercher dans les distracteurs qui sont proposés parmi les 4 réponses possibles. En effet, nous avons noté que parmi les items, qui ne requièrent que des enroulements, certains sont proposés avec trois distracteurs qui ne contiennent que des enroulements alors que d'autres, sont proposés avec des distracteurs contenant des enroulements et des pliures. Il en va de même pour les items qui ne requièrent que des pliures. En effet, certains sont proposés avec trois distracteurs uniquement pliés, alors que d'autres sont accompagnés de trois distracteurs où figurent des pliages et des enroulements.

Par ailleurs, Laveault et Gregoire (1997) nous expliquent que si un test mesure une caractéristique particulière alors il devrait être bien corrélé avec

tout critère mesurant la même caractéristique. Il s'agit ici d'établir la validité congruente en corrélant les scores obtenus sur notre nouveau test avec ceux d'un test bien connu et dont on sait qu'il mesure la dimension qui nous intéresse, à savoir cette dimension spatiale. Pour cette démarche, nous avons retenu le test de rotation mentale de Vandenberg et Kuse (1978) proposé par Albaret et Aubert (1996).

Notre outil d'évaluation reprend les items d'un test existant en se donnant pour objectif d'en améliorer la qualité écologique. Il est ainsi probable que le nouvel instrument construit évalue une autre dimension que celle du test dont il est issu. Néanmoins, et comme nous l'avons expliqué plus avant, l'amélioration écologique a pour principal objectif de "gommer" la représentation graphique de type filaire et de lui substituer une présentation des items plus proche d'objets réels. Ainsi l'on peut s'attendre à ce que les nouveaux items, bénéficiant d'une meilleure qualité graphique et d'une compréhension plus aisée, impactent la mesure de l'outil d'origine. C'est pourquoi nous avons souhaité nous assurer de cette validité congruente.

Il ne nous a pas été possible de proposer les deux évaluations, test visuo-spatial et test de rotation mentale à une large part des sujets que nous avons rencontrés. Ainsi, seuls 37 participants ont réalisé les deux évaluations. Ce relatif faible effectif impose de s'entourer de toutes les précautions d'usage quant à l'interprétation du coefficient de corrélation. Néanmoins, on peut observer que celui-ci est tout à fait significatif. Ainsi, lorsque le score sur le test visuo spatial est élevé, celui du test de rotation mentale l'est également. Ce coefficient $r(37)=.522$; $p=.001$, indique donc un lien assez fort entre la performance observée sur les deux épreuves révélant une mesure dont on peut légitimement penser qu'elle relève de la même dimension.

Nous disposons maintenant d'un outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale. Nous pouvons dès lors le mettre en œuvre dans le cadre de l'étude de l'impact du geste coverbal de type illustratif sur les représentations imagées.

Chapitre VI : Evaluer l'impact du geste coverbal de type illustratif

Telle que nous l'avons présentée, nous pensons que la gestuelle des mains, apporte sa contribution dans la cognition en oeuvre dans une situation de résolution de problème pour laquelle plusieurs individus sont impliqués. Cette situation, parce qu'elle implique a minima 3 participants, complexifie l'étude du geste en tant que réalisation de la communication non verbale que nous avons retenue. C'est pourquoi nous proposons, dans une première étape, d'étudier ce geste avec un dispositif expérimental approprié. Ici, il n'est pas encore question de communication. En effet, il s'agit dans un premier temps d'étudier l'impact du geste lorsqu'il est utilisé pour transmettre de l'information.

Ce chapitre sera l'occasion de présenter les modalités de conception de ce dispositif, les résultats obtenus ainsi que leurs prolongements.

6. EXPERIENCE 2 : évaluer l'impact du geste coverbal illustratif

La méthode d'observation éthologique, que nous avons présentée au cours du chapitre 3, nous semble la plus appropriée pour appréhender le comportement en tant que phénomène global, c'est à dire comme un flux continu. Ainsi, l'observation de ce flux comportemental, et plus précisément de la gestuelle des mains de deux interlocuteurs, va nous renseigner sur la contribution de cette dernière à la qualité du message transmis.

Or, comme nous l'avons mentionné plus avant dans nos travaux, il arrive fréquemment que le geste véhicule une information présente par ailleurs dans le discours verbal. Le geste et la phrase cohabitent alors dans un même espace / temps pour transmettre une information au locuteur. L'observation éthologique, en situation naturelle, nous montre que cette information est parfois redondante à travers les deux modalités. C'est-à-dire que le geste et le verbe, deux *signifiants* distincts, se rapportent à un même *signifié*. Ainsi, comme nous l'avons précisé dans la première partie de nos travaux, cette gestuelle apparaît souvent redondante avec le versant verbal de la communication. On peut donc légitimement s'interroger sur l'intérêt de cette double transmission. Un premier élément de réponse apparaît dans les résultats de Wagner, Nusbaum et Goldin-Meadow (2004). En effet, ces derniers révèlent que leurs sujets présentent de meilleurs performances à une tâche de mémorisation lorsque la gestuelle, et le discours, portent la même

information propositionnelle que lorsque le discours et la gestuelle portent une information différente.

Nous avons vu, avec Carbonell et ses collaborateurs (1997) que le geste accompagne le discours verbal pour préciser l'information. Le geste est alors envisagé en complémentarité du discours prononcé oralement. Puis avec Mac Neill nous avons découvert que le lien entre geste et verbe est si étroit qu'il apparaît difficile de dissocier les deux sans porter atteinte à l'un ou à l'autre. C'est en nous appuyant sur ce constat et en reprenant les gestes iconiques de Mac Neill et Duncan (2000) que nous proposons de construire un dispositif expérimental permettant de vérifier l'impact du geste sur les représentations visuo-spatiales.

Au cours du chapitre 3 nous avons vu que, selon Mac Neill (2002), le geste iconique est une manifestation visuelle des aspects "*imageables*" de la pensée qui produit le discours verbal. On peut alors remarquer que les trois caractéristiques de l'information deviennent complémentaires. En effet, contenu, forme et nature des deux modalités verbale et gestuelle forment alors un tout articulé autour du contenu.

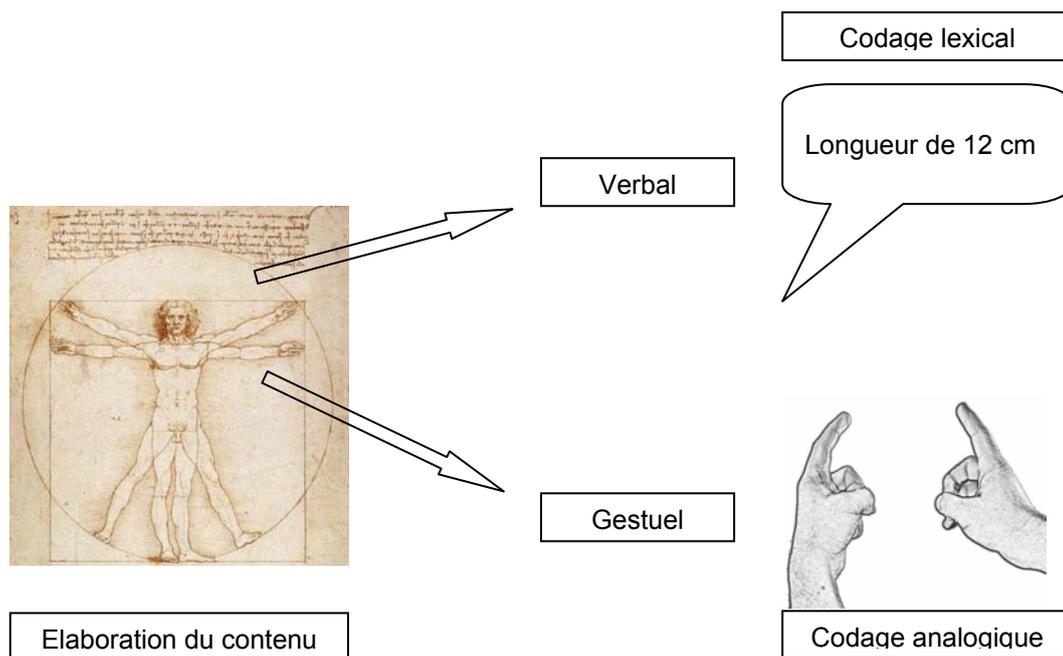


Figure 35 : Redondance de contenu et complémentarité de nature de codage et de forme

Ce contenu, commun aux deux modalités prend la forme d'un son dans le verbal, d'un mouvement de la (ou des) main(s) dans la gestuelle. La nature est alors propre à chacune des deux modalités puisqu'il s'agit d'un codage analogique pour la gestuelle, et d'un codage lexical pour le son, comme l'illustre la figure 35. Précisons ici que nous n'opposerons pas au codage

analogique, l'habituel codage digital. En effet, digital est construit sur la racine *digit* elle-même déclinée du latin *digitus* qui signifie *doigt*. Voilà qui n'ajouterait guère à la clarification de l'explication pour une nature de codage qui se veut opposée au codage analogique de la gestuelle des mains.

Fort de ce constat, et dans l'objectif d'identifier le rôle du geste, nous nous sommes interrogé sur ce qu'il adviendrait de cette transmission d'informations si l'on dissociait les deux modalités, verbale et gestuelle, en attribuant à chacune un rôle spécifique. En effet, si le contenu du geste coverbal est produit de manière synchrone avec le contenu de la phrase prononcée par le locuteur, l'information qu'il apporte semble surabondante. De prime abord, le coût semble prohibitif pour une faible plus-value. Il nous a donc paru judicieux de vérifier le réel intérêt qu'ont les individus de produire des gestes coverbaux en redondance de contenu avec le verbal.

Pour cela, un dispositif expérimental est nécessaire car il faut pouvoir contrôler, et distinguer, les modalités verbale et gestuelle. D'autre part, ce contrôle des deux modalités suppose différentes conditions expérimentales, y compris des situations contrôles. Avant d'engager des travaux de conception et de construction d'un dispositif expérimental, on le pressent, relativement complexe et fastidieux, nous avons souhaité emprunter cette piste de manière exploratoire.

6.1. Les nécessaires tâtonnements d'un dispositif expérimental original

Les objectifs que nous nous sommes fixés pour cette exploration sont basiques et triviaux : récolter suffisamment de données pour une décision éclairée et introduire une contrainte temporelle pour ne pas s'égarer.

L'idée que nous souhaitons opérationnaliser consiste à séparer le contenu du verbal et de la gestuelle pour vérifier le rôle du geste. La gestuelle des mains étant au centre de notre intérêt, nous allons figer le contenu verbal et faire varier le geste. Si le geste, comme nous nous en avons fait l'hypothèse, contribue à la compréhension du message, alors sa variation doit engendrer une variation d'élaboration de représentation par un locuteur. Présenté différemment, pour un même discours verbal, la présence de gestes différents amènera le locuteur à interpréter différemment la globalité du message. De la même manière, pour vérifier le rôle de ce geste, il faut nous assurer que son absence ne permet pas de faire les mêmes choix que lorsqu'il est présent.

6.1.1. Les hypothèses opérationnelles

Pour chacune des hypothèses, nous posons que la phrase prononcée oralement ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs.

Hypothèse 2.1 : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il permet de préciser l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs, le choix de cet objet est majoritaire parmi tous les choix possibles.

Hypothèse 2.2 : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il ne permet pas de préciser l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs, chacun des objets possède la même probabilité d'être désigné.

Hypothèse 2.3 : lorsque aucun geste n'accompagne cette phrase prononcée oralement, chacun des objets possède la même probabilité d'être désigné.

6.1.2. Construction du dispositif pré expérimental

Pour l'opérationnalisation de nos hypothèses, nous avons imaginé une phrase : "*Je l'ai vu regonfler son pneu de bicyclette*". Ici, la représentation visuo-spatiale de cette scène que peut s'en faire un locuteur est vaste tant l'imprécision du contenu verbal est grande. En effet, un rapide questionnement empirique de quelques personnes permet de découvrir une multitude de différences dans la représentation imaginée. Certaines imaginant la scène sur une route de campagne, d'autre en pleine ville, d'autre encore dans le garage de la maison etc . . . le personnage évoqué devenant un homme, une femme, un enfant, un adulte etc . . . la bicyclette diffère également puisque certains imaginent un vélo Hollandais avec un petit panier devant, un vélo de course, pour d'autre il s'agit d'un VTT etc . . .

En fait cette représentation dépend de la capacité d'imagination du locuteur et lui est propre car elle semble liée à une expérience personnelle vécue ou perçue d'une situation similaire à celle proposée. Imaginons maintenant, que l'on demande à ce locuteur de se représenter l'objet qui est au centre du contenu de la phrase, à savoir le dispositif de gonflage. La représentation se réduit à un champ plus petit mais reste plurielle. En effet, toujours par un questionnement empirique, nous nous rendons compte qu'il peut s'agir d'un compresseur d'air, d'une bouteille d'air comprimé, d'une pompe à vélo de type vérin simple, d'une pompe à pied, d'une poire en caoutchouc etc . . . C'est ici que nous proposons de faire intervenir le geste coverbal de type illustratif. Il s'agit d'un geste dont le contenu ne sera pas redondant avec le contenu verbal mais permettra de préciser l'objet de la représentation.

Nous avons enregistré en vidéo cette phrase, prononcé par un acteur dans quatre conditions différentes. C'est-à-dire avec deux gestes illustrant

deux dispositifs de gonflage différents. Et deux conditions contrôles, c'est-à-dire que la même phrase est accompagnée dans un cas d'un geste sans signification et d'aucun geste dans le second cas.

Notre intérêt portant sur la représentation imagée du locuteur, nous avons choisi de lui présenter quatre dessins représentant quatre dispositifs de gonflage différents. Les quatre dispositifs de gonflage sont issus de notre travail de questionnement empirique afin de s'assurer qu'ils représentent des dispositifs plausibles pour cette situation. Notons que si la maîtrise de langage informatique nous permet de développer aisément des logiciels comme le test que nous avons présenté au chapitre précédent, notre compétence en dessin d'art est loin d'être au même niveau. Néanmoins, pour une démarche exploratoire, les quatre pictogrammes de la figure 36 conviendront.

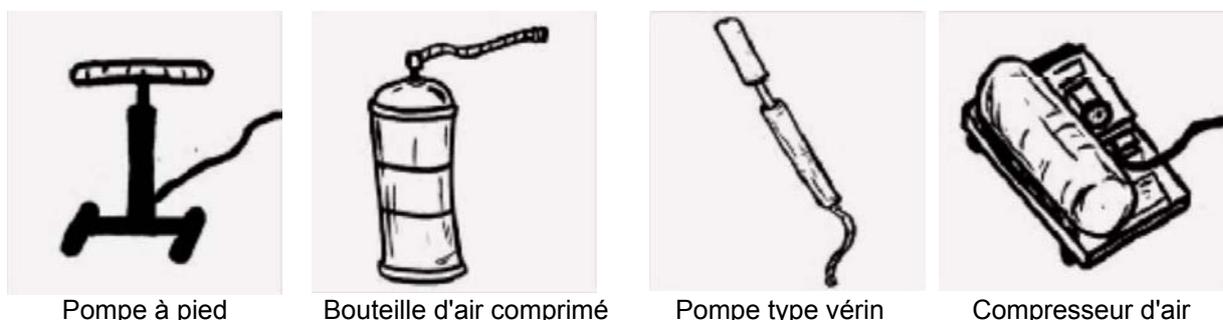


Figure 36 : les 4 pictogrammes représentant 4 dispositifs de gonflage différents

Le locuteur doit alors, après avoir visionné la séquence vidéo, indiquer le dessin qui est le plus proche de la représentation qu'il s'est construite.

Pour respecter les contraintes de notre phase exploratoire, nous avons choisi de projeter cette séquence vidéo, sur un écran de grande taille, en amphithéâtre pour une passation collective. Quatre groupes d'étudiants différents ont été sollicités afin d'éviter qu'une même personne ne participe à l'expérience pour deux conditions différentes.

6.1.3. Les hypothèses opérationnalisées

Pour chacune des hypothèses, nous posons que la phrase prononcée oralement ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs.

Hypothèse 2.1-op : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il permet de préciser l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un pictogramme parmi quatre, le choix de ce pictogramme est majoritaire parmi les quatre choix possibles.

Hypothèse 2.1bis-op : lorsqu'un geste, différent de celui de l'hypothèse 2.1-op, accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il permet de préciser l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un pictogramme parmi quatre et différent de celui de l'hypothèse 2.1op, le choix de ce pictogramme est majoritaire parmi les quatre choix possibles.

Hypothèse 2.2-op : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il ne permet pas de préciser l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un pictogramme parmi quatre, chacun des pictogrammes possède la même probabilité d'être désigné.

Hypothèse 2.3-op : lorsque aucun geste n'accompagne cette phrase prononcée oralement, chacun des pictogrammes possède la même probabilité d'être désigné.

6.1.3.1. La population

Notre population est composée de 267 étudiants de première année de psychologie âgés de 17 à 61 ans. Les quartiles de la distribution des âges sont situés à 20, 21 et 22 ans et 89% de la population a un âge compris entre 19 et 24 ans. Il s'agit de 36 hommes et 231 femmes. 37 étudiants, soit 13,9% de la population, ont déclaré avoir suivi une formation en dessin technique.

6.1.4. Résultats

Phrase prononcée par l'acteur : "*Je l'ai vu regonfler son pneu de bicyclette*"

Geste : différent suivant les 4 conditions des 4 séquences décrites dans le tableau 19.

Vidéo	Pictogramme
Séquence 1 : le geste illustre une pompe type vérin	Dessin A : une pompe à pied
Séquence 2 : le geste illustre une pompe à pied	Dessin B : une bouteille d'air comprimé
Séquence 3 : le geste est sans signification	Dessin C : une pompe type vérin
Séquence 4 : absence de geste	Dessin D : un compresseur d'air

Tableau 19 : contenu de la séquence vidéo et des quatre pictogrammes présentés

La table de contingence (Tableau 20), indique le choix des quatre pictogrammes par les participants suivant les quatre conditions présentées par les quatre séquences vidéo.

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) que le choix du pictogramme par les sujets est indépendant du contexte, c'est-à-dire ici du geste qui accompagne le discours verbal et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une dépendance entre ces deux variables alors le test du Khi-carré nous amène à rejeter H_0 et conclure à la dépendance de ces deux variables. En effet $\chi^2(9)=121.552$ est significatif ; $p<.001$

		Pictogrammes				Total
		A	B	C	D	
seq 1	Fréq. observées	1	0	31	0	32
	Fréq. attendues	4,794	0,240	26,727	0,240	32
2	Fréq. observées	25	1	6	0	32
	Fréq. attendues	4,794	0,240	26,727	0,240	32
3	Fréq. observées	10	0	134	2	146
	Fréq. attendues	21,873	1,094	121,940	1,094	146
4	Fréq. observées	4	1	52	0	57
	Fréq. attendues	8,539	0,427	47,607	0,427	57
Total	Fréq. observées	40	2	223	2	267
	Fréq. attendues	40	2	223	2	267

Tableau 20 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisée, les réponses attendues

Une première lecture rapide de cette table de contingence, nous permet de constater que les réponses attendues (cellules grisées) sont au rendez-vous. Toutefois il apparaît également des concentrations de réponses que nous n'avions pas imaginées et pour lesquelles une lecture plus détaillée de chaque condition expérimentale s'impose.

6.1.4.1. Condition 1 : geste iconique illustrant une pompe type vérin

	Pictogramme				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	0	31	0	32
Fréquences attendues	8	8	8	8	32

Tableau 21 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=88.25$ est significatif ; $p<.001$.

Ici, les participants ont significativement été plus nombreux à choisir le pictogramme en accord avec le geste qui accompagnait le discours, c'est-à-dire le pictogramme C (tableau 21). Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse 2.1-op. Seul un sujet sur les 32 a désigné un pictogramme différent de celui attendu par l'hypothèse.

6.1.4.2. Condition 2 : geste iconique illustrant une pompe à pieds

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse

alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=50,75$ est significatif ; $p<.001$.

	Pictogramme				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	25	1	6	0	32
Fréquences attendues	8	8	8	8	32

Tableau 22 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes

Comme pour la condition précédente, les participants ont significativement été plus nombreux à choisir le pictogramme en accord avec le geste qui accompagnait le discours. Le pictogramme choisi ici est différent de la condition précédente puisqu'il s'agit de A (tableau 22). Ce résultat va dans le sens de l'hypothèse 2.1bis-op. Seuls 7 sujets sur les 32 ont désigné un pictogramme différent de celui attendu par l'hypothèse. Notons tout de même que 6 sujets sur les 7 qui ont désigné un pictogramme différent, ont fait le même choix du pictogramme C

6.1.4.3. Condition 3 : contrôle, geste sans signification

	Pictogramme				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	10	0	134	2	146
Fréquences attendues	36.5	36.5	36.5	36.5	146

Tableau 23 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=348,795$ est significatif ; $p<.001$.

Les participants ont significativement été plus nombreux à choisir le pictogramme C, alors que le geste ne donnait aucune indication et que, nous le rappelons, le discours verbal n'est pas suffisant pour choisir l'un des quatre pictogrammes. Ici, les résultats ne vont pas dans le sens de l'hypothèse 2.2-op. En effet, l'on s'attendait à ce que les réponses se distribuent de manière équivalente sur l'ensemble des quatre pictogrammes. Or, nous constatons que de manière significative, les sujets ont, dans une sorte de commun accord alors que rien ne les y invite, désigné le pictogramme C (tableau 23).

6.1.4.4. Condition 4 : contrôle, absence de geste

	Pictogramme				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	1	52	0	57
Fréquences attendues	14.3	14.3	14.3	14.3	57

Tableau 24 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=133.947$ est significatif ; $p<.001$.

Comme pour la condition contrôle précédente, les participants ont significativement été plus nombreux à choisir le pictogramme C (tableau 24) alors que l'absence de geste ne laisse que le discours verbal comme source d'information. Or, par construction, ce dernier n'est pas suffisant pour choisir l'un des quatre pictogrammes. Ici également les résultats ne vont pas dans le sens de l'hypothèse 2.3-op. En effet, l'on s'attendait à ce que les réponses se distribuent de manière équivalente sur l'ensemble des quatre pictogrammes. Or nous constatons que de manière significative, les sujets ont, dans une sorte de commun accord alors que rien ne les y invite et comme dans la condition contrôle précédente, désigné ce même pictogramme C.

6.1.5. Discussion

Pour ce qui concerne le rôle du geste, l'effet attendu s'est effectivement produit. En effet, pour la séquence 1, la grande majorité des passations a convergé, de manière statistiquement significative, vers le pictogramme C, c'est-à-dire vers la représentation graphique du dispositif qu'illustre le premier geste coverbal. Et pour la séquence 2, de la même manière, la quasi totalité des réponses se concentre sur le dessin A qui représente le dispositif qu'illustre le second geste coverbal. On le voit, toutes choses étant égales par ailleurs, le choix des pictogrammes est associé au geste qui accompagne le discours verbal. Et ce choix va dans le sens de l'information qui est véhiculée par le geste. Ainsi l'hypothèse opérationnelle 2.1 est vérifiée.

Les 2 situations contrôles, quant à elles, révèlent une distribution des réponses bien différente de ce que l'on pouvait attendre. En effet, tel que nous l'avions émis dans nos hypothèses, l'imprécision de la phrase et l'absence de geste coverbal de type illustratif ne permettent pas de faire un choix entre les quatre représentations graphiques proposées. On pouvait donc s'attendre à une distribution aléatoire des réponses sur les quatre propositions graphiques.

Or l'on constate que le dessin C attire sur lui, la très grande majorité des réponses. Ainsi les hypothèses 2.2 et 2.3 ne sont pas vérifiées. En effet, la présence d'un geste sans signification, qui ne permet pas de départager les quatre pictogrammes proposés, voit pourtant le pictogramme "C" choisi de manière statistiquement significative par une très grande majorité de participants. De la même manière, lorsque le geste est totalement absent, la majorité des participants choisissent le pictogramme "C", de manière statistiquement significative.

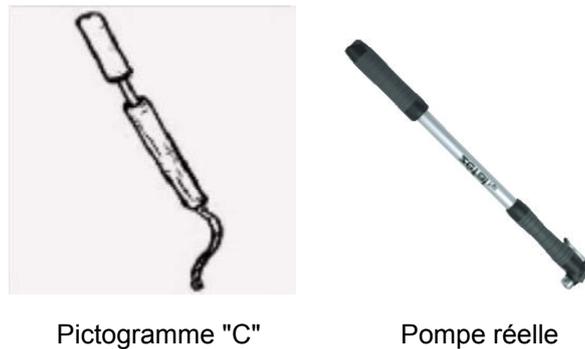


Figure 37 : le pictogramme de la pompe type vérin et une pompe type vérin réelle

Le pictogramme "C" représente une pompe à vélo de type vérin simple (figure 37). C'est aussi le type de dispositif de gonflage qui présente le plus d'avantages. C'est en effet le plus économique, le moins encombrant et le plus léger. Tous ces avantages sont vraisemblablement à l'origine de sa diffusion en très grand nombre mais aussi de sa présence, quasiment en standard, sur toutes les bicyclettes. Ainsi, ce type de pompe à vélo étant le plus répandu, il semble que les participants de notre expérience se soient intuitivement reporté vers lui, lorsqu'il s'est agi de construire une représentation d'un appareil permettant de regonfler un pneu de bicyclette. De la sorte, lorsque les participants de notre pré expérimentation n'ont pas eu d'indication de la part du geste pour préciser le verbal et les guider vers une représentation précise, ils ont recours à une sorte de représentation prototypique de la pompe à vélo, celle la plus usuelle.

Cette observation est intéressante car elle révèle que le discours, accompagné d'un geste sans signification ou sans gestuelle, invite les participants à choisir de manière significative cette même représentation prototypique. Lorsque ce même discours est accompagné de la gestuelle correspondant à cette représentation, les participants la choisissent également. Cette représentation prototypique semble avoir un effet "attracteur" d'une force non négligeable pour l'ensemble de notre population. On comprend alors aisément que le geste devra avoir un impact et une efficacité d'autant

plus forts s'il veut susciter chez l'interlocuteur une représentation différente de celle vers laquelle il se dirige spontanément.

Cet impact et cette efficacité apparaissent alors dans la séquence 2 lorsque le geste permet au participant de construire une représentation différente, et de choisir le pictogramme approprié, c'est-à-dire le pictogramme "A" qui représente la pompe à pied.

Ces premiers résultats sont riches d'enseignements et la piste explorée nous a encouragé à poursuivre dans la direction suggérée. Il importe maintenant de concevoir un dispositif expérimental plus rigoureux, mais également plus précis et exhaustif dans les mesures qu'il permet d'effectuer.

6.2. Conception du dispositif

Nous avons vu, dans la première partie de nos travaux, que la gestuelle des mains recouvrait un large spectre de comportements. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de délimiter le contour des gestes que nous solliciterons. Et d'autre part, tel que nous l'avons envisagé depuis le chapitre 3, et que nous l'avons mis en œuvre dans la phase pré expérimentale, le geste accompagne le discours, c'est-à-dire qu'il est co-verbal. Cela suppose donc la présence du geste de la main mais également du discours verbal qui sera accompagné.

Même si le geste est notre centre d'intérêt, une attention toute particulière doit être portée au verbal. En effet, ce dernier est porteur d'informations qu'il importe de maîtriser pour contrôler l'interaction verbal / non verbal. C'est cette articulation qui est à l'origine de la construction de notre dispositif expérimental. En effet, il nous semble judicieux de pouvoir isoler l'impact du geste seul. Un geste qui devient alors le canal de transmission de l'information sur lequel portera notre évaluation. Ainsi, dans notre dispositif expérimental, le geste sera porteur de l'information qui complète le verbe pour transmettre au locuteur la totalité du message nécessaire à la construction de la représentation.

Dans un souci d'étude de l'impact du geste, dans une situation proche de la situation de résolution de problème que nous avons présentée au cours des deux premiers chapitres, nous proposons de construire une série d'items qui mettront en œuvres les caractéristiques issues de nos observations éthologiques précédentes.

En effet, au cours de nos premiers travaux sur l'étude du comportement non-verbal dans une situation de conception, nous avons fait apparaître trois types de geste (Beltrame, 1999) : les gestes "Repos", "Accessoires" et "Support

d'Explication". Ces derniers sont précisément ceux que nous souhaitons étudier.

Par "Support d'Explication", nous entendons tout type de geste accompagnant le verbal et susceptible de l'illustrer. Dans la classification des types de gestes, issue de l'étude bibliographique que nous avons proposée au cours du chapitre 3, le geste "Support d'Explication" appartient à la catégorie des gestes "co-verbaux de type illustratif".

Notre dispositif comportera donc une série d'items composés d'un discours verbal – une phrase exprimée oralement – et un geste illustratif – un comportement exprimé par l'une ou les deux mains.

6.2.1. Les hypothèses opérationnelles

Comme lors de la phase pré expérimentale, il s'agit de vérifier le rôle du geste co-verbal de type illustratif lorsqu'il accompagne un discours. L'hypothèse que nous avons posée est alors que le geste co-verbal de type illustratif apporte l'information manquante dans le discours verbal du locuteur pour partager, avec un souci d'exactitude, sa représentation. Nous avons découvert également, au cours de la phase pré expérimentale, qu'en l'absence de geste ou d'informations pertinentes dans le geste, la représentation élaborée semblait converger vers une forme de représentation prototypique partagée par la majorité de notre population. Ainsi il nous semble judicieux de multiplier les items afin d'explorer cette piste de la convergence des réponses en l'absence d'information gestuelle.

Aux hypothèses opérationnelles de la phase pré expérimentale, nous ajoutons les deux hypothèses suivantes.

Pour chacune des hypothèses, nous posons que la phrase prononcée oralement ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs.

Hypothèse 2.4 : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il ne contient pas l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs, et qu'il existe par ailleurs une forme de cet objet plus usuelle que d'autres alors le choix de cet objet devient majoritaire.

Hypothèse 2.5 : lorsqu'une phrase, prononcée oralement, ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs, et que les mains restent immobiles, et qu'il existe par ailleurs une forme de cet objet plus usuelle que d'autres alors le choix de cet objet devient majoritaire.

Il s'agit d'étudier le rôle du geste co-verbal de type illustratif. Notre dispositif expérimental ne devra donc présenter qu'une seule source de variation : le geste. Ainsi, pour les quatre conditions expérimentales, le discours verbal sera rigoureusement identique et le geste devient la variable indépendante (VI). Ce geste, nous l'avons posé dans nos hypothèses, joue un rôle dans l'information qui est transmise à l'interlocuteur pour construire sa représentation. La réponse, c'est-à-dire le choix du dessin correspondant à la représentation qu'il a élaborée, issue du comportement de l'interlocuteur, devient la variable dépendante (VD).

L'opérationnalisation de nos hypothèses s'appuiera donc sur un dispositif comprenant les quatre modalités présentées dans le tableau 25.

Modalité	Situation	Contenu
C1	situation concordante 1	verbal + geste pour description 1
C2	situation concordante 2	verbal + geste pour description 2
D1	situation discordante 1	verbal + geste sans signification
D2	situation discordante 2	verbal sans geste

Tableau 25 : les 4 modalités de notre situation expérimentale

Situation concordante 1 (C1) : il y a concordance, c'est à dire que le geste co-verbal de type illustratif apporte l'information manquante du discours verbal. Cette information, véhiculée par le geste, a pour objectif d'aider l'interlocuteur à préciser le message du locuteur. Enfin, il s'agit de la première situation car la précision qu'apporte le geste doit guider l'interlocuteur vers la solution 1.

Situation concordante 2 (C2) : cette situation est identique à la précédente à une seule exception ; la précision qu'apporte le geste doit guider l'interlocuteur vers la solution 2. En effet, selon notre hypothèse, le geste apporte l'information qui va guider l'interlocuteur vers l'objet du discours du locuteur. Deux gestes différents, pour un même discours verbal, doivent donc, toujours selon notre hypothèse, orienter l'interlocuteur vers deux représentations différentes.

Situation discordante 1 (D1) : ici, il s'agit de la première situation contrôle. En effet, cette situation permet de vérifier que la présence d'un autre type de geste, que le geste co-verbal de type illustratif, ne permet pas d'aider l'interlocuteur à construire sa représentation.

Situation discordante 2 (D2) : il s'agit de la deuxième situation contrôlée. Elle permet de s'assurer qu'en l'absence de geste, l'interlocuteur ne parvient pas à élaborer la représentation attendue.

La situation expérimentale consistera donc, pour chaque item, à présenter une phrase prononcée oralement, accompagnée de son geste illustratif. Cet item sera décliné dans les 4 conditions expérimentales.

6.2.2. Conception du contenu

6.2.2.1. Contenu verbal

Paivio (1965) explique que la formation d'une image mentale à partir d'un mot est fonction de la valeur d'imagerie de ce mot. En effet, la valeur d'imagerie d'un mot se définit comme le degré de facilité avec lequel les mots évoquent une image mentale (Bonin, Méot, Aubert, Malardier, Niedenthal, Cappelle-Toczek, 2003). Ainsi, plus la valeur d'imagerie du mot est forte et plus le temps nécessaire à la génération d'une image mentale à partir de ce mot sera court. L'effet de cette valeur d'imagerie a été très étudié dans les travaux sur la mémorisation. Pour notre dispositif, la mémorisation n'est pas essentielle. Mais la valeur d'imagerie du mot évocateur, quant à elle, est importante car elle est à l'origine de l'élaboration de la représentation. Dans notre dispositif, le mot évocateur sera l'objet de la représentation élaborée.

Comme nous l'avons expliqué précédemment, nos items seront construits de telle sorte que verbal et gestuel collaborent pour véhiculer l'information nécessaire à l'élaboration de la représentation. C'est la raison pour laquelle le verbal ne doit pas contenir à lui seul, la totalité de l'information. En suivant ce principe, deux modalités du mot évocateur sont possibles. En effet, celui-ci peut être présent ou absent du verbal. Lorsqu'il est présent, il faudra veiller à utiliser un terme générique de l'objet afin de laisser ouvert le champ des différentes possibilités de représentation. C'est, par exemple, le cas du mot évocateur de l'objet "montre". Celui-ci est en effet imprécis et laisse la possibilité d'élaborer une représentation de montre à affichage digital, une montre à aiguille, une montre de gousset, etc . . .

Lorsque le mot évocateur est absent du verbal, c'est le geste qui l'accompagne qui devra permettre d'identifier l'appellation courante de l'objet concerné.

6.2.2.2. Contenu gestuel

Nous venons de le montrer dans le paragraphe précédent, la construction des items doit être interactive entre verbal et gestuel. La

nécessaire complémentarité des deux rend, dans leur conception et leur construction, le versant verbal et gestuel de l'item interdépendants.

Par ailleurs, nous l'avons montré dans la première partie de nos travaux, notamment au cours du chapitre III, les gestes coverbaux, que nous souhaitons introduire dans les items, relèvent de quatre catégories distinctes : les déictiques, les spatiographiques, les kinémimiques ou encore les pictomimiques.

Ici, les déictiques ne sont pas appropriés pour nos items. En effet il s'agit de gestes utilisés pour désigner le référent de la parole ; comme montrer du doigt, par exemple. Ce geste ne porte pas l'information en lui-même mais est utilisé comme médiateur pour identifier l'information. Pour nos items, nous nous intéressons uniquement aux gestes qui sont intrinsèquement porteurs de l'information.

Les spatiographiques schématisent la structure spatiale du référent de la parole. Il s'agit souvent d'un comportement dynamique ; comme l'exécution d'un geste dont la trace est une spirale dans les 3 dimensions de l'espace pour illustrer l'escalier en colimaçon par exemple.

Les kinémimiques sont les gestes qui ont recours au mime du référent du verbal. La construction du terme reposant sur la racine grecque *kinesis* (mouvement), on réservera cette catégorie aux gestes dynamiques qui simulent une action applicable à l'objet.

Les pictomimiques quant à eux schématisent la forme ou une qualité de l'objet. Ils sont le plus souvent statiques ; comme l'écartement des deux mains pour estimer une longueur par exemple.

Le contenu verbal de l'item va donc influencer le contenu gestuel. Mais parce que le geste doit préciser un verbe volontairement générique, le contenu verbal est par retour impacté par le geste. La construction du contenu de l'item résulte donc de cette interdépendance contenu verbal / contenu gestuel.

6.2.2.3. L'item : une phrase et un geste

Nous venons de le voir, verbal et gestuel sont intrinsèquement liés. La construction du contenu de l'item se fera donc en interrogeant un mot sur le nombre de représentations graphiques distinctes qu'il peut engendrer. Puis en regardant quel spatiographique, pictomimique ou kinémimique est à même de préciser ce mot pour orienter l'élaboration de la représentation vers l'une ou l'autre des représentations graphiques. La construction de l'item consiste donc en aller et retour itératif du mot vers les représentations graphiques qu'il peut engendrer puis les gestes réalisables pour le préciser dans l'objectif

d'ajuster la phrase qui le contient. Nous avons deux conditions dans lesquelles le geste apporte l'information permettant d'identifier une représentation graphique. Il s'agit donc de présenter les deux propositions graphiques afin de laisser au participant le choix de l'une ou l'autre.

Plusieurs essais sont nécessaires jusqu'à ce que la phrase soit à l'origine de quatre représentations graphiques dont deux pourront être précisées gestuellement.

Nous sommes conscient que la complexité de cette méthode peut être à l'origine de l'élaboration d'items défectueux. C'est la raison pour laquelle nous nous fixons un minimum de vingt items à construire afin de maximiser le nombre de "bons" items.

Notre méthode de construction des items s'appuie sur deux listes de mots pour lesquels nous connaissons les valeurs d'imagerie. Il s'agit de la liste de Bonin et ses collaborateurs (Bonin et al., 2003) qui recensent 866 mots et leurs normes de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle. Et la liste de Flieller et Tournois (1994) qui présentent les valeurs d'imagerie et de fréquence subjectives de 998 mots. Ces deux listes sont complémentaires sur le choix des mots concrets ou abstraits qu'elles présentent.

Item	Verbal	Geste Concordant 1	Geste Concordant 2	Présence du mot évocateur
4	Je l'ai vu regonfler son pneu de bicyclette	Main gauche horizontale, paume vers le haut, les doigts recourbés sur le corps cylindrique de la pompe type vérin. La main droite sur la partie mobile de la pompe, les doigts recourbés sur le corps cylindrique avec un mouvement de va et vient horizontal	Main gauche et main droite sur le manche cylindrique d'une pompe à pieds. Avec un mouvement de va et vient vertical simultanés des deux mains	Non (dispositif de gonflage)
8	J'ai regardé l'heure sur ma montre	Bras gauche à l'horizontale. Paume de la main gauche vers le bas. Main droite fermée seul l'index est tendu et dirigé vers la montre simulée située sur le poignet gauche. L'index fait un mouvement circulaire pour simuler la rotation des aiguilles.	Bras gauche à l'horizontale. Paume de la main gauche vers le bas. L'index et le pouce de la main droite forme un "C" qui tient la montre comme pour actionner les boutons d'une montre digitale.	Oui (montre)

Tableau 26 : exemple de 2 items (item 4 et 8)

En suivant cette méthode, nous avons conçu 21 items. Ces items se différencient sur le contenu verbal suivant la présence ou l'absence du mot évocateur. Et se différencient sur le contenu gestuel suivant qu'il s'agit d'un geste co-verbal de type illustrateur spatiographique, kinémimiques ou pictomimique (tableau 27). Le tableau 26 illustre le contenu verbal et gestuel de deux items.

	Verbal	
	Présence du mot évocateur	Absence du mot évocateur
Spatiographique	Item1	
kinémimique	Item6, Item11, Item12, Item15	item5, Item8, Item9
Pictomimiques	Item2, Item3, Item7, Item10, Item14, Item20, Item21	Item4, Item13, Item16, Item17, Item18, Item19

Tableau 27 : distribution des items suivant les 2 caractéristiques verbal et les 3 caractéristiques gestuelle

6.2.2.4. Elaboration des items

Tel que nous venons de le définir, les gestes coverbaux de type illustratif, que nous souhaitons mettre en œuvre dans les items, de par leur nature, ne peuvent être traduits dans un format papier crayon. En effet, notre item est une situation expérimentale qui nous permet d'isoler les caractéristiques qui intéressent nos travaux tout en contrôlant suffisamment cette situation pour faire varier ces mêmes caractéristiques sur des dimensions que nous avons définies. Dans le même temps, cette situation expérimentale doit être la plus proche possible de la situation naturelle de production du comportement pour lui garder sa dimension explicative. Ainsi, notre item doit être exécuté par un personnage qui produira à la fois le verbal et le geste des mains qui l'accompagne dans une dynamique comportementale proche d'une situation réelle.

Ces items seront présentés à un nombre aussi grand que possible de participants afin de multiplier le recueil de données.

On comprendra alors aisément qu'un acteur, même parfaitement entraîné, ne parviendra vraisemblablement jamais à reproduire deux fois de suite un même item. C'est la raison pour la quelle nous avons choisi de présenter chaque item sous forme de séquence vidéo. De la sorte, chaque item

sera produit par un acteur face à une caméra dont la meilleure exécution sera retenue. Cet enregistrement vidéo deviendra le stimulus qui sera présenté afin de garantir la standardisation de l'exécution du geste. La figure 38 présente une image fixe de la scène composée de l'acteur et sa gestuelle. Dans cette scène, l'acteur respecte le scénario présenté par la figure 39.

Il nous semble important de respecter la source de variation à savoir la modalité : concordante 1, concordante 2, discordante 1 et discordante2. Aucune autre dimension ne doit différer d'une présentation de l'item à une seconde présentation du même item à un autre participant ; tout doit être, dans la mesure du possible, identique afin de garantir la standardisation de la passation : le timbre de la voix, la prosodie, l'exécution du geste, le synchronisme verbal / non-verbal, la durée de l'item etc . . . c'est pourquoi nous veillerons à respecter toutes ces dimensions lors du choix des meilleures exécutions.



Figure 38 : séquence vidéo de l'acteur réalisant un geste en condition concordante

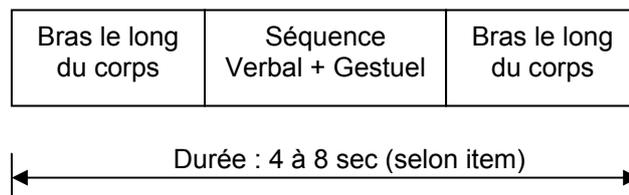


Figure 39 : scénario d'une séquence vidéo

La visualisation de cet item doit, selon nos hypothèses, amener le participant à élaborer une représentation de l'objet de l'item. Nous avons donc posé l'hypothèse que cette représentation serait différente selon les quatre conditions expérimentales. D'autre part, l'objet de l'item ne diffère que selon deux conditions : les situations concordantes 1 et 2. Les deux situations contrôles, discordantes 1 et 2, ne contenant pas le geste, sont par nature incomplètes et ne permettent pas de définir précisément l'objet. Ces deux situations laissent la voie ouverte à l'élaboration d'une représentation de l'objet générique décrit seulement par le discours verbal.

6.2.2.5. La réponse à choix multiples

Dans l'objectif de standardisation de la présentation de l'item, des propositions de réponse seront présentées au participant. Celui-ci devra indiquer celle qui lui semble la plus proche de la représentation qu'il s'est construit de l'objet. Cette représentation étant par nature, et selon notre hypothèse, imagée, les réponses proposées seront de nature graphique.

Deux réponses possibles par item seraient théoriquement suffisantes. Ces deux réponses correspondraient aux représentations graphiques des deux objets des situations concordantes 1 et 2. Ainsi, on pourrait s'attendre, selon notre hypothèse, à voir converger les réponses vers la représentation graphique 1 pour la situation concordante 1 et vers la représentation graphique 2 pour la situation concordante 2.

Les deux situations discordantes 1 et 2 ne permettant pas de préciser correctement l'objet, on pourrait s'attendre à constater, dans les deux cas, une répartition homogène des réponses entre les deux représentations graphiques proposées. Or, nous avons constaté, au cours de la phase pré expérimentale, une convergence des réponses sur deux représentations graphiques seulement. Les deux conditions contrôle n'ont pas vu leur effectif se distribuer aléatoirement sur les quatre propositions comme nous en avons fait l'hypothèse.

Il semble donc, qu'en l'absence de geste, une grande part des participants s'accorde sur une même représentation alors qu'ils n'ont pas suffisamment d'informations pour faire un choix. Par ailleurs, et pour l'objet que nous leur avons proposé, nous avons constaté que dans ces deux conditions contrôle, leurs réponses convergent vers la représentation graphique du dispositif de gonflage le plus communément vendu avec une bicyclette : la pompe type vélin. On pourrait donc penser, qu'en l'absence d'information suffisante, dans notre dispositif, les représentations des participants convergent vers une représentation graphique de l'objet prototypique.

Notons alors que parmi les vingt nouveaux items que nous proposons, il est tout à fait probable qu'apparaisse cet effet de représentation prototypique lié à l'existence d'une forme de l'objet plus usuelle que les trois autres propositions. Ainsi proposer seulement deux représentations graphiques risquerait de masquer ce phénomène.

D'autre part, notons qu'un faible nombre de réponses possibles risquerait d'introduire un biais statistique important lié à la facilité, pour le participant, d'indiquer la bonne représentation graphique uniquement par le fruit du hasard. En effet, dans ce cas, un item qui ne produirait pas l'effet escompté, aurait tout de même une chance sur deux de produire le comportement supposé attendu. Il nous semble donc judicieux d'élargir le nombre des représentations possibles de l'objet pour obliger le participant à produire un comportement éclairé.

Ainsi, afin de diminuer la probabilité de réponses induites par le seul fait du hasard, mais également pour tenter d'éclairer ce phénomène de convergence des réponses dans les situations contrôle, nous choisissons d'introduire deux distracteurs. C'est-à-dire de porter à quatre le nombre des représentations graphiques parmi lesquelles le participant devra indiquer celle qui est la plus proche de la représentation qu'il a élaborée à la présentation de l'item. Précisons que les quatre représentations graphiques doivent présenter le même objet dans quatre formes différentes.

6.2.2.6. La qualité du matériel

Dans la phase exploratoire, les pictogrammes présentés sont réalisés par nos soins. Peu expert en arts graphiques, il faut reconnaître que la représentation peut prêter à confusion. Le sentiment des participants, recueilli après l'exercice, révèle que tous n'ont pas correctement interprété les dessins. Cette imprécision peut être à l'origine de biais non contrôlés. Il importe donc de présenter des pictogrammes non ambigus.

L'utilisation de photographie des objets ne nous semble pas appropriée, car cela introduirait une trop grande disparité dans les représentations graphiques inter items, mais surtout intra item. La représentation graphique la plus susceptible de maintenir une certaine homogénéité entre tous les items mais surtout à l'intérieur d'un même item pour les quatre représentations proposées, nous semble être un dessin de l'objet. Mais un dessin réalisé par un expert afin de garantir une haute qualité de représentation comme nous le montre la figure 40.



Figure 40 : Gain de qualité de la représentation graphique de la phase exploratoire au dispositif expérimental

6.2.3. La modalité de présentation

La phase pré expérimentale nous éclaire sur le mode de passation à retenir. En effet, si la passation collective a le mérite de permettre le recueil rapide d'un grand nombre de données, elle ne garanti pas suffisamment, à nos yeux, la standardisation. Le matériel que nous proposons aux participants est essentiellement visuel, il s'agit de l'exécution d'un geste par un acteur puis de la présentation de quatre dessins. Il importe donc que chaque participant visualise la séquence vidéo et les représentations graphiques avec le même champ de vision.

Cette condition est rarement respectée lorsqu'un grand nombre de personnes font converger leurs regards vers un écran. Il suffit, pour s'en convaincre, d'assister à une séance de cinéma assis une première fois dans l'axe du centre de l'écran et une seconde fois sur le fauteuil de la première rangée, le plus à gauche de l'écran possible. D'autre part, une projection collective d'une séquence vidéo suppose une atmosphère assombrie pour éviter les reflets gênants. Cette pénombre pourrait être, on l'imagine aisément, l'occasion pour les participants de regarder la feuille de réponse de leur voisin proche. La convergence des réponses vers des dessins spécifiques, que nous souhaitons mettre en évidence, serait alors susceptible d'être contaminée par ces effets incontrôlables.

Pour les raisons que nous venons d'évoquer, nous allons préférer la situation individuelle pour la passation.

6.2.3.1. La passation individuelle

La passation étant individuelle, le participant sera placé face à un écran pour visualiser la séquence vidéo. Puis il devra se prononcer sur l'une des 4 propositions graphiques. Comme nous l'avons mis en évidence dans la phase exploratoire, les deux situations contrôle font apparaître une convergence des réponses, alors même qu'elles ne permettent pas de définir correctement l'objet. On peut faire l'hypothèse ici, que cette convergence des réponses correspond à une forme d'accord des participants sur une représentation prototypique de l'objet. On peut donc s'attendre à ce que le participant choisisse sa réponse après avoir étudié les quatre propositions afin de retenir celle qui lui semble la plus plausible. Cette démarche est différente de l'hypothèse que nous avons évoquée pour les deux situations concordantes. En effet, dans ces deux situations, le participant construit sa représentation avec la précision apportée par le geste. Cette représentation correspond à l'une des quatre représentations graphiques. Le participant choisit donc d'emblée, la représentation graphique qui est la plus proche de sa représentation mentale.

A travers cette explication, on sent tout l'intérêt que peut prendre la mesure du temps de réaction. En effet, suivant nos hypothèses, on peut s'attendre à ce que les réponses produites dans les situations contrôle se distinguent des réponses produites dans les situations concordantes par un temps de réponse plus important. C'est-à-dire que l'élaboration d'une représentation mentale de type imagée aidera le participant à retrouver plus rapidement la représentation graphique conforme à sa propre représentation. Alors qu'il lui faudra plus de temps pour retrouver sa représentation mentale, non précisée par le geste, parmi les propositions graphiques qui, toutes les quatre, peuvent convenir.

On voit se profiler, derrière ce descriptif, un dispositif expérimental informatisé. En effet, à ce jour, seul un ordinateur peut nous permettre de diffuser une séquence vidéo et recueillir une réponse tout en mesurant le temps de réaction.

Notre dispositif expérimental s'appuyant sur un enregistrement vidéo de l'acteur, le stimulus n'est donc pas un geste en situation naturelle, mais un enregistrement de ce geste. Il nous semble important de souligner ce point, car les résultats que nous obtiendrons seront vraisemblablement à pondérer par l'effet lié à cette forme de présentation. En effet, Barrier (2004), qui s'intéresse à l'analyse visuelle du geste dans le cadre d'interface homme/machine, apporte des résultats sur la trajectoire oculaire de sujets placés devant un ordinateur qui diffuse l'image d'une actrice et de sa gestuelle. Dans cette expérience, la séquence vidéo, assez proche de celle que nous proposons ici, est regardée avec une fixation importante sur le visage de l'actrice. En effet, les durées et fréquences de fixations montrent que le visage de l'actrice est regardé la plupart du temps tandis que les mouvements gestuels sont plutôt aperçus en périphérie. Il faut alors que le geste démontre une certaine saillance pour que le basculement de l'attention focale du visage vers les gestes puisse avoir lieu. Ainsi, et en suivant les conclusions de cet auteur, si les gestes que nous avons retenus ne sont pas suffisamment "démonstratifs", alors le geste peut n'être perçu qu'en périphérie du regard.

6.2.4. Assemblage des 21 items

21 items ont été élaborés suivant la méthodologie décrite ci-dessus. Ces 21 items sont donc déclinés dans les quatre conditions expérimentales : concordante 1, concordante 2, discordante 1 et discordante 2. Dans les 4 conditions expérimentales, un item ne diffère que par le contenu gestuel. Il est donc impossible de présenter un même item dans différentes conditions à un même participant. Il nous faut donc construire quatre séquences de 21 items comme l'illustre le tableau 28.

Les 4 représentations graphiques proposées seront les mêmes pour les 4 items dans les 4 conditions expérimentales. Les représentations graphiques attendues pour les conditions expérimentales concordante 1 et 2 seront distribuées aléatoirement parmi les 4 représentations graphiques attendues.

Nous avons vu que la mesure du temps de réaction serait prise en compte. Cette caractéristique du dispositif expérimental incite à prendre en compte la gestion du temps dans la présentation des items. En effet, la séquence vidéo est un enregistrement dont la durée est fonction de la durée d'exécution du geste. La lecture de cette séquence se fera, évidemment, à la même vitesse que son enregistrement. La durée de présentation de la

séquence au participant n'est donc pas "formatable" comme pourrait l'être la présentation d'un item d'un autre type : question écrite, schéma, etc . . .

Item	Séquence 1		Séquence 2		Séquence 3		Séquence 4	
	Modalité	Rep. attendue						
1	C1	C	C2	B	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D
2	C2	C	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	A
3	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	A	C2	C
4	D2	A, B, C, D	C1	D	C2	B	D1	A, B, C, D
5	C1	D	C2	B	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D
6	C2	C	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	B
7	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	B	C2	C
8	D2	A, B, C, D	C1	B	C2	D	D1	A, B, C, D
9	C1	C	C2	A	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D
10	C2	A	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	B
11	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	A	C2	C
12	D2	A, B, C, D	C1	C	C2	B	D1	A, B, C, D
13	C1	D	C2	B	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D
14	C2	B	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	A
15	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	A	C2	C
16	D2	A, B, C, D	C1	C	C2	A	D1	A, B, C, D
17	C1	B	C2	D	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D
18	C2	C	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	B
19	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D	C1	C	C2	A
20	D2	A, B, C, D	C1	A	C2	D	D1	A, B, C, D
21	C1	A	C2	D	D1	A, B, C, D	D2	A, B, C, D

Tableau 28 : construction des séquences expérimentales avec les items des 4 conditions expérimentales

Chacune de ces quatre séquences devra être équivalente, c'est pourquoi elle contiendra les 21 items dans les 4 conditions expérimentales, en alternant ces conditions à chaque item.

Par ailleurs, il est souhaitable que le participant réponde aussi rapidement que la représentation qu'il a élaborée le lui permet, afin de mettre en évidence l'effet temps de réaction dont nous avons parlé. Il est donc souhaitable de contraindre la durée de présentation des quatre représentations graphiques.

Au cours de la phase pré expérimentale, nous avons pu observer que la grande majorité des participants avait apporté une réponse dans les six premières secondes. Une durée de dix secondes pour la présentation des quatre représentations graphiques nous semble donc une bonne valeur.

Chaque item correspond alors à l'assemblage d'une séquence vidéo puis d'une présentation des quatre pictogrammes sur une durée de dix secondes

(figure 41). D'autre part, chaque item sera précédé d'un écran annonçant le nouvel item et un écran noir de deux secondes séparera chaque séquence vidéo des pictogrammes. Cet écran noir, entre la séquence vidéo et les pictogrammes est important car il permet au participant de se préparer à l'apparition des dessins. Il permet de "matérialiser" la transition entre la séquence vidéo et les représentations graphiques. En effet, toutes les séquences vidéo étant de longueur inégale puisque dépendante de la durée du verbal et du geste propre à chaque item, on peut penser que l'apparition immédiate des pictogrammes pourrait surprendre le participant. Et cet effet de surprise pourrait contaminer la mesure du temps de réaction. En intercalant un écran noir d'une durée constante de 2 secondes, le participant peut se préparer, de manière similaire sur tous les items, à l'apparition des pictogrammes.

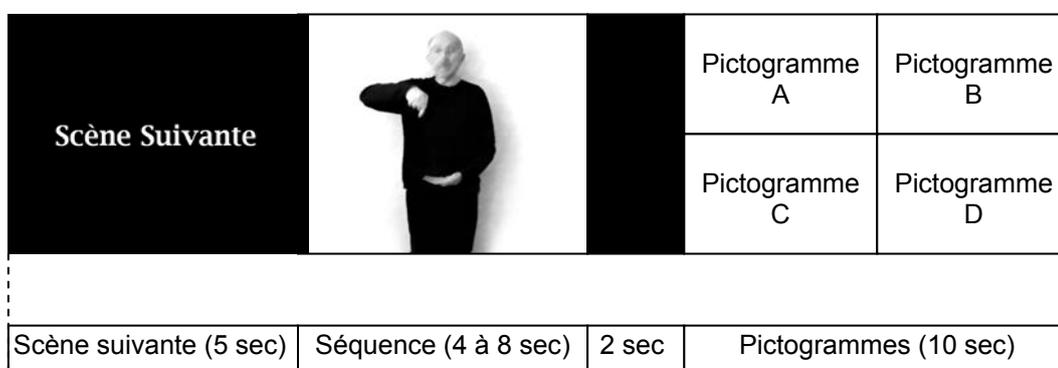


Figure 41 : découpage temporel du scénario d'un item

6.2.4.1. Prise en compte de la réponse

Le participant donne sa réponse après l'écran noir de deux secondes. Il a alors quatre possibilités de réponse : A, B, C, ou D. Le dispositif de réponse doit donc comporter quatre, et seulement quatre, touches dénommées A, B, C, et D et disposées comme sont disposés les quatre pictogrammes à l'écran. Ainsi, l'utilisation d'un clavier traditionnel d'ordinateur (102 touches) pourrait introduire un temps de latence mal maîtrisable du à la recherche de la bonne touche parmi les 101 autres. Il s'agit donc de construire un boîtier muni de quatre interrupteurs détectables par notre programme (Figure 42). L'ordinateur enregistrera alors la réponse ainsi que le temps écoulé depuis l'apparition des pictogrammes à l'écran.

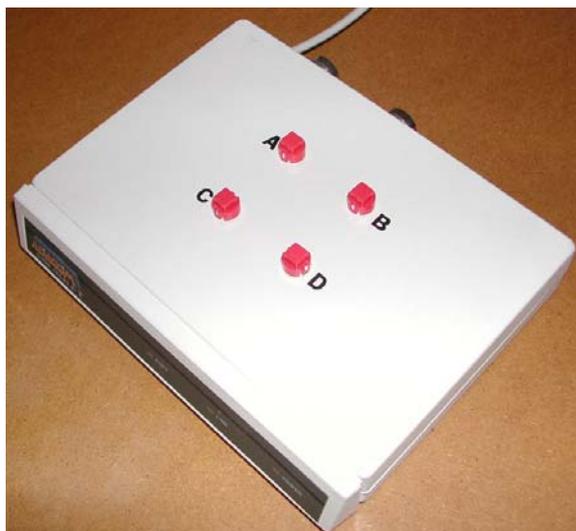


Figure 42 : le dispositif "4 touches" fabriqué par nos soins pour le recueil de la réponse et le temps de réaction

6.2.4.2. Hypothèse opérationnelle supplémentaire

Notre dispositif expérimental est composé d'une variable indépendante (VI) : le geste, et de deux variables dépendantes (VD1 et VD2) : la réponse produite par le participant et le temps de réaction respectivement. La VI prend 4 modalités : concordante 1 (C1), concordante 2 (C2), discordante 1 (D1) et discordante 2 (D2). VD1 est une variable nominale qui peut prendre les valeurs A, B, C ou D et VD2 est une variable d'intervalle qui peut prendre toutes les valeurs entre 0 et 10000 millisecondes.

Hypothèse 2.6 : lorsque le geste contient l'information permettant d'identifier une réponse parmi celles proposées, le temps de réponse est plus court que lorsque le geste ne contient pas d'information.

Hypothèse 2.7 : lorsqu'en l'absence d'information dans la gestuelle, une majorité significative des réponses convergent vers une même représentation alors le temps de réponse, pour désigner cette réponse, est plus important.

6.2.5. Les hypothèses opérationnalisées

Pour chacune des hypothèses, nous posons que la phrase prononcée oralement ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un objet parmi plusieurs.

Hypothèse 2.4-op : lorsque le geste accompagne cette phrase prononcée oralement et qu'il ne contient pas l'information pour désigner, de manière non ambiguë, un pictogramme parmi quatre, et qu'il existe par ailleurs une forme de l'objet représenté par les pictogrammes, plus usuelle que les trois autres alors le choix du pictogramme qui représente cet objet devient majoritaire.

Hypothèse 2.5-op : lorsqu'une phrase, prononcée oralement, ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner, de manière non ambiguë, un pictogramme parmi quatre, et que les mains restent immobiles, et qu'il existe par ailleurs une forme de l'objet représenté par les pictogrammes, plus usuelle que les trois autres alors le choix du pictogramme qui représente cet objet devient majoritaire.

Hypothèse 2.6-op : lorsque le geste contient l'information permettant d'identifier un pictogramme parmi les quatre proposés, le temps de réponse est plus court que lorsque le geste ne contient pas d'information.

Hypothèse 2.7-op : lorsqu'en l'absence d'information dans la gestuelle, une majorité significative des réponses convergent vers un même pictogramme alors le temps de réponse est plus important que lorsque ce même pictogramme est désigné en présence d'un geste qui permet de l'identifier.

6.3. Résultats

Pour cette présentation des résultats, nous n'allons détailler que quatre des vingt et un items qui. Il s'agit de ceux qui présentent les caractéristiques les plus saillantes. Ces résultats sont confortés par les dix sept autres items qui présentent des caractéristiques similaires. Afin de ne pas alourdir la démonstration, un tableau récapitulatif de l'ensemble des résultats sera présenté. Les résultats des dix sept autres items, similaires à ceux que nous précisons ci-après, sont disponibles dans les annexes II de ce document.

6.3.1. La population

Notre population est composée de 82 participants dont l'âge varie de 17 à 60 ans. Les quartiles de la distribution des âges sont situés à 20, 22 et 26 ans ce qui révèle une plus grande proportion des participants d'environ 20 à 25 ans dans notre échantillon. Il s'agit de 49 hommes et 33 femmes.

La répartition entre les quatre séquences est homogène puisque 21 personnes ont visualisé la séquence 1, 21 personnes également la séquence 2, 20 personnes ont visualisé la séquence 3 et 20 personnes également la séquence 4. Les items

6.3.1.1. Item 1

Le contenu verbal et gestuel de l'item 1 est présenté dans le tableau 29. La figure 43 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai vu un escalier en colimaçon"	Spirale d'un diamètre de 8 cm sur 3 tours pour 30 cm de hauteur	Spirale d'un diamètre de 40 cm sur 2 tours pour 10 cm de hauteur

Tableau 29 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 1

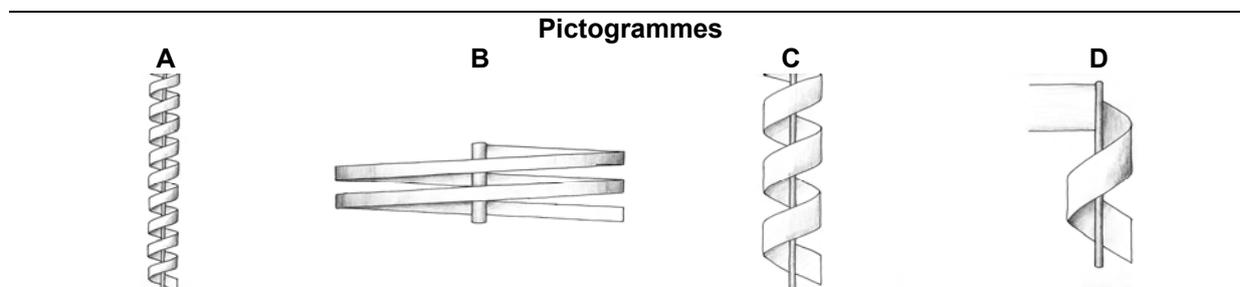


Figure 43 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 1

seq	Pictogrammes				Total
	A	B	C	D	
C1 1 Fréq. observées	1	0	12	7	20
C2 2 Fréq. observées	1	4	10	5	20
D1 3 Fréq. observées	2	1	8	9	20
D2 4 Fréq. observées	2	2	11	5	20
Total Fréq. observées	6	7	41	26	80

Tableau 30 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

Une première lecture rapide de cette table de contingence nous permet de constater que dans la première condition concordante, les sujets semblent avoir désigné le pictogramme qui correspond à l'information que donne le geste coverbal. Le geste suivant, pour la deuxième situation concordante, quant à lui, ne semble pas avoir eu l'impact espéré car les sujets sont visiblement plus nombreux à avoir désigné le même pictogramme que pour le geste précédent. Ces résultats semblent aller dans le sens d'une surreprésentation de la réponse C.

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	0	12	7	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 31 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=18,800$ est significatif ; $p<.001$.

Ce test d'hypothèse nous permet donc de confirmer l'hypothèse opérationnelle 2.1-op. En effet, la réponse des participants s'est majoritairement portée sur le pictogramme C (tableau 31), c'est-à-dire la représentation qui correspond à l'information que le geste apporte pour préciser le contenu verbal et permettre de désigner ce pictogramme.

Nous avons vu que pour s'assurer de l'impact du geste sur la représentation, il faut également qu'un second geste, porteur d'une autre information, amène les participants à désigner un autre pictogramme correspondant lui aussi à l'information véhiculée par ce nouveau geste. C'est ce que propose la seconde situation concordante.

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	4	10	5	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 32 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=8,400$ est significatif ; $p<.038$.

Ce test d'hypothèse permet donc de rejeter l'hypothèse d'indépendance et de conclure que les quatre pictogrammes ne sont pas désignés de la même manière. Toutefois, il s'agit encore du pictogramme C (tableau 32) qui concentre la majorité des réponses. L'hypothèse opérationnelle 2.1bis-op n'est donc pas confirmée. En effet, le geste est porteur d'une information qui permet d'identifier le pictogramme B mais celui-ci n'est pas la réponse que choisissent majoritairement les sujets.

Nous découvrons alors, qu'avec les deux conditions concordantes, c'est-à-dire deux gestes coverbaux qui apportent une information différente, les participants désignent la même représentation. Il nous faut donc maintenant vérifier que pour les deux situations discordantes, c'est-à-dire en présence

d'un geste qui ne donne pas d'information et en l'absence de geste, les réponses des participants se distribuent aléatoirement sur les quatre pictogrammes.

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	1	8	9	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 33 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p<.019$.

Nous découvrons ici, que les quatre pictogrammes ne sont pas désignés indépendamment. En effet, les pictogrammes C et D (tableau 33) concentrent sur eux la majorité des réponses. Pour cette condition discordante le geste, un battement des mains, ne porte pas d'information permettant de désigner un pictogramme plus que les trois autres et pourtant la majorité des sujets choisissent les représentations C et D. L'hypothèse opérationnelle 2.2-op n'est donc pas confirmée.

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	2	11	5	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 34 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la Condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=10,800$ est significatif ; $p=.013$.

Pour cette deuxième situation discordante, avec absence de geste, les réponses des participants convergent également vers le pictogramme C (tableau 34). L'hypothèse opérationnelle 2.3-op n'est donc pas confirmée.

Comme lors de la pré expérimentation que nous avons décrite plus avant dans ce chapitre, les sujets semblent avoir une représentation de l'escalier en colimaçon que le geste ne parvient pas à impacter. Nous verrons un peu plus loin, et par comparaison avec d'autres items, quels peuvent être les arguments permettant d'expliquer la configuration des réponses que nous venons d'observer. Cet item de l'escalier en colimaçon correspond, nous l'avons vu plus avant, à un geste de type spatiographique. Intéressons nous maintenant à un autre item, le portrait, pour lequel nous avons mis en œuvre un geste de type pictomimique.

6.3.1.2. Item 3

Le contenu verbal et gestuel de l'item 3 est présenté dans le tableau 35. La figure 44 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo.

Discours	Geste	
	C1	C2
" J'ai vu un portrait de sa maman "	Main gauche horizontale, paume vers le haut et main droite horizontale 18 cm au dessus paume vers le bas	Main gauche horizontale, paume vers le haut et main droite horizontale 100 cm au dessus paume vers le bas

Tableau 35 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 3

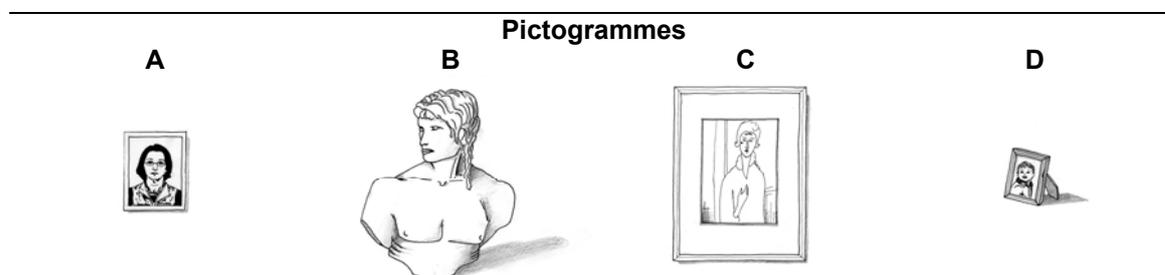


Figure 44 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 3

seq		Fréq. observées	Pictogrammes				Total
			A	B	C	D	
D1	1	Fréq. observées	18	0	3	0	21
D2	2	Fréq. observées	18	1	2	0	21
C1	3	Fréq. observées	18	0	1	1	20
C2	4	Fréq. observées	5	0	15	0	20
Total		Fréq. observées	59	1	21	1	82

Tableau 36 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

La première lecture rapide de cette nouvelle table de contingence (tableau 36) nous permet de constater une différence par rapport à la précédente. En effet, cette fois pour la première condition concordante, les sujets semblent avoir désigné le pictogramme qui correspond à l'information

que donne le geste coverbal. Et le geste suivant, pour la deuxième situation concordante, semble avoir eu l'impact espéré puisque les sujets sont visiblement plus nombreux à avoir désigné un second pictogramme. Contrairement à l'item de l'escalier en colimaçon, le geste semble avoir eu un rôle sur la désignation du pictogramme correspondant à l'information qu'il apporte.

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	0	1	1	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 37 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=45,200$ est significatif ; $p<.001$.

Ici, les sujets ont, de manière statistiquement significative, désigné le pictogramme attendu A (tableau 37). Comme pour l'escalier en colimaçon l'hypothèse 2.1-op est confirmée.

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	5	0	15	0	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 38 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=30,000$ est significatif ; $p<.001$.

Ici, et contrairement aux résultats de l'escalier en colimaçon, les sujets ont, de manière statistiquement significative, désigné le pictogramme attendu C (tableau 38), c'est-à-dire un autre pictogramme que celui désigné par le groupe de sujets précédents. Pour cet item du portrait l'hypothèse 2.1bis-op est confirmée.

Il nous faut maintenant vérifier que pour les deux situations discordantes, les quatre représentations sont désignées indifféremment.

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	0	3	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 39 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=42,429$ est significatif ; $p<.001$.

Comme dans le cas de l'escalier en colimaçon, les quatre pictogrammes ne sont pas désignés indifféremment. En effet, le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres (tableau 39). L'hypothèse 2.2-op, comme dans le cas de l'escalier, n'est pas confirmée.

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	1	2	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 40 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour désigner les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En $Khi\ carré(3)=41,667$ est significatif ; $p<.000$.

Ici, en l'absence de geste, les pictogrammes ne sont pas pour autant désignés indifféremment. En effet, une nouvelle fois le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres (tableau 40). Comme dans le cas de l'escalier, l'hypothèse opérationnelle 2.3-op n'est pas confirmée.

Cet item montre des résultats qui vont dans le sens de l'hypothèse que nous avons posée du rôle du geste coverbal pour l'élaboration de la représentation. En effet, nous venons de découvrir que deux gestes différents, qui accompagnent une même phrase prononcée oralement, conduisent à l'élaboration de deux représentations différentes.

Toutefois, les deux conditions contrôles que nous avons introduites révèlent qu'en l'absence d'information par le geste, les sujets semblent

s'accorder sur une représentation identique, alors même que la phrase prononcée oralement ne contient pas suffisamment d'informations pour désigner l'un ou l'autre des pictogrammes. Nous nous sommes donc interrogés sur le temps de réponse mis par les sujets pour désigner ce pictogramme suivant que le geste apporte l'information pour le désigner ou que ce pictogramme soit choisi sans cette information.

Séquence		Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(A) & D2(A)	36	4662,61	,444 ns
	C2(A)	18	4341,72	

Tableau 41 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(A) & D2(A) Vs C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 41 nous indique que $t(52)=,772$ n'est pas significatif ; $p=.444$.

Ici, nous ne pouvons donc pas conclure qu'il existe une différence statistiquement significative de temps de réponse pour ce pictogramme A suivant que le geste apporte ou n'apporte pas l'information nécessaire pour le désigner.

Nous venons de voir, avec cet item du portrait, que le geste est en mesure de jouer un rôle pour l'élaboration de la représentation. En effet, en modifiant ce geste, les sujets ont modifié leur représentation. Toutefois, ce rôle conserve des zones d'ombre puisqu'en l'absence de l'information nécessaire, les sujets semblent néanmoins s'accorder sur une même représentation. Et par ailleurs, nous venons de constater que pour cet item du portrait, il ne faut pas plus de temps aux participants pour désigner le pictogramme A, que le geste leur apporte l'information ou non.

Nous avons étudié les résultats d'un geste spatiographique, puis pictomimique. Intéressons nous maintenant à un geste de type kinémimique, l'item du téléphone.

6.3.1.3. Item 6

Discours

Geste

	C1	C2
"J'ai téléphoné"	Main gauche en forme de combiné posé sur l'oreille gauche. Main droite simule la composition du numéro sur le socle du téléphone posé sur une table	Main gauche tient le combiné devant les yeux. Main droite ouvre le clapet en un geste arc de cercle vers l'avant puis compose le numéro sur ce même combiné. (façon téléphone portable)

Tableau 42 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 6

Le contenu verbal et gestuel de l'item 6 est présenté dans le tableau 42. La figure 45 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo.

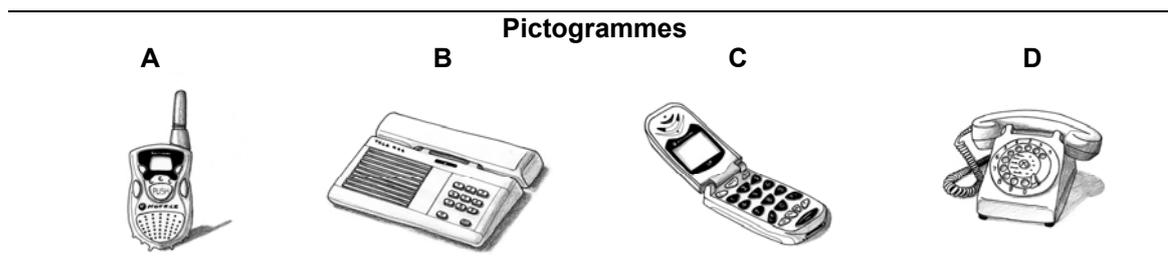


Figure 45 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 6

seq	Pictogrammes				Total
	A	B	C	D	
C2 1 Fréq. observées	0	0	21	0	21
D1 2 Fréq. observées	2	1	9	8	20
D2 3 Fréq. observées	2	7	8	3	20
C1 4 Fréq. observées	0	16	1	3	20
Total Fréq. observées	4	24	39	14	80

Tableau 43 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

Ici, pour la première situation concordante, le $Khi\ carré(3)=33,200$ est significatif ; $p<.001$, c'est-à-dire que les sujets n'ont pas désigné indifféremment les pictogrammes et leurs réponses se sont, de manière statistiquement significatives, concentrées sur le pictogramme B (tableau 43). Ce résultat confirme l'hypothèse 2.1-op.

Il en va de même pour l'hypothèse 2.1bis-op. En effet, le $Khi\ carré(3)=63,00$ est significatif ; $p<.001$, et les sujets ont désigné le pictogramme C attendu (tableau 43).

Les résultats pour les deux conditions discordantes sont alors différents de ce que nous avons observé pour les deux items précédents, l'escalier et le portrait. En effet, pour la condition discordante avec un geste qui n'apporte pas d'information, le $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p=0.019$, c'est-à-dire que les sujets n'ont pas désigné les pictogrammes indifféremment mais

lorsqu'il y a absence de geste, la seconde situation discordante, le *Khi carré*(3)=5,200 n'est pas significatif ; $p=.158$. En l'absence de geste, les sujets n'ont donc pas désigné les pictogrammes de manière différenciée, ce qui confirme l'hypothèse 2.3 - op (tableau 43).

Pour la première situation discordante, nous venons de voir que les pictogrammes n'ont pas été désignés indifféremment. Comme pour l'item du portrait, nous allons maintenant comparer les temps de réponse des sujets pour désigner un item suivant que l'information est présente ou absente dans le geste.

On constate alors que $t(28)=2,100$ est significatif ; $p=.045$, c'est-à-dire que le pictogramme C est désigné plus rapidement lorsque le geste est porteur de l'information pour le désigner ($M=3429,71$ ms, $SD=1600,383$) qu'en situation discordante, c'est-à-dire lorsque le geste n'apporte pas cette information ($M=4776,78$ ms, $SD=1635,267$). Ce résultat confirme l'hypothèse opérationnelle 2.7-op.

Avec cet item du téléphone nous constatons que le rôle du geste pour l'élaboration de la représentation se confirme. Et par rapport à l'escalier en colimaçon et au portrait, les résultats pour cet item apportent deux nouvelles informations. La première concerne la désignation indifférenciée des pictogrammes en l'absence d'information dans le geste. Et la seconde confirme l'hypothèse de différence significative de temps de réponse pour désigner un item suivant que le geste apporte ou non l'information.

Poursuivons dans l'analyse des résultats et dirigeons nous maintenant vers l'item 13, l'appareil grossissant.

6.3.1.4. Item 13

Le contenu verbal et gestuel de l'item 13 est présenté dans le tableau 44. La figure 46 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai utilisé un appareil grossissant pour mieux voir "	Main droite fermée comme si elle tenait le manche des yeux et l'objet virtuel à observer	Les deux mains tiennent une paire de jumelle

Tableau 44 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 13

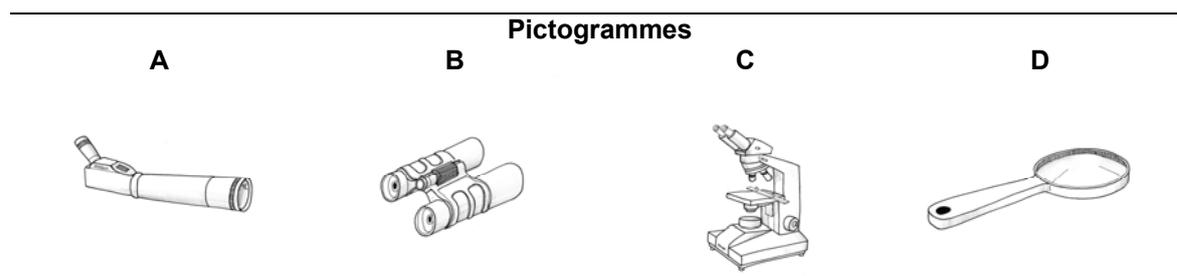


Figure 46 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 13

Ici, pour la première situation concordante, le $Khi\ carré(3)=48,143$ est significatif ; $p<.001$, c'est-à-dire que les sujets n'ont pas désigné indifféremment les pictogrammes et leurs réponses se sont, de manière statistiquement significatives, concentrées sur le pictogramme D. Ce résultat confirme l'hypothèse 2.1-op.

Il en va de même pour l'hypothèse 2.1bis-op. En effet, le $Khi\ carré(3)=63,00$ est significatif ; $p<.001$, et les sujets ont désigné le pictogramme B attendu.

Les résultats pour les deux conditions discordantes vont maintenant dans le sens attendu par notre hypothèse. En effet, pour la condition discordante avec un geste qui n'apporte pas d'information, le $Khi\ carré(3)=2,800$ n'est pas significatif ; $p=.423$, c'est-à-dire que les sujets ont désigné les pictogrammes indifféremment. Ce qui confirme l'hypothèse 2.2-op.

Et lorsqu'il y a absence de geste, la seconde situation discordante, le $Khi\ carré(3)=4,000$ n'est pas significatif ; $p=.261$. Ici également, les sujets n'ont donc pas désigné les pictogrammes de manière différenciée, ce qui confirme l'hypothèse 2.3 - op.

Nous pouvons alors nous tourner vers les temps de réponse et analyser les résultats suivant les deux conditions concordantes et discordantes. En effet, il est intéressant de constater qu'en situation concordante, c'est-à-dire lorsque le geste apporte l'information pour désigner un pictogramme parmi les quatre, alors les sujets apportent une réponse plus rapidement ($M=2040,73$ ms, $SD=1002,538$) qu'en situation discordante, c'est-à-dire lorsqu'ils doivent désigner un pictogramme sans information suffisante pour l'identifier ($M=4325,28$ ms, $SD=2279,170$). En effet $t(78)=5,803$ est significatif ; $p<.001$, ce qui confirme l'hypothèse opérationnelle 2.6-op.

Ainsi, avec cet item de l'appareil grossissant, nous constatons que le rôle du geste pour l'élaboration de la représentation est une nouvelle fois confirmée. Mais également que, sans l'information véhiculée par le geste, les

participants ont désigné les pictogrammes indifféremment. L'impact du geste est ici renforcé par l'observation du temps de réponse qui révèle une plus grande rapidité pour désigner le pictogramme lorsque le geste coverbal véhicule l'information pertinente.

Nous allons maintenant récapituler l'ensemble des résultats pour les 21 items par rapport aux hypothèses opérationnelles.

6.3.2. Tableau récapitulatif des résultats

items	rep. proto.	hypothèses							
		2.1	2.1bis	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
1 : escalier	oui	oui	non	non	non	oui	oui	non	non
2 : carton	oui	non	oui	non	non	oui	oui	non	non
3 : portrait	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	non	non
4 : pompe	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui
5 : curseur	oui	oui	oui	non	oui	oui	non	oui	oui
6 : téléphone	oui	oui	oui	non	oui	oui	non	oui	oui
7 : trou	oui	oui	non	non	non	oui	oui	oui	oui
8 : tire-bouchon	oui (2)	oui	oui	non	non	non	non	oui	oui (2)
9 : écrire	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui
10 : montre	oui	oui	oui	non	oui	oui	non	non	non
11 : état de surface	oui	non	non	oui	non	-	oui	non	-
12 : pliage	oui	oui	non	non	non	oui	oui	oui	-
13 : grossissement	non	oui	oui	oui	oui	-	-	oui	-
14 : pente	oui (2)	oui	oui	non	non	oui (2)	oui (2)	non	non
15 : rasoir	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	non
16 : perceuse	oui	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui
17 : balance	oui	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	-
18 : soudage	oui	non	oui	non	non	oui	oui	non	-
19 : peinture	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	non	non
20 : puiser eau	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui
21 : cartable	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui

Tableau 45 : tableau récapitulatif des résultats pour l'ensemble des items. (Les données sont disponibles dans les annexes II.)

Au cours de la phase pré expérimentale, nous avons découvert qu'en l'absence d'information apportée par le geste, les participants semblaient s'accorder sur une même représentation. Cette forme de représentation, que nous avons appelé prototypique, apparaît pour nos items chaque fois que les hypothèses 2.2-op et 2.3-op ne sont pas confirmées. Le tableau 45 nous montre alors qu'un seul item n'est pas porteur d'une représentation sur laquelle la majorité des participants s'accorde en l'absence d'information suffisante. Il s'agit de l'item de l'appareil grossissant. Pour trois autres items, les sujets s'accordent sur une même représentation lorsque le geste est sans signification mais pas lorsqu'il y a absence de geste (item 11, 16 et 17) et trois autres items présentent la configuration inverse, c'est-à-dire que les sujets s'accordent sur une même représentation lorsqu'il n'y a pas de geste mais plus lorsque le geste est sans signification (item 5, 6 et 10).

Nous avons vu, avec la phase pré expérimentale, que l'infirmité des hypothèses 2.2-op et 2.3-op ne remet pas en cause le rôle du geste mais au contraire contribue à démontrer l'importance de son impact sur l'élaboration de la représentation chez le locuteur. En effet, la prégnance d'une représentation prototypique sur laquelle s'accorde une majorité de participants en l'absence d'information véhiculée par le geste, nécessite une contribution plus forte encore du geste pour inviter le locuteur à se détacher de cette représentation. Le geste n'a alors plus simplement le rôle de complément d'information pour préciser une représentation parmi tous les possibles mais doit en outre être porteur d'une efficacité qui justifie de s'en remettre à lui.

Ainsi, dans l'ensemble des vingt et un items, seuls ceux qui infirment les hypothèses opérationnelles 2.1-op et/ou 2.1bis-op révèlent des situations où le rôle du geste ne montre aucune efficacité. Il s'agit des items 1,2, 7, 11, 12 et 18.

6.3.2.1. Analyse de l'item 1

Pour l'item 1, l'escalier en colimaçon, les pictogrammes A et D sont les distracteurs. Les réponses attendues sont donc C et B. Or l'on constate que quelque soit le geste, les sujets désignent le pictogramme C. Le geste est pourtant sans ambiguïté puisqu'il décrit une spirale qui s'inscrit dans un volume cylindrique de 8 cm de diamètre et 30 cm de hauteur dans la première condition concordante et 40 cm de diamètre pour 10 cm de hauteur dans la seconde condition concordante.

Il nous semble que deux explications peuvent être avancées pour expliquer ce qui devient un dysfonctionnement de cet item. En effet, la phrase prononcée oralement évoque le mot « escalier ». Le pictogramme B semble alors peu plausible architecturalement. En effet ce pictogramme s'apparente beaucoup plus à une rampe d'accès automobile. Par ailleurs les sujets ne visualisent qu'une seule des quatre séquences. Ils n'ont donc pas de point de comparaison possible entre le premier geste et le second, ce qui les aiderait vraisemblablement à distinguer la première information et la seconde donnée par deux gestes différents.

D'autre part, mais compte tenu du faible effectif cette observation n'est donnée qu'à titre indicative, on pourra noter avec intérêt que si l'on compose 2 groupes avec d'une part ceux qui ont correctement répondu et ceux qui ont choisi les trois réponses A, C ou D alors les 4 sujets qui ont indiqué la bonne réponse présentent un score sur le test visuo-spatial supérieur ($M=28,75$, $SD=3,5$) de manière significative aux 16 autres sujets ($M=22,50$, $SD=6,947$), $t(18)=-2,535$; $p=.03$.

6.3.2.2. Analyse de l'item 2

Pour cet item du carton, il faut constater qu'une majorité de sujets désigne le pictogramme C quelle que soit la condition concordante ou discordante. Au total c'est 57 sujets sur 80, soit 71,3% des réponses, toutes conditions confondues qui convergent vers cette représentation. De prime abord il semble falloir admettre que le geste n'a aucun impact et que le seul carton plausible pour les sujets soit le carton représenté par le pictogramme C.

Comme pour l'item précédent, deux explications nous semblent pouvoir éclairer cette distribution des réponses. Tout d'abord, comme pour l'escalier en colimaçon, les sujets ne voient qu'une seule séquence et n'ont donc pas de point de repère pour distinguer le geste de faible amplitude de la première situation concordante qui donne l'information du pictogramme A et le geste de grande amplitude de la seconde situation concordante qui donne l'information du pictogramme C. Pour le sujet qui ne voit qu'une condition, on peut légitimement penser que rien ne lui permet de découvrir qu'un autre geste, plus grand ou plus petit permet de sérier correctement les deux pictogrammes.

D'autre part, notre objectif étant d'étudier l'impact du geste, nous n'avons pas souhaité, dans la consigne, prévenir les sujets qu'ils devraient être attentifs à la gestuelle des mains. Ainsi l'on peut penser que les premiers items sont victimes de leur position en début de protocole. Les séquences vidéo, d'une durée de 6 secondes en moyenne, sont en effet relativement courtes pour une familiarisation rapide avec ce matériel. Ainsi les sujets qui concentreraient leur regard sur le visage de l'acteur pour balayer ensuite le reste de la scène, ont vraisemblablement besoin, à minima, des deux premiers items pour comprendre qu'une partie de l'information est à rechercher du côté du geste. Ce qui expliquerait également le fait, comme nous l'avons montré ci-dessus, que le premier des items qui présente des résultats dans le sens des hypothèses que nous avons posées, soit le troisième item. Le quatrième, quant à lui, étant plus encore significatif comme on peut le constater dans les résultats donnés en annexe II.

6.3.2.3. Analyse de l'item 7

Comme pour l'item de l'escalier en colimaçon, cet item est confronté à un problème de réalisme des représentations proposées par les quatre pictogrammes. En effet, la phrase prononcée oralement fait référence à un trou destiné à faire passer un « câble ». Les quatre pictogrammes proposent alors, quatre formes de trous différents que le sujet peut, cette fois, comparer entre eux grâce à la présence d'un point de repère, la représentation d'une prise électrique à côté du trou est identique pour les quatre pictogrammes. On

comprend alors, en regardant les résultats obtenus, que loin d'aider le sujet à estimer une dimension grâce à ce point de repère, la présence de cette prise électrique contribue à faire perdre aux pictogrammes A, C, et D toute forme de réalisme. En effet, le pictogramme A montre alors un trou d'une taille capable de faire passer un câble que l'on trouve plus naturellement au fond des mers que dans une maison d'habitation. Le pictogramme D quant à lui, suppose un câble de section rectangulaire, peu commun également. Et le pictogramme C un trou béant digne du plus mauvais des électriciens que l'on n'a aucune chance de rencontrer dans aucune installation nécessitant le passage d'un câble. En terme de réalisme, il ne reste donc aux sujets que le pictogramme B.

On notera tout de même, que si le geste ne montre pas cette efficacité dont nous avons parlé plus avant pour amener les sujets à désigner de manière unanime un seul et même pictogramme, il n'en demeure pas moins que les résultats observés sont différents pour les deux situations concordantes. Ainsi, pour la seconde condition concordante, le geste ne parvient pas à susciter l'unanimité sur l'élaboration de la représentation mais, comme le montre le *Khi carré*(3)=7,200 qui n'est pas significatif ; $p=.066$, les sujets distribuent leurs réponses de manière indifférenciée sur les quatre pictogrammes comme si le geste installait le doute dans l'élaboration de leur représentation. Alors que le geste adéquat pour désigner le pictogramme B, plausible, avait correctement fonctionné.

6.3.2.4. Analyse de l'item 11

Pour cet item, le concepteur du matériel expérimental accepte de faire son mea culpa et reconnaît, après réflexion, que cet item avait très peu de chance de rencontrer un écho familier chez les sujets qui ont accepté de participer à cette expérience. En effet, l'état de surface dont il est question dans cet item, fait référence à un enseignement en machine à commande numérique de notre cursus de formation en génie mécanique. Il s'agit ici de l'état de surface obtenu après une opération de surfaçage avec une machine de type fraiseuse horizontale pour laquelle plusieurs paramètres d'avance de la table et de rotation de la tête sont utilisés. Les différents états de surface ne s'observant qu'avec un œil aiguisé voire tactilement, on comprend mieux toute la difficulté qu'a eu la dessinatrice pour les représenter sous forme de pictogramme. Les gestes quant à eux sont empruntés aux enseignants qui dispensent cette matière.

Ceci posé, cet item n'est pas complètement dénué d'intérêt. En effet, s'il est bien un item qui n'a aucune chance de posséder une représentation usuelle, du moins pour des sujets qui ne sont pas familiers de l'usage industriel, c'est bien ce que propose cet item. Et l'on découvre que pour les

deux situations concordantes et la première situation discordante, les quatre pictogrammes sont désignés indifféremment. Ici le verbal révèle correctement son imprécision et montre une élaboration des représentations inter-sujets très différentes.

6.3.2.5. Analyse de l'item 12

Pour cet item, le pliage, il s'agit d'un geste de type kinémimique dont nous avons vu qu'il était dynamique. Ici les deux mains miment un dépliage à la manière d'un livre que l'on ouvre. En regardant les résultats on observe que la première situation concordante fonctionne correctement et les sujets désignent le pictogramme C attendu de manière significative. Par contre, pour la seconde situation concordante, les sujets désignent de manière équivalente, les pictogrammes A et B. En y regardant de plus près, on constate que, le geste étant dynamique, le pictogramme A correspond à la position de départ des mains et le pictogramme B à la position finale d'exécution du geste. La phrase prononcée oralement fait référence à un « dépliage » mais il faut reconnaître que rien, ni dans le geste ni dans le discours, n'indique si la représentation doit être celle de la position initiale ou finale. Les sujets ont donc choisi, pour certains la position de départ et pour les autres la position finale.

Cette analyse est confortée par la mesure du temps de réponse qui ne montre pas différence entre les 10 sujets qui désignent le pictogramme A ($M=4525,40$ ms $SD=1970,584$), et les 10 autres sujets qui désignent le pictogramme B ($M=4175,90$ ms, $SD=1765,799$), $t(18)=0.418$; $p=.681$

6.3.2.6. Analyse de l'item 18

Pour cet item, le soudage, les résultats sont sensiblement similaires à ce que nous avons observé pour l'item 12. En effet, les deux situations discordantes, fonctionnent comme la plupart des autres items et révèlent une représentation partagée par la majorité des sujets. En effet, en l'absence d'information dans le geste et en l'absence de geste, les participants ont majoritairement désigné le pictogramme A, le chalumeau. Cet appareil de soudage est en effet relativement usuel et d'une diffusion assez large pour qu'une majorité des sujets ait déjà rencontré ce type d'appareil. Et le geste montre un impact d'une relative efficacité puisqu'il parvient à amener les sujets à élaborer une autre représentation, celle du soudage à l'arc, le pictogramme C pour la seconde situation concordante. Seule la première situation concordante ne fonctionne pas de manière attendue et les réponses des sujets se répartissent sur les quatre pictogrammes indifféremment. Le geste donne ici l'information du soudage par point. Un procédé de soudage assez confidentiel puisque utilisé principalement dans l'industrie automobile et donc difficilement accessible. Par ailleurs le geste simulait la tête du robot

de soudage. Le pictogramme devant représenter la totalité du robot pour sa compréhension, les deux points sont donc peu visibles et difficilement identifiables sur la représentation graphique ce qui explique vraisemblablement le fait qu'aucune majorité de sujets ne se soit accordée sur ce pictogramme B.

L'analyse du rôle de la gestuelle des mains, à travers les résultats sur chaque item, nous permet d'abonder nos hypothèses dans le sens d'un impact du geste coverbal de type illustratif pour l'élaboration de la représentation du locuteur. Au chapitre précédent nous avons élaboré et validé un outil d'évaluation de la représentation visuo-spatiale que nous avons proposé aux sujets qui ont participé à cette expérience de gestualité. Il convient donc, maintenant que nous avons précisé l'impact du geste sur l'élaboration de la représentation, analyser le lien entre la capacité de représentation visuo-spatiale et le rôle du geste.

6.3.3. Gestuelle et capacité de représentation visuo-spatiale

Les sujets qui ont participé à cette expérience du rôle du geste coverbal ont été évalués à l'aide du test de capacité de représentation visuo spatiale que nous avons élaboré et présenté au chapitre précédent. Nous pouvons donc reprendre les résultats de l'expérience gestualité à la lumière de cette seconde évaluation dont nous disposons pour chacun des participants.

Le protocole expérimental que nous avons proposé s'appuie, comme nous l'avons expliqué plus avant, sur l'assemblage de vingt et une scènes pour lesquelles nous attendons du sujet qu'il apporte une réponse en désignant un pictogramme parmi quatre proposés. En situation concordante, chaque item possède donc une et une seule réponse correcte attendue. En situation discordante par contre, aucun des pictogrammes n'est porteur de réponse correcte. Chacun des sujets a été confronté à une séquence d'items qui comporte à la fois des situations concordantes et discordantes. En ne retenant que les situations concordantes pour chaque séquence, on constate que le sujet s'est vu proposer un ensemble d'items pour lesquels une réponse correcte est attendue. Par ailleurs, nous avons également constaté, dans les résultats, que si la majorité des sujets s'accordait sur le pictogramme attendu et confirmait le rôle du geste, une minorité de sujets désignait les autres pictogrammes. Il existe donc une variabilité inter sujet pour l'impact du geste.

Nous allons nous appuyer sur cette variabilité et sommer chaque réponse correcte afin d'attribuer un score global à chaque sujet. En procédant de la sorte, nous constatons que les séquences 1 et 2, génèrent un score global maximal de onze alors que les séquences 3 et 4, génèrent un score global maximal de dix.

D'autre part, nous venons de voir que les items 1, 2, 7, 11, 12, et 18 présentent des distributions de réponses dont nous avons argumenté les dysfonctionnements. En effet les items 1 et 2 présentent des défauts de conception doublés d'une position en début d'expérience qui fragilise leur caractéristique. Les items 7, 11 et 12 sont très clairement défectueux et présentent des ambiguïtés d'interprétation. Seul l'item 18 pose question car il ne semble pas être défectueux. En effet, nous avons montré le rôle du geste pour sa deuxième situation concordante, ainsi que ses deux situations discordantes. Seule la première situation concordante ne parvient pas à fédérer une majorité de sujets pour désigner le pictogramme attendu, néanmoins 5 sujets le désignent.

Nous choisissons donc d'exclure les items 1, 2, 7, 11 et 12 de notre analyse et choisissons de conserver l'item 18 pour lequel nous ne trouvons pas suffisamment d'arguments, théorique et méthodologique, justifiant son exclusion. Les scores globaux maximaux deviennent alors 9, 9, 7 et 7 respectivement pour les séquences 1, 2, 3 et 4. Les deux séquences 3 et 4 ne permettant pas aux sujets d'obtenir un score équivalent aux sujets des séquences 1 et 2, nous allons normaliser chacune des distributions en rapportant les scores globaux à leur score Z de façon à fabriquer une seule distribution de moyenne zéro et d'écart type un.

Nous allons maintenant nous appuyer sur une analyse de régression linéaire qui nous permettra d'étudier la dépendance des deux mesures qui forment le score sur l'outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo spatiale et le score global pour l'expérience de gestuelle.

Le coefficient de corrélation nous indique qu'il existe un lien positif entre le score qu'obtient le sujet sur l'évaluation de ses capacités de représentation visuo-spatiale et son score sur l'expérience gestuelle ($r=.344$, $p=.002$, $N=78$).

L'analyse de variance nous indique que l'hypothèse d'une relation linéaire entre le score sur l'expérience de gestuelle et le prédicteur, le score en visuo spatial est pertinente. La figure 47 illustre graphiquement cette relation linéaire. En effet, $F(78)=10,171$ est significatif ; $p=.002$. On peut donc exprimer les scores en gestuelle en fonction linéaire du prédicteur, le score sur le test visuo spatial.

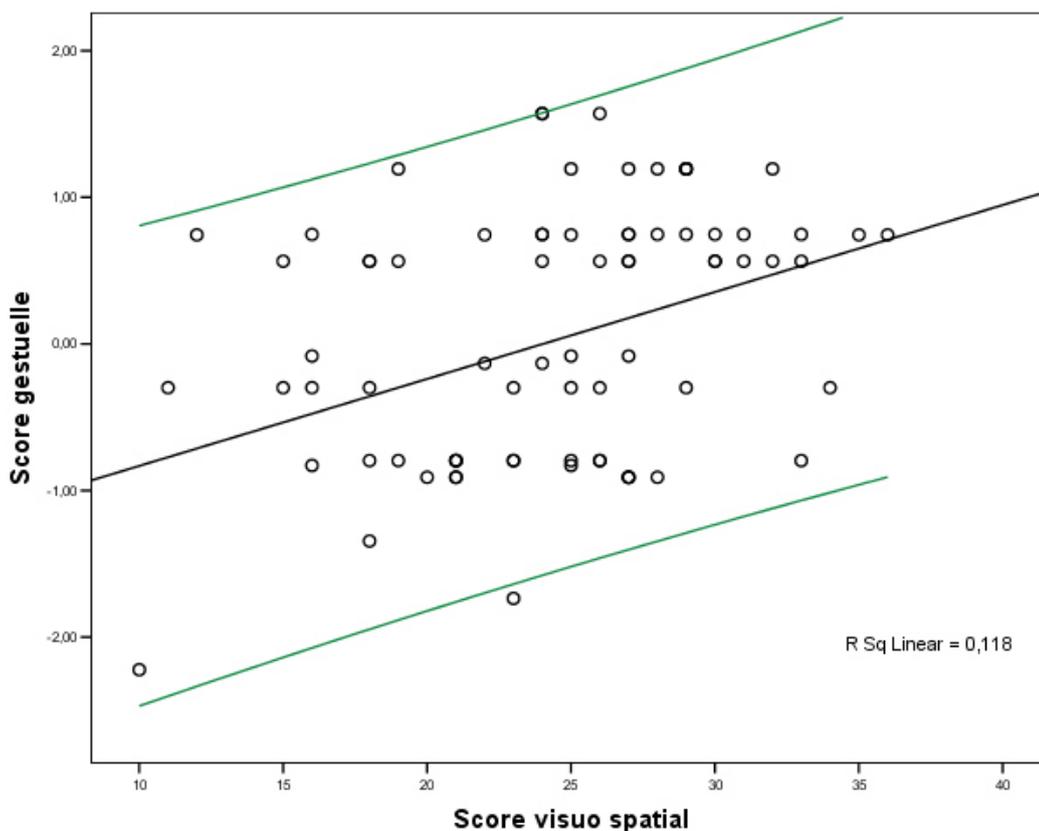


Figure 47 : diagramme de dispersion des scores gestuelles en fonction du score visuo spatial

Le modèle qui est proposé peut s'écrire : $Y = 0.06 \times \text{Score VisuoSpatial} - 1.43$. Ce modèle explique environ 11% de la variance.

6.4. Discussion

A l'issue de cette expérience, nous constatons que les hypothèses que nous avons posées quant au rôle du geste coverbal de type illustratif sont globalement confirmées. Ce "globalement" traduit l'apparition de phénomènes connexes qui ne sont pas de nature à invalider l'impact du geste mais plutôt à le préciser.

En effet, si nous avons envisagé le geste avec des propriétés indiscutables de transmission d'information, et apte à compléter le verbal, il faut reconnaître que son rôle est loin d'être aussi clairement établi. Le phénomène de représentation prototypique qui se fait jour, nous oblige à plus de circonspection quant à la force du geste pour guider l'interlocuteur vers la représentation correcte. Ainsi, il nous semble que le rôle du geste n'est pas simple mais double. En effet, il ne doit pas simplement transmettre l'information pour guider vers la bonne représentation, il doit tout d'abord détacher l'interlocuteur de sa représentation prototypique pour ensuite

l'emmener vers la représentation que souhaite transmettre le locuteur. Ainsi, envisagé en terme d'efficacité, il est peu probable que n'importe quel geste soit en mesure de remplir ce rôle. Et l'on sent s'esquisser ici l'importance de la forme du geste en tant que véhicule de l'information qu'il nous faut maintenant replacer dans l'interaction. Cette forme du geste rejoint la mise en garde de Barrier (2004), que nous évoquons plus avant, lorsqu'il nous explique que le geste doit être suffisamment saillant pour attirer le regard sur lui.

En introduction de ce chapitre, nous avons pris soin de préciser que l'étude du geste dans une situation d'interaction nous apparaissait complexe. C'est la raison pour laquelle nous avons proposé cette première étape qui permet d'extraire d'une interaction, une simple transmission d'information par le geste. A la lumière des résultats que nous venons d'exposer, nous comprenons mieux encore la notion d'interaction et le concept de *feed-back* que nous avons exposé au cours du second chapitre. En effet, notre dispositif expérimental est construit de sorte qu'aucun *feed-back* ne peut venir de la part du locuteur puisqu'il s'agit d'un enregistrement vidéo. On comprend alors qu'une mauvaise réponse du participant laisse l'acteur de marbre. Par contre, s'il s'était agi d'une véritable interaction, il y a fort à parier que, à minima, l'acteur aurait laissé échapper un indice de désapprobation. Cet indice est alors une alerte pour le participant qui ne manquera pas d'ajuster sa réponse et finira, vraisemblablement, par désigner un autre dispositif de gonflage que la pompe de type vérin.

Ce principe rejoint la notion de rupture de continuité envisagée par Rimé (2005). En effet, dans le dispositif expérimental que nous venons de présenter, l'individu ne peut compter sur l'acteur filmé pour lui renvoyer les éléments qu'il attend, ou n'attend pas, et ainsi ajuster son comportement. Il nous faut donc maintenant, replacer ce geste dans l'interaction.

Le geste coverbal de type illustratif, dans la relation d'iconicité qu'il entretient avec le verbal, permet de transmettre, de compléter et de préciser utilement l'information. Par ailleurs, l'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale, nous révèle que l'impact de ce geste apparaît d'autant plus grand que l'interlocuteur a obtenu un score élevé sur notre outil d'évaluation.

Il convient maintenant d'étudier ce geste dans une situation où il ne se contente plus de transmettre de l'information, mais dans un contexte où l'interaction est présente.

Le chapitre suivant sera l'occasion de mettre le projecteur sur le geste coverbal de type illustratif dans une situation d'interaction où locuteur et interlocuteur, cette fois, le mettront en scène naturellement et spontanément.

Chapitre VII : Représentation visuo spatiale et geste coverbal en situation collective de résolution de problème

Nous avons conçu, au cours de notre première expérience, un outil de mesure capable de différencier les participants suivant leur capacité de représentation visuo-spatiale. Puis, avec le second dispositif expérimental, nous avons montré l'impact du geste coverbal de type illustratif sur la représentation visuo-spatiale élaborée par l'interlocuteur. Nous allons maintenant, avec cette troisième situation expérimentale, mettre à profit les résultats avancés par l'expérience précédente pour étudier le rôle de la gestuelle des mains, en tant que communication non verbale, dans une situation de résolution collective de problème.

7. Représentation visuo-spatiale et geste coverbal dans une situation collective de résolution de problème

Telle que nous l'avons présentée dans la première partie de ce document, la situation de conception, et plus particulièrement lorsqu'elle est organisée en ingénierie concourante est la situation de résolution de problème que nous avons retenue. Nous l'avons exposé au cours des deux premiers chapitres, cette situation de conception possède des caractéristiques qui en font une situation de résolution de problème tout à fait particulière et propice aux interactions non verbales qui motivent notre problématique. En environnement naturel, l'ingénierie concourante telle que nous l'envisageons, suppose la présence de plusieurs participants, la disponibilité d'un espace et d'un temps commun, un cahier des charges et un dispositif de fabrication. Tous ces éléments engendrent une lourdeur qui ne rend pas aisée son étude. Par ailleurs nous souhaitons pouvoir répliquer la situation afin de multiplier les observations. Nous comprenons alors qu'il nous faut nous diriger vers une situation construite pour l'occasion et réunissant les caractéristiques que nous avons exposées. Il s'agit alors de concevoir une situation d'ingénierie concourante qui devient un dispositif expérimental en relevant ce défi d'être à la fois proche de la situation naturelle et suffisamment contrôlée pour générer les observables nécessaires à notre problématique. Ainsi la transposition de cette situation vers un dispositif expérimental, favorisant l'émergence des phénomènes que nous souhaitons étudier, passe nécessairement par une adaptation de ces caractéristiques à nos besoins tout en conservant leurs propriétés.

7.1. Caractéristiques de la situation de conception

7.1.1. Le choix de la tâche

Selon Darses, il existe deux catégories de conception distinguées suivant que l'objet visé est un artefact matériel ou un processus. Et dans le cas de l'artefact matériel, le problème confronte le(s) concepteur(s) à « une spatialisation des représentations mentales. » (Darses, 2002). C'est précisément cette caractéristique qui est au centre de notre recherche. C'est donc la raison pour laquelle nous proposerons, dans notre dispositif, un objet proche de ceux qui animent les équipes de conception issues du génie mécanique, électronique, électrique, ou encore automatique.

Au cours des deux premiers chapitres, nous avons pu découvrir qu'un problème de conception présente la particularité d'avoir un état final « mal défini ». En effet, nous avons vu avec Hoc (1987) que la conception s'appuie sur un état initial et des « contraintes », qui balisent le travail des concepteurs, pour atteindre un état final qui se veut souvent novateur. Ce caractère novateur est inséré dans le concept de conception qui dispose d'un espace de liberté à l'intérieur du chemin balisé par les contraintes. Ainsi, il nous semble que l'action de concevoir autorise une part de créativité propre aux individus qui composent l'équipe. C'est ce que nous avons vu, avec Chevalier et Bonnardel (2003) lors de la présentation de l'ingénierie concurrente. En effet, ces auteurs nous expliquaient que des concepteurs confrontés à une même tâche parviendront à des solutions très différentes les unes des autres. Cette ouverture des résultats possibles conduit inmanquablement à s'interroger sur le critère de réussite de la résolution de problème.

Et cette caractéristique n'est pas sans poser quelques problèmes méthodologiques. En effet, le travail de transposition de la situation naturelle vers un dispositif plus expérimental doit respecter cette dimension des problèmes de conception tout en permettant une mesure, la plus « objective » possible, des phénomènes observés. Or, un état final mal défini laisse, et il s'agit là d'une autre définition des problèmes de conception, toutes latitudes à la solution. Il s'agit ici des problèmes « ouverts » que nous avons rencontrés plus avant.

Cette ouverture des solutions impacte inmanquablement les critères que nous définirons pour qualifier la réussite ou l'échec de la résolution du problème de conception. En effet, dans un processus de conception en contexte industriel, il n'existe pas de solution unique. En fait un éventail, plus ou moins large selon l'état initial et les contraintes, d'état final forme un ensemble de solutions acceptables en regard des données du problème. C'est pourquoi la matérialisation de toutes les solutions alternatives n'est pas

possible. L'évaluation de la solution proposée à l'issue de la phase de conception n'est alors directement pas possible. Cette évaluation est différée et concomitante à sa mise en œuvre. Ainsi on décrètera que la solution est trouvée si, d'une part elle fonction, et d'autre part, si elle fonctionne dans le sens attendu par le client. Le sens attendu par le client correspond aux contraintes consignées dans le cahier des charges.

Si l'on se place du point de vue de notre problématique, l'on conviendra que cet éventail des solutions n'est pas au premier plan. En effet, même si la créativité est inhérente au processus de conception, notre problématique ne s'intéresse pas, à proprement parler, aux mécanismes qui sous-tendent la génération des idées multiples qui orientent la résolution du problème vers des pistes plurielles. En effet, en portant notre regard sur le geste de la main dans l'interaction, nous nous intéressons à son impact sur la représentation qu'il contribue à élaborer. De la sorte, quand bien même il n'y aurait qu'une unique solution au problème de conception, mais une solution inconnue des concepteurs, leur travail resterait dans le cadre de la conception collective tout en restreignant au maximum les états finaux possibles. Ainsi, lorsque nous envisagerons le problème à résoudre, il conviendra de s'interroger sur la largeur de l'éventail des solutions possibles afin d'en contrôler suffisamment son étendue pour une objectivation aisée. Cette objectivation devenant, on le voit, la plus aisée dans le cas d'une solution unique.

7.1.2. Le rôle des participants

Si l'on regarde du côté des représentations élaborées par les participants, « dans un problème de conception, le sujet se représente la tâche comme la construction d'une représentation détaillée du but » (Hoc, 1987). On le voit, l'exercice qui sera proposé aux participants devra solliciter leurs représentations qu'ils se construisent du but. Sur ce point, nous l'avons vu plus avant, le choix d'un artefact matériel contribue à la spatialisation des représentations.

Darses précise que la résolution des problèmes de conception requiert de plus en plus une co-existence d'expertises complémentaires (Darses, 2004). Cette caractéristique rejoint les préoccupations de l'ingénierie concourante. En effet, telle que nous l'avons présentée dans la première partie de nos travaux, l'ingénierie concourante brise le schéma séquentiel de la méthode traditionnelle pour réunir autour d'une même table tous les acteurs de la « vie » d'un produit. Cette caractéristique justifie la situation collective de résolution de problème mais introduit également une particularité des participants que notre dispositif devra respecter. En effet, ces derniers devront être complémentaires du point de vue de l'expertise qu'ils apportent à la résolution du problème.

D'autre part, et nous l'avons précisé en présentant les différentes facettes de la conception, l'ingénierie concourante ne saurait se contenter d'organiser la coopération entre les acteurs de la conception. En effet, pour la conception distribuée, l'importance réside dans la coordination au sens où les acteurs déterminent la distribution des tâches, planifient l'exécution du travail puis se séparent pour résoudre, chacun individuellement, le sous-problème qui lui a été confié. Pour l'ingénierie concourante que nous avons retenu, il s'agit de favoriser la co-conception avec des acteurs engagés dans une mutualisation de leur expertise complémentaire pour un développement conjoint de la solution. Notre situation correspond donc à un moment de rencontre physique des participants pour un travail collectif en un même lieu et un même temps.

Enfin, Darses soutient que les mécanismes de synchronisation cognitive forment l'épine dorsale de la résolution collective d'un problème de conception (Darses, 2004). Comme nous l'avons proposé au cours de la première partie de ce document, nous pensons que la gestuelle des mains contribue à la fluidité de ces mécanismes de synchronisation cognitive en apportant la part d'information nécessaire à la précision spatiale des représentations. La situation que nous proposerons, tant dans son environnement matériel que dans le choix de la tâche, devra donc permettre le recours à la gestuelle des mains et plus encore, ne pas entraver sa réalisation.

7.1.3. Protocole expérimental

Pour trouver l'inspiration nécessaire à la conception de notre propre protocole expérimental, nous commençons par regarder les dispositifs utilisés pour les recherches qui s'intéressent à l'ingénierie concourante. Ainsi, nous constatons que la plupart de ces travaux ont recours à des situations que l'on pourrait qualifier de « grandeur réelle ». En effet, il s'agit d'expériences dites « de laboratoire » pour lesquelles on propose à un, ou plusieurs, concepteur de se mettre en condition de conception d'un produit pour lequel les expérimentateurs ont élaboré un cahier des charges. Ce cahier des charges est alors le lieu de contrôle de la situation par l'expérimentateur.

Ainsi, pour le deuxième congrès international Franco-Québécois de génie industriel par exemple, Eric Blanco, Olivier Garro et Alain Jantet présentent une expérience de conception menée en laboratoire dont l'objectif est de mettre en situation de conception, cinq personnes dans un même lieu et pour une durée limitée et déterminée à l'avance (Blanco, E., Garro, O., Jantet, A., 1997). L'objectif du groupe est de concevoir un produit dans un délai de six heures réparties en deux séances de trois heures chacune, sur deux jours consécutifs. La conception devait aller jusqu'à la réalisation de plans permettant la fabrication des pièces. Le corpus recueilli à partir de cette

expérience est triple : un enregistrement vidéo des six heures de conception, une transcription écrite des échanges verbaux et les vingt objets intermédiaires construits par les acteurs au cours du processus.

Ou encore Détienne, Falzon, Darses et Wisser (2001) réunis autour du projet EIFFEL intitulé « Cognition et Coopération en Conception » développent une méthode d'analyse des dialogues de conception et portent un intérêt particulier aux activités argumentatives. Il s'agit pour eux d'analyser les interactions verbales dans une situation de travail collectif. D'un point de vue méthodologique, ils procèdent de deux manières complémentaires : soit par des observations *in situ*, c'est-à-dire au cours de véritables séances de conception en environnement professionnel, soit par des expérimentations dans des situations « écologiques » pour lesquelles ils cherchent à construire des situations expérimentales proches des situations de travail : les participants sont des professionnels, les tâches sont réalistes et conservent un certain nombre de contraintes de la situation-cible, les professionnels disposent d'outils et d'environnements habituels.

Un autre protocole expérimental, plus proche des recherches en résolution de problèmes est rapporté par Blanco (1999). En effet l'auteur nous explique que la communauté anglo-saxonne, qui s'intéresse aux processus cognitifs du concepteur, utilise une méthodologie expérimentale de type analyse de protocoles. Il s'agit ici de placer le concepteur en situation de concevoir, isolé du monde extérieur, en relation seulement avec l'expérimentateur. Le raisonnement du concepteur est alors analysé sur la base des verbalisations orales de son cheminement cognitif.

Ces protocoles expérimentaux, élaborés pour une étude de la cognition en œuvre tout au long du processus de conception, ne conviennent pas à notre démarche. En effet, l'outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale que nous avons proposé pour le départ de notre démarche d'opérationnalisation, nous révèle que les individus susceptibles de participer à cette situation expérimentale, ne sont pas tous sur le même pied d'égalité. En effet, et tel que nous l'avions présenté dans la première partie de notre développement, les résultats révèlent une forte variabilité dans l'aisance qu'ont les individus à manipuler ce type de représentation.

Par ailleurs, le second dispositif expérimental, qui prenait en compte cette capacité de représentation visuo-spatiale et son implication, lorsque l'on s'intéresse au rôle de la gestuelle des mains, nous a appris qu'il existe un lien entre la performance sur l'outil d'évaluation des représentations et l'impact du geste.

Ces résultats nous invitent donc à prendre en compte cette variabilité individuelle en observant, pour la même situation de résolution de problème, différents individus. C'est pourquoi, il nous faut recueillir de multiples données pour un nombre significatif de participants. La démarche méthodologique que nous souhaitons mettre en œuvre, suppose une situation expérimentale reproductible afin de placer, dans une situation de résolution de problème identique, un grand nombre de participants. Sur ce point, un dispositif qui mettrait en œuvre une situation d'ingénierie concurrente « grandeur nature » d'une durée de plusieurs heures, telles que celles présentées ci-dessus, serait beaucoup trop complexe et ne répondrait pas à notre objectif.

A ce point de notre réflexion sur les caractéristiques qui doivent être celles de notre situation, il nous semble que la tentative de modélisation de la situation de conception devient accessible. En effet, si comme Fourez, Englebert-Lecomte et Mathy (1997) nous regardons le modèle comme un schéma organisé qui représente la complexité de la situation abordée, alors nous n'avons que peu de chances de produire, sous les contraintes de notre recherche, une modélisation de l'ingénierie concurrente. Par contre, si comme Larcher (1996) nous envisageons le modèle sous l'angle d'une construction hypothétique en réponse à un questionnement, alors la modélisation devient possible et notre situation expérimentale sera un modèle que l'on regardera comme la reproduction, adaptée à nos contraintes, de la situation d'ingénierie concurrente.

En guise d'illustration de ce processus d'adaptation, l'on pourra penser aux modèles réduits radiocommandés. En effet, le "modèle" réduit du paquebot posé sur l'eau répond aux contraintes de la modélisation en préservant l'esthétique extérieure du paquebot original. Mais les contraintes de la radiocommande imposent d'adapter la motorisation et le guidage du modèle afin de conserver les propriétés fonctionnelles tout en s'appuyant sur des choix mécaniques n'ayant plus rien de commun avec la miniaturisation de l'original.

De la même manière, notre situation expérimentale conservera les caractéristiques de l'ingénierie qu'elle veut reproduire, tout en s'autorisant les adaptations nécessaires qui ne nuisent pas à la démarche de travail collaboratif de type conception que nous avons envisagée dans la première partie de notre développement.

Il nous faut donc concevoir un protocole expérimental adapté à notre recherche et, nous l'avons esquissé ci-dessus dans le principe de l'adaptation, d'une durée suffisamment courte pour répondre au critère de reproductibilité.

7.1.4. Transposition à la situation expérimentale

Nous avons vu, tout au long de notre exposé, que la situation de conception est difficilement compatible avec des délais de réalisation brefs. Or, notre contrainte de reproductibilité nous entraîne vers un dispositif limité dans le temps. C'est pourquoi nous avons envisagé la modélisation de la situation avec ses adaptations qui nous permettent de concevoir un format beaucoup plus court. Ces adaptations portent essentiellement sur l'aspect créatif de la tâche. En effet, nous avons vu ci-dessus, qu'il nous était possible de restreindre l'éventail des solutions sans perturber les observables qui sont au cœur de notre problématique, à savoir le geste et la représentation dans l'interaction.

L'objectif de notre dispositif expérimental est alors de reproduire à « échelle réduite », c'est-à-dire réduite dans le temps et le nombre des solutions possibles, une situation d'ingénierie concurrente. Cette modélisation, au sens de réduction, se devant de créer un contexte favorable à l'émergence de mécanismes de synchronisation cognitive. C'est-à-dire de conserver les propriétés de la situation de conception tout en réduisant le temps de sa mise en œuvre, ce qui permettra de multiplier les observations et ainsi de recueillir suffisamment d'observations.

Envisager ici les mécanismes de synchronisation cognitive et donc de partage des représentations tel que nous l'avons posé, nous confronte à la question de la taille du groupe. En effet, dans la première partie de nos travaux, nous nous sommes intéressé au nombre d'individus qui composent un groupe et qui nous permet de respecter à la fois, la dimension ergonomique de la situation de conception, mais également les mécanismes psychologiques présents dans l'interaction. Ainsi, nous choisissons de fixer à trois participants, la taille des groupes qui devront résoudre le problème de conception que nous leur proposerons.

7.2. Dispositif expérimental

En illustrant notre principe d'adaptation, présent dans la modélisation, par l'exemple du modèle réduit puis en envisageant de reproduire à échelle réduite la situation de conception, notre propos, loin d'être anodin et choisi au hasard, nous guide en réalité vers un environnement riche en stimuli susceptibles de répondre aux besoins et contraintes de notre situation.

En effet, si l'on regarde du côté de l'industrie ludique, il existe toute une offre de produits qui place l'enfant en situation de créer des objets façonnés par son imagination. Une rapide observation de l'utilisation de ces jouets révèle qu'il est possible de passer de l'état initial à l'état final en un temps

relativement court. Ces deux caractéristiques sont proches de ce que nous recherchons.

Au nombre de ces jouets on pensera aux briques en plastique dotées de propriétés structurelles leur permettant de s'assembler en combinaisons quasi infinies. Ou encore à ces jouets constitués de plaques métalliques perforées permettant un assemblage par vis et écrous pour une combinaison également multiple.

Ainsi, en fournissant au participant les pièces d'un jouet de ce type, il se retrouve en situation de devoir les assembler pour en former un objet. On peut alors envisager ces pièces comme le cahier des charges et leur mode d'assemblage devient les contraintes qui accompagnent l'usage des pièces.

Nous avons vu que l'évaluation de la solution est un critère important dans notre démarche. De ce point de vue, le nombre d'objets qu'il va être possible de concevoir avec les pièces ne doit pas être trop important afin de rendre cette évaluation la plus « objective » possible.

Le choix de l'objet est alors important pour plusieurs raisons. D'une part parce que le nombre de pièces initiales va déterminer le nombre d'assemblages possibles et par voie de conséquence le temps nécessaire à la résolution du problème. Et d'autre part, parce que le nombre d'objets qu'il est possible de fabriquer – l'état final dans notre dispositif – va circonscrire les évaluations de la solution.

Dans une situation de conception, l'état final est « mal défini ». Cette caractéristique sera respectée en ne donnant pas aux participants les suggestions d'assemblage proposé par le fabricant. Ainsi le problème reste « ouvert » tout en limitant le nombre de solutions auxquelles les concepteurs peuvent aboutir.

On le voit, pour une situation en temps limité, le nombre de pièces doit lui aussi être limité. Le jouet que nous souhaitons trouver parmi les produits disponibles dans le commerce à ce jour doit donc respecter ces deux critères : un jouet d'assemblage avec un nombre de pièces restreint et des suggestions d'assemblage restreintes à un faible nombre également. Les produits, disponibles à ce jour, qui semblent le mieux correspondre à notre format sont les kits composés d'une vingtaine de pièces environ.

Nous découvrons, au cours de nos investigations dans les catalogues de magasins spécialisés en jouets, que le critère d'un faible nombre de pièces nous oriente vers des jouets relativement simples qui ne proposent pas plusieurs alternatives d'assemblages. Nous choisissons donc d'arrêter notre choix sur deux références de la marque Meccano©, qui présentent la

particularité d'être composées de pièces dont les propriétés structurelles sont très différentes. Ces différences de propriétés vont être l'occasion de créer deux situations expérimentales différenciées par deux niveaux de contrainte.



Figure 48 : Référence 71 1060



Figure 49 : Référence 71 1062

7.2.1. Premier objet : la moto

Référence 71 1060 (figure 48) – Jouet conseillé pour un enfant de 4 à 8 ans
– Nombre de pièces : 15 – Nombre de modèles réalisable : 1.

Cette référence correspond aux attentes de notre dispositif car elle contient un nombre de pièces relativement faible qui restreint le champ des assemblages possibles et autorise, nous le pensons, une résolution relativement rapide. Par ailleurs, l'on pourra remarquer que le nombre de pièces est un multiple du nombre de participants. D'autre part, les pièces ont des propriétés structurelles et fonctionnelles telles qu'il n'est pas possible d'envisager l'assemblage d'un autre jouet que la moto, mais il n'est pas possible également d'assembler les pièces d'une autre manière que celle préconisée par le constructeur. C'est cette caractéristique des pièces qui va donner à la résolution du problème des contraintes fortes en terme de méthode d'assemblage.



Figure 50 : le jouet moto assemblé

Ici l'éventail des solutions possibles est complètement fermé puisqu'il n'existe qu'une unique solution présentée par la figure 50. Cet objet place donc la tâche dans la perspective d'objectivation de la résolution que nous avons fixée. En effet, il devient possible de qualifier la réussite ou l'échec de la

résolution, mais également de quantifier la résolution partielle en comptabilisant le nombre d'assemblage de pièces correctement réalisé par rapport au mode d'assemblage proposé par le fabriquant.

7.2.2. Deuxième objet : l'hélicoptère

Référence 71 1062 (figure 49) – Jouet conseillé pour un enfant de 4 à 8 ans
– Nombre de pièces : 18 – Nombre de modèles réalisable : 1.

Cette autre référence présente également l'intérêt d'avoir un nombre de pièces multiple de trois et un nombre d'objets réalisables également unique. Mais cette fois, les propriétés structurales des pièces autorisent une plus grande diversité de propriétés fonctionnelles, c'est-à-dire que, contrairement aux pièces de la moto, les pièces de l'hélicoptère peuvent s'assembler de diverses manières entre elles. Ainsi, le caractère générique d'une majeure partie des pièces, non accompagnées d'indications sur l'objet qu'elles permettent de réaliser, ouvre la voie à de nombreuses hypothèses quant à leur fonctionnalité et leur mode d'assemblage. Ici, par caractère générique nous entendons la possibilité pour une même pièce de remplir plusieurs rôles fonctionnels différents.

Cette fois, les caractéristiques des pièces vont, par rapport à l'exercice de la moto, libérer les contraintes pour plus de souplesse en terme de méthode d'assemblage. Toutefois l'éventail des solutions possibles reste également fermé puisque le fabriquant n'indique qu'une unique solution illustrée par la figure 51. L'objectivation de la résolution est donc respectée puisqu'il est possible, comme pour l'exercice précédent de qualifier la réussite ou l'échec de la résolution, mais également de quantifier la résolution partielle en fonction du nombre d'assemblages de pièces correctement réalisés par rapport au mode d'assemblage proposé par le fabriquant.



Figure 51 : le jouet hélicoptère assemblé

7.2.3. Environnement de la situation expérimentale

7.2.3.1. Les participants

Trois participants sont invités à s'installer autour d'une table. La disposition de la table, ainsi que les trois places, est définie dans le protocole expérimental et est identique pour toutes les expériences. En effet, la disposition des participants doit permettre une communication aisée telle qu'elle se présenterait spontanément dans une situation naturelle, mais doit également permettre l'enregistrement vidéo de la séance de résolution problème sans qu'aucun participant n'apparaisse dos à la caméra. En effet, nous avons découvert au cours du troisième chapitre que l'observation de la gestuelle nécessitait le recours à l'enregistrement vidéo pour une meilleure mise en œuvre de la méthode éthologique d'observation du comportement.

L'environnement étant disposé et non modifiable, les participants sont libres quant au choix de la place qu'ils vont occuper. L'expérimentateur donne les consignes après que les participants se soient assis.

7.2.3.2. La tâche

L'objet de cette séance de résolution de problème est un jouet de type jeu de construction pour enfant « ©Meccano ». Ici le jouet n'est qu'un prétexte à servir de support à l'artefact matériel dont nous avons parlé plus avant. Par ailleurs, la notoriété de la marque et son caractère ludique, nous l'espérons, contribue à une plus grande acceptabilité de la tâche. L'état final est, du point de vue des participants, « mal défini » dans la mesure où ils n'ont aucune indication sur le jouet qu'ils doivent reconstituer hormis le fait qu'il s'agit d'un jeu de construction. Pour la gestion des contraintes, deux jouets différents vont permettre de les contrôler et ainsi baliser différemment les deux situations.

En effet, dans un premier cas, l'expérience que l'on appellera désormais « la moto » impose des contraintes fortes qui encadrent l'assemblage dans un synoptique difficilement modifiable. Dans un second cas, l'expérience que l'on appellera « l'hélicoptère » est porteuse de contraintes beaucoup plus souples qui laissent aux participants beaucoup plus de latitudes dans leur processus de résolution.

7.2.3.3. La situation

La situation est éminemment collective, puisque trois participants sont réunis autour d'une table, mais cela ne saurait suffire à l'émergence de la co-construction de la solution. C'est pourquoi, en contrôlant la complémentarité des participants nous allons solliciter l'élaboration mutuelle de la solution et,

nous l'espérons, favoriser l'émergence de ces mécanismes de synchronisation cognitive par l'utilisation de la gestuelle des mains, qui sont au centre de nos travaux.

En effet, nous avons découvert que, dans une situation de conception, les participants sont complémentaires quant à l'expertise qu'ils apportent c'est-à-dire par rapport à leur savoir dans le domaine qu'il leur est propre. Dans une situation « grandeur réelle » d'ingénierie concurrente, les participants sont en effet sollicités pour la base de connaissances qu'ils maîtrisent et qu'ils vont pouvoir mettre au service de la séance de conception. Pour notre dispositif expérimental nous souhaitons contrôler cette base de connaissances. Ainsi, plutôt que de recruter les sujets en fonction des connaissances qu'ils peuvent apporter, pour leur contribution à la résolution de problème, nous faisons le choix de réunir des sujets sans a priori sur ce point. C'est le dispositif qui leur apportera les connaissances nécessaires. En l'occurrence ce sont les différentes pièces disponibles ainsi que leur méthode d'assemblage qui deviendront le matériau de leur raisonnement. Destiné à un public très jeune - 4 à 8 ans - on peut penser sans beaucoup se méprendre, que les adultes qui participeront à notre expérience ne seront guère surpris par la nature même de l'objet mais, également qu'ils possèdent toutes les compétences et savoir faire pour mener à bien la tâche que nous leur proposerons. Il reste que, comme nous avons eu l'occasion de l'évoquer au cours du premier chapitre, il existe une influence des connaissances antérieures pour la résolution du problème en cours. Ainsi on peut s'attendre à ce que les sujets aient déjà rencontré le jouet, soit dans leur propre pratique, soit par ce qu'ils l'ont eux-mêmes proposé à leurs enfants. Il faudra donc être vigilant sur ce point et s'assurer qu'aucun des participants n'a de connaissances antérieures susceptibles de perturber le fonctionnement du groupe.

7.3. Première expérimentation

Une phase pré expérimentale du dispositif est nécessaire pour s'assurer qu'il permet, tel que nous l'avons conçu, l'émergence des mécanismes de synchronisation cognitif à travers la gestuelle des mains. Il faut également nous assurer qu'aucun phénomène parasite ne viendra biaiser la résolution de problème par les trois participants. Ce test du dispositif permettra également de s'assurer que les enregistrements vidéo seront exploitables et permettront les analyses du flux comportemental que nous envisageons. D'autre part, cette pré expérimentation permettra d'ajuster le contenu de la consigne.

Comme on peut le voir sur la figure 52, les pièces sont disposées sur un panneau posé sur la table suffisamment éloigné des participants pour qu'ils ne puissent l'atteindre manuellement mais assez proche pour qu'il n'y ait aucune difficulté d'identification visuelle des différentes pièces.

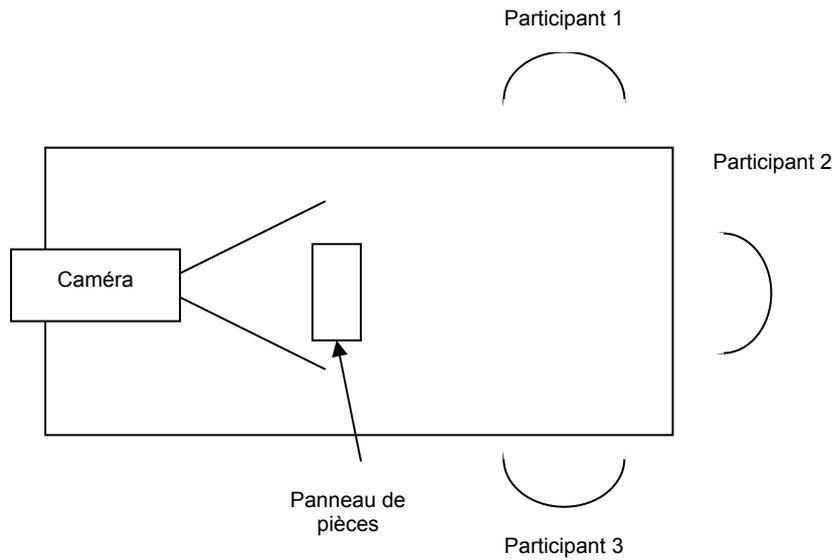


Figure 52 : Dispositif pour la première expérimentation

L'expérimentateur demande alors aux sujets de résoudre ensemble le problème qui leur est proposé, c'est-à-dire d'imaginer comment les différentes pièces peuvent s'assembler pour former un objet. Ici, le panneau de pièce est présenté aux participants après leur avoir donné la consigne.

7.3.1. Résultats



Figure 53 : découverte du panneau de pièce au début de la pré expérimentation

Les premières observations de la scène sont sans appels et nous prouvent qu'il ne suffit pas de réunir trois individus autour d'une table pour générer ipso facto des comportements verbaux et non verbaux attendus. En effet, la mise à disposition de la totalité des pièces accessibles uniquement par la modalité visuelle était susceptible d'inciter les participants à s'ajuster sur le contenu de leur représentation de cette base et la méthode d'assemblage des pièces en s'appuyant sur leur discours verbal mais également leur gestuelle

des mains. Or, nous avons constaté que la disposition de l'environnement oblige les participants à regarder le panneau de pièces, c'est à dire à faire converger leurs trois regards dans la même direction (figure 53). De la sorte, aucun des sujets ne regarde les autres. Les échanges sont alors dominés par le verbal et la gestuelle des mains ne révèle qu'un seul type de geste : le déictique. En effet, les trois participants n'utilisent leurs mains que pour montrer les référents du verbal en pointant le panneau de pièce avec l'index.

7.3.2. Discussion

7.3.2.1. Observations et constats de la situation pré expérimentale

Avant d'analyser l'impact du geste, tel que nous l'avons envisagé jusqu'ici, pour les mécanismes en œuvre dans la résolution de problème, nous constatons qu'il nous faut tout d'abord nous confronter à la situation expérimentale elle-même. En effet, loin de générer spontanément une large gamme de gestes comme nous avons pu l'imaginer, nous découvrons que l'environnement proposé aux participants réuni visiblement un nombre non négligeable de caractéristiques qui contribuent à masquer l'utilisation des mains. En effet, nous avons envisagé les différentes pièces sous l'angle d'une base de connaissance. Celle-ci joue alors entièrement son rôle central de référence autour de laquelle les trois participants coordonnent leur raisonnement. Toutefois, la matérialisation de cette dernière par un seul et unique panneau invite naturellement les individus à la consulter en dirigeant, vers elle, leurs regards. On observe alors qu'ils concentrent, de manière quasi permanente, leur regard sur le panneau. De la sorte, excepté une forte utilisation du déictique, il semble que la modalité verbale de l'interaction leur apparaisse suffisante. On notera ici, que le déictique, outre le fait qu'il permet de désigner une pièce particulière du panneau, permet également de faire entrer le geste dans le champ de vision commun. Il reste que les gestes générés dans cette situation ne correspondent pas à l'ensemble de gestes que nous avons choisis d'étudier et la situation apparaît trop artificielle et pour le moins, très éloignée d'une situation d'interaction de trois individus.

Il faut donc reconnaître que le dispositif expérimental que nous proposons n'est pas adapté à l'étude que nous souhaitons mener et qu'il nous faut le faut l'ajuster en tenant compte de nos observations.

7.3.2.2. Propositions d'ajustements

Nous avons imaginé, en concevant le dispositif, que les sujets prendraient connaissance des différentes pièces au début de l'expérience pour venir ensuite dans une interaction verbale et gestuelle pour laquelle ils se regardent et échangent naturellement. La consultation du panneau de pièces

était envisagée sous la forme d'allers et retours réguliers du regard chaque fois que nécessaire. Ainsi les participants pouvaient interagir dans un espace où ils se voient et peuvent échanger avec plusieurs modalités. Dans cette situation, le caractère complémentaire des sujets est laissé à l'initiative des participants qui s'approprient à leur manière le panneau de pièces.

Or, il faut reconnaître que le caractère artificiel de la situation, engendré par la présence du panneau de pièces, a semble-t-il créé un environnement bien éloigné de ce que nous avons conçu. Et nous nous rendons compte que le regard, constamment dirigé vers le panneau de pièces par les trois participants, comme nous pouvons le constater sur l'image donnée par la figure 54, contribue à placer les trois sujets au même niveau et ainsi à gommer toute forme de complémentarité. Ici les participants se révèlent autonomes pour la résolution du problème dans la mesure où chacun dispose de la totalité des pièces et leur coopération n'apparaît que dans l'accord du groupe autour des propositions d'assemblage de l'un ou l'autre des participants, c'est à dire dans le processus de décision tel que nous l'avons envisagé dans le développement du second chapitre de ce travail. Par ailleurs, nous constatons que cette autonomie les laisse libre de participer, ou non, à la résolution du problème et donc le caractère collectif s'en trouve amoindri.

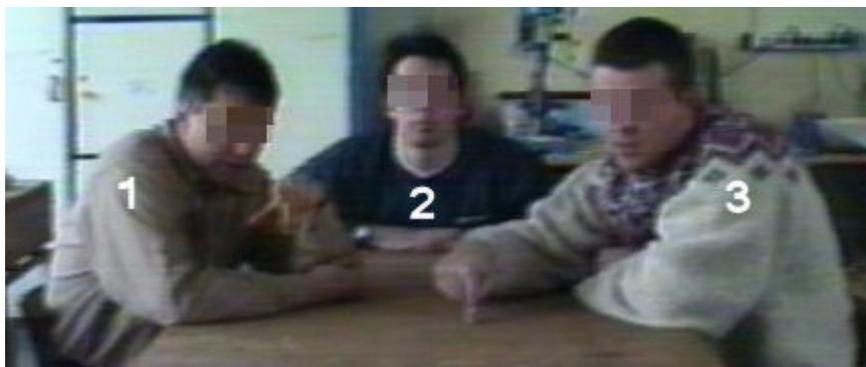


Figure 54 : convergence des regards et geste déictique du sujet numéro 1

Nous comprenons alors qu'il nous faut intervenir sur l'environnement proposé aux participants dans l'objectif d'un plus grand contrôle de la complémentarité de chacun et en favorisant des échanges dans un espace d'interaction qui autorise les différentes modalités verbale et gestuelle.

A travers nos observations et au fil de cette discussion, nous nous dirigeons vers une distribution différenciée des pièces aux trois participants. En effet, il nous semble que la nécessaire complémentarité des trois individus passe par une appropriation individualisée des différentes pièces. En effet, en

donnant au participant une partie seulement des pièces et en évitant de lui donner accès aux pièces des autres sujets, il devient un contributeur essentiel et indispensable à la résolution complète du problème. Ainsi chaque participant contribue à la résolution du problème avec sa propre base de connaissance, ses pièces, qu'il est dans l'obligation de mutualiser puisque la résolution du problème ne peut s'envisager sans la totalité des pièces.

Cette base de connaissance est alors contrôlée par l'expérimentateur de sorte que chaque participant soit titulaire d'un nombre, et d'une répartition, de pièces indispensables à la résolution complète du problème. Ainsi, l'ensemble des pièces permettant l'assemblage complet du jouet, sera distribué aux participants de telle sorte que chaque participant ne puisse prendre connaissance que de ses propres pièces. Les pièces des autres participants lui étant inconnues.

La connaissance de ses propres pièces et, par contraste, la méconnaissance des pièces des deux autres participants permet de réunir autour de la table trois individus complémentaires et interdépendants pour la résolution complète du problème qui leur est proposé. La non participation, ou l'éviction, d'un seul d'entre eux ne permettrait qu'une résolution partielle du problème. Ainsi en ne donnant pas la totalité des pièces à chacun des participants, nous favorisons l'entrée en interférence des individus que nous suggérait Hoc (1996) au premier chapitre pour la mise en œuvre de l'activité coopérative.

Par ailleurs, cette distribution des pièces permet de modifier l'environnement en faisant disparaître le panneau commun de pièces et mettant à disposition de chaque participant les seules pièces qui le concerne. Ainsi on peut penser que le nouvel environnement ne favorisera plus ce phénomène de regard convergent.

Il nous faut maintenant envisager la répartition des pièces afin de contrôler la complémentarité des trois participants.

7.3.3. Ajustements du dispositif expérimental

7.3.3.1. Distribution des pièces « la moto »

La distribution des quinze pièces entre les trois participants n'est pas laissée au hasard. En effet, il nous semble judicieux de minimiser les assemblages possibles entre les pièces d'un même participants et de maximiser les assemblages possibles entre les pièces des participants.

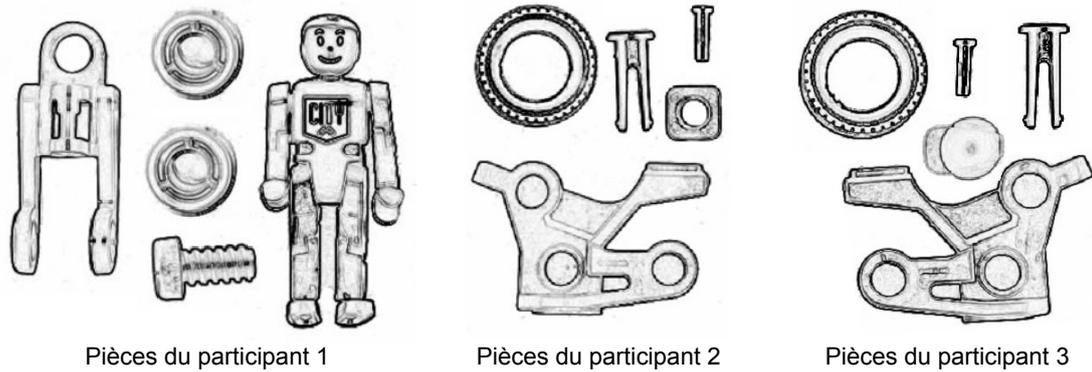


Figure 55 : répartition des pièces de l'exercice moto

En procédant de la sorte, nous distribuons les pièces de manière équilibrée entre les trois participants. Cet équilibre nous semble important pour conférer un statut équivalent à chaque individu comme nous l'avons envisagé au chapitre II. De la sorte, les trois participants ont un rôle prescrit qui les place sur un plan d'égalité quant au nombre et l'importance des pièces pour l'assemblage total, c'est-à-dire la résolution du problème.

Pour le participant numéro un, seul le positionnement de la jante entre les deux bras de la fourche est envisageable. Mais cet assemblage est incomplet car il manque l'axe qui permet de maintenir cette jante en place. Pour les sujets deux et trois, seul le positionnement de l'axe dans le demi bras arrière du châssis de la moto est envisageable. Mais ici aussi cet assemblage est incomplet car le participant ne dispose que d'une moitié de châssis (figure 55).

7.3.3.2. Distribution des pièces « l'hélicoptère »

Ici encore, la distribution des pièces se fera en respectant la méthode du minimum d'assemblages possibles intra-sujet et du maximum d'assemblages inter-sujets.

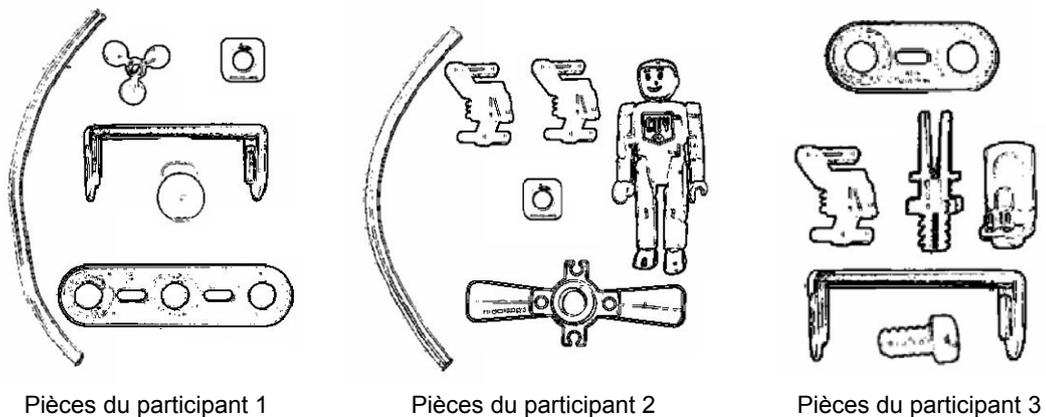


Figure 56 : répartition des pièces de l'exercice hélicoptère

Pour le participant numéro un, aucun assemblage n'est possible si ce n'est le positionnement de la pièce plate avec trois trous sur la pièce en « U »

mais l'assemblage reste partiel car il manque la vis pour fixer. Pour le participant numéro deux, aucun assemblage n'est possible. Pour le participant 3 il lui est possible d'assembler une des deux vis dans un trou d'une des deux plaques mais cet assemblage reste partiel car il lui manque l'écrou permettant d'immobiliser le tout (figure 56).

7.4. Seconde expérimentation du dispositif

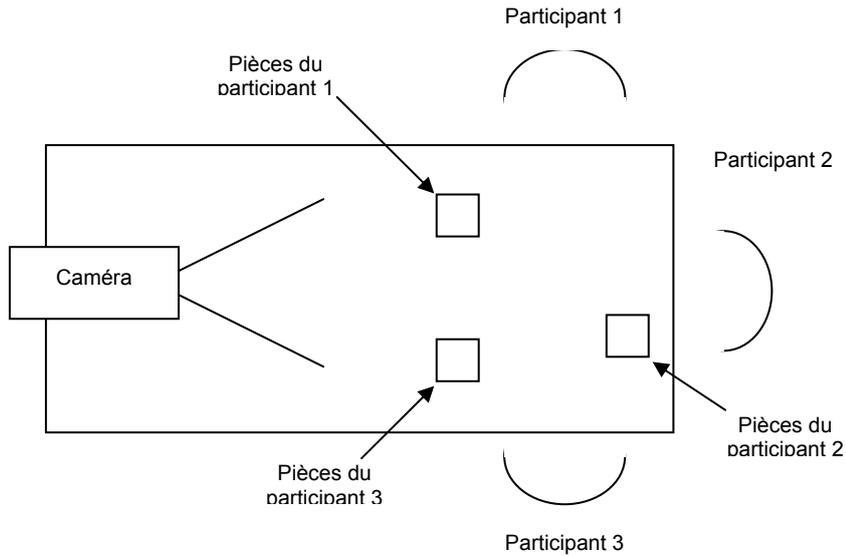


Figure 57 : Dispositif pour la seconde expérimentation

Les participants prennent place autour de la table. L'expérimentateur lit la consigne et s'assure que les participants ont bien compris la tâche qui leur est proposée. Ensuite, l'expérimentateur distribue à chaque participant un panneau de quinze centimètres par douze centimètres sur lequel se trouvent les pièces qui constituent sa base de connaissance (Figure 57). Le panneau est placé dans une boîte ouverte sur une seule face de sorte que le participant soit le seul à pouvoir regarder ses propres pièces (figure 58).



Figure 58 : base de connaissance des trois participants

7.4.1. Résultats

Ici, et par contraste avec la première expérimentation, les interactions sont "revenues" dans l'espace que nous souhaitions, c'est à dire l'espace commun des trois interactants qui autorise le recours aux différentes modalités verbale et gestuelle.

Toutefois, et même si nos observations montrent une meilleure adéquation de la situation que lors de la première expérimentation, il apparaît encore des obstacles qui donnent à notre dispositif un caractère trop artificiel.

En effet, cette seconde expérimentation nous renseigne utilement sur la nouvelle configuration de l'environnement que nous n'avions pas soupçonnée. Ainsi, même si nous avons réduit au minimum l'encombrement des panneaux sur lesquels sont disposés les pièces de chaque participant, ceux-ci se révèlent gênants à plusieurs titres.

Tout d'abord, si les panneaux des participants un et trois sont relativement peu prégnants, il n'en va pas de même du panneau du participant numéro deux qui se trouve incontestablement dans l'espace d'interaction des trois participants. Une présence qui, non seulement parasite la communication, mais parasite les échanges différemment, suivant qu'il s'agit des participants un et trois, ou bien du participant deux avec les deux autres.



Figure 59 : regards dirigés vers les pièces et encombrements gênants

Ensuite, comme pour le panneau commun de la première expérimentation, nous avons envisagé chaque panneau de pièces comme des bases de connaissances auxquelles les participants pourraient se référer occasionnellement en fonction de leurs besoins. Au cours de cette seconde expérimentation, et comme le montre l'image de la figure 59, il est apparu que les participants focalisaient leurs regards sur leurs panneaux et échangeaient entre eux, tout en ayant leurs yeux rivés sur leur panneau.

Cette nouvelle organisation des échanges fait alors penser à ce que nous aurions obtenu en éloignant géographiquement les participants et en leur donnant la possibilité de communiquer par téléphone par exemple. Dans ces conditions l'émergence de la gestuelle est toute relative. Et lorsque celle-ci

apparaît, elle est perturbée par les panneaux munis de leur « cache » qui forment alors des obstacles dans l'espace géographique des interactions.

Le dispositif ainsi organisé ne permet pas de manipuler les pièces. Ces dernières sont fixées sur le panneau au moyen d'élastiques. Les participants ne prennent connaissance de leurs pièces qu'en les regardant. Or, contrairement à ce que nous pensions, le regard ne semble pas suffisant pour acquérir une bonne connaissance des pièces. En effet, le participant numéro deux n'a pas reconnu un écrou. Il a en effet expliqué cette pièce comme "un carré avec un trou au centre". En fait il n'a pas vu que l'intérieur du trou était taraudé pour en faire un pas de vis.

7.4.2. Discussion

Nous avons conçu la distribution des pièces de façon à formaliser l'expertise du participant. Les trois expertises étant complémentaires pour favoriser les échanges et la synchronisation cognitive au cours de la résolution du problème. Les choix opérationnels pour la matérialisation de cette base de connaissance, en fait d'elle une sorte de catalogue, fourni par un fabricant de pièces spécialisées, et auquel le concepteur se réfère chaque fois qu'il en éprouve le besoin.

Pour ce nouveau dispositif, la complémentarité des bases de connaissance, via la distribution des pièces, ne semble pas devoir être remise en cause. Par contre son opérationnalisation par un panneau disposé devant le participant engendre deux phénomènes non souhaités : le fait que le participant y fixe son regard et en "oublie" la présence des deux autres participants mais également la gêne occasionnée par l'obstacle physique que forme le panneau et son "cache" sur la table.

Il nous apparaît donc plus judicieux de rapprocher notre situation expérimentale du contexte naturel en considérant cette base de connaissances comme les "savoirs de base" du concepteur. C'est-à-dire les connaissances qu'il a acquises dans le domaine d'expertise qui est le sien et qu'il a stocké dans sa mémoire. La première expérimentation ne permettait pas une mémorisation aisée de l'ensemble des pièces puisque celui-ci s'élevait à 15 items, un nombre bien supérieur à ce que peut stocker la mémoire de travail comme nous avons pu le constater au cours du premier chapitre. La mémorisation de ces quinze pièces demanderait en effet, la mise en œuvre d'un processus d'apprentissage dont les caractéristiques et les effets différentiels chez les individus pourraient interférer avec notre problématique. La répartition équitable de l'ensemble des pièces entre les trois participants ramène à cinq le nombre d'items à mémoriser, un nombre cette fois compatible avec l'empan mnésique.

Ainsi, en demandant aux participants de mémoriser les pièces, plus aucun objet disposé sur la table n'est susceptible d'attirer leur regard. Et, dans le même temps, la disparition des panneaux avec leur "cache" nettoie la table de tous les obstacles susceptibles d'interférer avec la gestuelle.

7.4.3. Ajustements du dispositif expérimental

Pour les deux exercices, chaque participant dispose respectivement de cinq puis six pièces. Un étalonnage auprès de onze individus révèle que, d'une part, la mémorisation de cinq et six pièces ne pose aucun souci et que, d'autre part, le temps nécessaire à la prise d'informations par manipulation des pièces requiert deux minutes et cinquante secondes au participant le plus lent. Cette observation empirique corrobore la présentation rapide de la taille de l'empan mnésique que nous avons proposé dans le premier chapitre de nos travaux lorsque nous avons envisagé les déterminants infra cognitifs des individus.

En procédant de cette manière, nous offrons dans le même temps la possibilité aux participants de prendre connaissance de leurs pièces en les manipulant. Cette manipulation se révèle indispensable à l'issue de nos premières et seconde expérimentations. En effet que ce soit pour le premier ou le second exercice, les participants ont fait apparaître un niveau de connaissance partiel des propriétés structurelles des pièces. Ce qui engendre des déductions erronées de leurs propriétés fonctionnelles. Or l'objectif que nous poursuivons ne se situe pas dans la prise d'information des pièces qui forment l'expertise du sujet. Il est donc de notre intérêt que tout soit mis en œuvre afin que cette prise d'information soit la plus efficiente possible. Ainsi chaque participant pourra manipuler ses pièces pendant quatre minutes. Ce temps est défini sur la base de l'observation des onze individus mentionnés ci-dessus. Notons que ce temps pourra être allongé pour les participants qui en éprouveraient le besoin.

7.4.3.1. Les participants

Nous avons vu, au cours du chapitre 2, qu'avec la constitution du groupe apparaissent les mécanismes d'individuation, de personnalisation, de relation de confiance etc. Ces mécanismes, inhérents à toute rencontre d'individus qui initialisent un groupe, sont mobilisateurs de temps. On peut donc penser que si l'on propose à trois sujets, qui ne se connaissent pas par ailleurs, de participer à notre expérience, ces mécanismes vont interférer sur la résolution elle-même pour une large part, voire la totalité, des dix minutes de l'exercice. Il nous semble donc préférable de proposer notre dispositif expérimental à des individus qui n'auront pas à mettre en œuvre ces

mécanismes. Mais pour autant, il ne faudrait pas qu'une trop grande proximité des individus entre eux n'introduisent d'autres biais.

Ainsi, et de manière un peu théorique, l'on sent qu'il serait optimal de pouvoir réunir des individus qui ont dépassé la période de constitution de leur groupe. Mais néanmoins, des individus qui forment un groupe depuis suffisamment peu de temps pour que n'apparaissent pas des biais liés à une trop grande familiarité.

Posé de la sorte, l'on retrouve un contexte qui nous est proche. En effet, les stagiaires de la formation professionnelle pour adultes sont réunis en groupe d'une quinzaine de personnes. Ces personnes ne se connaissent pas avant leur entrée en stage et forment un groupe dont la spécificité de la pédagogie de l'AFPA⁶ les amène à reproduire en situation d'apprentissage, le collectif de travail qui sera le leur à l'issue de leur qualification professionnelle (Dänzer-Kantof, 1999). Ainsi, dans les premières semaines de leur formation, ces stagiaires ont l'occasion de constituer un groupe qui devient un ensemble d'individus que nous pourrions solliciter pour leur proposer notre dispositif expérimental.

7.5. Réunir 3 participants pour un exercice de conception

Pour les deux pré expérimentations que nous avons présentées plus avant, seule une table était nécessaire. Ici, il devient indispensable de séparer les trois participants pour qu'ils puissent prendre connaissance de leurs pièces avant de rejoindre la table. Pour cela nous disposons d'une salle plus adaptée. Il s'agit d'une salle de formation équipée d'un réseau informatique avec une disposition des ordinateurs le long de deux murs et d'une table de grande taille au centre de la pièce comme le montre la figure 60. Cette configuration correspond d'autant plus à nos besoins qu'elle nous permettra d'assurer les passations du test d'évaluation visuo-spatiale de manière simultanée pour les trois participants. Notons également que la disposition des postes de travail informatiques étant adaptée à une situation de formation, celle-ci permet aisément d'expliquer la consigne en une seule fois pour les trois participants.

7.5.1. Méthode

7.5.1.1. Participants

Notre population est composée de 11 groupes de 3 participants, soit un effectif total de 33 participants. Il s'agit de stagiaires masculins de la formation

⁶ AFPA : Association Nationale pour la Formation Professionnelle des Adultes

professionnelle pour adultes en situation d'apprentissage du métier de Technicien Supérieur de Conception Industriel (TSCI). L'âge moyen des participants est d'environ 31 ans ($M=31.45$, $SD=9.74$). 27 ont suivi antérieurement, une formation technique, 5 une formation scientifique et 1 participant a suivi une formation tertiaire. Pour ce qui est de la préférence manuelle, 30 sont droitiers et 3 sont gauchers, ce qui respecte les proportions habituellement constatées dans la population française (Bertrand, 2001). Les passations de cette expérience se déroulant du 23 février 2005 au 11 mars 2005, les participants se sont rencontrés et ont constitué leur groupe de formation entre 4 et six semaines auparavant.

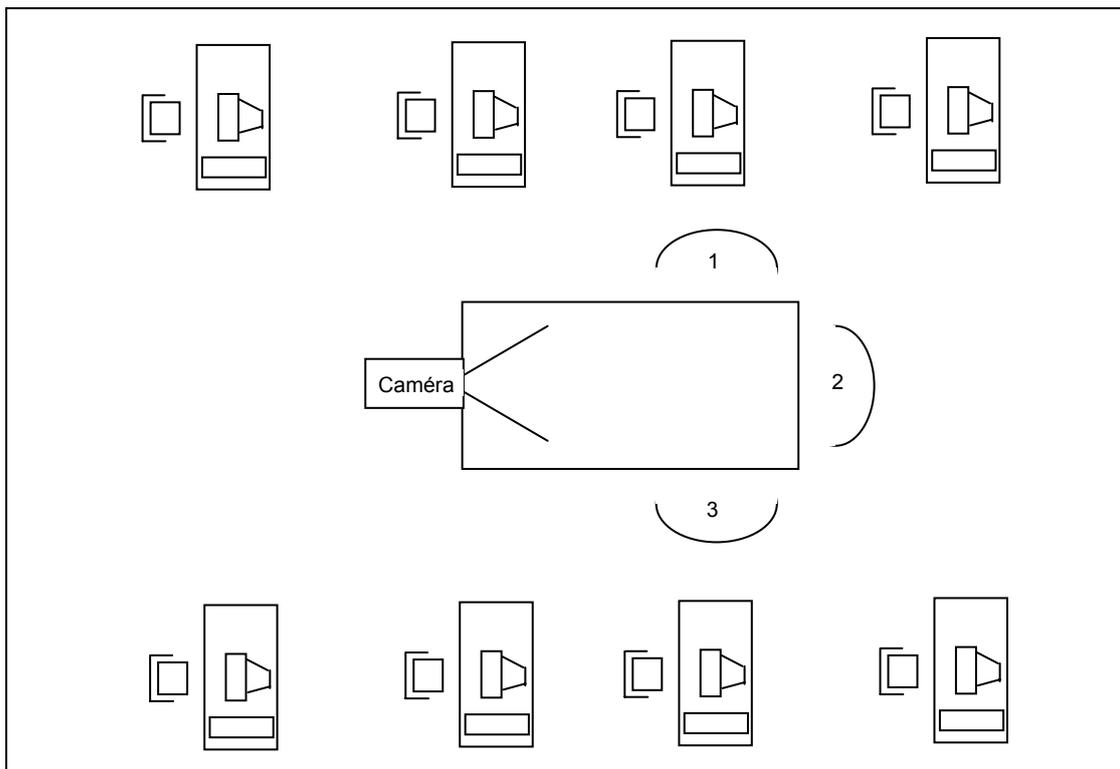


Figure 60 : Configuration de la salle utilisée pour le dispositif expérimental

Il nous semble important de souligner ici que les participants ont bénéficié, avant leur entrée en formation, d'une prestation d'élaboration de leur projet professionnel. Ainsi, ils ont rencontré un psychologue du travail avec qui ils ont réfléchi à leur projet d'insertion dans l'emploi en lien avec leur formation. Ce point est important car il nous indique que l'ensemble des participants forme une population homogène en regard du projet d'accès à un emploi dans le domaine de la conception industrielle. L'on peut donc penser que les participants ne seront pas déstabilisés par la tâche que nous leur

proposons et au-delà, que la tâche correspond à leur intérêt commun pour la situation de conception.

7.5.1.2. Scénario de l'expérience

Les trois participants sont invités à s'installer devant un ordinateur pour la première partie de l'expérience, la passation du test visuo-spatial en individuel. Puis, à l'issue de cette passation, ils rejoignent la table centrale afin de choisir leur place. Celle-ci est laissée à leur initiative. L'expérimentateur explique la consigne au groupe et répond à toutes leurs questions. Puis chacun des trois participants rejoint une table qui lui a été indiquée. L'expérimentateur distribue les pochettes contenant les pièces aux trois participants qui sont alors éloignés les uns des autres et se tournent le dos. Après 4 minutes environ, les participants sont invités à ranger leurs pièces dans la pochette, afin qu'elles ne soient pas visibles, à laisser cette pochette sur la table et revenir à leur place autour de la grande table centrale. Ils disposent alors de 10 minutes pour résoudre le problème (figure 61).

Un débriefing est réalisé à l'issue de l'expérience. Pour cela, plusieurs photographies de l'objet assemblé leur est montré et ils peuvent prendre, cette fois, l'ensemble des pièces pour vérifier les assemblages.

A la fin de ce débriefing, ils sont invités à retourner à leur table isolée afin de prendre connaissance des pièces du second exercice. Le second exercice est orchestré de manière similaire au premier.

7.5.1.3. Analyse des enregistrements vidéo



Figure 61 : groupe en situation de résolution de problème

Chaque exercice a fait l'objet d'un enregistrement vidéo qu'il convient d'analyser avec, nous l'avons vu au cours du chapitre 3, la méthode d'observation du flux comportemental. Pour cela nous avons défini un éthogramme, c'est-à-dire l'ensemble des comportements susceptibles d'être produits par les participants. Notre objectif étant d'isoler le geste iconique, ou co-verbal de type illustratif, un premier visionnage des films nous permet de

repérer ce geste ainsi que les autres gestes produits par les participants. Ainsi, nous avons défini trois gestes supplémentaires à ce geste iconique comme indiqué dans le tableau 46.

Geste	Contenu
1 : Repos	Lorsque le participant pose ses mains sur la table. Il n'en a plus besoin, il pose ses mains sur la table, sous la table, dans ses poches, etc ... On utilise cet item chaque fois que le participant semble "ranger ses mains comme s'il n'en avait plus besoin"
2 : Accessoire	Lorsque le participant utilise ses mains pour désigner les autres (dénictique), pour déplacer sa chaise, pour tenir sa montre quand il regarde l'heure etc ... On utilise cet item chaque fois que le participant semble "utiliser ses mains comme des accessoires pour gérer son environnement proche"
3 : Auto-centré	Lorsque le participant se gratte, porte sa main à sa bouche, se frotte le nez, etc ... On utilise cet item chaque fois que le participant utilise ses mains pour réaliser un geste de confort tourné vers, et sur, lui-même.
4 : support d'explication	Lorsque le participant utilise ses mains pour donner des informations sur l'objet de son discours. Ses doigts pour donner une dimension, sa main pour simuler le mouvement de l'objet, ses mains pour mimer la forme de l'objet etc ... Attention ici, le geste iconique entretient nécessairement un lien d'analogie avec l'objet du discours.

Tableau 46 : éthogramme, contenu des 4 gestes observés

L'observation du flux comportemental, à partir d'un enregistrement vidéo, permet une analyse fine du comportement sous réserve que l'on dispose d'un appareillage en mesure de proposer des aides au visionnage comme la lecture du film à vitesse réduite, l'avance et le retour rapide, le positionnement aisé sur n'importe quelle image du film, la lecture image par image etc. Par ailleurs, afin d'éviter une saisie fastidieuse et source d'erreur, le logiciel doit pouvoir créer un fichier compatible avec les principaux logiciels d'analyse statistique et contenant l'ensemble des items observés ainsi que leur temps respectifs de début et de fin.

Une recherche de logiciels, à la fois susceptibles de remplir ces fonctions et accessibles à nos moyens financiers nous a permis d'identifier deux logiciels. *Etholog* dans sa version 2.2.5 proposé par Eduardo B. Ottoni du Département de Psychologie Expérimentale de l'Université de Sao Paulo. *Transana* dans sa version 2.0.5 proposé par David Woods du Centre de Recherche pour l'Education du Wisconsin. Toutefois, la dernière version d'*Etholog* datant de 1999 n'était pas compatible avec notre matériel et *transana* s'est avéré beaucoup trop complexe par rapport à nos besoins relativement basiques. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de développer notre

propre logiciel d'aide à la mise en œuvre de la méthode éthologique (figure 62).

7.5.1.4. Logiciel Ethoplayer 1.0.2

Fonctions	Commandes
Ouverture de fichiers vidéo	Compatibilité avec les formats vidéo usuels (mpeg, avi, ogg, divx etc.) Détection des caractéristiques du fichier pour configuration de la ligne de temps (reconnaissance du nombre d'image par seconde) Détection des caractéristiques audio du fichier
Lecture du fichier vidéo	Lecture continue, image par image, par bloc de 5 images, par bloc d'une seconde. Positionnement précis sur une image.
Ethogramme	Configuration du nombre de comportement Définition du libellé des comportements Mise à disposition d'un bouton de commande par comportement défini : le clic sur le bouton enregistre le temps de début, le temps de fin ainsi que le numéro du comportement.
Enregistrement des données	Enregistrement d'un fichier de données compatible avec les tableurs et logiciels de statistiques les plus courants (fichier avec extension DAT, formaté DOS, séparateur de champ TAB)

Tableau 47 : Spécifications du logiciel Ethoplayer 1.0.2

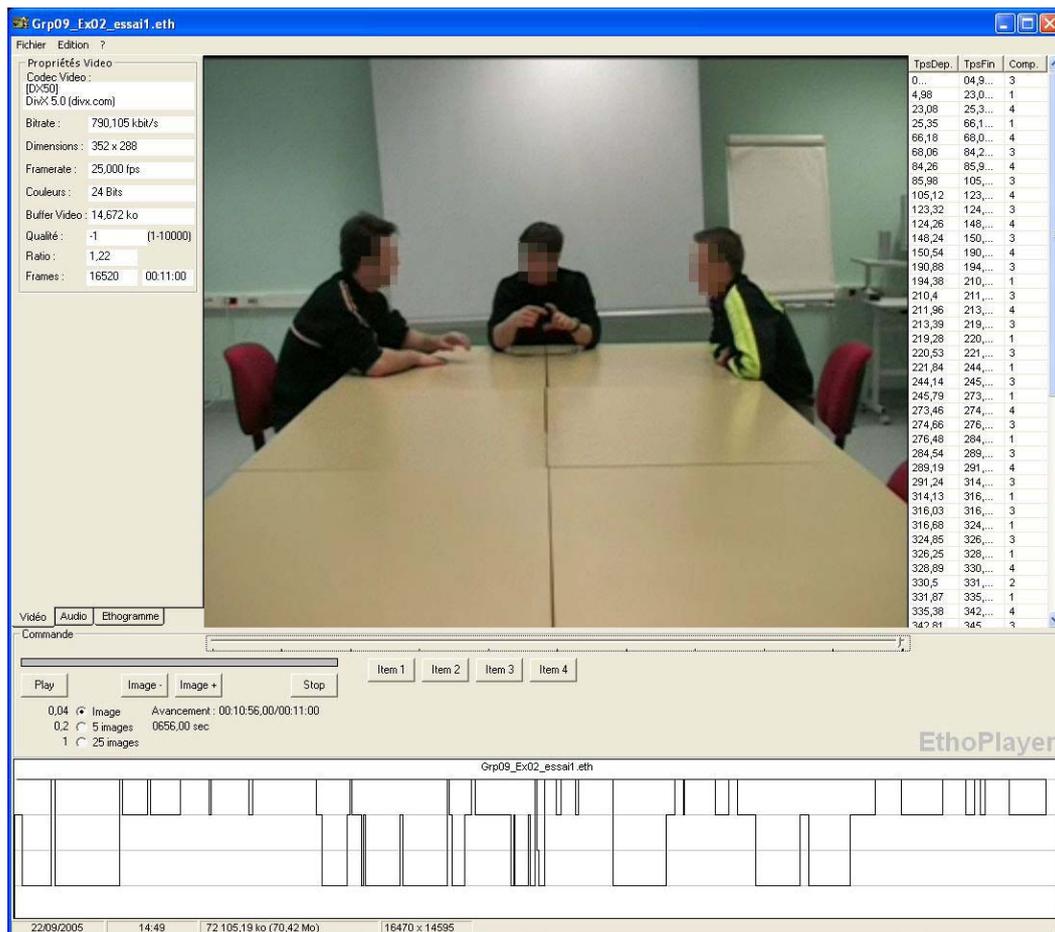


Figure 62 : interface du logiciel Ethoplayer 1.0.2

Le cahier des spécifications générales, que nous avons établi pour notre logiciel, réunit les fonctions qui nous semblent essentielles pour notre codage

des comportements. Ces fonctions sont présentées dans le tableau 47 ci-dessus.

7.5.1.5. Démarche statistique

Pour résoudre leur problème, les participants disposent chacun d'une part égale d'information sur les pièces qui, réunies, peuvent s'assembler pour former un objet. Comme le précise la consigne, disponible en annexe de ce document, leur objectif est double : il doivent trouver le nom de l'objet qu'ils peuvent fabriquer avec l'ensemble de leur pièces et indiquer la méthode d'assemblage des pièces entre elles pour fabriquer cet objet.

Ici, nous posons l'hypothèse de l'importance du rôle du geste "*support d'explication*", le geste co-verbal de type illustratif, pour la performance du groupe, c'est-à-dire pour la réalisation de ses deux objectifs.

Pour décrire le comportement des sujets, 18 variables ont été sélectionnées (Tableau 48). Les données sont disponibles dans les annexes III de ce document.

Afin de garantir l'objectivité du codage comportemental, deux codeurs ont réalisé ce travail suivant les 4 gestes de notre éthogramme. L'accord inter codeur est estimé en calculant la proportion d'accord entre les codeurs et le coefficient Kappa de Cohen (Cohen, 1960). Pour les 11 groupes, l'accord inter codeurs est de .94 ; $p < .000$. Notons ici, uniquement à titre indicatif, que les différences observées entre les codages des deux codeurs concernent principalement les deux gestes "*auto-centré*" et "*accessoire*".

Variabes	Définition
1	Score Visuo-Spatial
2	Score Visuo Spatial du groupe (somme des scores des 3 participants)
3	Nombre d'assemblage réalisé par le groupe
4	Nb d'assemblage réalisé par le sujet
5	Proportion d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nombre total d'assemblage réalisé par le groupe.
6	Nombre de secondes avant apparition du nom de l'objet
7	Proportion de geste 1 dans la gestuelle du participant
8	Proportion de geste 2 dans la gestuelle du participant
9	Proportion de geste 3 dans la gestuelle du participant
10	Proportion de geste 4 dans la gestuelle du participant
11	Proportion de geste 1 du sujet par rapport aux gestes 1 du groupe
12	Proportion de geste 2 du sujet par rapport aux gestes 2 du groupe
13	Proportion de geste 3 du sujet par rapport aux gestes 3 du groupe
14	Proportion de geste 4 du sujet par rapport aux gestes 4 du groupe
15	Proportion de temps du geste 1 dans la gestuelle du participant
16	Proportion de temps du geste 2 dans la gestuelle du participant
17	Proportion de temps du geste 3 dans la gestuelle du participant
18	Proportion de temps du geste 4 dans la gestuelle du participant

Tableau 48 : Définition des variables

7.5.2. Résultats

7.5.2.1. Capacité de représentation visuo-spatiale

La moyenne des scores observés sur notre test d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale est d'environ 28 bonnes réponses ($M=28.03$ sec; $SD=4.99$). Le score le plus bas est de 16 bonnes réponses et le score le plus élevé est de 35 bonnes réponses.

7.5.2.2. 1^{er} Exercice : La Moto

L'ensemble des 11 groupes a atteint le premier objectif, c'est-à-dire indiquer le nom de l'objet. Cet objectif est atteint en début de résolution pour tous les groupes puisque la moyenne du temps nécessaire pour atteindre cet objectif est d'environ 35 sec ($M=35.36$ sec; $SD=34.54$). Le groupe le plus rapide annonce l'objectif à 3 sec du début de la résolution, le groupe le plus lent à 117 sec soit 1min. et 57 sec.

5 groupes ont atteint le second objectif, c'est-à-dire indiquer la méthode d'assemblage des pièces entre elles pour fabriquer la moto. 6 groupes ne sont parvenus qu'à un objectif partiel.

Parmi ces 6 groupes, le groupe le moins performant a découvert 3 assemblages, soit 21.43% de l'objectif, et le groupe le plus performant en a découvert 9, soit 64.29% de l'objectif.

Une analyse des corrélations entre nos variables (tableau 49) nous montre qu'il existe un lien significatif entre le score obtenu pour le test visuo-spatial par le participant et le nombre d'assemblages découverts par le groupe. En effet, $r(33)=.360$; $p=.04$. Ainsi, le participant qui obtient un meilleur score sur notre outil d'évaluation de la représentation visuo-spatiale est aussi celui qui est à l'origine d'un plus grand nombre d'assemblages dans le groupe (tableau 221, cf annexes).

Cette observation nous incite à calculer un pseudo score visuo-spatial du groupe en lui attribuant la somme des scores de chaque participant du groupe. La corrélation entre ce pseudo score visuo-spatial du groupe et le nombre d'assemblages réalisés par le groupe est de $r(33)=.415$; $p=.016$. Ce résultat était prévisible puisqu'il est une construction par sommation du résultat précédent étendu à l'ensemble du groupe. Mais il permet de confirmer le lien entre la capacité de représentation visuo-spatiale du groupe à travers les membres qui le composent et la performance que réalise le groupe.

	Score Visuo-Spatial	Score Visuo Spatial du groupe	Nb. d'assemblage réalisé par le groupe	Nb d'assemblage réalisé par le sujet	% d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nb. total d'assemblage réalisé par le groupe
Score Visuo-Spatial	1	,701	,360	0,29	0,127
Score Visuo Spatial du Groupe	,701	1	,415	0,253	0
Nb. d'assemblage réalisé par le groupe	,360	,415	1	,610	0
Nb d'assemblage réalisé par le sujet	0,29	0,253	,610	1	,678
% d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nb. total d'assemblage réalisé par le groupe	0,127	0	0	,678	1

Tableau 49 : Matrice des corrélations entre le score sur le test spatial et le nb d'assemblage

Avec ce résultat, nous retrouvons l'importance de la capacité de représentation visuo-spatiale, pour des tâches de type conception, que Medina et al (1998) nous avaient expliquée être le critère de sélection pour la réussite au cursus de formation d'ingénieur. Nos résultats vont dans le sens d'un élargissement de l'importance de la dimension spatiale au caractère collectif du travail de conception.

7.5.2.3. Le comportement

Les figures 63, 64, 65 et 66 illustrent graphiquement les données du tableau 217 (Cf. annexes).

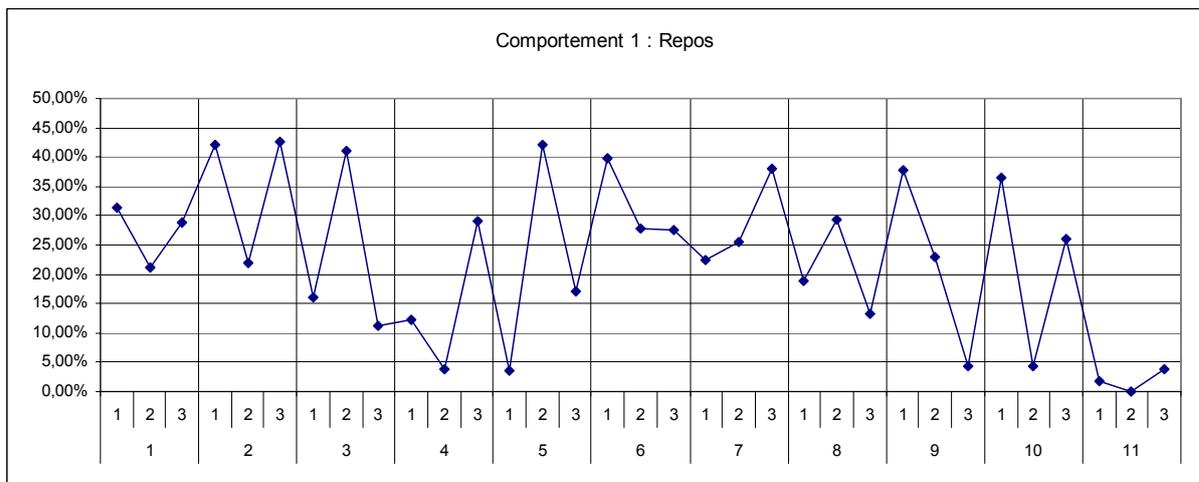


Figure 63 : graphique des proportions de comportement *repos* dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

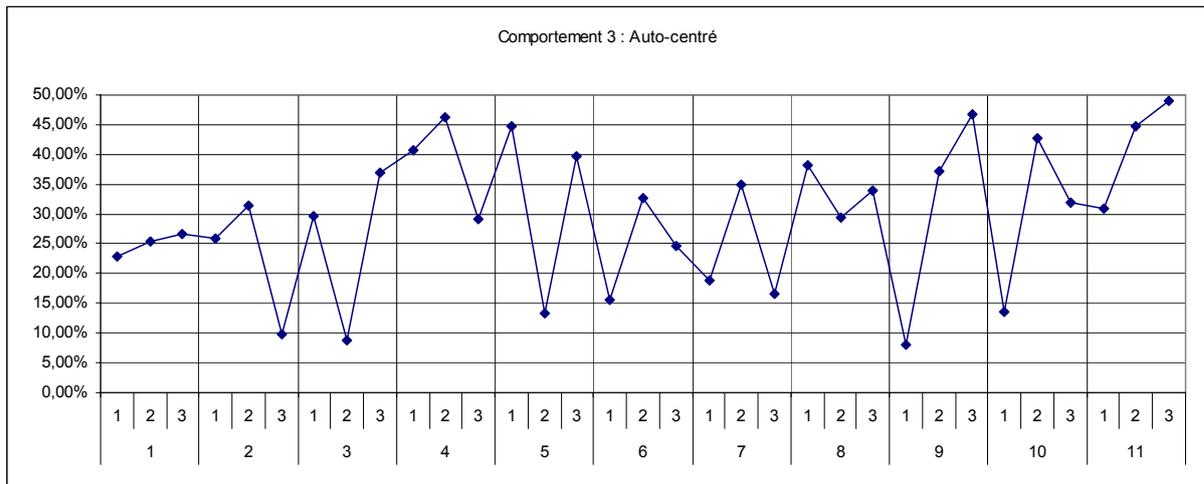


Figure 64 : graphique des proportions de comportement *auto-centré* dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

Les exercices sont de durée variable. En effet, les groupes qui ont atteint les deux objectifs avant la durée maximale de 10 minutes ont mis un terme à leur résolution en un temps plus court. Nous ne pouvons donc pas analyser la gestuelle produite sur la base de l'effectif des comportements observés. Toutes choses étant égales par ailleurs, nous ne pouvons comparer que des gestuelles qui ont bénéficié du même temps d'expression. C'est pourquoi nous allons analyser les proportions de comportement rapportées à l'ensemble de la gestuelle des participants et à l'ensemble de la gestuelle produite par le groupe.

On observe sur les deux figures 63 et 64 que les deux comportements *repos* et *auto-centré* présentent des différences importantes dans la place qu'ils occupent dans la gestuelle du sujet. En effet, le sujet qui présente la plus grande part de gestes *repos* dans l'ensemble de sa gestuelle lui consacre 42.60% du nombre de ses gestes. Et le sujet qui lui consacre la part la plus faible est le sujet qui n'utilise pas ce geste. On observe donc une amplitude de 42.60% pour l'ensemble des participants.

Le geste *auto-centré* révèle également une grande disparité de même ordre puisque le sujet qui en produit la plus grande part dans sa gestuelle correspond à 49% alors que le sujet qui lui consacre la plus faible part, est à 8.10%. On observe donc une amplitude de 40.90%.

Ici, il apparaît une certaine hétérogénéité, entre les sujets, dans le recours aux gestes *repos* et *auto-centrés*. Gardons à l'esprit que ces deux gestes ne participent pas de manière active à la cognition en œuvre dans la résolution du problème telle que nous l'avons définie jusqu'ici. En effet, pour le geste

repos il s'agit du geste où les mains ne sont plus utilisées. Le geste *auto-centré*, quant à lui est un geste de confort dirigé vers le locuteur.

Si l'on observe maintenant les deux figures 65 et 66, on remarquera que les deux comportements *accessoire* et *support d'explication* présentent beaucoup moins de différences dans la place qu'ils occupent dans la gestuelle du sujet, par rapport aux deux gestes précédents. En effet, le sujet qui présente la plus grande part de gestes *accessoire* dans l'ensemble de sa gestuelle lui consacre 29.10% du nombre de ses gestes. Et le sujet qui lui consacre la part la plus faible est le sujet qui n'utilise pas ce geste. On observe donc une amplitude de 29.10% pour l'ensemble des participants.

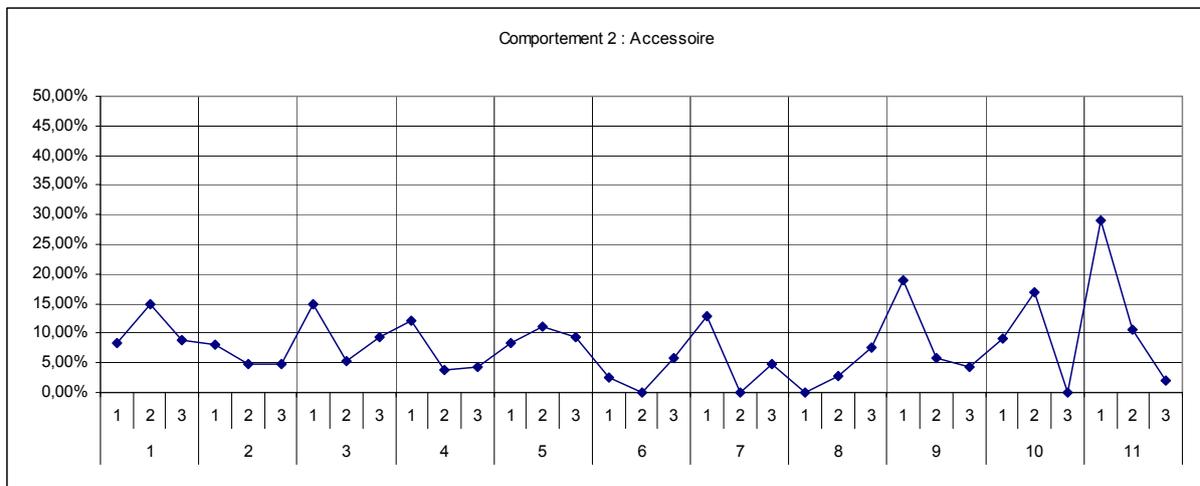


Figure 65 : graphique des proportions de comportement accessoire dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

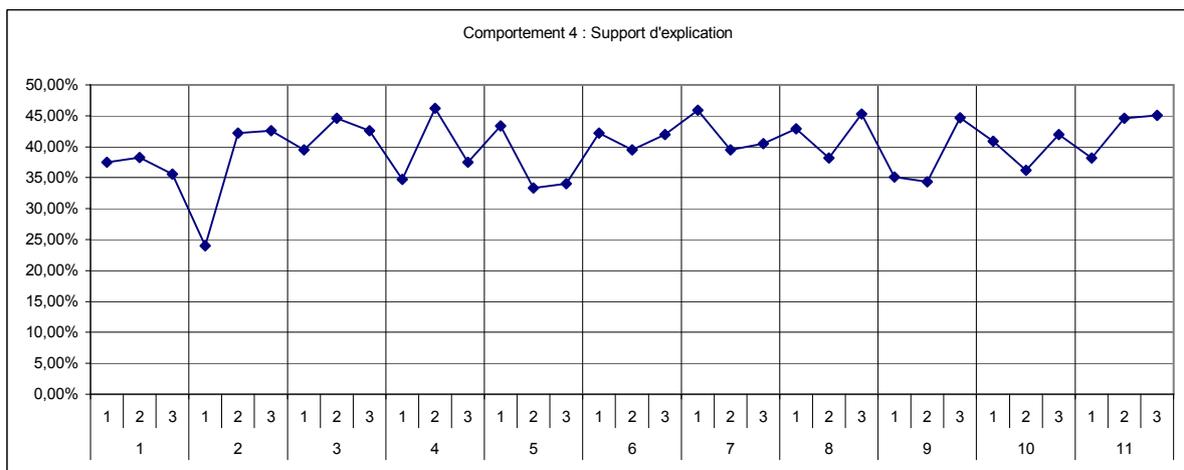


Figure 66 : graphique des proportions de comportement *support d'explication* dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

Le geste *support d'explication* révèle également une homogénéité puisque le sujet qui en produit la plus grande part dans sa gestuelle correspond à 46.20% alors que le sujet qui lui consacre la plus faible part, est à 24%. On observe donc une amplitude de 22.20%. Cette amplitude est ramené à 12.90% si l'on excepte le sujet 1 du groupe 2 qui semble utiliser beaucoup moins que les autres participants le geste support d'explication. Nous verrons, un plus loin que ce sujet fait une utilisation particulière des gestes support d'explication qui handicape le groupe pour sa résolution de problème.

Ici, il apparaît une certaine homogénéité, entre les sujets, dans le recours aux gestes *accessoire* et *support d'explication*. Rappelons que le geste *support d'explication* correspond aux gestes iconiques pour lequel nous avons posé l'hypothèse qu'il participe de manière active à la cognition en œuvre dans la résolution du problème. Et le geste *accessoire* correspond aux gestes que le participant met en œuvre pour gérer son environnement proche.

	Score Visuo-Spatial	Score Visuo Spatial du groupe	Nb. d'assemblage réalisé par le groupe	Nb d'assemblage réalisé par le sujet	% d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nb. total d'assemblage réalisé par le groupe
Proportion de geste 1 dans la gestuelle du participant	0,142	-0,096	-0,275	-0,096	0,144
Proportion de geste 2 dans la gestuelle du participant	-0,125	-0,062	0,054	0,336	,371
Proportion de geste 3 dans la gestuelle du participant	-0,04	0,072	0,29	-0,093	-,403
Proportion de geste 4 dans la gestuelle du participant	-0,14	0,176	-0,007	0,061	0,1
Proportion de geste 1 du sujet par rapport aux gestes 1 du groupe	0,178	0	0	0,113	0,288
Proportion de geste 2 du sujet par rapport aux gestes 2 du groupe	-0,105	0	0	,462	,563
Proportion de geste 3 du sujet par rapport aux gestes 3 du groupe	-0,144	0	0	-0,012	-0,076
Proportion de geste 4 du sujet par rapport aux gestes 4 du groupe	-0,213	0	0	,370	,477
Proportion de temps du geste 1 dans la gestuelle du participant	0,165	-0,077	-0,303	-0,193	0,056
Proportion de temps du geste 2 dans la gestuelle du participant	0	0,038	0,208	,403	,399
Proportion de temps du geste 3 dans la gestuelle du participant	-0,035	0,167	0,329	0,046	-0,238
Proportion de temps du geste 4 dans la gestuelle du participant	-0,269	-0,132	0,009	0,215	0,189

Tableau 50 : Matrice des corrélations : score sur le test spatial et performance dans l'exercice avec le comportement

Une analyse des corrélations entre nos variables, lorsque l'on prend en compte le comportement, nous montre qu'il existe un lien significatif entre la proportion de geste *support d'explication* produit par le participant dans l'ensemble de ce type de geste produit par le groupe avec la proportion d'assemblage correct qui revient à ce même participant. En effet $r(33) = .477$; $p = .005$ (tableau 50).

Par ailleurs, on voit également apparaître une corrélation statistiquement significative entre la proportion de geste *accessoire* que le participant génère dans l'ensemble des gestes *accessoire* du groupe avec le nombre d'assemblages réalisés par le sujet. En effet $r(33) = .462$; $p = .007$ (tableau 50). Nous avons, plus avant, vu que le geste *accessoire* contient les déictiques. Au cours de nos observations, nous avons pu remarquer que ce déictique était souvent utilisé pour désigner un autre participant. Et plus précisément encore, le participant l'utilise pour indiquer qu'il envisage d'assembler les pièces détenues par les participants qu'il désigne ainsi. On retrouve donc, dans ce lien significatif entre le geste *accessoire* et le nombre d'assemblage, ce rôle du déictique.

Une autre information que nous livre l'analyse des corrélations, concerne la proportion de geste *auto-centré* et son lien négatif avec la proportion d'assemblage qui revient au participant pour la performance du groupe. En effet $r(33) = -.403$; $p = .02$. On voit ici que plus le participant consacre une part importante de sa gestuelle aux gestes de confort tournés vers lui et moins il participe à la performance du groupe. Ce constat est à mettre en lien avec le résultat d'une grande hétérogénéité du recours à ce geste comme nous l'avons vu ci-dessus et conforte notre hypothèse. En effet, nous avons vu que le geste *auto-centré*, puisque tourné vers le locuteur lui-même ne participe pas à l'iconicité. De même, on peut constater que le tableau 50 des corrélations entre comportement et performance pour la tâche, ne fait pas apparaître de lien entre le geste *repos* et le nombre d'assemblages réalisés par le participant ou le groupe. Cette absence de corrélation permet de renforcer le contraste qui existe entre les gestes *accessoires* et *support d'explication* qui participent à la performance du groupe et les gestes *repos* et *auto-centrés* qui révèlent une participation neutre ou négative.

7.5.2.4. 2^{ème} Exercice : l'Hélicoptère

8 groupes ont atteint le premier objectif, c'est-à-dire indiquer le nom de l'objet. 3 groupes ne sont pas parvenus à indiquer le nom de l'objet. La moyenne de temps nécessaire pour annoncer le nom de l'objet est d'environ 207 sec ($M = 207.75$ sec; $SD = 144.49$). Le groupe le plus rapide annonce l'objectif à 22 sec du début de la résolution, le groupe le plus lent à 386 sec soit 6min. et 26 sec.

Aucun des onze groupes n'a atteint le second objectif, c'est-à-dire indiquer la méthode d'assemblage des pièces entre elles pour fabriquer l'hélicoptère. Les onze groupes ne sont parvenus qu'à un objectif partiel.

Parmi les 11 groupes, le groupe le moins performant a découvert 1 assemblage, soit 5.88% de l'objectif, et 2 groupes sont ex æquo pour la performance maximale avec 6 assemblages, soit 35.29% de l'objectif.

Cet exercice apparaît bien différent de l'exercice précédent. En effet, il n'apparaît plus de corrélation significative entre le score visuo-spatial du participant et le nombre d'assemblages découverts par le groupe. Avec huit groupes sur onze qui atteignent le premier objectif et aucun groupe qui atteint le second, cet exercice se révèle beaucoup plus difficile que le précédent. Ce constat est renforcé par le faible nombre d'assemblages découverts. Ainsi, les onze groupes ont consacré une part importante de leur temps à s'expliquer et à décrire les pièces en leur possession dans un objectif d'homogénéisation de leur représentation. Or, le critère que nous avons retenu, le nombre d'assemblages, révèle ici ses limites. Il ne nous permet pas d'atteindre ces temps de partage des représentations sans propositions d'assemblages.

	Score Visuo-Spatial	Score Visuo Spatial du groupe	Nb. d'assemblage réalisé par le groupe	Nb d'assemblage réalisé par le sujet	% d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nb. total d'assemblage réalisé par le groupe
Score Visuo-Spatial	1	,701	0,026	-0,089	-0,046
Score Visuo Spatial du Groupe	,701	1	-0,116	-0,059	0
Nb. d'assemblage réalisé par le groupe	0,026	-0,116	1	,507	0
Nb d'assemblage réalisé par le sujet	-0,089	-0,059	,507	1	,783
% d'assemblage qui revient au sujet par rapport au nb. total d'assemblage réalisé par le groupe	-0,046	0	0	,783	1

Tableau 51 : Matrice des corrélations entre le score sur le test spatial et le nb d'assemblage

7.5.2.5. Le comportement

Les figures 67, 68, 69 et 70 illustrent graphiquement les données du tableau 219 (Cf. annexes III)

A nouveau, comme pour l'exercice de la moto, on observe sur les deux figures 67 et 68 que les deux comportements *repos* et *auto-centré* présentent des différences importantes dans la place qu'ils occupent dans la gestuelle du sujet. En effet, le sujet qui présente la plus grande part de gestes *repos* dans

l'ensemble de sa gestuelle lui consacre 45.20% du nombre de ses gestes. Et le sujet qui lui consacre la part la plus faible est le sujet qui n'utilise pas ce geste. On observe donc une amplitude de 45.20% pour l'ensemble des participants.

De la même manière, le geste *auto-centré* révèle également une grande disparité de même ordre puisque le sujet qui en produit la plus grande part dans sa gestuelle correspond à 49% alors que le sujet qui lui consacre la plus faible part, est à 4.80%. On observe donc une amplitude de 44.20%.

Ici, on retrouve l'hétérogénéité que l'on avait constatée pour le premier exercice, entre les sujets, dans le recours aux gestes *repos* et *auto-centrés*.

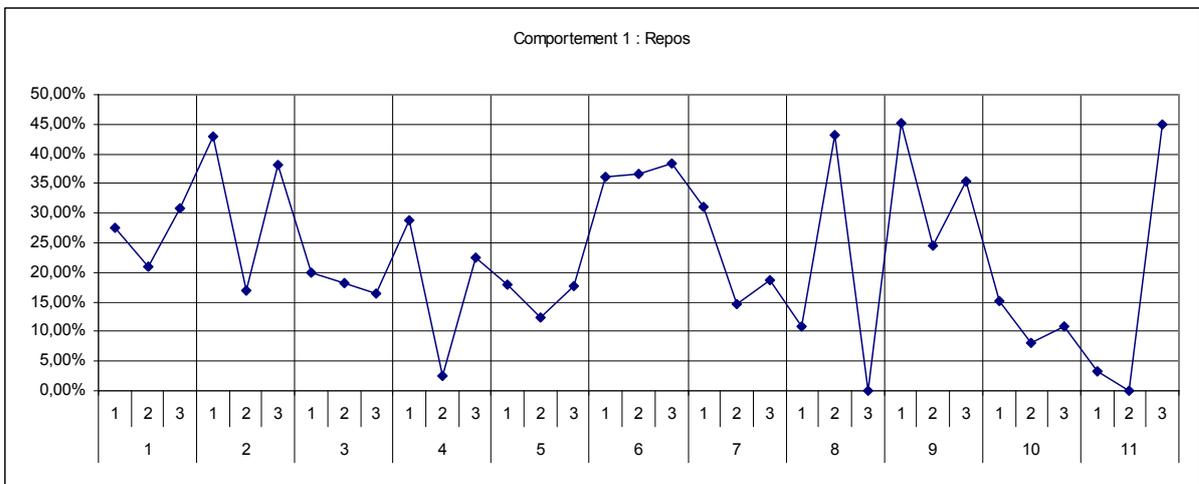


Figure 67 : graphique des proportions de comportement repos dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

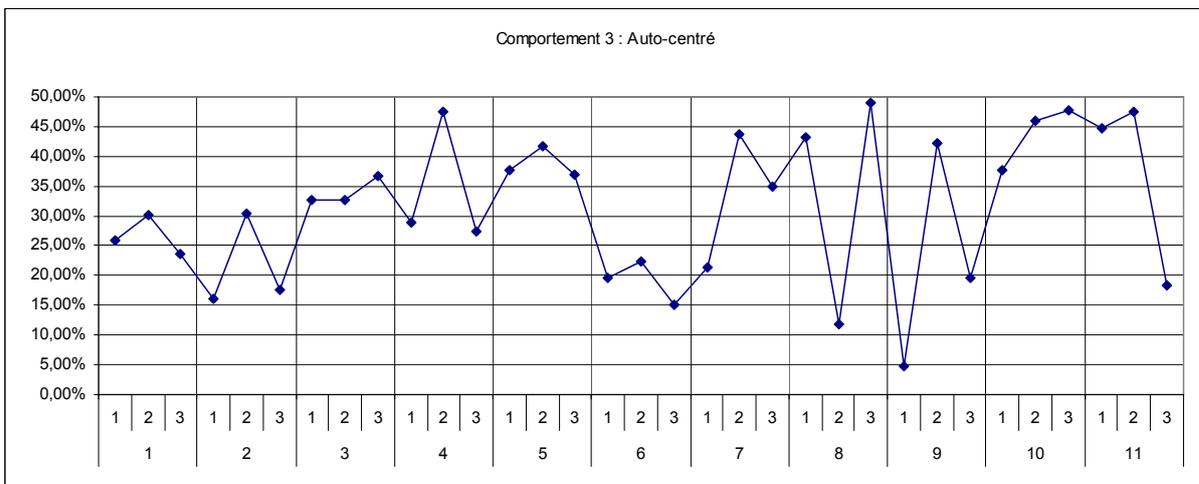


Figure 68 : graphique des proportions de comportement auto-centré dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

A nouveau, et comme pour l'exercice précédent, on retrouve une utilisation moins différenciée des deux comportements *accessoire* et *support d'explication*. En effet, le sujet qui présente la plus grande part de gestes *accessoire* dans l'ensemble de sa gestuelle lui consacre 20.70% du nombre de ses gestes. Et le sujet qui lui consacre la part la plus faible est le sujet qui n'utilise pas ce geste. On observe donc une amplitude de 20.70% pour l'ensemble des participants.

Le geste *support d'explication* révèle également cette plus faible différenciation puisque le sujet qui en produit la plus grande part dans sa gestuelle correspond à 49.10% alors que le sujet qui lui consacre la plus faible part, est à 26.80%. On observe donc une amplitude de 22.30%. Comme pour l'exercice de la moto, le sujet 1 du groupe 2 semble utiliser beaucoup moins que les autres participants le geste support d'explication. Ainsi si l'on excepte ce participant, l'amplitude n'est plus que de 18.50%

Ici, nous retrouvons l'homogénéité entre les sujets, dans le recours aux gestes *accessoire* (figure 69) et *support d'explication* (figure 70) que nous avons constaté pour le premier exercice.

Pour cet exercice de l'hélicoptère, nous ne retrouvons pas le lien significatif entre la proportion de geste *support d'explication* produit par le participant dans l'ensemble de ce type de geste produit par le groupe avec la proportion d'assemblage correct qui revient à ce même participant. Par contre, nous retrouvons le lien entre le geste *accessoire* et la performance du groupe. En effet, la corrélation est statistiquement significative entre la proportion de geste *accessoire* que le participant génère dans l'ensemble de sa gestuelle et le nombre d'assemblage réalisé par le groupe (Tableau 221, cf. annexes). En effet $r(33) = .468 ; p = .006$. Nous retrouvons ici le rôle du geste *accessoire* en tant que déictique.

Les différents constats que nous avons faits jusqu'ici concernant une homogénéité de l'utilisation des gestes *accessoire* et *support d'explication*, ainsi qu'une *hétérogénéité* des gestes *repos* et *auto-centrés*, nous invitent à regarder les relations que ces gestes entretiennent entre eux. Ainsi, le tableau 52 laisse apparaître des relations qui unissent les gestes *repos* et *auto-centrés* d'une part et les gestes *accessoire* et *support d'explication* d'autre part. Par ailleurs, il n'apparaît pas de lien significatif entre les gestes *repos* et les gestes *accessoire* ni *support d'explication*. Et de la même manière, il n'apparaît pas de lien significatif entre les gestes *auto-centrés* et les gestes *accessoire* ni *support d'explication*.

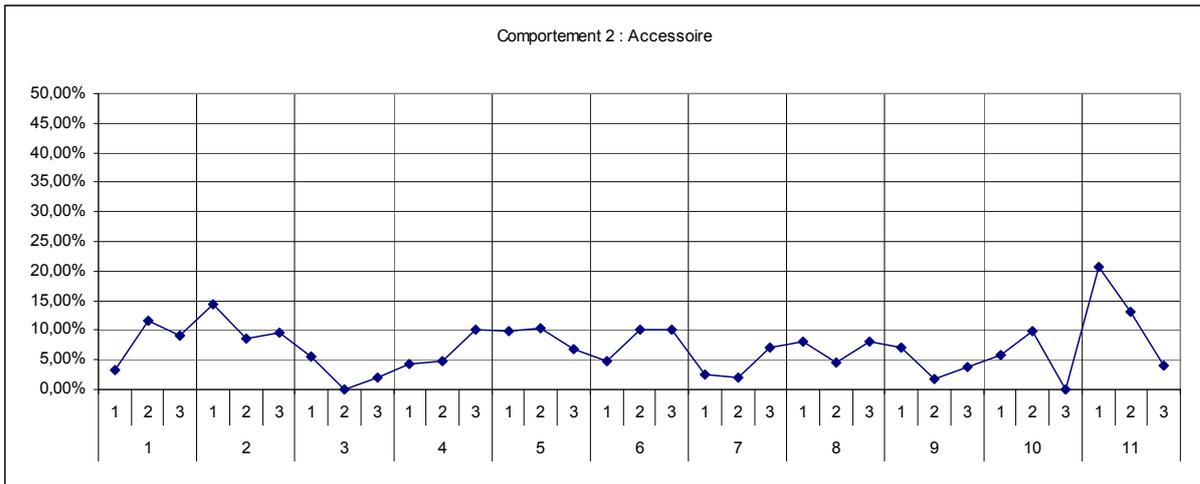


Figure 69 : graphique des proportions de comportement accessoire dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

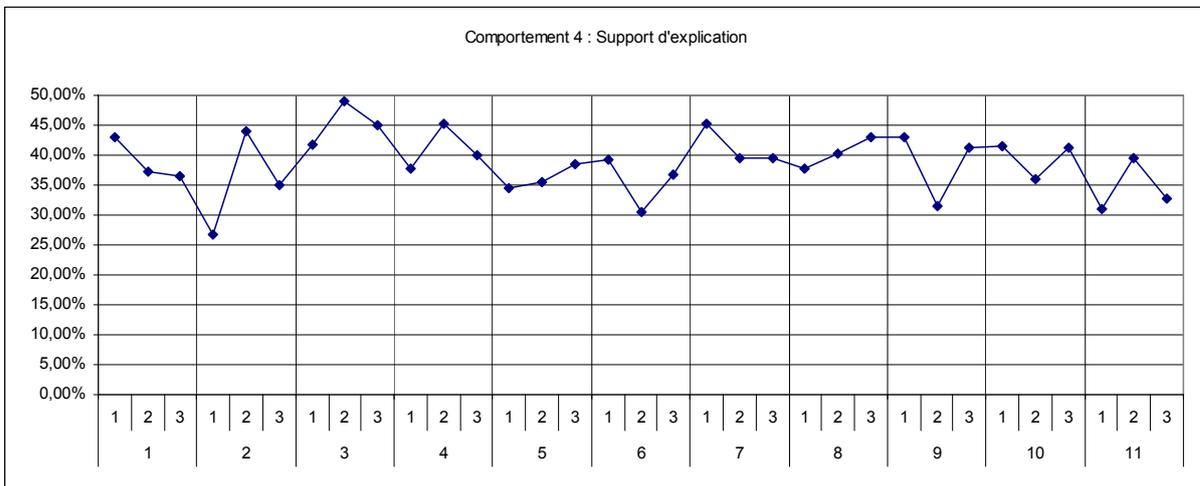


Figure 70 : graphique des proportions de comportement support d'explication dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants

Par ailleurs, on constate que pour chaque couple de geste ainsi formé, *repos* et *auto-centré* d'une part et *accessoire* et *support d'explication* d'autre part, les deux gestes entretiennent une corrélation négative entre eux. Ainsi, plus le participant consacre une part importante de sa gestuelle au geste *repos* et moins la part de gestes *auto-centrés* est importante. En effet $r(33) = -.949$; $p < .001$. De même, plus il consacre une part importante de sa gestuelle au geste *support d'explication* et moins la part de gestes *accessoire* est importante. En effet $r(33) = -.586$; $p < .001$.

	Proportion de geste 1 dans la gestuelle du participant	Proportion de geste 2 dans la gestuelle du participant	Proportion de geste 3 dans la gestuelle du participant	Proportion de geste 4 dans la gestuelle du participant
Proportion de geste 1 dans la gestuelle du participant	1	-0,142	-,949	-0,264
Proportion de geste 2 dans la gestuelle du participant	-0,142	1	0,03	-,586
Proportion de geste 3 dans la gestuelle du participant	-,949	0,03	1	0,101
Proportion de geste 4 dans la gestuelle du participant	-0,264	-,586	0,101	1
Proportion de geste 1 du sujet par rapport aux gestes 1 du groupe	,744	-0,341	-,650	-0,122
Proportion de geste 2 du sujet par rapport aux gestes 2 du groupe	-0,056	,583	-0,053	-0,239
Proportion de geste 3 du sujet par rapport aux gestes 3 du groupe	-,576	-0,09	,679	-0,02
Proportion de geste 4 du sujet par rapport aux gestes 4 du groupe	0,169	-,469	-0,209	,475
Proportion de temps du geste 1 dans la gestuelle du participant	,887	-0,072	-,829	-0,316
Proportion de temps du geste 2 dans la gestuelle du participant	-0,079	,819	-0,001	-,518
Proportion de temps du geste 3 dans la gestuelle du participant	-,881	0,045	,868	0,226
Proportion de temps du geste 4 dans la gestuelle du participant	-0,212	-0,058	0,129	0,312

Tableau 52 : Matrice des corrélations pour les 4 gestes du comportement.

7.6. Discussion

7.6.1. Atteinte du premier objectif : nommer l'objet

L'atteinte du premier objectif, nommer l'objet, est très rapide pour la moto ($M=35.36$ sec; $SD=34.54$) et beaucoup plus long pour l'hélicoptère ($M=207.75$ sec; $SD=144.49$). Cet écart nous ramène aux différents cheminements possibles vers le but que nous avons vu au cours du premier chapitre. En effet, les moyennes de temps d'atteinte du premier objectif nous indiquent que pour l'exercice de la moto, les 11 groupes ont rapidement identifié ce qui devient leur but global. Alors que pour l'exercice de l'hélicoptère, le but à atteindre n'est disponible que plus tardivement au cours de l'exercice. Il est même indisponible pour 3 groupes.

Sur ce point, et pour l'exercice de l'hélicoptère, nous avons constaté lors de l'analyse des enregistrements vidéo qu'un point d'achoppement est commun à tous les groupes. Il s'agit de l'identification des deux hélices disponibles (figure 71).



Figure 71 : la grande hélice bipales et la petite hélice tripales

Pour les 8 groupes qui ont atteint le premier objectif, le terme hélicoptère apparaît lorsque les deux hélices sont correctement définies et, on peut le penser, que les participants ont une représentation correcte de ces deux pièces. En effet, compte tenu de la distribution, le participant 1 possède la petite hélice tripales, le rotor de queue, et le participant 2 possède la grande hélice bipale, le rotor principal. Nous avons constaté que la description verbale ne suffit pas aux participants. Pour le groupe 4 par exemple, le participant 1 explique qu'il possède une hélice en accompagnant son discours d'un geste *accessoire* (déictique) puis d'un geste *auto centré* (se frotter le nez) à 44 sec du début. Les deux autres participants acquiescent mais il faut attendre 5 minutes et 25 secondes pour qu'il accompagne le mot "hélice" d'un geste *support d'explication* qui permet de débloquer la situation. En effet, le geste précise la taille de l'hélice. Le participant 2 comprend alors que cette hélice est différente de celle qu'il possède et, à son tour, il produit un geste *support d'explication* qui donne la taille de son hélice. Ils comprennent quasi simultanément que leurs deux hélices sont très différentes et correspondent aux deux hélices d'un hélicoptère. C'est à ce moment qu'ils atteignent le premier objectif.

Les 3 groupes qui n'ont pas atteint le premier objectif le doivent à un partage défaillant de l'information sur ces deux hélices. Le groupe le plus caractéristique nous semble être le groupe 7 qui tente vainement de mutualiser l'information sur ces hélices en s'appuyant très fortement sur le verbal. Le seul geste *support d'explication* qui apparaît concomitamment est le geste en spirale pour illustrer la rotation de l'hélice. Le participant qui possède la petite hélice utilise le terme de "ventilateur" pour préciser l'information. Nous constatons que le participant 1 (petite hélice tripale) ne se représente que son hélice et se fixe sur un bateau comme objectif. Alors que l'autre participant (grande hélice bipale) ne se représente que la sienne et se fixe sur un avion comme objectif. A aucun moment, ces deux participants n'utilisent les gestes *support d'explication* que nous avons rencontrés dans les autres groupes pour définir la taille et la forme des hélices.

Lorsque nous avons présenté les deux exercices, nous avons précisé ce qui les distinguait : les propriétés structurelles des pièces. En effet, pour la moto, les pièces ne peuvent remplir que le rôle pour lequel le fabricant les a prévues, alors que pour l'hélicoptère, le caractère plus générique des pièces leur autorise plusieurs rôles fonctionnels. C'est cette caractéristique qui est à l'origine du point d'achoppement que nous avons exposé ci-dessus. En effet, nous avons constaté que cette ambiguïté de définition des pièces n'apparaît pas dans l'exercice de la moto.

Seul un groupe s'engage dans cette voie, mais rétablit très vite la situation. En effet, le participant 1 qui possède les jantes utilise le terme "roue" et les deux autres participants qui possèdent les pneumatiques utilisent également le terme de "roue". Le groupe part donc sur un total de 4 roues, ce qui le place sur la piste d'un objectif de type véhicule à quatre roues. Mais très vite l'utilisation du geste *support d'explication* – le pouce et l'index forment le cercle du diamètre de la roue - permet aux participants de s'accorder sur deux petites et deux grandes roues. Puis le verbal précise la couleur noire des grandes roues et blanche des petites. Et le groupe comprend qu'il s'agit des jantes et pneumatiques.

7.6.2. Atteinte du second objectif : assemblage des pièces

Pour l'exercice de la moto, le coefficient de corrélation significatif qui apparaît entre le score visuo-spatial et le nombre d'assemblages découvert par le groupe rejoint les observations de Medina et ses collaborateurs (1998) que nous avons relatées lors de la conception de notre outil d'évaluation. En effet cette corrélation positive indique qu'un bon niveau de capacité de représentation visuo-spatiale est un indicateur de la réussite dans un exercice qui sollicite des compétences nécessaires à un travail de conception. Quant à la disparition de cette corrélation pour le second exercice, l'hélicoptère, il nous semble qu'elle est à rechercher dans la difficulté de l'exercice qui oblige les participants à consacrer beaucoup de temps à mutualiser leurs informations et moins de temps à tenter d'assembler les pièces. Ainsi, notre critère du nombre d'assemblages perd sa pertinence pour objectiver le rôle du geste coverbal de type illustratif. Cette observation est à mettre au compte des limites de notre dispositif qu'il faudra dépasser pour améliorer la précision de l'analyse du geste.

Pour l'exercice de la moto, nous venons de voir que 5 groupes ont atteint le second objectif et les 6 autres groupes ont découvert un nombre d'assemblages partiels qui représentent 21.43% à 64.29% de l'objectif. Pour l'exercice de l'hélicoptère, aucun groupe n'a atteint l'objectif et les assemblages partiels découverts représentent 5.88% à 35.29% de l'objectif. Nous retrouvons ici les différences de propriétés des pièces qui se traduisent en terme de

complexité de la résolution de problème. Les caractéristiques des pièces sont à la source de la difficulté de l'exercice. Cette difficulté se traduit par une modification du fonctionnement du groupe que l'on retrouve dans les analyses de liens qu'entretiennent entre eux les 4 gestes que nous avons envisagés.

En effet, pour l'exercice de la moto, nous avons distribué les pièces de sorte qu'aucun des participants ne puisse réaliser des assemblages seul. C'est-à-dire qu'un participant doit attendre que les autres participants partagent l'information de leurs propres pièces pour se représenter la manière de les assembler avec celles qu'il possède. C'est ce que l'on observe lorsqu'un participant énonce verbalement "j'ai une moitié de carter de la moto" Et le second participant fait le geste de coller ses deux mains à plats l'une contre l'autre en énonçant "j'ai la seconde moitié qui vient se coller contre la tienne". Ici l'émetteur du geste *support d'explication* est aussi celui qui a trouvé l'assemblage. Nous avons observé ce mode de fonctionnement pour un grand nombre d'assemblages partiels de la moto. C'est en effet valable pour la jante et le pneumatique, la vis et l'écrou, la casquette et le bonhomme, les goupilles et la fourche. Ici les propriétés structurelles, dépourvues d'ambiguïté, des pièces semblent favoriser ce fonctionnement du groupe et qui explique le lien entre le geste *support d'explication* et le *nombre d'assemblage*.

Il en va autrement pour l'exercice de l'hélicoptère. En effet, nous avons vu que le geste *accessoire* et le geste *support d'explication* entretenaient entre eux une corrélation négative. Cela reflète l'utilisation différente qui est faite des gestes. En effet, parmi les gestes *accessoire* nous trouvons les déictiques, c'est-à-dire lorsque le participant utilise ses mains pour désigner les autres participants. Et nous avons pu observer que ce déictique sert à accompagner une formule verbale qui indique l'assemblage de la pièce du participant désigné par le déictique. L'assemblage, s'il est correct est donc attribué au participant qui a émis ce geste *accessoire*. Le geste *support d'explication*, quant à lui, permet à celui qui l'émet de transmettre de l'information sur sa représentation. Donc d'aider un autre participant à imaginer les assemblages possibles. Ainsi le geste *support d'explication* participe à la performance du groupe car plus le participant est performant sur ce geste et plus il aide les autres participants à comprendre les pièces et à les assembler correctement. Le participant qui maîtrise bien ce geste *support d'explication* contribue donc à la performance du groupe mais sans en récolter les lauriers.

On voit donc apparaître, avec ces deux exercices, deux modes d'utilisation des gestes pour deux résolutions de difficulté différente. Pour l'exercice de la moto, le geste *support d'explication* permet d'acter un assemblage et de mettre à disposition de la représentation partagée par les participants, le sous-but qui vient d'être atteint. Alors que pour l'exercice de

l'hélicoptère, le geste *support d'explication* permet, au participant, de "mettre sur la table" la représentation de la pièce qu'il évoque pour la plus grande disponibilité possible. Cette disponibilité est alors saisie par les autres participants qui peuvent émettre des hypothèses d'assemblage parmi toutes les représentations qui ont été mises à disposition du groupe. Ici la résolution du problème est à la merci du participant qui maîtrise mal le geste *support d'explication*. En effet, celui qui n'utilise pas ce geste, ou l'utilise à mauvais escient comme nous l'avons exposé plus avant, ne permet pas au groupe de construire ses représentations et d'élaborer son référentiel commun. On rejoint ici la remarque que fait Midler (1996) lorsqu'il explique que la démarche concourante de l'ingénierie trouve ses limites lorsqu'un, ou plusieurs, des métiers présents autour de la table reste silencieux et ne fait pas valoir ses contraintes.

Le geste coverbal de type illustratif, replacé dans un contexte d'interaction proche d'une situation naturelle, nous révèle sa participation à la cognition en œuvre pour la résolution du problème. Le dispositif expérimental, sur lequel nous nous sommes appuyé, a en effet permis d'avancer dans l'étude de la gestuelle des mains dans ce contexte. En cela, la méthode d'observation éthologique nous a permis de faire apparaître une distinction entre deux catégories de geste : auto-centré et repos d'une part, puis accessoire et support d'explication d'autre part. Enfin, sur l'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale, cette dernière révèle des résultats contrastés entre le premier exercice, fortement contraint et le second beaucoup plus ouvert.

Troisième section

Conclusion générale

Chapitre VIII : Discussion

8. Discussion

8.1. Evaluation de la représentation visuo-spatiale

Comme nous l'avons exposé dans la première partie de notre document, nous pensons que la situation de résolution de problème de type conception, que nous avons retenue, sollicite une forme de représentation particulière : les représentations mentales imagées. C'est principalement pour cette raison que nous souhaitons nous doter d'un outil d'évaluation de la capacité qu'ont les individus à recourir à ce type de représentation. Cette position étant relayée par les professionnels de la formation d'ingénieurs qui s'appuient sur ce type d'évaluation dans les batteries de tests de recrutement (Medina et al., 1998). Par ailleurs, un détour par la psychologie de la forme, nous a utilement rappelé l'importance de la perception du stimulus pour la construction et l'interprétation qu'en fait l'individu. Ainsi, nous avons recensé les principaux outils d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale. Des outils, dont les items, nous semblent-il, avaient tout à gagner à être retravaillés avec des techniques plus modernes de graphisme numérique afin de proposer des stimulus plus proches d'objets réels. Et c'est pour cette seconde raison que nous avons souhaité améliorer la qualité écologique d'un outil existant.

Nous avons conçu cet outil d'évaluation dans la perspective de son utilisation pour les deux dispositifs expérimentaux de nos travaux. C'est pourquoi nous avons souhaité identifier, chez les sujets, un critère qui nous semble important pour cette mesure. En effet, il nous semble que le fait d'avoir, ou non, bénéficié d'un enseignement en dessin technique est en mesure d'influencer l'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale telle que la renvoie un test psychométrique.

Les résultats, que nous avons présentés plus avant, nous révèlent que ce critère est pertinent. En effet, qu'il s'agisse de l'étape de pré validation ou de contre validation de notre instrument de mesure, les résultats montrent une influence de ce critère dessin technique sur le score obtenu par les sujets. Sur ce point, deux observations nous semblent intéressantes.

Tout d'abord, au cours de l'étape de pré-validation et pour l'ensemble de la population, nous ne constatons pas de différences en fonction du genre, c'est-à-dire que les hommes et les femmes obtiennent des scores qui ne présentent pas de différences statistiquement significatives. Par contre, pour la contre-validation, cette différence apparaît. Notons qu'entre les deux étapes, le temps de passation qui était libre devient limité et les items diminués en

nombre et réarrangés dans leur présentation. Ensuite, que ce soit pour l'étape de pré-validation ou l'étape de contre-validation, nous constatons une différence significative entre ceux, homme ou femme, qui ont bénéficié d'un apprentissage en dessin technique et ceux, toujours homme ou femme, qui n'en n'ont pas bénéficié.

Ces deux observations nous amènent à reconsidérer la position de Moffat et al. (1998) qui nous affirmaient, nous l'avons vu au cours du chapitre quatre, que la différence qui apparaît entre les sexes, favorisant les hommes, pour la performance dans l'utilisation de l'habileté spatiale est une des plus fiable de toutes les différences cognitives entre sexe chez l'Homme. En effet, nous avons vu, avec McGrew (2005), que cette "habileté spatiale" se subdivise en plusieurs dimensions. Et que, parmi ces dimensions, seules quelques unes, comme la visualisation spatiale décrite par Linn et Petersen (1985), révèlent des différences significatives dans leur maîtrise entre les hommes et les femmes.

Notre outil relève précisément de cette catégorie. Et nous constatons, au cours de sa construction, que la différence constatée entre homme et femme apparaît entre les deux étapes de son élaboration. Ces deux étapes se distinguant sur la forme de l'outil. En effet, entre la première et la seconde étape nous avons écarté six items parce que, trop difficiles ou trop faciles ils étaient respectivement échoués ou réussis par l'ensemble de la population et donc n'apportaient pas d'information pertinente permettant de différencier les sujets. Il reste donc, l'ordre de présentation des items et la durée de la passation.

En choisissant de présenter les items par ordre de difficulté croissante, nous retenons l'option d'un outil d'évaluation qui présente les items, du plus simple au plus complexe. De la sorte, si l'on considère l'item comme un problème pour le participant, ce dernier est confronté à des problèmes dont chaque résolution lui permet d'accéder au suivant qui ajoute un niveau de complexité. Ainsi, la progressivité de la difficulté est une forme d'accompagnement "pédagogique" dans la mesure où la résolution d'un problème devient un acquis pour le problème suivant. Si cette modification de la séquence de présentation des items est une source de l'apparition de la différence de performance entre homme et femmes, alors il convient de s'interroger sur le bénéfice que tirent les uns et les autres de cet accompagnement par la progressivité de la difficulté. Cette question nous est apparue au regard des résultats que présentent les sujets sur les deux formes de notre outil d'évaluation.

Par ailleurs, la deuxième modification de la forme de l'outil entre pré-validation et contre-validation concerne la contrainte de durée de passation.

En effet, là aussi, si l'introduction de cette contrainte est une source de l'apparition de la différence de performance entre homme et femme, alors il devient possible de s'interroger sur le temps de résolution des items. En effet, nous avons vu que la rotation mentale de Shepard et Metzler (1941) fait apparaître une vitesse de rotation, de l'objet mentalement représenté, proportionnelle à ce que pourrait être la rotation du véritable objet. Or avec Vandenberg et Kuse (1978), nous voyons que le test d'évaluation, construit à partir des items de Shepard et Metzler, permet de différencier les individus en experts et novices de la représentation mentale imagée comme l'on fait Shiina, Saito et Suzuki (1997). Le test que proposent Vandenberg et Kuse est, tout comme notre outil, contraint dans le temps de passation. On peut donc se demander ce que deviendraient ces novices et ces experts, du point de vue de leur performance sur cette capacité de représentation visuo-spatiale, s'ils avaient tout le temps qu'ils jugent nécessaire pour résoudre les problèmes.

Sur ce point, il est vraisemblable que, même si les différences s'estompent, celles-ci conservent une part de stratégies de résolution différentes. En effet, Shiina et ses collaborateurs (1997) nous ont montré que les mouvements oculaires présentaient des différences entre les sujets identifiés experts et ceux identifiés novices. Par ailleurs, lorsque nous sommes interrogés sur la localisation hémisphérique de l'activité cérébrale au cours d'une tâche du type de celle que nous proposons dans notre outil d'évaluation, nous avons vu que Mellet et ses collaborateurs (1996) avaient neutralisé les différences inter-individuelles en sélectionnant neuf sujets particulièrement performants sur ce même test de Vandenberg et Kuse (1978). On peut donc s'attendre, en libérant la contrainte de temps, à ce que les différences de performances s'estompent mais que les stratégies de résolution soient différentes.

Ce point nous semble important pour notre démarche. En effet, comme nous l'avons expliqué, nous souhaitons nous doter d'un outil d'évaluation de la capacité à recourir aux représentations visuo-spatiales. Et en contraignant le temps nous voyons apparaître des différences interindividuelles qui nous mettent sur la piste du recours à des stratégies spécifiques. Ce processus est important car il révèle que, sur notre outil d'évaluation de la dimension SR (Relation Spatiale), les différences de performances que nous observons pourraient être tout autre si nous laissions aux individus un autre temps de résolution. C'est-à-dire que les sujets, identifiés comme peu imageant, présenteraient de meilleurs résultats indiquant qu'ils résolvent correctement les problèmes. Une indication pertinente lorsque l'objectif de la mesure n'est pas une évaluation de la performance mais un diagnostic pour l'analyse du recours à cette forme de représentation pour la résolution de problème ultérieure.

Pour notre seconde observation, en l'occurrence l'influence du dessin technique, la modification de la longueur de l'outil et l'introduction de la contrainte de temps ne permettent pas d'estomper la différence de performance. En effet, que ce soient les résultats de la pré-validation ou ceux de la contre-validation, la différence reste statistiquement significative et les sujets qui ont bénéficié d'un apprentissage du dessin technique présentent un score plus élevé que les sujets qui n'en n'ont pas bénéficié. Cette observation pourrait devenir un point de départ à l'explication de l'observation précédente. En effet, en tant que psychologue du travail, et pour avoir construit de nombreux parcours de formation, à l'issue d'un bilan de compétences par exemple, nous savons la propension qu'ont les hommes et les femmes à se diriger vers des secteurs professionnels distincts.

Cette distinction est d'ailleurs à l'origine d'actions que mène le service public de l'emploi, les agences d'intérim et autres organismes de formation pour inciter le public féminin à se diriger vers "les métiers traditionnellement masculins". Ainsi, dans notre pays, l'on constate que les hommes vont plus spontanément vers les secteurs techniques et les femmes vers le secteur tertiaire. Or les enseignements en dessin technique sont beaucoup plus présents dans les cursus scolaires techniques. Comme le montre le tableau 53 nous pouvons constater que pour notre population, pour l'étape de prévalidation, seul 33 % de la population féminine a bénéficié d'un apprentissage du dessin technique alors que 63 % de la population masculine en a bénéficié. Et pour l'étape de contre validation, l'écart est encore plus grand puisque 2% de la population féminine a bénéficié de cet apprentissage alors que 54% de la population masculine a suivi un enseignement en dessin.

	Pré-validation		Contre-validation		Total
	Pas d'apprentissage du dessin	Apprentissage du dessin	Pas d'apprentissage du dessin	Apprentissage du dessin	
Homme	22	38	37	45	142
% Genre	36.67	63.33	45.12	54.88	
Femme	57	29	37	1	124
% Genre	66.28	33.72	97.37	2.63	
Total	79	67	74	46	267

Tableau 53 : table de contingence des effectifs homme et femme qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique

La question de savoir si l'origine des différences entre homme et femme est lié à cet apprentissage du dessin technique pourrait trouver un début de réponse dans les travaux de Vederhus et Kreling (1996) que nous avons présentés au cours du chapitre quatre. En effet, les auteurs montrent que chez

des enfants de 9 ans, cette différence de performance dans les tâches spatiales respecte les différences observées par Linn et Petersen (1985) chez les adultes. On peut penser, ici, que les enfants de 9 ans, filles comme garçons, n'ont pas encore rencontré l'enseignement du dessin technique. Toutefois, il nous semble qu'il ne s'agit là qu'un début de réponse car, tout comme les hommes sont plus naturellement exposés à l'apprentissage du dessin technique, l'on peut penser que les enfants ont des préférences ludiques différentes qui, vraisemblablement, sont en mesure d'influencer leur aptitudes à manipuler du contenu spatialisé.

On le constate, les travaux que nous avons mis en œuvre pour l'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale laissent apparaître de nombreuses sources de variation. Et l'amélioration écologique de la présentation des items que nous avons proposée nous amène maintenant à considérer d'autres facteurs. Il nous apparaît qu'il conviendrait de les prendre en compte si nous voulons aller vers plus de précisions pour notre outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale pour les deux dispositifs expérimentaux suivants.

8.2. Rôle du geste dans la transmission d'information

Le second dispositif expérimental que nous avons conçu a pour vocation d'étudier le rôle du geste coverbal de type illustratif pour sa capacité à transmettre de l'information. Sur ce point nous avons constaté que les hypothèses que nous avons émises sont étayées de résultats qui les confirment. Toutefois, si nous regardons, dans le détail cette fois, les vingt et un items, nous constatons que tous ne présentent pas le même degré d'accord avec ces hypothèses. C'est ce que nous avons tenté de mettre en perspective en proposant les résultats des items 1, 3, 6 et 13.

Ainsi, il nous semble que les items, regardés dans leur ensemble, nous révèlent un phénomène que nous ne pouvions soupçonner avant l'analyse des résultats. En effet, au delà du phénomène de représentation prototypique que nous avons évoqué au moment de la présentation des résultats, il apparaît que certains gestes sont en mesure de "détacher" le sujet de cette représentation et d'autres gestes n'y parviennent pas. Pour l'item 4 (le dispositif de gonflage), par exemple, le geste co-verbal de type illustratif joue son rôle et amène les sujets à quitter la représentation prototypique de la pompe type vérin pour orienter leur représentation vers la pompe à pied. Par contre dans le cas de l'item 1 (l'escalier en colimaçon), le geste ne parvient pas à transmettre son information et les participants, quel que soit le geste, indiquent le même pictogramme.

Les gestes qu'exécute l'acteur ont été choisis après une étude empirique auprès d'une population d'une dizaine de personnes environ. Puis ces gestes ont été retravaillés de façon à ce qu'ils contiennent des différences de propriété reflétant les différences d'information qu'ils doivent véhiculer. Pour l'item de l'escalier, par exemple, toutes les personnes interrogées ont exécuté le geste d'une spirale soit montante, soit descendante. Nous avons donc repris ce geste spatiographique en retravaillant le diamètre et le nombre de tours de la spirale exécutée pour transmettre deux informations de deux escaliers différents. C'est-à-dire une spirale de fort diamètre sur 2 tours pour le premier et une spirale de petit diamètre et de 4 tours pour le second. Or il nous faut constater que cette différence n'a pas suffi à inciter les sujets à modifier leur représentation.

Il nous semble que cette observation nous met sur la piste d'une forme d'efficacité dans l'exécution du geste. Ainsi, dans cette perspective, l'item 16 (le dispositif de perçage) serait assez révélateur d'un geste particulièrement efficace puisque 100% des sujets choisissent le pictogramme correct dans les deux conditions. On pourrait donc penser qu'il existe un geste, différent de celui que nous avons testé et qui serait plus efficace pour transmettre son information. Ce point est important car il nous semble que, replacé dans le cadre d'une interaction, le geste a d'autant plus de chance de jouer son rôle que son exécution est pertinente pour l'information qu'il véhicule.

Cette efficacité, que nous venons d'évoquer, associée à la représentation prototypique qui apparaît dans les résultats que nous avons présentés au chapitre six, n'est pas sans rappeler la configuration du problème de Dunker (1945) que nous avons présenté au cours du premier chapitre. En effet, la boîte d'allumette de Dunker est perçue comme un contenant par les sujets. Ils ne parviennent à trouver la solution au problème que dans la mesure où ils se détachent de la représentation de la boîte en tant que contenant pour l'envisager en tant que support. Dans notre dispositif, lorsque le geste est efficace, il permet de remettre en cause la représentation et d'en envisager une autre plus adéquate. Sur ce point l'item 18 (le dispositif de soudage) nous semble particulièrement représentatif. En effet, les résultats révèlent que la représentation prototypique correspond au pictogramme A, c'est-à-dire le chalumeau. Ainsi pour les deux gestes qui ne comportent pas d'information, la majeure partie des réponses se concentre sur ce pictogramme. Par contre les deux gestes qui contiennent l'information montrent une efficacité très différenciée. Le premier, permet aux sujets d'envisager un autre dispositif de soudage, en l'occurrence le pictogramme C du soudage à l'arc. Le second, semble au contraire rendre les sujets dubitatifs dans la mesure où ils répartissent de manière égale leurs réponses sur les quatre pictogrammes. Ici, le geste est allé dans le sens de la remise en cause de la représentation

prototypique mais à manqué d'efficacité pour enclencher l'insight comme à pu le faire le geste de l'autre condition.

Ce premier rapprochement avec le concept d'insight nous semble important car nous allons voir, juste après, avec le troisième dispositif expérimental, que le geste replacé dans l'interaction est à plusieurs reprises à l'origine d'un déblocage soudain de la situation. Il apparaît donc, avec ce second dispositif expérimental, que le geste permet de faciliter ce détournement de la représentation spontanée, et parfois erronée, pour transmettre l'information qui va guider vers une autre représentation.

Ce phénomène de convergence des représentations que nous avons mis en exergue, associée à la capacité qu'à le geste de guider les représentations en accord avec le souhait du locuteur, nous éclaire, plus encore que nous ne l'avions imaginé, sur l'importance du geste. En effet, un geste mal maîtrisé, peu efficace ou l'absence de geste peut induire des représentations inopportunes, voire des représentations en complet décalage avec celle qui optimiserait la résolution du problème.

8.3. Gestuelle en situation de résolution de problème

La démarche que nous avons privilégiée est de nature quantitative. C'est-à-dire que nous avons, dans un premier temps, recensé les gestes sur lesquels nous focalisons notre attention, puis dans un second temps, à l'aide de l'éthogramme ainsi constitué, nous avons dénombré et identifié le temps d'utilisation de chacun des gestes dans le flux comportemental. Cette méthode permet de répondre à l'hypothèse que nous nous étions fixée concernant l'importance du rôle du geste *support d'explication* lors de la résolution de problème collectif.

C'est ainsi que nous avons mis en évidence un usage différencié des gestes *repos* et *auto-centré* d'une part et *accessoire* et *support d'explication* d'autre part. Ici on pourrait penser que les gestes *repos* et *auto-centré*, utilisés de manière très différenciée par les participants, reflètent une part de leur caractère individuel de gestion de la situation en terme conatif. Et les deux gestes *accessoires* et *support d'explication*, utilisés de manière beaucoup plus homogène, reflètent leur participation plus cognitive à la résolution du problème. C'est une piste qui s'ouvre et qui mérite des investigations plus fines et adaptées afin, par exemple, d'identifier des rôles chez les participants.

Comme nous l'avons mentionné avec la présentation des résultats, nous retrouvons ici une question soulevée par Midler (1996) lorsqu'il évoque le silence de certains acteurs. En effet, comment rechercher le compromis optimal entre les différentes contraintes si celles-ci ne sont pas exprimées ?

C'est ce qui apparaît, en substance, dans le groupe 2 de notre dispositif dont nous avons dit, dans la présentation des résultats, que le sujet 1 faisait un usage particulier du geste *support d'explication*. En effet, sa gestuelle est composée de beaucoup de gestes *repos* et de peu de gestes *support d'explication*. Et s'il l'on regarde les assemblages réalisés par le groupe, l'on constate qu'il est un des groupes qui ne parvient pas au second objectif de l'exercice de la moto et ne découvre que 50% des assemblages. Pour l'exercice de l'hélicoptère, aucun des deux objectifs n'est atteint et le nombre d'assemblage réalisé par le groupe est de 17%. On constate donc que ce participant apporte une faible contribution en geste *support d'explication*, c'est-à-dire qu'il apparaît silencieux au sens de Midler et ce silence contribue vraisemblablement aux faibles performances du groupe.

Cette observation nous invite à regarder plus en détail la contribution de chaque participant, ainsi que sa gestuelle dans le cheminement du groupe pour la résolution. Ainsi, l'expérience précédente nous a ouvert la piste de l'efficacité du geste. En effet, nous nous sommes interrogé sur le caractère efficace du geste en nous appuyant sur l'exemple de l'item 1 (l'escalier en colimaçon) du précédent dispositif. Il est intéressant de remarquer que le geste en spirale qui n'avait pas permis de véhiculer l'information comme nous l'ont révélé les résultats, est un geste utilisé par le groupe 7 dans cette expérience pour illustrer l'hélice. En effet, c'est le même geste en spirale qui est utilisé pour, cette fois, donner l'information sur la rotation de l'hélice. Ici l'efficacité du geste apparaît relativement faible puisque le groupe ne parvient pas à créer le référentiel commun dans lequel les deux hélices sont répertoriées comme deux hélices différentes.

En comparant ce groupe avec le groupe 4, on voit apparaître le rôle du geste *support d'explication* pour le dépassement d'un point de blocage de manière soudaine comme nous l'avons évoqué au cours du premier chapitre avec Dunker (1945) et son célèbre problème. En effet, si pour le groupe 7, chaque sujet reste avec son geste inefficace pour modifier la représentation des autres sujets et ne parvient pas à dépasser le point de blocage, le groupe 4 qui était dans la même situation, utilise d'autres geste *support d'explication* qui permettent de préciser de manière soudaine les représentations mutuelles des participants au sujet des hélices. En effet, alors que chaque participant se référait à sa propre hélice en imaginant la seconde hélice identique, l'utilisation du geste *support d'explication* qui donne l'information sur la taille de cette hélice leur permet de comprendre qu'elles sont de deux modèles différents, et ainsi débloquent la situation. Alors que dans l'autre groupe, l'utilisation du geste en spirale convient mais reste visiblement trop générique pour distinguer les deux modèles et le groupe ne parvient pas à ajuster son référentiel commun. Cette observation va dans le sens des résultats de Garber

et Goldin-Meadow (2002) qui montrent que l'insight peut être déclenché par le geste dans la résolution du problème de la tour de Hanoï.

Ici, on ne peut s'empêcher de mettre en perspective ce fonctionnement différencié des deux groupes avec la mise en évidence d'un facteur conatif lié aux deux gestes *repos* et *auto-centré*. En effet, comme nous l'explique Rimé (2005), les affects interviennent dans le cours de l'action. C'est-à-dire que le système qui dirige l'action vers le but s'accompagne d'une vérification de la vitesse à laquelle l'action évolue vers le but. Ainsi, lorsque cette vitesse est inappropriée, l'affect suscite chez le sujet un sentiment de doute. Ce sentiment de doute est alors à l'origine d'une réévaluation des moyens qu'il met en œuvre pour la résolution. Il est alors vraisemblable, dans le cas de nos deux groupes, que les sujets n'aient pas perçu le même enjeu dans la situation et, partant, n'aient pas évalué de la même manière leur progression vers le but dans les dix minutes qui leur étaient imparties. Ainsi le groupe 4 a adapté ses gestes supports d'explication dans les 5 premières minutes pour débloquent le cheminement alors que le groupe 7 est resté sur ses gestes inadéquats jusqu'au terme des 10 minutes. Ce point pourrait devenir une hypothèse dans la piste que nous avons entrouverte précédemment.

De ce regard plus détaillé du contenu des échanges entre les trois participants, nous avons pu observer différentes méthodes d'élaboration du référentiel commun. En effet, pour le groupe 2 et pour l'exercice de la moto, par exemple, chaque participant, tour à tour, donne un premier niveau de description de ses propres pièces de façon à faire un premier état de la totalité des pièces. Puis, le besoin de précision amène le groupe à se réinterroger sur une description plus détaillée des pièces. Le groupe 1 fonctionne différemment. En effet, un premier participant engage le processus de résolution en décrivant une de ses pièces. Puis les deux autres participants vont, au fur et à mesure, demander des précisions sur cette pièce tout en envisageant l'assemblage de cette pièce avec les leurs.

Les participants introduisent donc leurs pièces au fur et à mesure des assemblages qu'ils envisagent entre leurs pièces. Ainsi, la première méthode consiste à débiter le référentiel commun en identifiant toutes les pièces puis en envisageant les assemblages alors que la seconde méthode consiste à construire le référentiel commun au fur et à mesure des assemblages envisagés et éventuellement validés. Deux modes de fonctionnements que nous pouvons rapprocher de l'expérience de Samurçay et Delsart (1994) que nous avons présentée au cours du second chapitre. En effet, ces auteurs nous rapportaient qu'il existe différentes stratégies de groupe pour l'élaboration du référentiel commun suivant qu'il s'agit d'experts ou de novice.

Dans le cas de notre dispositif il nous semble difficile d'envisager des sujets experts ou novices. Par contre, nous avons vu, au cours du premier chapitre avec Baddeley (1993), que la taille de l'empan mnésique permettait au participant de retenir aisément les 5 pièces de l'exercice de la moto puis les 6 de l'hélicoptère. En choisissant de décrire la totalité de leurs pièces respectives, ils s'obligent à travailler sur un référentiel commun de 15 pièces pour la moto et 18 pour l'hélicoptère. Alors qu'en choisissant la seconde stratégie, c'est-à-dire d'assembler au fur et à mesure leurs pièces, ils travaillent sur un référentiel commun qui s'apparente à la tâche de rétention de lettres par catégorisation que nous avons évoquée au cours du premier chapitre. Voici donc une autre piste qui s'ouvre et qui consiste à analyser l'utilisation du geste *support d'explication* dans sa participation et sa contribution à ces différentes stratégies de résolution.

Au cours de ce chapitre, nous avons mis en évidence différents facteurs susceptibles d'influencer l'évaluation de la représentation visuo-spatiale. Ces facteurs sont autant de pistes qu'il convient de suivre en les envisageant comme autant de leviers permettant d'affiner l'évaluation de cette capacité cognitive dont on a posé l'hypothèse qu'elle était importante pour les concepteurs. Puis, en nous appuyant sur le lien qui existe entre cette évaluation et le rôle du geste coverbal de type illustratif, nous nous sommes intéressé au rôle du geste lorsque nous l'étudions dans le cadre de sa capacité à véhiculer de l'information. Et nous avons vu que l'exécution du geste et le choix de sa forme mérite une attention particulière pour lui donner toute son efficacité. Enfin, nous avons repris les résultats de notre troisième dispositif expérimental en tant que mise en scène du geste coverbal, cette fois, en interaction. Ce geste apparaît alors sous deux facettes à même d'illustrer la participation conative et cognitive du participant pour la résolution de problème du groupe. Un geste coverbal qui laisse transparaître, comme l'expérience précédente le laissait augurer, un caractère d'efficacité lié à son exécution.

Il nous reste maintenant à reprendre l'ensemble des résultats que nous avons présentés et les différentes discussions qu'ils ont engendrées pour conclure de manière plus globale sur l'ensemble de notre travail. En effet, s'il est, à ce point du document, incontournable que le geste coverbal de type illustratif joue un rôle actif dans l'établissement du référentiel commun et plus globalement dans le cheminement de la résolution de problème, cette dernière discussion le fait apparaître, nous posons de nombreuses questions qui révèlent que la gestuelle des mains est très loin d'avoir livré tous ses secrets. Et par ailleurs, il nous semble qu'au travers de toute cette démarche, se dessine le filigrane d'une mise en pratique potentielle de nos résultats.

Chapitre IX : Conclusion

9. Conclusion générale

Nous venons d'évoquer le filigrane d'une mise en pratique potentielle de nos résultats. En effet, le fil conducteur de notre démarche, nous avons eu l'occasion de le rencontrer à plusieurs reprises, concerne la compréhension de l'activité de résolution de problème lorsqu'elle est confiée à un collectif. Pour illustrer cette situation, nous avons choisi de la contextualiser dans l'ingénierie concourante, une organisation de travail très contemporaine et au faite des intérêts des entreprises d'aujourd'hui. Ainsi, il nous semble que l'objectif ultime de nos travaux se doit de proposer des retombées pratiques de nos résultats avec, a minima, des actions de conseil en terme d'organisation de travail. En choisissant de focaliser notre attention sur les aspects interactionnels non verbaux, nous avons regardé cette activité de travail dans ce qu'elle reflète de cognitif, de social et, nous l'avons esquissée en terme de piste nouvelle à explorer, de conatif.

9.1. Prolongements théoriques

Que ce soit pour notre outil d'évaluation de la capacité de représentation visuo-spatiale, pour l'impact du geste coverbal de type illustratif sur la représentation ou la situation de résolution de problème que nous avons imaginée, nos résultats précisent les aspects théoriques que nous avons posés tout au long de la première section de ce document.

Ainsi, la tentative d'amélioration écologique d'un outil d'évaluation de la représentation visuo-spatiale, associée à la prise en compte de facteurs liés aux apprentissages antérieurs des sujets, contribue à faire naître des fluctuations que nous n'avions pas envisagées. Que ce soit un parcours de formation au dessin industriel, comme nous l'avons montré ou bien lié à une activité de loisirs comme l'ont envisagé Medina et ses collaborateurs (1998), ces fluctuations nous invitent à entrevoir une potentialité d'amélioration de cette capacité. Certes, cette position n'est pas novatrice puisqu'elle s'inscrit dans le courant de l'éducabilité cognitive comme nous l'explique Loarer (1998), mais il nous semble qu'elle porte le mérite d'alimenter ce courant théorique en éléments concernant une dimension jusque là peu explorée.

Le rôle du geste coverbal de type illustratif, que nous avons mis en scène dans le second dispositif expérimental, est précisé dans sa capacité à véhiculer de l'information. En opérationnalisant les gestes catégorisés dans les répertoires de comportements non-verbaux, que nous avons présentés au cours de la première section, nos résultats précisent leurs propriétés dans ce

qu'ils possèdent d'iconicité au sens de McNeill (2002). C'est-à-dire de leur capacité à véhiculer la part "*imageable*" du signifié. Toutefois, nos résultats font apparaître que l'exécution et la forme du geste sont porteuses d'une certaine efficacité. Une efficacité qui prend tout son sens lorsque ce geste est replacé dans un contexte d'interaction, comme nous l'avons rencontré avec la situation de résolution de problème.

Or, s'il existe des langages gestuels codifiés et structurés, ce n'est pas le cas de la gestuelle des mains spontanée que nous avons étudiée. En effet, L.S.F. (Langue des Signes Française), L.S.Q. (Langue des Signes Québécoise), A.S.L. (American Sign Language) ou encore L.P.C. (Langage parlé complété) ou même MAKATON⁷ (Franc, 2001) sont autant de langages gestuels qui se réfèrent à un code. L'existence de code présente l'avantage de lever les ambiguïtés et d'optimiser une certaine forme d'efficacité de l'exécution et de la forme du geste. Sur ce point, Feyereisen et De Lannoy (1985) nous précisent qu'il existe une relation d'iconicité entre le signe et son référent.

De notre point de vue, ce point est à rapprocher de ce que nous avons présenté du langage opératif. En effet, nous avons vu avec Falzon (1994), au cours du second chapitre, que l'élaboration de l'espace référentiel commun se construit dans la communication. Et avec Navarro (1991) nous avons vu que cette communication, dans le contexte de l'ingénierie concurrente, est alors alimentée par un langage technique spécifique qui accroît son efficacité. Ce langage contextualité devient alors un langage opératif qui reflète la compétence "holistique" du collectif selon Rogalski (2005).

Nous l'avons montré tout au long de nos travaux, la gestuelle des mains possède toutes les caractéristiques pour contribuer à ce langage opératif et donc au bilan des compétences holistique du collectif. Ainsi, il nous semble qu'un regard plus théorique, sur cette gestuelle des mains, en tant que partie intégrante d'un langage opératif, est aujourd'hui nécessaire. Et pour préciser notre approche systémique, il nous semble que la poursuite du recueil de données, en augmentant le nombre des sujets, nous permettrait de mettre en œuvre des analyses factorielles (Dickes, 1996) permettant d'identifier les dimensions autour desquelles les conduites s'organisent.

Ce regard pourrait alors débiter ses investigations par l'élargissement de la notion d'objets intermédiaires. En effet, nous avons vu au cours du second chapitre et avec Jeantet (1998) que les objets intermédiaires de la conception

⁷ Makaton est un système de communication augmentée dont le but est de favoriser le développement du langage oral par la superposition de plusieurs canaux de communication (gestuel, symbolique, écrit)

sont des traces et supports de l'action de concevoir. De la sorte, l'iconicité de la gestuelle, en ce qu'elle permet d'extérioriser la part *imageable* de la représentation de son locuteur devient, nous le posons ainsi, un objet intermédiaire virtuel que le collectif peut valider et s'approprier puis amender pour poursuivre la conception comme l'illustre la figure 72.

Sur cette prise de vue, les sujets 1 et 2 produisent leurs gestes *support d'explication* sur un objet intermédiaire virtuel devenu commun. Ici le geste confère à cette forme particulière d'objet intermédiaire sa consistance spatialisée, acceptée et validée par les interlocuteurs, sur lequel ils vont pouvoir construire leur référentiel commun.



Figure 72 : le geste support d'explication générateur d'objet intermédiaire

Ainsi le geste offre aux concepteurs l'accès à un mode de génération d'objets intermédiaires le plus souple qui soit, et affranchi du caractère contraignant de sa production, de sa conservation et de son utilisation comme nous le faisait remarquer Vinck (2000).

Présentée de la sorte, la gestuelle voit sa contribution élargie bien au-delà d'un simple échange de représentations. Il s'agit d'un partage, d'une mise en commun qui concourt à la construction conjointe de cognitions. En ce sens il s'agit d'aller vers l'homogénéisation du collectif. D'un point d'entrée où chacun des trois participants rejoint le collectif avec ses spécificités, leur objectif consiste à cheminer vers la solution dans un processus de mutualisation des cognitions. La gestuelle est alors en mesure de faciliter ce processus.

9.2. Prolongements pratiques

Il nous semble que nos résultats entrent en résonance avec la notion de compétences individuelles pour l'activité collective dont nous avons parlé au cours de la première section. Rogalski (2005) parlait alors d'*assertivité* dans la

communication, pour caractériser l'expression claire des hypothèses de diagnostic, de propositions d'action ainsi que la défense des raisons de ces propositions. Si la gestuelle peut prétendre participer à cette compétence, et c'est notre point de vue, alors elle nécessite, nous semble-t-il, des ajustements mutuels. Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, la gestuelle des mains que les acteurs de la conception mettent en œuvre est une gestuelle sans code, laissée au bon vouloir, ou au bon savoir, de l'expression de chacun. Ainsi il apparaît des gestes à l'efficacité variable. L'optimisation de cette efficacité de la gestuelle iconique dans un collectif de travail passe donc par une phase de mutualisation du sens des gestes, d'apprentissage de la gestuelle du groupe voire d'élaboration d'un code commun pour faire de la gestuelle un outil du collectif au service du partage des cognitions.

Pour répondre à ce besoin de contenu pédagogique spécifique à l'usage du geste iconique, notre situation expérimentale, en tant que mise en scène d'un collectif de travail, possède les caractéristiques aptes à la métamorphoser en environnement de développement de compétences. Sur ce point, comme nous l'avons présenté au cours du chapitre sept, le *débriefing* qui a lieu en fin d'exercice est l'occasion pour les participants de donner leurs premières impressions sur le cheminement qu'ils ont mis en œuvre pour la résolution du problème. Et à maintes reprises, nous avons pu constater que ce moment leur permettait de revenir sur l'exécution et la forme des gestes en lien, cette fois, avec les pièces qui sont présentes. Un retour où chacun explique ce qu'il a vu et ce qu'il a interprété pour partager avec le producteur du geste l'interprétation qui en a été donnée, pièces physiquement présentes à l'appui. On le voit, l'exercice suivi de son *débriefing* devient une situation d'apprentissage et de mutualisation du sens du geste pour le collectif qui s'est formé à l'occasion de cette situation.

Nous pensons alors, qu'en enrichissant ce dispositif expérimental, devenu situation pédagogique, en donnant aux participants, au moment du *débriefing*, les clés qu'ils découvrent sur l'enregistrement vidéo, du fonctionnement de leur collectif, nous proposons une activité collective à organisation horizontale dans la typologie de Rogalski (1994). Et les clés que nous leur donnons illustrent les concepts de personnalisation, d'individuation, de relation de confiance, de conflits et plus globalement de synchronisation cognitive que nous avons présentés tout au long du second chapitre.

Aménagé de la sorte, notre dispositif expérimental propose une situation didactique où le caractère formateur apparaît dans le retour qui est donné aux participants sur leur propre activité et leurs résultats. Et il devient la contribution pratique que nous avons proposée dans l'introduction de notre document comme réponse de la psychologie à l'appel qui lui est lancé pour la

compréhension du rôle actif de la communication non verbale dans la situation d'ingénierie concourante et, plus globalement, de collectif de travail.

Mais, au-delà de ce prolongement pratique de nos travaux rapides et aisés à mettre en œuvre, il nous semble qu'un autre champ disciplinaire pourrait trouver un intérêt non négligeable dans l'apport de nos travaux. Nous pensons ici à la réalisation de systèmes d'assistance informatisés. Nous voyons, en effet, que les caméras vidéo deviennent "intelligentes". C'est du moins le qualificatif employé pour les systèmes de télésurveillance qui sont aujourd'hui en mesure d'analyser le comportement pour y détecter le caractère agressif de l'acteur par exemple. On peut alors imaginer, qu'au service d'un système d'assistance à la conception, cette caméra "intelligente" soit en mesure d'analyser la gestuelle iconique du concepteur pour modéliser en temps réel l'objet intermédiaire virtuel et d'en proposer une image de synthèse. Ainsi, le geste révèle sa pertinence pour "l'efficacité de la communication qui réside dans l'utilisation d'un langage fonctionnel, plus spécifique, à taux informationnel élevé" (Navarro, 1991, p. 120).

Au terme de cette étude, nous avons le sentiment que la métaphore la plus apte à imaginer notre démarche est celle de l'horizon : plus on s'en approche et plus il s'éloigne. Nous nous sommes approché d'une parcelle de comportement non verbal, la gestuelle des mains dans son caractère d'iconicité, et elle s'est éloignée de nous en découvrant toutes ses propriétés qu'il convient d'investiguer si l'on veut lui reconnaître pleinement son aptitude à participer au langage opératif. Et c'est en cela que la gestuelle peut *revendiquer son rôle cognitif de support des représentations*. Il n'en demeure pas moins que les pistes théoriques qui s'ouvrent devant nous et les applications pratiques que nous avons esquissées révèlent, s'il en était besoin, la fécondité d'une démarche de recherche scientifique.



Au moment où notre document livre ses dernières lignes, nous mesurons le chemin parcouru depuis ce premier rendez-vous avec l'ingénierie concourante dans ce laboratoire du 6^e étage de la faculté des sciences, où rats et araignées étaient choyés. Qu'avaient-ils donc à m'apprendre ces quadrupèdes blancs aux yeux rouges cherchant leur nourriture dans un labyrinthe que la sagacité du chercheur dissimulait toujours plus subtilement jusqu'à l'obliger à devenir plongeur sous-marin ? Une méthode d'analyse du comportement . . . non verbal assurément. Cette même méthode éthologique

qui montrait la structuration progressive du groupe de rongeurs en distinguant le rôle des individus (Desor, Krafft, Toniolo, Dickes, 1991), il me restait à l'appliquer à un groupe d'humains pour faire apparaître leur progressive homogénéisation autour de leur référentiel commun . . . un miroir en quelque sorte . . .

Bibliographie

- Abelson, R.P. (1979). Imagining the purpose of imagery. *Behavioral and brain sciences*, 2, 548-549.
- Acredolo, L.P., Goodwyn, S.W. (1985). Symbolic Gesturing in Language Development. *Human Development*, 28, 40-49.
- Albaret, J.M., Aubert, E. (1996). Etalonnage 15-19 ans du test de rotation mentale de Vandenberg. *Evolutions psychomotrices*, vol. 8, n° 34, 269 - 270
- Andler, D. (2004a). Les sciences cognitives. *Encyclopaedia Universalis*
- Andler, D. (2004b). Logique mathématique. *Encyclopaedia Universalis*
- Anzieu, D., Martin, J.Y. (1997). La dynamique des groupes restreints. Paris : Presses Universitaires de France, 11ème édition corrigée
- Argentin, G. (1989). Quand faire c'est dire. Bruxelles : P. Mardaga.
- Aristote (1994). De l'âme. Paris : Gallimard
- Atkinson, R.L., Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: a proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence, eds. *The psychology of learning and motivation: advances in research and theory*, Vol. 2. New York: Academic.
- Augustinova, M., Oberle, D., Stasser, G.L. (2005). Differential Access to Information and Anticipated Group Interaction: Impact on Individual Reasoning. *Journal of Personality and Social Psychology*, 88, 4, 619-631
- Baddeley, A.D. (1993). La mémoire humaine. Théorie et pratique. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Barrier, G. (2004). Gestes performatifs, expression faciale et partage attentionnel : analyse de la poursuite oculaire à partir d'une scène dialogique. *Semiotica*, 152, 1, 217-233.
- Barthe, B., Queinnec, Y. (1999). Terminologie et perspectives d'analyse du travail collectif en ergonomie. *L'année Psychologique*, 99, 663-686
- Barthes, R. (1991). L'aventure sémiologique. Paris : Seuil.
- Bateson, G. (1972). *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballantine Books.
- Bear, M.F., Connors, B.W., Paradiso, M.A. (2002). *Neurosciences, à la découverte du cerveau*. Paris : Pradel.

- Beguïn, P., Darses, F. (1998). Les concepteurs au travail et la conception des systèmes de travail : Points de vue et débats. Actes du colloque "Recherche et Ergonomie", Toulouse, Février 1998.
- Beltrame, F. (1999). Communication non verbale et résolution de problème : contribution cognitive de la gestuelle des mains. Actes du IIIe Colloque Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives, Interdisciplinarité et cognition. Soulac, Avril 1999, pp. 249-250.
- Bennet, G.K., Seashore, H.G., Wesman, A.G. (1947). DAT : Differential Aptitude Test. New York : The Psychological Corporation. Adaptation française, Tests différentiels d'aptitudes. Paris : ECPA (1974).
- Bernaudo, J.L., Priou, P., Simonnet, R. (1992). Batterie Multifactorielle d'Aptitude, NV7 : Manuel d'utilisation. Issy-Les-Moulineaux : Etablissements d'Applications Psychotechniques.
- Bernier, J.J., Pietrulewicz, B. (1997). La psychométrie : traité de mesure appliquée. Paris : Gaëtant Morin Editeur.
- Bertrand, P.M. (2001). Histoire des gauchers en occident - des gens à l'envers. Paris : Imago.
- Betts, G.H. (1909). The distribution and functions of mental imagery. New York : Teachers College, Columbia University.
- Bideau, J., Courbois, Y. (1998). Image mentale et développement : De la théorie piagétienne aux neurosciences cognitives. Paris : Presses Universitaires de France.
- Binet, A. (1903). L'étude expérimentale de l'intelligence. Paris : Schleicher Frères & Cie Editeurs.
- Blanchet, A., Trognon, A. (1994). La psychologie des groupes. Paris : Edition Nathan
- Blanco, E. (1999). Une culture du prototype. In D. Vinck (Eds.) Ingénieurs au quotidien, Ethnographie de l'activité de conception et d'innovation (pp 113-126). Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Blanco, E., Garro, O., Jeantet, A. (1997). La conception distribuée, approche expérimentale. Deuxième Congrès International Franco-Québécois de Génie Industriel - ALBI 1997
- Boëda, E. (1993). Le débitage discoïde et le débitage Levallois récurrent centripète. Bulletin de la Société Préhistorique Française, 90, 6, 392-404.

- Bonnardel, N., Tamara, S. (1996). Supporting Evaluation in Design. *Acta Psychologica*, 91, 221-244.
- Bonin, P., Méot, A., Aubert, L., Malardier, N., Niedenthal, P., Cappelle-Toczek, M.C. (2003). Norme de concrétude, de valeur d'imagerie, de fréquence subjective et de valence émotionnelle pour 866 mots : Note Méthodologique. *L'année psychologique*, 104, 655-694.
- Bonnet, C. (1989). La perception visuelle des formes. In C. Bonnet, R. Ghiglione, J.F. Richard (Eds.), *Traité de psychologie cognitive*. Paris : Dunod
- Boss, J.P., Cardinet, J., Maire, F., Muller, P. (1963). *Batterie Générale d'Aptitudes (BGA)*. Neufchatel : Institut de psychologie de Neufchatel
- Boss, J.P., Cardinet, J., Maire, F., Muller, P. (1960). *La Batterie Générale d'Aptitudes. Manuel III (Données théoriques et techniques)*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Braffort, A., Dalle, P. (2005). Traitement informatique de la LS : modèles, représentations, outils d'analyse vidéo, d'animation d'avatar et de communication. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, 15-18 juin 2005
- Brassac, C. (2001). Co-responsabilité cognitive et dissolution de frontières. Des sciences et des frontières, Nancy, 10-12 mai 2001.
- Brassac, C., Gregori, N., Grosjean, S. (1997). Conception et processus de décision : La nécessaire coopération en activité de conception distribuée. In *Apprentissage par l'interaction*. (ed.) Khaldoun Zreik, p 83-117. Europia Productions. Paris
- Brossard, A. (1992). *La psychologie du regard*. Paris : Delachaux et Niestlé.
- Brun, J. (1986). *La main et l'esprit*. Genève : Sator.
- Bruner, J. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eschel.
- Burgon, J.K. (2005). Machine Learning Technology for Recognition and Analysis of Suspicious Behavior from Human Gesture and Movement. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, June 15-18, 2005
- Burton, F.D. (1992). *Social Processes and Mental Abilities in Non-human Primates: Evidences from Longitudinal Field Studies*. The Edwin Mellen Press, Lewiston- Queenston – Lampeter.
- Cahour, B. (2002). Décalages socio-cognitifs en réunion de conception participative. *Le travail humain*, 65,4, 315-337.

- Caprile, J.P. (1995). Morphogenèse numérale et techniques du corps : des gestes et des nombres en Afrique Centrale. *Intellectica*, 1,20, 83-109.
- Carbonell, N., Valot, C., Mignot, C., Dauchy, P. (1997). Etude empirique de l'usage du geste et de la parole en situation de communication homme machine. *Le travail humain*, 60,2,155-184.
- Carroll, J.B. (1993). *Human Cognitive Abilities*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Charpentier, P., Garro, O., Toniolo, A.M. & Brissaud, D. (1995). Vers l'émergence d'un produit en conception distribuée. Actes du quatrième colloque sur la conception mécanique intégrée. 3-5 avril 1995, La Plagne, P. 111-118.
- Chartier, D. (1988). Différences individuelles dans la représentation imagée du pliage d'un cube. *Bulletin de Psychologie*, 42, 388, 219-225.
- Chevalier, A., Bonnardel, N. (2003). Prise en compte et gestion de contraintes : une étude dans la résolution d'un problème créatif de conception. *Bulletin de psychologie*, 56-1, 33-48
- Cheyney, D.L., Sheyfarth, R.M. (1990). *How monkeys see the world, inside the Mind of Another Species*. London : University of Chicago Press.
- Clément, E. (2000). Etude des différences de flexibilité mentale dans l'activité de résolution de problèmes. In. A. flieller, C. Bocerean, J.L. Kop, E. Thiebaut, A.M. Toniolo & J. Tournois (Eds.). *Questions de psychologie différentielle*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 317-322.
- Codol, J.P. (1984). La perception de la similitude interpersonnelle : influence de l'appartenance catégorielle et du point de référence dans la comparaison. *Année psychologique*, 84, 43-56.
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37-46.
- Colletta, J.M., Pelleng, C. (2005). Les coverbaux de l'explication chez l'enfant âgé de 3 à 11 ans. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, 15-18 juin 2005
- Condon, W.S. (1976). An analysis of behavioral organisation. *Sign Language Studies*, 13, 285-318. In J. Cosnier et A. Brossard, *La Communication non Verbale*. Paris : Delachaux et Niestlé

- Condon, W.S., Ogston, W.S., (1966). Sound film analysis of normal and pathological behavior patterns. *Journal of nervous and mental disorders*, 143, 338-346.
- Corraze, J. (1992). *Les communications non verbales*. Paris : Presses Universitaires de France. (4ième édition)
- Corraze, J. (1996). *Les communications non verbales*. Paris : Presses Universitaires de France. (5ième édition)
- Corraze, J. (2001). *Les communications non verbales*. Paris : Presses Universitaires de France. (6ième édition)
- Cosnier, J. (1982). Communications et langages gestuels. In J. Cosnier, J. Coulon, A. Berrendonner & C. Orecchioni (Eds.), *Les voies du langage*, Paris, Dunod, 255-304
- Cosnier, J., Brossard A. (1984). *La communication non verbale*. Paris : Delachaux et Niestlé
- Cosnier, J., Dahan, G. (1977). Sémiologie des quasi-linguistiques français. *Psychologie médicale*, 9, 11, 2053-2072.
- Costermans, J. (1998). *Les activités cognitives*. Paris : DeBoeck Université.
- Cronbach, L.J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297-334.
- Cuillandre, J. (1944). La droite et la gauche dans les poèmes homériques. *Revue des Etudes Grecques*, 58
- Dameron, S. (2002). *La dynamique relationnelle au sein d'équipes de conception*, *Le Travail Humain*, tome 65, n°4, pp. 51-73.
- Dänzer-Kantof, B. (1999). *Former pour l'emploi, L'AFPA : 50 ans de formation professionnelle des adultes*. Paris : La Documentation Française.
- Darses, F. (1994). *Gestion des contraintes dans la résolution de problèmes de conception*. Thèse de doctorat en psychologie cognitive. Paris : Université de Paris VIII.
- Darses, F. (2001). *Converger vers une solution en situation coopérative de conception : analyse cognitive du processus d'argumentation*. In F. Darses (Ed.) *La modélisation des activités collectives de conception*, 10ème Atelier du Travail Humain, Paris, 27-28 juin 2001.

- Darses, F. (2002). Activités coopératives de conception. *Le travail humain*, 65, 4
- Darses, F. (2004). Processus psychologiques de résolution collective des problèmes de conception : contribution de la psychologie ergonomique. Document de synthèse en vue d'obtenir une Habilitation à Diriger des Recherches : Université Paris V.
- Darses, F., Falzon, P. (1996). La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive. In G. de Terssac et E. Friedberg (Eds.). *Coopération et conception*. Toulouse : Octarès, pp. 123-135.
- De Bonis, M., Nahas, M. (1998). Les expressions chimériques. *Pour La Science*, 246, 108-109.
- Denis, M. (1989). *Image et cognition*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Denis, M. (1988). Formes imagées de la représentation cognitive. *Bulletin de psychologie*, 41, 386, 710-715.
- Denis, M. (1990). Approches différentielles de l'imagerie mentale. In M. Reuchlin, J. Lautrey, C. Marendaz, T. Ohlmann (Eds.), *Cognition : l'individuel et l'universel*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Denis, M., Gonçalves, M.R., Memmi, D. (1995). Mental scanning of visual images generated from verbal descriptions: Towards a model of image accuracy. *Neuropsychologia*, 33, 1511-1530.
- Descamps, M.A. (1989). *Le langage du corps et la communication corporelle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Desor, D. (1999). *Le Comportement Social des Animaux*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Desor, D., Krafft B., Toniolo A., Dickes P., (1991). Social cognition in rats : incentive behaviour related to food supply. Proc XXIIInd Int. Ethologica conference, Kyoto University Press.
- Détienne, F., Falzon, P., Darses, F., Visser, W. (2001). *EIFFEL : Cognition et Coopération en Conception*. Rapport d'activité 2001. Inria-Rocquencourt.
- Dickes, P. (1996). L'analyse factorielle linéaire et ses deux logiques d'application. *Psychologie Française*, 41, 9-22.
- Dickes, P., Kop, J.L., Tournois, J. (1997). Analyse critique de quelques outils utilisés dans l'évaluation des compétences. Considérations psychométriques, théoriques et pratiques. Rapport de recherche réalisé pour le compte de l'Union

- Européenne (Programme LEONARDO, projet CLEVER). Nancy : Université Nancy 2 (Laboratoire de Psychologie).
- Dickes, P., Tournois, J., Flieller, A., Kop, J.L. (1994). La psychométrie. Paris : Presses Universitaires de France.
- Dimock, E. (1998). The Renault File, All models since 1898. Dove publishing
- Driskell, J.E., Radtke, P.H. (2003). The effect of gesture on speech production and comprehension. *Human Factors*, 45, 3, 445-454.
- Dunker, K. (1945). On Problem Solving. *Psychological Monographs*, 58:5, (Whole No. 270).
- Egan, D.E. (1981). An Analysis of Spatial Orientation Test Performance. *Intelligence*, 5,1, 85-100.
- Ekman, P. (1973). Cross-Cultural studies of facial expression. In P. Ekman (Ed.) *Darwin and facial expression : A century of research in review*, New-York: Academic Press, 169-222
- Ekman, P., Friesen, V. W. (1969). The repertoire of non verbal behaviour : Categories, Origins, Usage, and Coding. *Semiotica*, 1, 49-97
- Erhlich, S. (1985). Les représentations. *Psychologie Française*, 3, 231-296.
- Ernest, C.H. (1977). Imagery ability and cognition : A critical review. *Journal of Mental Imagery*, 1, 181-215.
- Falzon, P. (1989). *Ergonomie cognitive du dialogue*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Falzon, P. (1994). Dialogues fonctionnels et activité collective. *Le Travail humain*, 57 (4), 299-312
- Falzon, P., Darses, F., Sauvagnac, C. (1998). Une perspective ergonomique sur la construction et l'évolution des savoirs experts. Deuxième journées SELF, Recherche et ergonomie, Toulouse février 1998.
- Farah, M.J. (1989). The neural basis of mental imagery. *Trends In Neurosciences*, 12, 10, 395-399.
- Feyereisen, P., De Lannoy, J.D. (1985). *La psychologie du geste*. Bruxelles : P. Mardaga.
- Finke, R.A. (1996). Imagery, Creativity, and Emergent Structure. *Consciousness and cognition* 5, 381-393.

- Fixmer, P., Brassac, C. (2004). La décision collective comme processus de construction de sens. In C. Bonardi, N. Grégori, J.-Y. Menard & N. Roussiau (Eds.), *Psychologie sociale appliquée. Emploi, travail, ressources humaines*. Paris : InPress, 111-118.
- Flieller, A., Tournois, J. (1994). Imagery Value, Subjective and Objective Frequency, Date of Entry into the Language, and Degree of Polysemy in a Sample of 998 French Words. *International Journal of Psychology*, 29, 4, 471-509.
- Fodor, J. (1986). *La modularité de l'esprit*. Paris : les éditions de minuit.
- Fourez G., Englebert-Lecomte V., Mathy P., (1997). *Nos savoirs sur nos savoirs. Un lexique d'épistémologie pour l'enseignement*. Bruxelles. De Boeck
- Franc, S. (2001). La communication augmentée: principes. Un système original: le programme Makaton. *Rééducation Orthophonique*, 205, 141-150.
- French, J.W., Ekstrom, R.B., Price, L.A. (1963). *Kit of reference tests for cognitive factors*. Princeton, NJ : Educational Testing Service.
- Galton, F. (1880). Statistics of mental imagery. *Mind*, 5, 301-318. [en ligne] <http://psychclassics.yorku.ca/Galton/imagery.htm> (consulté le 11/11/2005)
- Ganascia, J.G. (1996). *Les sciences cognitives*. Paris : Flammarion.
- Gapenne, O., Roviva, K. (1999). Gestalt Psychologie et cognition sans langage, *Actualité d'une figure historique*. *Intellectica*, 1, 28, 229-250.
- Garber, P., Goldin-Meadow, S. (2002). Gesture offers insight into problem-solving in adults and children. *Cognitive Science*, 26, 817-831.
- Goffman, E. (1974). *Les rites d'interaction*. Paris : Editions de minuit.
- Goldin- Meadow, S. (1998). The development of gesture and speech as an integrated system. *New Directions for Child Development*, 79, 29-42.
- Goldin- Meadow, S., Wein, D., Chang, C. (1992). Assessing Knowledge Through Gesture : Using Children's Hands to Read Their Minds. *Cognition and Instruction*, 9, 3, 201-219.
- Gordon, R. (1949). An investigation into some of the factors that favour the formation of stereotyped images. *British Journal of Psychology*, 39, 156-167.

- Goustard, M. (1986). L'utilisation d'instruments et la capacité d'adaptabilité chez le Chimpanzé (*Pan troglodytes schweinfurthi*) observé en semi-liberté. *Journal de psychologie normale et pathologique*, 81, 3-4, 395-412.
- Graham, J.A., Heywood, S. (1975). The effects of hand gestures and of verbal codability on speech performance. *European Journal of Social Psychology*, 5, 2, 189-195.
- Grosjean, S., Grégori, N., Brassac, C. (1996). La conception distribuée d'un système de production, une coopération en temps réel. Conférence internationale sur l'apprentissage Personne Système, CAPS'96. Caen, France, 8-9 juillet 1996.
- Guillevic, C. (2002). *Psychologie du travail - Comprendre et analyser le comportement de l'homme au travail : théories et applications*. Paris : Nathan Université.
- Hadar, U., Butterworth, B. (1997). Iconic gesture, imagery and word retrieval in speech. *Semiotica*, 115, 1, 147-172.
- Hall, E.T. (1978). *La dimension cachée*. Paris : Seuil.
- Haton, J.P. (2003). *L'intelligence artificielle*. Paris : Presses universitaires de France.
- Hoc, J.M. (1987). *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M. (1996). *Supervision et contrôle de processus : la cognition en situation dynamique*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Hoc, J.M., Amalberti, R. (1999). Analyse des activités cognitives en situation dynamique : d'un cadre théorique à une méthode. *Le travail humain*, 62, 97-130.
- Houdé, O., Mazoyer, B., Tzourio-Mazoyer, N. (2002). *Cerveau et psychologie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Huteau, M., Lautrey, J. (1999). *Évaluer l'intelligence*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Hymes, D.H. (1972). Models of the interaction of language and social life. In J.J. Gumperz & D.H. Hymes (Eds.), *Directions in Sociolinguistics*, New York, Reinhart & Winston : 35-71.
- IBM research. Deep Blue. Kasparov vs Deep Blue, the rematch [en ligne]. <http://www.research.ibm.com/deepblue/> (page consultée le 11 novembre 2005)

- Itani, J. (1965). On the acquisition and propagation of a new food habit in the troop of Japanese Monkeys at Takasakyama. In K. Imanishi and S. A. Altmann (Eds.), *Japanese Monkeys*. Emory University Press, Atlanta p. 52-65.
- Jacob, P. (1998). "Voir" n'est pas toujours "voir". *La recherche*, 309, 62-65
- Janis, I.L. (1972). *Victims of groupthink*. Boston : Houghton-Mifflin.
- Jannerod, M. (1998). La double commande d'une pince de haute précision. *La recherche*, 309, 54-57.
- Jeantet, A. (1998). Les objets intermédiaires dans la conception. *Eléments pour une sociologie des processus de conception*. *Sociologie du travail*, XL, 291-316.
- Johnson-Laird, P.N. (1983). *Mental Models*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Karsenty, L., Falzon, P. (1992). Cadre général pour l'étude des dialogues orientés-tâche, XXVIIe congrès de la SELF, Lille, 23-25 septembre 1992.
- Katz, D., Kahn, R.I. (1978). *The social psychology of organizations*. Wiley, New-York.
- Kogan, N., Wallach, M.A. (1967). Le comportement de prise de risque dans les petits groupes de décision. *Bulletin du C.E.R.P.*, 16, 363-375
- Kosslyn, S.M., Alpert, N.M., Thompson, W.L. (1993). Visual mental imagery activates topographically organized visual cortex : PET investigations. *Journal of cognitive Neurosciences*, 5, 263-87
- Kosslyn, S.M., Ball, T.M., Reiser, B.J. (1978). Visual images preserve metric spatial information : evidence from studies of image scanning. *Journal of experimental psychology : human perception and performance*. Vol. 4, N° 1, 47-60.
- Kosslyn, S.M., Digirolamo, G.J., Thompson, W.L., Alpert, N.M. (1998). Mental rotation of objects versus hands : Neural mechanisms revealed by positron emission tomography. *Psychophysiology*, 35, 151-161.
- Kosslyn, S.M., Ganis, G. Thompson, W.L. (2001). Neural Foundations Of Imagery. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 635, 642.
- Larcher C., (1996). La physique et la chimie, sciences de modèles. In J. Toussaint (Eds.), *Didactique appliquée de la Physique-Chimie*. Paris Nathan.

- Lausberg, H., Kita, S. (2003). The content of the message influences the hand choice in co-speech gestures and in gesturing without speaking. *Brain and Language*, 86, 1, 57-69.
- Lautrey, J., Chartier, D.(1987). Images mentales de transformation et opérations cognitives : une revue critique des études développementales. *L'Année psychologique*, 87, 581-602.
- Laveault, D., Gregoire, J. (1997). Introduction aux théories des tests en sciences humaines. Bruxelles : De Boeck Université
- Le Boterf, G. (1999). Les défis posés à l'ingénierie de formation et à la production des expertises collectives. Quelles évolutions prendre en compte ? Quelles conséquences pratiques ? Journées d'Etude " Ingénierie des dispositifs de formation à l'international " - 24-25 novembre 1999 – Montpellier
- Le Scanff, C. (2005). Les bases de l'entraînement mental. *Bulletin de psychologie*, 58, 475, 101-105.
- Leon, P.R. (1976). De l'analyse psychologique à la catégorisation auditive et acoustique des émotions dans la parole. *Journal de psychologie*, 3-4, 305-323
- Leplat, J. (1994). Collective activity in work : some lines of research. *Le travail humain*, 57, 3, 209-226.
- Levine D.N., Warach J., Farah M.J. (1985). Two visual systems in mental imagery: Dissociation of "what" and "where" in imagery disorders due to bilateral posterior cerebral lesions. *Neurology*, 35, 1010-1018
- Likert, A., Quasha, W.H. (1941). Revised Minnesota paper form board test (serie AA). New York : The psychological Corporation.
- Linn, M.C., Petersen, A.C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability : A Meta-Analysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Loarer, E. (1998). Education cognitive : modèles et méthodes pour apprendre à penser. *Revue Française de Pédagogie*, 122, 121-161.
- Lohman, D.F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R.J. Sternberg (Eds.) : *Advances in the psychology of human intelligence*. Hillsdale, NJ, Erlbaum.
- Loiselet, A., Hoc, J.M. (2001). La gestion des interférences et du référentiel commun dans la coopération : implications pour la conception. *Psychologie française*, 46,2, 167-179.

- Lund, K. (2005). How teachers use a Student's gesture as a diagnostic tool. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, June 15-18, 2005
- Maisonneuve, J. (1973). Dynamique des Groupes. Paris : Presses Universitaires de France.
- Marc, E., Picard D.(1989). L'interaction sociale. Paris : Presses Universitaires de France.
- Marchal, G. (1991). Connaissance du corps humain. Paris : éditions épigones (7ième édition)
- Marks, D.F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64, 17-24.
- Marmor, G.S. (1975). Developpement of kinetic images : when does the child first represent movement in mental images ?. *Cognitive Psychology*, 7, 548-559.
- Martin-Juchat, F. (2005). Représentations visuelles des corps en interaction : quels modèles de l'interprétation. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, 15-18 juin 2005.
- Mazoyer, B. (2001). L'imagerie cérébrale fonctionnelle. Paris : Presse Universitaires de France, Que sais-je.
- McGrew, K.S. (2005). Cattell-Horn-Carroll CHC (Gf-Gc) Theory: Past, Present & Future. Retrieved September 20,2005, from Institute for Applied Psychometrics Web site: <http://www.iapsych.com/CHCPP/CHCPP.HTML>
- McNeill, D. (1985). So You Think Gesture Are Nonverbal ?. *Psychological review*, 92, 3, 350-371.
- McNeill, D. (1992). Hand and Mind. What Gestures Reveal about Thought. Chicago : University of Chicago Press.
- McNeill, D. (2002). Gesture and Language Dialectic. *Acta Linguistica Hafniesia*
- McNeill, D., Duncan, S.D. (2000). Growth points in thinking-for-speaking. In D. McNeill (Eds.), *Language and Gesture* (pp. 141-161). Cambridge: Cambridge University Press.
- Medina, A.C., Gerson, B.P., Sorby, S.A. (1998). Identifying gender differences in the 3-D visualization skills of engineering students in brazil and in the United States. *Proceedings of the International Conference on Engineering Education (ICEE-98) Rio de Janeiro – 17/20 Août 1998.*

- Mellet, E. (2000). Bases neurales de l'imagerie mentale : apports de la neuroimagerie. Actes des premières rencontres inter-IUFM, Caen les 23, 24 et 25 mars 2000, pp. 127-135.
- Mellet, E. (2001). La perception et l'imagerie mentale visuelle. In O. Houdé, B. Mazoyer, N. Tzourio-Mazoyer (Eds.), *Cerveau et psychologie* (pp.403-435). Paris: Presse Universitaires de France.
- Mellet, E., Petit, L., Mazoyer, B., Denis, M., Tzourio, N. (1998). Reopening the Mental Imagery Debate : Lessons from Functional Anatomy. *Neuroimage*, 8, 129-139.
- Mellet, E., Tzourio, N., Crivello, F., Joliot, M., Denis, M. (1996). Functional Anatomy of Spatial Mental Imagery Generated from Verbal Instructions. *The Journal of Neuroscience*, 16, 20, 6504-6512.
- Meunier, J.G. (2000). La représentation en sciences cognitives. *RS/SI*, Montréal, Association canadienne de sémiotique, vol. 19, n° 2-3, 83-104.
- Midler, C. (1996). *L'auto qui n'existait pas: management des projets et transformation de l'entreprise*. Paris : InterEditions.
- Milgram, S. (1974). *Soumission à l'autorité*. Paris : Calmann-Lévy.
- Miller, K., Franz, E.A. (2005). Bimanual gestures : expressions of spatial representations that accompany speech processes. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain, and Cognition*, 10, 3, 243-265.
- Moffat, S.D., Hampson, E., Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a "Virtual" Maze : Sex Differences and Correlation With Psychometric Measures of Spatial Ability in Humans. *Evolution and Human Behavior*, 19, 73-87.
- Montagner, H. (1995). *L'enfant et la communication*. Paris : Stock - Laurence Pernoud. (9ieme édition).
- Morel, C. (2002). *Les décisions absurdes. Sociologie des erreurs radicales et persistantes*. Paris : Gallimard.
- Morsella, E., Krauss, R.M. (2004). The role of gestures in spatial working memory and speech. *American Journal of Psychology*, 117, 3, 411-424.
- Navarro, C. (1991). Une analyse cognitive de l'interaction dans les activités de travail. *Le travail humain*, 54,2, 113-128.
- Navarro, C., Marchand, P. (1994). Analyse de l'échange verbal en situation de dialogue fonctionnel : étude de cas. *Le travail humain*, 57,4, 313-330.

- Neville, M. (2005). Pointing in the airline cockpit : witnessing, and making space. Actes 2nd ISGS conférence, Lyon, France, June 15-18, 2005
- Noël, B. (1991). La métacognition. Paris : DeBoeck Université
- Oberlé, D. (1995). L'Approche Interactionniste des Rôles. In G. Mugny, D. Oberlé, J.L. Beauvois (Eds.), La psychologie sociale. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.
- Oleron, P. (1963). Les activités intellectuelles. In P. Fraisse, & J. Piaget (Eds.), Traité de psychologie expérimentale. Tome 7 : L'intelligence. Paris, PUF.
- Paivio, A. (1965). Abstractness, imagery and meaningfulness in paired-associated learning. *Journal of verbal Learning and Verbal Behaviour*, 4, 32-38.
- Paivio, A. (1969). Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, 76, 241-304.
- Paivio, A. (1983). The Empirical Case for Dual Coding. In John C. Yuille (Eds.), *Imagery, memory, and cognition : essays in honor of Allan Pavio*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Paivio, A., Harshman, R. (1983). Factor analysis of a questionnaire on imagery and verbal habits and skills. *Canadian Journal of Psychology*, 37, 461-483.
- Paterson, M.L. (1987). Presentational and affect-management functions of non-verbal involvement. *Journal of Nonverbal Behavior*, 2, 110-122.
- Perilleux, E., Anselme, B., Richard D. (1995). *Biologie humaine*. Paris : Nathan
- Petersen, R.S., Behfar, K.J. (2003). The dynamic relationship between performance, feedback, trust and conflict in groups : a longitudinal study. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 92, 102-112.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1966a). *La psychologie de l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Piaget, J., Inhelder, B. (1966b). *L'image mentale chez l'enfant*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Poitou, J.P. (1996). La gestion des connaissances comme condition et résultat de l'activité industrielle. *Intellectica*, 1, 22, 185-202.
- Pylyshyn, Z.W. (1973). What's the mind's eye tells the mind's brain : a critique of mental imagery. *Psychological bulletin*, 80, 1, 1-24.

- Pylyshyn, Z.W. (1981). The imagery Debate : Analogue Media Versus Tacit Knowledge. *Psychological review*, 88, 1, 16-45.
- Reed, S.K. (2002). *Cognition : théories et applications*. Traduction de la 4e édition américaine par Teresa Blicharski et Pascal Casenave-Tapie. Bruxelles : De Boeck Université.
- Reuchlin, M. (1993). *Psychologie*. Paris : Presses Universitaire de France, 10ième édition.
- Ribaupierre, A. (1995). Variabilité inter et intraindividuelle dans le fonctionnement de la mémoire de travail. In J. Lautrey (Eds.), *Universel et différentiel en psychologie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Richard, J.F. (1993). Le raisonnement pour l'action : la résolution de problèmes. In R. Ghiglione et J.F. Richard (Eds.), *Cours de psychologie, Tome 3 "Champs et théories"*. Paris : Dunod, P. 68-98.
- Richard, J.F. (1994). La résolution de problèmes : bilans et perspectives. *Psychologie française*, 39-2, 161-175.
- Richard, J.F. (1996). L'application des modèles de résolution de problème à l'analyse des tests. *Psychologie française*, 41-1, 77-88
- Richard, J.F. (2002). *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin.
- Richard, J.F. (2005). L'intelligence comme plasticité dans l'adaptation à l'environnement. In J. Lautrey et J.F. Richard (Eds.), *L'intelligence*. Paris : Lavoisier.
- Richard, J. F., Richard, A. (1992). Les bases des fonctionnements cognitifs. In R. Ghiglione, J.F. Richard (Eds.), *Cours de psychologie* (pp. 397-555). Paris : Dunod.
- Richard, J.F., Zamani, M. (1996). L'application des modèles de résolution de problème à l'analyse des tests. *Psychologie Française*, 41-1, 77-88.
- Richardson, A. (1969). *Mental imagery*. New York : Springer.
- Richardson, A. (1977). The meaning and measurement of memory imagery. *British Journal of Psychology*, 68, 29-43.
- Rimé, B. (2005). *Le partage social des emotions*. Paris : Presses Universitaires de France.

- Rimé, B., Schiaratura, L. (1991). Speech and gestures. In R. S. Feldman, B. Rimé (Eds.), *Fundamentals of nonverbal behavior*, (pp. 239-281). New York : Cambridge University Press.
- Roberts, J.E., Bell, M.A. (2003). Two and three dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. *International Journal Of Psychophysiology*, 50, 235-246.
- Rogalski, J. (1994). Formation aux activités collectives. *Le travail Humain*, 57, 367-386
- Rogalski, J. (1998). Concepts et méthodes d'analyse des processus de coopération dans la gestion collective d'environnements dynamiques. In K. Kostulki et A. Trognon (Eds.), *Communications interactives dans les groupes de travail*. Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- Rogalski, J. (2005). Le travail collaboratif dans la réalisation de tâches collectives. In Lautrey & Richard, *L'intelligence*. Paris : Lavoisier
- Roll, J.P. (1998). Les muscles, organes de la perception. *Pour La Science*, 248, 92-99.
- Salau, I. (1995). La conception distribuée : Théorie et méthodologie. Thèse de doctorat en automatique, Nancy : Université Henri Poincaré.
- Samurçay, R., Delsart, F. (1994). Collective activities in dynamic environment management : functioning and efficiency. *Le travail humain*, 57, 3, 251-270
- Schank, R., Abelson, R. (1977). *Scripts, Plans, Goals, and Understanding*. Lawrence Erlbaum Associates. Inc., Hillsdale, New Jersey.
- Schmidt, K., Bannon, L. (1992). Taking CSCW Seriously : Supporting Articulation Work Computer Supported Cooperative Work (CSCW) : An *International Journal*, 1,1, 7-40.
- Shannon, E. (1948). *Théorie mathématique de la communication*. Paris : C.E.P.L. (traduction française de 1975)
- Sheenan, P.W. (1967). A shortened form of Bett's Questionnaire Upon Mental Imagery. *Journal of Clinical Psychology*, 23, 386-389.
- Shepard, R. N., Metzler, J. (1971). Mental rotation of three dimensional objects. *Science*, 171, 701-703
- Shepard, R.N., Feng, C. (1972). A chronometric study of mental paper folding. *Cognitive psychology*, 3, 228-243.

- Shiina, K., Saito, T., Suzuki, K. (1997). Analysis of Problem Solving Process of a Mental Rotations Test - Performance in Shepard-Metzler Tasks. *Journal for Geometry and Graphics*, 1, 2, 185-193.
- Simon, H. (1973). The structure of ill structured problems. *Artificial Intelligence*, 4, 181-201.
- Singer, J.L., Antrobus, J.S. (1972). Daydreaming, imaginal processes, and personality : A normative study. In P.W. Sheehan (Eds.), *The function and nature of imagery* (p. 175-202). New York : Academic Press.
- Spitz, R. (1968). *De la naissance à la parole*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Steiner, J.D. (1972). *Group process and productivity*. New York : Academic Press.
- Suwa, M., Tversky, B. (1997). What do architects and students perceive in their design sketches ? A protocol analysis. *Design Studies*, 18, 385-403.
- Terssac (de), G., Rogalski, J. (Eds.) (1994). *Le travail collectif*. Numéros spéciaux. *Le travail Humain*, 57, (3 & 4)
- Thomas, N.J.T. (1989). Experience and Theory as Determinants of Attitudes toward Mental Representation, the Case of Knight Dunlap and the Vanishing Images of J.B. Watson. *American Journal of Psychology*, 102, 395-412.
- Thomas, N.J.T.(1999). Are theories of imagery theories of imagination? An active perception approach to conscious mental content. *Cognitive Science*, 23, 2, 207-245.
- Thompson-Schill, S. L. (2002). Neural basis of mental imagery. In L. Nadel (Eds.), *Encyclopedia of Cognitive Science*. (5th ed.). London: Nature Publishing Group, p. 520-523.
- Tollenaere, M. (1998). *Conception des produits mécaniques*. Paris : Hermès Sciences Publications
- Toniolo, A.M. (2005). Résolution de problème individuel en situation collective : une dynamique complexe à l'épreuve de l'expérimentation. *Revue européenne de psychologie appliquée*, 55, 29-42.
- Turing, A.M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433-460.
- U.S. Employment Service (1985). *Manual for the USES General Aptitude Test Battery: Reliability and comparability forms C and D*. Washington, D.C.: U.S.

Department of Labor Employment and Training Administration, U.S. Employment Service.

Vandenberg, S.G., Kuse, A.R.. (1978). Mental rotations, a group test of three dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.

Vandeville, P. (1985). *Gestion et Contrôle de la qualité*. Paris : AFNOR Gestion

Vederhus, L. Krekling, S. (1996). Sex Differences in Visual Spatial Ability in 9-Year-Old Children. *Intelligence*, 23, 33-43.

Vinck, D. (2000). Inscrition de la cognition dans un référentiel matériel : la notion d'objet intermédiaire. Cours de Dominick Vinck, septième école de l'ARCo, Bonas, France, 10-21 juillet 2000.

Wagner, S.M., Nusbaum, H., Goldin-Meadow, S. (2004). Probing the mental representation of gesture : Is handwaving spatial ?. *Journal of Memory and Language*, 50, 395-407.

Watson, J.B. (1913). Psychology as the behaviorist view it. *Psychological Review*, 20, 158-177.

Watzlawick, P., Helmick Beavin, J., Jackson Don, D. (1972). *Une logique de communication*. Paris : seuil.

Weil-Barais, A. (1991). La résolution de problème. In J.P. Rossi, *La recherche en psychologie*. Paris : Dunod.

Weil-Barais, A. (1993). *L'homme cognitif*. Paris : Presses Universitaires de France

Weil-Barais, A. (2001). *L'Homme Cognitif*. Paris : Presses Universitaires de France (9ième édition)

Wertheimer, M. (1912, trad. 1961). Experimental studies on the seing motion. In T. Shipley (Eds.), *Classics in Psychology*, New York : Philosophical Library, pp. 1032-1089.

Winkin, Y. (2000). *La nouvelle communication*. Paris : Seuil

Wohlschläger, A, Wohlschläger, A. (1998). Mental and Manual Rotation. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 24, 2, 397-412.

Zarifian, P. (1996). *Travail et communication. Essai sociologique sur le travail dans la grande entreprise industrielle*. Paris : Presses Universitaires de France

Figures et Tableaux

Figures

Figure 1 : démarche descendante	33
Figure 2 : problème des 9 points	36
Figure 3 : Représentation de l'espace problème de la Tour de Hanoï à 3 disques	38
Figure 4 : Cycle de vie du produit et "zoom" sur la phase de conception	42
Figure 5 : visages chimériques (source : Pour la Science n°246, montage par nos soins)	86
Figure 6 : sélection des gestes iconiques et métaphoriques dans la chaîne des gestes coverbaux	98
Figure 7 : Voie ventrale : reconnaissance, identification des objets. Voie dorsale : traitement des informations, actions	103
Figure 8 : les cinq lois de l'organisation perceptive illustrées par Reuchlin (1993)	111
Figure 9 : un losange vertical (A), un losange horizontal (B) et un carré (C)	112
Figure 10 : l'assemblage devenant volume	112
Figure 11 : traduction graphique de la classification des images de Piaget & Inhelder (1966b)	115
Figure 12 : Stimulus de l'illusion perceptive de Müller-Lyer	118
Figure 13 : paire d'objet de l'expérience de rotation mentale de Shepard et Metzler (1971)	124
Figure 14 : item exemple du test de Vandenberg et Kuse	125
Figure 15 : île fictive utilisée par Kosslyn (1978)	126
Figure 16 : Stimulus utilisés par Kosslyn & al (1993)	133
Figure 17 : Forme en trois dimensions de l'expérience de Mellet et al. (1996)	134
Figure 18 : exemple de stimulus de Roberts et Bell (2003)	136
Figure 19 : exemple de stimulus de Kosslyn et al. (1998)	137
Figure 20 : Item d'exemple du test de Vandenberg et Kuse (1978)	151
Figure 21 : Item d'exemple du test relation spatiale de la batterie DAT de Bennet, Seashore, et Wesman, (1974)	152
Figure 22 : Item d'exemple du test de comparaison de cubes de French, Ekstrom, et Price (1963)	152
Figure 23 : Item d'exemple du Spatial Apperception Test de l'U.S. Navy (Egan, 1981)	153
Figure 24 : plan architectural (gauche), image de synthèse (droite)	156
Figure 25 : Forme développée du cube présentée à plat	158
Figure 26 : Opération de pliage suivant les arêtes communes à deux faces	158
Figure 27 : Volume obtenu si l'on applique l'opération de pliage à la forme développée	158
Figure 28 : un item du test	159
Figure 29 : Photographie d'un cube de Kohs	159
Figure 30 : Un cube en image de synthèse	161
Figure 31 : Un item du test	161
Figure 32 : Indices de discrimination en fonction de l'indice de difficulté des 40 items	173
Figure 33 : Indices de discrimination en fonction de l'indice de difficulté des 34 items	180
Figure 34 : représentation des items par rapport aux deux axes de l'échelonnement multidimensionnel (EMD)	181
Figure 35 : Redondance de contenu et complémentarité de nature de codage et de forme	186
Figure 36 : les 4 pictogrammes représentant 4 dispositifs de gonflage différents	189
Figure 37 : le pictogramme de la pompe type vérin et une pompe type vérin réelle	194
Figure 38 : séquence vidéo de l'acteur réalisant un geste en condition concordante	202
Figure 39 : scénario d'une séquence vidéo	202
Figure 40 : Gain de qualité de la représentation graphique de la phase exploratoire au dispositif expérimental	205
Figure 41 : découpage temporel du scénario d'un item	209
Figure 42 : le dispositif "4 touches" fabriqué par nos soins pour le recueil de la réponse et le temps de réaction	210
Figure 43 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 1	212
Figure 44 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 3	215
Figure 45 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 6	219
Figure 46 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 13	221
Figure 47 : diagramme de dispersion des scores gestuelles en fonction du score visuo spatial	229
Figure 48 : Référence 71 1060	241
Figure 49 : Référence 71 1062	241

Figure 50 : le jouet moto assemblé.....	241
Figure 51 : le jouet hélicoptère assemblé.....	242
Figure 52 : Dispositif pour la première expérimentation.....	245
Figure 53 : découverte du panneau de pièce au début de la pré expérimentation.....	245
Figure 54 : convergence des regards et geste déictique du sujet numéro 1.....	247
Figure 55 : répartition des pièces de l'exercice moto.....	249
Figure 56 : répartition des pièces de l'exercice hélicoptère.....	249
Figure 57 : Dispositif pour la seconde expérimentation.....	250
Figure 58 : base de connaissance des trois participants.....	250
Figure 59 : regards dirigés vers les pièces et encombrements gênants.....	251
Figure 60 : Configuration de la salle utilisée pour le dispositif expérimental.....	255
Figure 61 : groupe en situation de résolution de problème.....	256
Figure 62 : interface du logiciel Ethoplayer 1.0.2.....	258
Figure 63 : graphique des proportions de comportement repos dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	261
Figure 64 : graphique des proportions de comportement auto-centré dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	262
Figure 65 : graphique des proportions de comportement accessoire dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	263
Figure 66 : graphique des proportions de comportement support d'explication dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	263
Figure 67 : graphique des proportions de comportement repos dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	267
Figure 68 : graphique des proportions de comportement auto-centré dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	267
Figure 69 : graphique des proportions de comportement accessoire dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	269
Figure 70 : graphique des proportions de comportement support d'explication dans la gestuelle du sujet pour les 33 participants.....	269
Figure 71 : la grande hélice bipales et la petite hélice tripales.....	271
Figure 72 : le geste support d'explication générateur d'objet intermédiaire.....	291
Figure 73 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 1.....	328
Figure 74 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 2.....	331
Figure 75 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 3.....	335
Figure 76 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 4.....	339
Figure 77 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 5.....	342
Figure 78 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 6.....	346
Figure 79 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 7.....	350
Figure 80 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 8.....	353
Figure 81 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 9.....	357
Figure 82 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 10.....	361
Figure 83 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 11.....	365
Figure 84 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 12.....	368
Figure 85 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 13.....	371
Figure 86 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 14.....	374
Figure 87 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 15.....	378
Figure 88 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 16.....	382
Figure 89 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 17.....	385
Figure 90 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 18.....	388
Figure 91 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 19.....	392
Figure 92 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 20.....	395
Figure 93 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 21.....	398

Tableaux

Tableau 1 : tiré de Roberts et Bell (2003), Khi-deux (1, N=32)=14.55, P<0.001.	139
Tableau 2 : Répartition des niveaux de formation dans notre population	164
Tableau 3 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculin ou féminin.	166
Tableau 4 : Test t pour l'égalité des moyennes du score Total pour les participants qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	167
Tableau 5 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants, hommes ou femmes, qui n'ont pas bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	167
Tableau 6 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participantes qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	167
Tableau 7 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculins qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	168
Tableau 8 : comparaison des indices de fidélité de la forme papier-crayon et de notre forme informatisée	169
Tableau 9 : Indices de difficulté de chaque item	171
Tableau 10 : Indices de discrimination de chaque item	172
Tableau 11 : Répartition des niveaux de formation dans notre population	176
Tableau 12 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculin ou féminin.	177
Tableau 13 : Test t pour l'égalité des moyennes du score Total pour les participants qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	177
Tableau 14 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants, hommes ou femmes, qui n'ont pas bénéficiés d'un apprentissage en dessin technique	178
Tableau 15 : Test t pour l'égalité des moyennes du score total pour les participants masculins qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	178
Tableau 16 : comparaison des indices de fidélité des étapes de pré et contre validation	179
Tableau 17 : Indices de difficulté de chaque item	179
Tableau 18 : Indices de discrimination de chaque item	180
Tableau 19 : contenu de la séquence vidéo et des quatre pictogrammes présentés	190
Tableau 20 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisée, les réponses attendues	191
Tableau 21 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes	191
Tableau 22 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes	192
Tableau 23 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes	192
Tableau 24 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes	193
Tableau 25 : les 4 modalités de notre situation expérimentale	197
Tableau 26 : exemple de 2 items (item 4 et 8)	200
Tableau 27 : distribution des items suivant les 2 caractéristiques verbal et les 3 caractéristiques gestuelle	201
Tableau 28 : construction des séquences expérimentales avec les items des 4 conditions expérimentales	208
Tableau 29 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 1	212
Tableau 30 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	212
Tableau 31 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	212
Tableau 32 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	213
Tableau 33 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	214
Tableau 34 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la Condition D2	214
Tableau 35 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 3	215
Tableau 36 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	215
Tableau 37 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	216
Tableau 38 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	216
Tableau 39 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	217
Tableau 40 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	217
Tableau 41 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(A) & D2(A) Vs C2(A).	218
Tableau 42 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 6	219
Tableau 43 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	219
Tableau 44 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 13	220
Tableau 45 : tableau récapitulatif des résultats pour l'ensemble des items. (Les données sont disponibles dans les annexes II.)	222
Tableau 46 : éthogramme, contenu des 4 gestes observés	257
Tableau 47 : Spécifications du logiciel Ethoplayer 1.0.2	258
Tableau 48 : Définition des variables	259

Tableau 49 : Matrice des corrélations entre le score sur le test spatial et le nb d'assemblage	261
Tableau 50 : Matrice des corrélations : score sur le test spatial et performance dans l'exercice avec le comportement	264
Tableau 51 : Matrice des corrélations entre le score sur le test spatial et le nb d'assemblage	266
Tableau 52 : Matrice des corrélations pour les 4 gestes du comportement.	270
Tableau 53 : table de contingence des effectifs homme et femme qui ont, ou non, bénéficié d'un apprentissage en dessin technique	282
Tableau 54 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 1	328
Tableau 55: table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	328
Tableau 56 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	328
Tableau 57 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	329
Tableau 58 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	329
Tableau 59 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la Condition D2	329
Tableau 60 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(B).	330
Tableau 61 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C).	330
Tableau 62 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 2	331
Tableau 63 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	332
Tableau 64 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	332
Tableau 65 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	332
Tableau 66 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	333
Tableau 67 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	333
Tableau 68 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).	334
Tableau 69 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C2(C).	334
Tableau 70 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 3	335
Tableau 71 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	335
Tableau 72 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	335
Tableau 73 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	336
Tableau 74 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	336
Tableau 75 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	336
Tableau 76 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).	337
Tableau 77 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions :D1(A) & D2(A) Vs C2(A).	338
Tableau 78 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 4	338
Tableau 79 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	339
Tableau 80 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	339
Tableau 81 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	340
Tableau 82 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	340
Tableau 83 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	340
Tableau 84 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions:D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B).	341
Tableau 85 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C1(D).	341
Tableau 86 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 5	342
Tableau 87 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	343
Tableau 88 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	343
Tableau 89 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	343
Tableau 90 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	344
Tableau 91 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	344
Tableau 92 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B).	345
Tableau 93 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) Vs C1(D).	345
Tableau 94 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 6	346
Tableau 95 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	347
Tableau 96 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	347
Tableau 97 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	347
Tableau 98 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	348
Tableau 99 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	348
Tableau 100 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(C).	349

Tableau 101 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) Vs C2(C).	349
Tableau 102 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 7	350
Tableau 103 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	350
Tableau 104 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	351
Tableau 105 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	351
Tableau 106 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	351
Tableau 107 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	352
Tableau 108 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(C).	352
Tableau 109 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) & D2(B) Vs C1(B).	353
Tableau 110 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 8	353
Tableau 111 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	354
Tableau 112 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	354
Tableau 113 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	354
Tableau 114 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	355
Tableau 115 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	355
Tableau 116 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D).	356
Tableau 117 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) & D2(B) Vs C1(B).	356
Tableau 118 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 9	357
Tableau 119 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	358
Tableau 120 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	358
Tableau 121 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	358
Tableau 122 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	359
Tableau 123 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	359
Tableau 124 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A).	360
Tableau 125 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C).	360
Tableau 126 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 10	361
Tableau 127 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	362
Tableau 128 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	362
Tableau 129 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	362
Tableau 130 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	363
Tableau 131 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	363
Tableau 132 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(A).	363
Tableau 133 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) Vs C1(B).	364
Tableau 134 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 10	365
Tableau 135 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	365
Tableau 136 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	365
Tableau 137 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	366
Tableau 138 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	366
Tableau 139 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	366
Tableau 140 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).	367
Tableau 141 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 12	368
Tableau 142 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	368
Tableau 143 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	368
Tableau 144 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	369
Tableau 145 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	369
Tableau 146 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	369
Tableau 147 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(B).	370
Tableau 148 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 13	371
Tableau 149 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.	371
Tableau 150 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1	372
Tableau 151 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2	372
Tableau 152 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1	372
Tableau 153 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2	373

Tableau 154 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B). _	373
Tableau 155 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 14 _____	374
Tableau 156 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	374
Tableau 157 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	375
Tableau 158 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	375
Tableau 159 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	375
Tableau 160 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	376
Tableau 161 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(B). _	376
Tableau 162 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(A) & D2(A) Vs C1(A). ____	377
Tableau 163 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 15 _____	378
Tableau 164 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	378
Tableau 165 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	379
Tableau 166 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	379
Tableau 167 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	379
Tableau 168 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	380
Tableau 169 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C). _	380
Tableau 170 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C2(C). ____	381
Tableau 171 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 16 _____	381
Tableau 172 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	382
Tableau 173 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	382
Tableau 174 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	382
Tableau 175 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	383
Tableau 176 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	383
Tableau 177 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A). _	384
Tableau 178 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D2(C) Vs C1(C). _____	384
Tableau 179 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 17 _____	385
Tableau 180 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	386
Tableau 181 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	386
Tableau 182 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	386
Tableau 183 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	387
Tableau 184 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	387
Tableau 185 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D). _	387
Tableau 186 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 18 _____	388
Tableau 187 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	389
Tableau 188 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	389
Tableau 189 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	389
Tableau 190 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	390
Tableau 191 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	390
Tableau 192 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D). _	391
Tableau 193 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 19 _____	391
Tableau 194 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	392
Tableau 195 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	392
Tableau 196 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	392
Tableau 197 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	393
Tableau 198 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	393
Tableau 199 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A). _	394
Tableau 200 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C). ____	394
Tableau 201 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 20 _____	395
Tableau 202 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	395
Tableau 203 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	395
Tableau 204 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	396
Tableau 205 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	396
Tableau 206 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	396

Tableau 207 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(D). _	397
Tableau 208 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C1(D). ____	397
Tableau 209 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 21 _____	398
Tableau 210 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues. _____	399
Tableau 211 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1 _____	399
Tableau 212 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2 _____	399
Tableau 213 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1 _____	400
Tableau 214 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2 _____	400
Tableau 215 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D). _	400
Tableau 216 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C2(D). ____	401
Tableau 217 : proportion de comportement dans l'ensemble de la gestuelle par sujet pour l'exercice 1 "La moto" _____	405
Tableau 218 : durée moyenne de chaque comportement par sujet pour l'exercice 1 "La Moto" _____	406
Tableau 219 : proportion de comportement dans l'ensemble de la gestuelle par sujet pour l'exercice 2 "L'hélicoptère" _____	407
Tableau 220 : durée moyenne de chaque comportement par sujet pour l'exercice 1 "L'hélicoptère" _____	408
Tableau 221 : Nombre d'assemblages trouvés par sujet et proportion de ce nombre par rapport à l'assemblage total de l'objet _____	409

ANNEXES

Annexes I : annexes du chapitre V

Consigne:

Consigne tu test de capacité de représentation visuo spatiale

Les questions qui vont vous être posées sont composées de:

- Au centre: la figure de référence de type plaque de métal à plat
- Au dessous: 4 boutons représentant des figures en perspective

Vous devez trouver, parmi les 4 figures en perspective, celle qui correspondrait à la figure de référence si elle était mise en forme.

Les pièces peuvent être pliées et/ou enroulées.

Les traits noirs indiquent une pliure et non une courbure

Un clic de la souris sur la réponse de votre choix fait automatiquement passer à la question suivante.

Les 2 premières figures servent d'exemples.

Annexes II : annexes du chapitre VI

Item 1

Le contenu verbal et gestuel de l'item 1 est présenté dans le tableau 54. La figure 73 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 55 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai vu un escalier en colimaçon"	Spirale d'un diamètre de 8 cm sur 3 tours pour 30 cm de hauteur	Spirale d'un diamètre de 40 cm sur 2 tours pour 10 cm de hauteur

Tableau 54 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 1

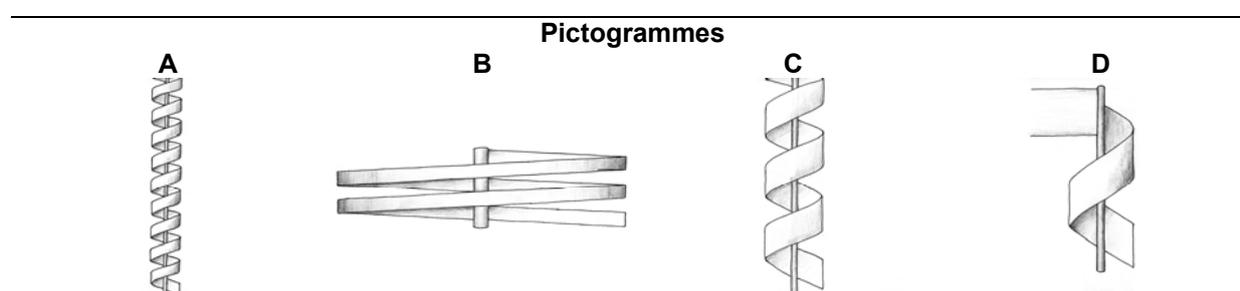


Figure 73 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 1

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C1 1	Fréq. observées	1	0	12	7	20
	Fréq. attendues	1,5	1,8	10,3	6,5	20
C2 2	Fréq. observées	1	4	10	5	20
	Fréq. attendues	1,5	1,8	10,3	6,5	20
D1 3	Fréq. observées	2	1	8	9	20
	Fréq. attendues	1,5	1,8	10,3	6,5	20
D2 4	Fréq. observées	2	2	11	5	20
	Fréq. attendues	1,5	1,8	10,3	6,5	20
Total	Fréq. observées	6	7	41	26	80
	Fréq. attendues	6,0	7,0	41,0	26,0	80

Tableau 55: table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.1. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	0	12	7	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 56 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative

(H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 56). En effet $Khi\ carré(3)=18,800$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.2. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	4	10	5	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 57 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 57). En effet $Khi\ carré(3)=8,400$ est significatif ; $p<.038$.

9.2.1.3. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	1	8	9	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 58 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 58). En effet $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p<.019$.

9.2.1.4. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	2	11	5	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 59 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la Condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le

test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 59). En effet $Khi\ carré(3)=10,800$ est significatif ; $p<.013$.

9.2.1.5. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que les pictogrammes C et D sont davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.6. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes. Il semble donc que les sujets s'accordent sur la représentation de l'escalier en colimaçon suivant le pictogramme "C" lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.7. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenn e des temps	Significativ ité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5417,40	,897 ns
	C1(C) & C2(B)	16	5482,31	

Tableau 60 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 et conclure qu'il n'existe pas de différence de temps de réponse. En effet le tableau 60 nous indique que $t(54)=-0,130$ n'est pas significatif ; $p=.897$.

9.2.1.8. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenn e des temps	Significativ ité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C) & D2(C)	19	5499,32	,805 ns
	C1(C)	12	5664,92	

Tableau 61 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H0 et conclure qu'il n'existe pas de différence de temps de réponse. En effet le tableau 61 nous indique que $t(29)=-0,249$ n'est pas significatif ; $p=.805$.

Item 2

Le contenu verbal et gestuel de l'item 2 est présenté dans le tableau 62. La figure 75 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 63 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai rangé mes affaires dans un carton"	Mains droite et gauche pour un écartement horizontal de 30 cm. Puis mains droite et gauche pour un écartement vertical de 30 cm	Mains droite et gauche pour un écartement horizontal de 100 cm. Puis mains droite et gauche pour un écartement vertical de 100 cm

Tableau 62 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 2

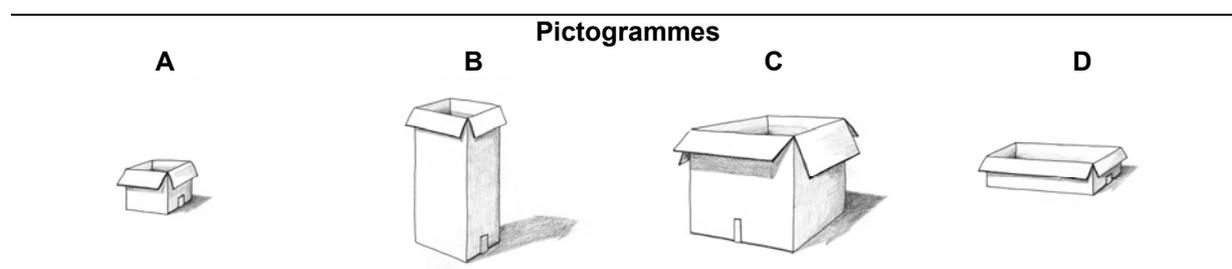


Figure 74 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 2

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C2 1	Fréq. observées	0	6	15	0	21
	Fréq. attendues	3,3	2,6	14,6	,5	21
D1 2	Fréq. observées	3	3	15	0	21
	Fréq. attendues	3,3	2,6	14,6	,5	21
D2 3	Fréq. observées	4	0	15	1	20
	Fréq. attendues	3,2	2,4	13,9	,5	20
C1 4	Fréq. observées	6	1	12	1	20
	Fréq. attendues	3,2	2,4	13,9	,5	20
Total	Fréq. observées	13	10	57	2	82
	Fréq. attendues	13,0	10,0	57,0	2,0	82

Tableau 63 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.9. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 4 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	6	1	12	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 64 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 64). En effet $Khi\ carré(3)=16,400$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.10. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 1 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	6	15	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 65 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 65). En effet $Khi\ carré(3)=28,714$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.11. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 2 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	3	3	15	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 66 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 66). En effet $Khi\ carré(3)=25,286$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.12. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 3 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	0	15	1	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 67 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 67). En effet $Khi\ carré(3)=28,400$ est significatif ; $p<.000$.

9.2.1.13. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme C est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.14. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes. Il semble donc que les sujets s'accordent sur la représentation du carton cubique de taille "moyenne" suivant le pictogramme "C" lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.15. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenn e des temps	Significativi té de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	41	4649,41	,149 ns
	C1(A) & C2(C)	21	4073,52	

Tableau 68 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 et conclure qu'il n'existe pas de différence de temps de réponse. En effet le tableau 68 nous indique que $t(60)=1,462$ n'est pas significatif ; $p=.149$.

9.2.1.16. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenn e des temps	Significativi té de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C) & D2(C)	30	4533,20	,139 ns
	C2(C)	15	3856,33	

Tableau 69 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 et conclure qu'il n'existe pas de différence de temps de réponse. En effet le tableau 69 nous indique que $t(43)=1,506$ n'est pas significatif ; $p=.139$.

Item 3

Le contenu verbal et gestuel de l'item 3 est présenté dans le tableau 70. La figure 76 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 71 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
" J'ai vu un portrait de sa maman "	Main gauche horizontale, paume vers le haut et main droite horizontale 18 cm au dessus paume vers le bas	Main gauche horizontale, paume vers le haut et main droite horizontale 100 cm au dessus paume vers le bas

Tableau 70 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 3

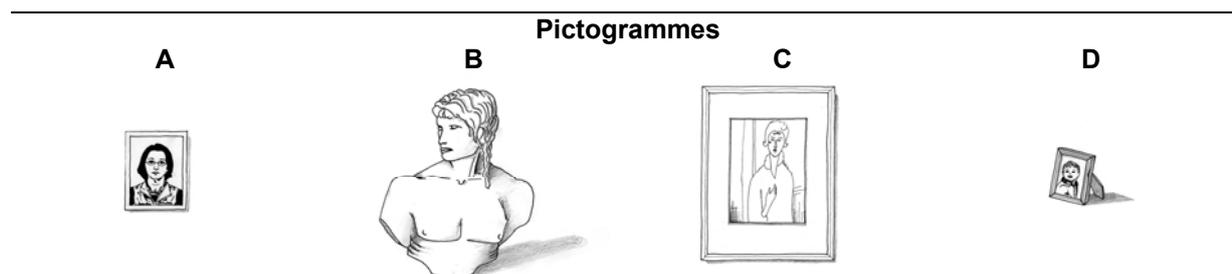


Figure 75 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 3

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D1 1	Fréq. observées	18	0	3	0	21
	Fréq. attendues	15,1	,3	5,4	,3	21
D2 2	Fréq. observées	18	1	2	0	21
	Fréq. attendues	15,1	,3	5,4	,3	21
C1 3	Fréq. observées	18	0	1	1	20
	Fréq. attendues	14,4	,2	5,1	,2	20
C2 4	Fréq. observées	5	0	15	0	20
	Fréq. attendues	14,4	,2	5,1	,2	20
Total	Fréq. observées	59	1	21	1	82
	Fréq. attendues	59	1,0	21,0	1,0	82

Tableau 71 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.17. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	0	1	1	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 72 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 72). En effet $Khi\ carré(3)=45,200$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.18. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	5	0	15	0	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 73 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 73). En effet $Khi\ carré(3)=30,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.19. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	0	3	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 74 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 74). En effet $Khi\ carré(3)=42,429$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.20. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	1	2	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 75 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 75). En effet $Khi\ carré(3)=41,667$ est significatif ; $p<.000$.

9.2.1.21. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme A est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.22. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes. Il semble donc que les sujets s'accordent sur la représentation du portrait suivant le pictogramme A lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.23. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	42	4929,29	,135 ns
	C1(A) & C2(C)	33	4365,33	

Tableau 76 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 et conclure qu'il n'existe pas de différence de temps de réponse. En effet le tableau 76 nous indique que $t(73)=1,513$ n'est pas significatif ; $p=.135$.

9.2.1.24. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(A) & D2(A)	36	4662,61	,444 ns
	C2(A)	18	4341,72	

Tableau 77 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions :D1(A) & D2(A) Vs C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 77 nous indique que $t(52)=,772$ n'est pas significatif ; $p=.444$.

Item 4

Le contenu verbal et gestuel de l'item 4 est présenté dans le tableau 78. La figure 77 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 79 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"Je l'ai vu regonfler son pneu de bicyclette"	Main gauche horizontale, paume vers le haut, les doigts recourbés sur le corps cylindrique de la pompe à vélo. La main droite sur la partie mobile de la pompe, les doigts recourbés sur le corps cylindrique avec un mouvement de va et vient horizontal.	Main gauche et main droite sur le manche cylindrique d'une pompe à pieds. Avec un mouvement de va et vient vertical simultané des deux mains.

Tableau 78 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 4

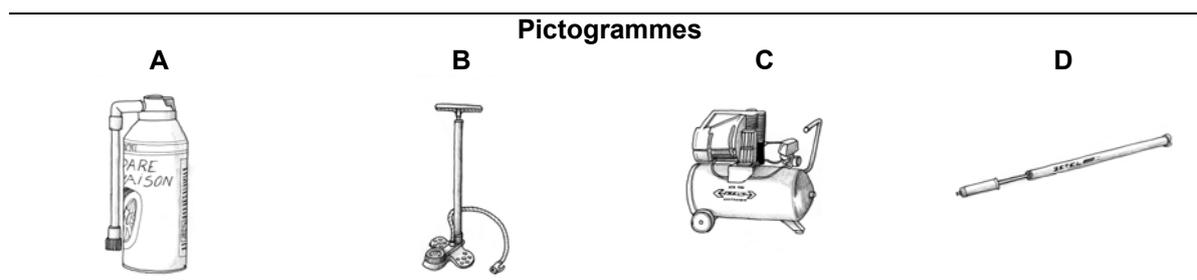


Figure 76 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 4

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D2 1	Fréq. observées	0	5	0	15	20
	Fréq. attendues	,2	6,4	,5	12,8	20
C1 2	Fréq. observées	0	0	0	21	21
	Fréq. attendues	,3	6,7	,5	13,5	21
C2 3	Fréq. observées	0	20	0	0	20
	Fréq. attendues	,2	6,4	,5	12,8	20
D1 4	Fréq. observées	1	1	2	16	20
	Fréq. attendues	,2	6,4	,5	12,8	20
Total	Fréq. observées	1	26	2	52	81
	Fréq. attendues	1,0	26,0	2,0	52,0	81

Tableau 79 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.25. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 2 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	0	21	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 80 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 80). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.26. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 3 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	20	0	0	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 81 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 81). En effet $Khi\ carré(3)=60,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.27. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 4 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	1	2	16	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 82 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 82) . En effet $Khi\ carré(3)=32,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.28. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 1 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	5	0	15	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 83 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 83). En effet $Khi\ carré(3)=30,000$ est significatif ; $p<.000$.

9.2.1.29. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme D est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.30. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme D est davantage désigné que les trois autres pictogrammes. Il semble donc que les sujets s'accordent sur la représentation du dispositif de gonflage suivant le pictogramme D lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.31. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4964,35	,001 sig.
	C1(D) & C2(B)	41	3645,95	

Tableau 84 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions:D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 84 nous indique que $t(65,332)=3,591$ est significatif ; $p=.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.32. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(D) & D2(D)	31	4856,10	,005 sig.
	C1(D)	21	3503,67	

Tableau 85 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C1(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 85 nous indique que $t(50)=2,960$ est significatif ; $p=.005$.

Item 5

Le contenu verbal et gestuel de l'item 5 est présenté dans le tableau 86. La figure 78 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 87 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
" j'ai augmenté le volume"	Main droite tourne un potentiomètre rotatif	Main droite déplace un potentiomètre linéaire

Tableau 86 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 5

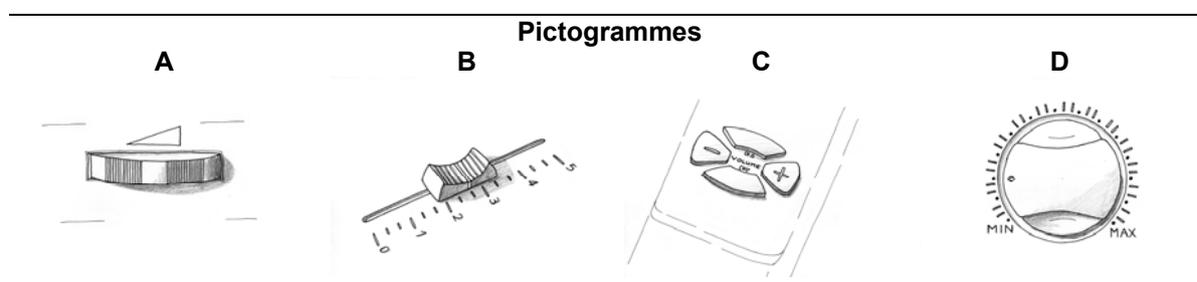


Figure 77 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 5

seq	Pictogrammes				Total		
	A	B	C	D			
C1	1	Fréq. observées	0	2	0	19	21
		Fréq. attendues	1,8	6,7	2,8	9,7	21
C2	2	Fréq. observées	0	20	0	1	21
		Fréq. attendues	1,8	6,7	2,8	9,7	21
D1	3	Fréq. observées	4	0	5	11	20
		Fréq. attendues	1,7	6,3	2,7	9,3	20
D2	4	Fréq. observées	3	4	6	7	20
		Fréq. attendues	1,7	6,3	2,7	9,3	20
Total		Fréq. observées	7	26	11	38	82
		Fréq. attendues	7,0	26,0	11,0	38,0	82

Tableau 87 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.33. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	2	0	19	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 88 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 88). En effet $Khi\ carré(3)=48,524$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.34. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	20	0	1	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 89 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le

test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 89). En effet $Khi\ carré(3)=55,381$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.35. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	0	5	11	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 90 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 90). En effet $Khi\ carré(3)=12,400$ est significatif ; $p=.006$.

9.2.1.36. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	3	4	6	7	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 91 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 91). En effet $Khi\ carré(3)=2,000$ n'est pas significatif ; $p=.572$.

9.2.1.37. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme D est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.38. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que les 4 pictogrammes sont également désignés. Ici les sujets ne semblent pas s'accorder sur une représentation du curseur lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.39. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5854,35	<,001 sig
	C1(D) & C2(B)	39	4304,21	

Tableau 92 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 92 nous indique que $t(77)=4,583$ est significatif ; $p<.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.40. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(D)	11	5920,18	,015 sig.
	C1(D)	19	4598,89	

Tableau 93 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) Vs C1(D).

Ici seule la condition D1 révèle un choix de pictogramme significativement plus important sur D (voir hypothèse 2.2-op ci-dessus)

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information dans le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information dans le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 93 nous indique que $t(28)=2,595$ est significatif ; $p=.015$.

Le pictogramme D est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 6

Le contenu verbal et gestuel de l'item 6 est présenté dans le tableau 94. La figure 79 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 95 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai téléphoné"	Main gauche en forme de combiné posé sur l'oreille gauche. Main droite simule la composition du numéro sur le socle du téléphone posé sur une table	Main gauche tient le combiné devant les yeux. Main droite ouvre le clapet en un geste arc de cercle vers l'avant puis compose le numéro sur ce même combiné. (façon téléphone portable)

Tableau 94 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 6

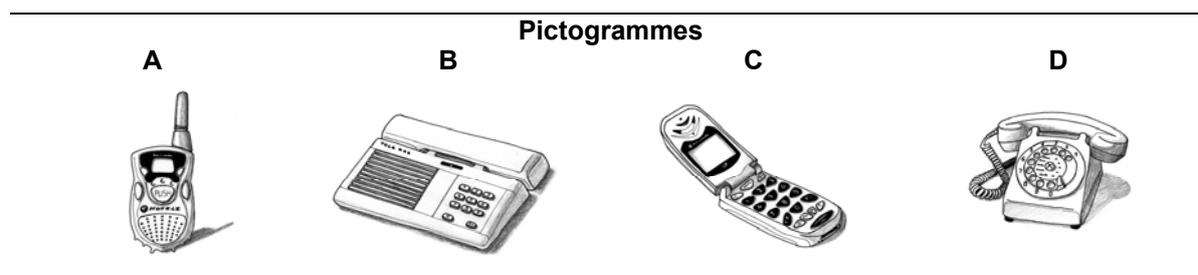


Figure 78 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 6

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C2 1	Fréq. observées	0	0	21	0	21
	Fréq. attendues	1,0	6,2	10,1	3,6	21
D1 2	Fréq. observées	2	1	9	8	20
	Fréq. attendues	1,0	5,9	9,6	3,5	20
D2 3	Fréq. observées	2	7	8	3	20
	Fréq. attendues	1,0	5,9	9,6	3,5	20
C1 4	Fréq. observées	0	16	1	3	20
	Fréq. attendues	1,0	5,9	9,6	3,5	20
Total	Fréq. observées	4	24	39	14	81
	Fréq. attendues	4,0	24,0	39,0	14,0	81

Tableau 95 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.41. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 4 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	16	1	3	20
Fréquences attendues	5	5	5	5	20

Tableau 96 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau96). En effet $Khi\ carré(3)=33,200$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.42. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 1 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	21	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 97 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 97). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.43. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 2 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	1	9	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 98 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 98). En effet $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p=.019$.

9.2.1.44. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 3 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	7	8	3	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 99 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 99). En effet $Khi\ carré(3)=5,200$ n'est pas significatif ; $p=.158$.

9.2.1.45. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme C est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.46. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que les 4 pictogrammes sont également désignés. Ici les sujets ne semblent pas s'accorder sur une représentation du téléphone lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.47. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4696,13	,019 sig.
	C1(B) & C2(C)	37	3842,00	

Tableau 100 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 100 nous indique que $t(75)=2,400$ est significatif ; $p=.019$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.48. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C)	9	4776,78	,045 sig.
	C2(C)	21	3429,71	

Tableau 101 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) Vs C2(C).

Ici seule la condition D1 révèle un choix de pictogramme significativement plus important sur C (voir hypothèse 2.2-op ci-dessus)

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information dans le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information dans le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 101 nous indique que $t(28)=2,100$ est significatif ; $p=.045$.

Le pictogramme C est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 7

Le contenu verbal et gestuel de l'item 7 est présenté dans le tableau 102. La figure 80 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 103 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"Il faut un trou pour faire passer le câble"	Main droite avec pouce et index	Main droite et main gauche forment un gros diamètre avec les deux pouces et les deux index

Tableau 102 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 7

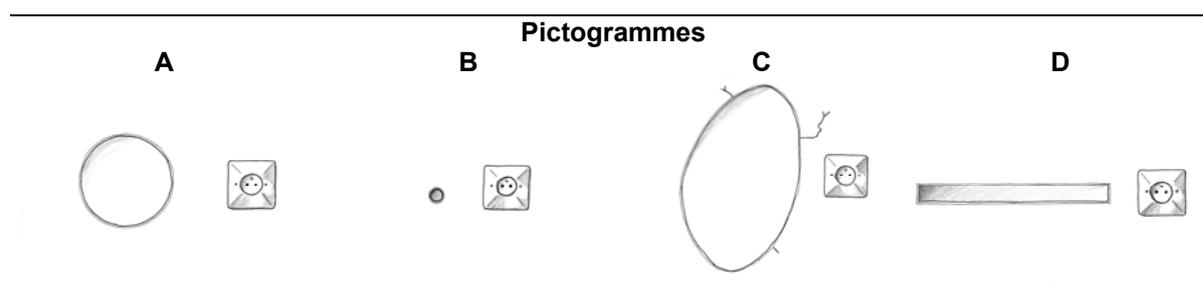


Figure 79 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 7

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D1 1	Fréq. observées	4	15	1	1	21
	Fréq. attendues	3,3	15,1	2,0	,5	21
D2 2	Fréq. observées	0	20	1	0	21
	Fréq. attendues	3,3	15,1	2,0	,5	21
C1 3	Fréq. observées	3	16	0	1	20
	Fréq. attendues	3,2	14,4	2,0	,5	20
C2 4	Fréq. observées	6	8	6	0	20
	Fréq. attendues	3,2	14,4	2,0	,5	20
Total	Fréq. observées	13	59	8	2	82
	Fréq. attendues	13,0	59,0	8,0	2,0	82

Tableau 103 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.49. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	3	16	0	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 104 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 104). En effet $Khi\ carré(3)=33,200$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.50. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	6	8	6	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 105 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=7,200$ n'est pas significatif ; $p=.066$ (tableau 105).

9.2.1.51. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	15	1	1	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 106 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 106). En effet $Khi\ carré(3)=25,286$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.52. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	20	1	0	20
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	20

Tableau 107 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 107). En effet $Khi\ carré(3)=55,381$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.53. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme B est davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.54. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme B est davantage désignés que les trois autres pictogrammes. Ici les sujets semblent s'accorder sur le pictogramme B du trou lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.55. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	42	6018,36	,012 sig.
	C1(B) & C2(C)	22	4842,59	

Tableau 108 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 108 nous indique que $t(62)=2,584$ est significatif ; $p=.012$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.56. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(B) & D2(B)	35	5751,03	,009 sig.
	C1(B)	16	4522,38	

Tableau 109 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) & D2(B) Vs C1(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 109 nous indique que $t(49)=2,701$ est significatif ; $p=.009$.

Le pictogramme B est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 8

Le contenu verbal et gestuel de l'item 8 est présenté dans le tableau 110. La figure 81 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 111 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai ouvert la bouteille"	Main gauche tient le goulot d'une bouteille inclinée de 45 degrés. Main droite tire bouchon puis tire bouchon puis tire linéairement le tire-bouchon.	Main gauche tient le goulot. Main droite visse le bouchon puis la main droite et main gauche ramènent les deux bras du tire bouchon en exécutant un geste symétrique en arc de cercle

Tableau 110 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 8

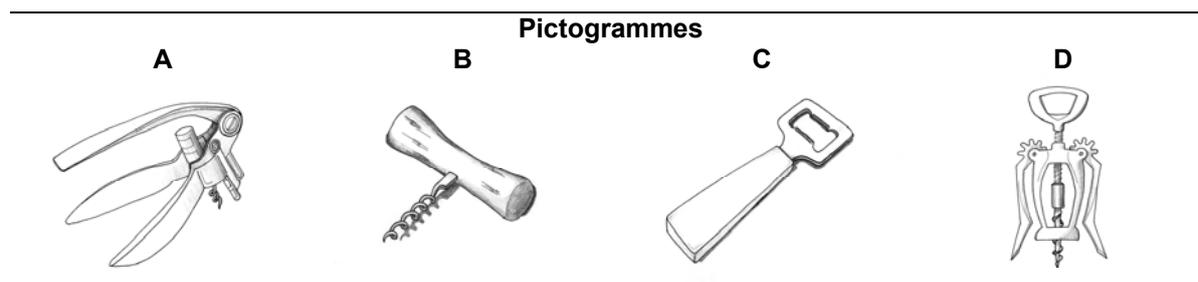


Figure 80 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 8

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D2 1	Fréq. observées	1	10	1	8	20
	Fréq. attendues	,5	9,9	1,0	8,6	20
C1 2	Fréq. observées	0	20	0	1	21
	Fréq. attendues	,5	10,4	1,0	9,1	21
C2 3	Fréq. observées	0	0	1	19	20
	Fréq. attendues	,5	9,9	1,0	8,6	20
D1 4	Fréq. observées	1	10	2	7	20
	Fréq. attendues	,5	9,9	1,0	8,6	20
Total	Fréq. observées	2	40	4	35	81
	Fréq. attendues	2,0	40,0	4,0	35,0	81

Tableau 111 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.57. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 2 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	20	0	1	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 112 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 112). En effet $Khi\ carré(3)=55,381$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.58. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 3 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	1	19	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 113 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 113). En effet $Khi\ carré(3)=52,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.59. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 4 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	10	2	7	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 114 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 114). En effet $Khi\ carré(3)=10,800$ est significatif ; $p=.013$.

9.2.1.60. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 1 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	10	1	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 115 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 115). En effet $Khi\ carré(3)=13,200$ est significatif ; $p=.004$.

9.2.1.61. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que les pictogrammes B et D sont davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.62. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que les pictogrammes B et D sont davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.63. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5596,90	<,001 sig.
	C1(B) & C2(D)	39	3828,36	

Tableau 116 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 116 nous indique que $t(77)=4,698$ est significatif ; $p<.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.64. Hypothèse 2.7-op

Deux pictogrammes sont plus désignés que les deux autres en l'absence de geste et lorsque le geste ne donne aucune précision. Il s'agit des pictogrammes B et D. Nous allons tout d'abord analyser la représentation étayée par le pictogramme B.

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(B) & D2(B)	20	5564,75	<,001 sig.
	C1(B)	20	3558,10	

Tableau 117 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) & D2(B) Vs C1(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps

de réponse. En effet le tableau 117 nous indique que $t(38)=4,011$ est significatif ; $p<.001$.

Le pictogramme B est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Il en va de même pour le pictogramme D. En effet lorsque l'on compare les temps de réponse pour désigner le pictogramme D suivant qu'il y a présence de l'information dans le geste ou absence d'information alors la présence de l'information dans le geste amène un réponse plus rapide ($M=4112,84$, $SD=1644,988$) que lorsque cette information n'est pas présente ($M=5678,73$, $SD=1920,424$). En effet $t(32)=2,560$ est significatif ; $p=.015$.

Item 9

Le contenu verbal et gestuel de l'item 9 est présenté dans le tableau 118. La figure 82 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 119 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	C1	Geste	C2
"J'ai écrit un message"	Main droite manipule un stylo	Mains droite et gauche frappent sur un clavier	

Tableau 118 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 9

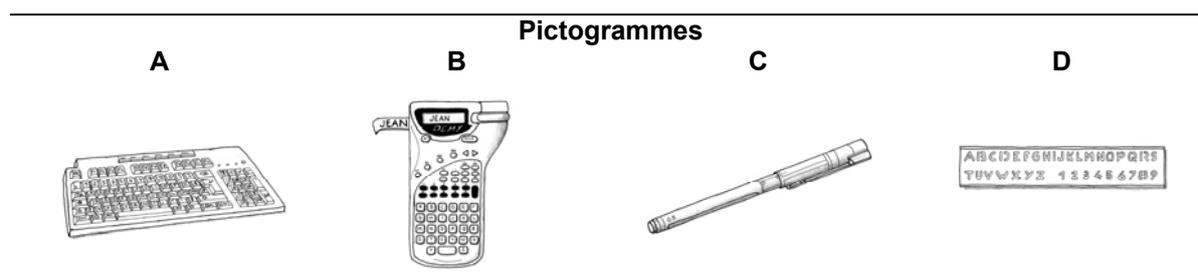


Figure 81 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 9

seq	Pictogrammes				Total		
	A	B	C	D			
C1	1	Fréq. observées	1	0	20	0	21
		Fréq. attendues	8,0	,5	12,2	,3	21
C2	2	Fréq. observées	20	0	0	0	20
		Fréq. attendues	7,7	,5	11,6	,2	20
D1	3	Fréq. observées	4	1	15	0	20
		Fréq. attendues	7,7	,5	11,6	,2	20
D2	4	Fréq. observées	6	1	12	1	20
		Fréq. attendues	7,7	,5	11,6	,2	20
Total		Fréq. observées	31	2	47	1	81
		Fréq. attendues	31,0	2,0	47,0	1,0	81

Tableau 119 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.65. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	0	20	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 120 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 120). En effet $Khi\ carré(3)=55,381$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.66. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	20	0	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 121 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 121). En effet $Khi\ carré(3)=60,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.67. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	1	15	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 122 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 122). En effet $Khi\ carré(3)=28,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.68. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	6	1	12	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 123 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 123). En effet $Khi\ carré(3)=16,400$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.69. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.70. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes. Ici les sujets semblent

s'accordent sur le pictogramme C du stylo lorsqu'il n'y a pas de geste pour fournir l'information permettant de désigner un pictogramme.

9.2.1.71. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5420,35	<,001 sig
	C1(C) & C2(A)	40	3936,60	

Tableau 124 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 124 nous indique que $t(78)=4,439$ est significatif ; $p<.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.72. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C) & D2(C)	27	5731,30	<,001 sig.
	C1(C)	20	3997,80	

Tableau 125 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps

de réponse. En effet le tableau 125 nous indique que $t(45)=4,020$ est significatif ; $p<.001$.

Le pictogramme C est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 10

Le contenu verbal et gestuel de l'item 10 est présenté dans le tableau 126. La figure 83 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 127 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai regardé l'heure sur ma montre"	Bras gauche à l'horizontale. Paume de la main gauche vers le bas. Main droite fermée seul l'index est tendu et dirigé vers la montre virtuelle située sur le poignet gauche. L'index fait un mouvement circulaire pour simuler la rotation des aiguilles	Bras gauche à l'horizontale. Paume de la main gauche vers le bas. L'index et le pouce de la main droite forme un "C" qui tient la montre comme pour actionner les boutons d'une montre digitale.

Tableau 126 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 10

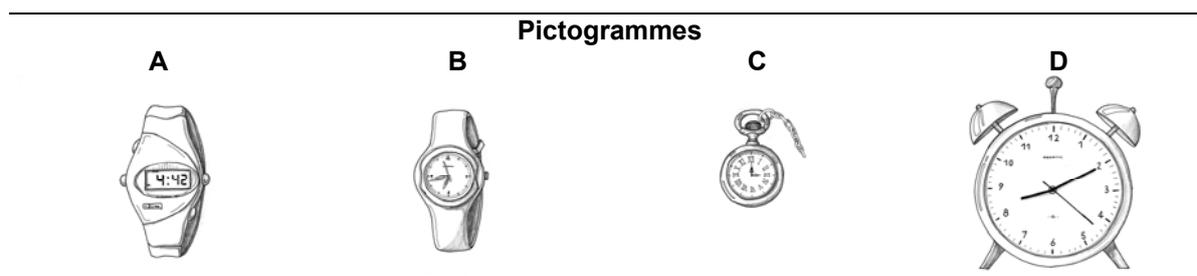


Figure 82 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 10

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C2 1	Fréq. observées	19	0	1	0	20
	Fréq. attendues	7,5	9,5	1,5	1,5	20
D1 2	Fréq. observées	4	11	2	3	20
	Fréq. attendues	7,5	9,5	1,5	1,5	20
D2 3	Fréq. observées	6	8	3	3	20
	Fréq. attendues	7,5	9,5	1,5	1,5	20
C1 4	Fréq. observées	1	19	0	0	20
	Fréq. attendues	7,5	9,5	1,5	1,5	20
Total	Fréq. observées	30	38	6	6	80
	Fréq. attendues	30,0	38,0	6,0	6,0	80

Tableau 127 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.73. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 4 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	19	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 128 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 128). En effet $Khi\ carré(3)=52,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.74. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 1 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	19	0	1	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 129 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 129). En effet $Khi\ carré(3)=52,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.75. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 2 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	11	2	3	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 130 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 130). En effet $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p=.019$.

9.2.1.76. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 3 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	6	8	3	3	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 131 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 131). En effet $Khi\ carré(3)=3,600$ n'est pas significatif ; $p=.308$.

9.2.1.77. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme B est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.78. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.79. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4291,58	,102 ns
	C1(B) & C2(A)	38	3695,82	

Tableau 132 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 et l'on ne peut pas conclure il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 132 nous indique que $t(76)=1,654$ n'est pas significatif ; $p=.102$.

9.2.1.80. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(B)	11	4055,00	,599 ns
	C1(B)	19	3659,89	

Tableau 133 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(B) Vs C1(B).

Ici seule la condition D1 révèle un choix de pictogramme significativement plus important sur B (voir hypothèse 2.2-op ci-dessus)

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme B suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 133 nous indique que $t(28)=,540$ n'est pas significatif ; $p=.599$.

Item 11

Le contenu verbal et gestuel de l'item 11 est présenté dans le tableau 134. La figure 84 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 135 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"Il a usiné la pièce pour travailler l'état de surface"	Main gauche à l'horizontale. Paume vers le haut. Main droite à l'horizontale, paume vers le bas. Main droite et main gauche dans l'alignement du bras. Les deux mains forment un angle de 90°. La main droite fait un mouvement d'avant en arrière sur la main gauche. (Etat de surface lisse)	Main Gauche à l'horizontale, paume vers le haut. La main droite fait un mouvement de bas en haut de faible amplitude comme pour tapoter la paume de la main gauche mais sans la toucher. (Etat de surface peau d'orange)

Tableau 134 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 10

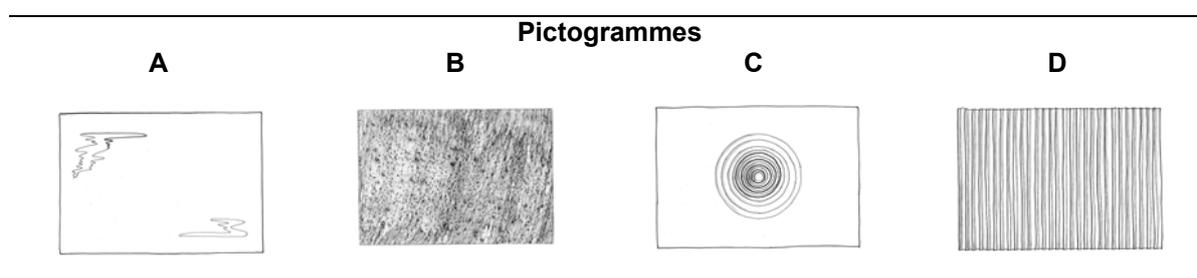


Figure 83 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 11

seq		Pictogrammes				Total
		A	B	C	D	
D1	1 Fréq. observées	4	9	4	3	20
	Fréq. attendues	3,2	8,4	3,7	4,7	20
D2	2 Fréq. observées	2	12	0	7	21
	Fréq. attendues	3,4	8,8	3,9	4,9	21
C1	3 Fréq. observées	6	5	3	6	20
	Fréq. attendues	3,2	8,4	3,7	4,7	20
C2	4 Fréq. observées	1	8	8	3	20
	Fréq. attendues	3,2	8,4	3,7	4,7	20
Total	Fréq. observées	13	34	15	19	81
	Fréq. attendues	13,0	34,0	15,0	19,0	81

Tableau 135 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.81. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	6	5	3	6	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 136 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le

test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=1,200$ n'est pas significatif ; $p=.753$ (tableau 136)

9.2.1.82. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	8	8	3	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 137 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=7,600$ n'est pas significatif ; $p=.055$ (tableau 137)

9.2.1.83. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	9	4	3	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 138 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=4,400$ n'est pas significatif ; $p=.221$ (tableau 138)

9.2.1.84. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	12	0	7	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 139 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous permet de rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 139). En effet $Khi\ carré(3)=16,524$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.85. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.86. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme B est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.87. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	41	6105,12	,244 ns
	C1(A) & C2(C)	14	5553,43	

Tableau 140 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 140 nous indique que $t(53)=1,179$ n'est pas significatif ; $p=.244$.

9.2.1.88. Hypothèse 2.7-op

Ici aucune des conditions concordantes ne correspond à un pictogramme qui serait par ailleurs plus désigné en situation discordante. Nous ne pouvons donc pas faire le calcul pour cette hypothèse.

Item 12

Le contenu verbal et gestuel de l'item 12 est présenté dans le tableau 141. La figure 85 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 142 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
" Il faut le déplier"	Main gauche verticale ouverte et à plat. Main droite verticale et ouverte à plat. Main droite et main gauche posées l'une contre l'autre. Mouvement de rotation de la main droite qui vient se placer à 90°	Main gauche verticale ouverte et à plat. Main droite verticale et ouverte à plat. Main droite et main gauche posées l'une contre l'autre. Mouvement de rotation des deux mains qui viennent se placer à 180°

Tableau 141 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 12

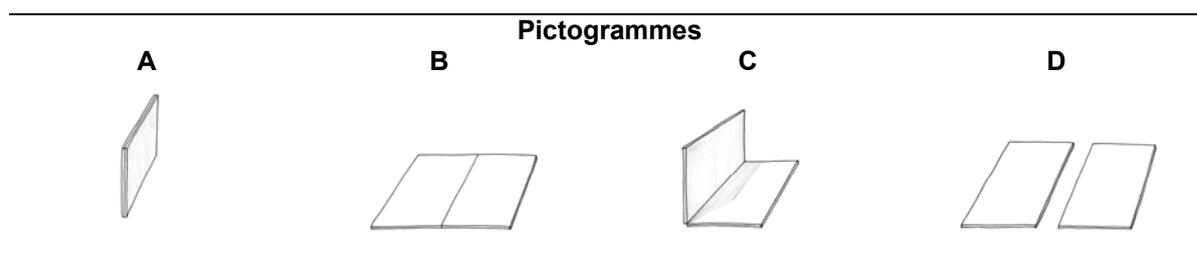


Figure 84 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 12

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D2 1	Fréq. observées	9	4	7	0	20
	Fréq. attendues	8,1	5,4	6,2	,2	20
C1 2	Fréq. observées	4	2	15	0	21
	Fréq. attendues	8,6	5,7	6,5	,3	21
C2 3	Fréq. observées	10	10	0	0	20
	Fréq. attendues	8,1	5,4	6,2	,2	20
D1 4	Fréq. observées	10	6	3	1	20
	Fréq. attendues	8,1	5,4	6,2	,2	20
Total	Fréq. observées	33	22	25	1	81
	Fréq. attendues	33,0	22,0	25,0	1,0	81

Tableau 142 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.89. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 2 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	2	15	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 143 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative

(H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres. En effet $Khi\ carré(3)=25,667$ est significatif ; $p<.001$ (tableau 143)

9.2.1.90. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 3 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	10	10	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 144 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=20,000$ est significatif ; $p<.001$ (tableau 144)

9.2.1.91. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 4 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	10	6	3	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 145 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 145). En effet $Khi\ carré(3)=9,200$ est significatif ; $p=.027$.

9.2.1.92. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 1 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	9	4	7	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 146 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 146). En effet $Khi\ carré(3)=9,200$ est significatif ; $p=.027$.

9.2.1.93. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.94. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.95. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4920,08	,025 sig.
	C1(C) & C2(B)	25	3920,40	

Tableau 147 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et l'on peut conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 147 nous indique que $t(63)=2,304$ est significatif ; $p=.025$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.96. Hypothèse 2.7-op

Ici aucune des conditions concordantes ne correspond à un pictogramme qui serait par ailleurs plus désigné en situation discordante. Nous ne pouvons donc pas faire le calcul pour cette hypothèse

Item 13

Le contenu verbal et gestuel de l'item 13 est présenté dans le tableau 148. La figure 86 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 149 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai utilisé un appareil grossissant pour mieux voir "	Main droite fermée tenait le manche des yeux et l'objet virtuel à observer	comme si elle Les deux mains tiennent une paire de jumelle

Tableau 148 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 13

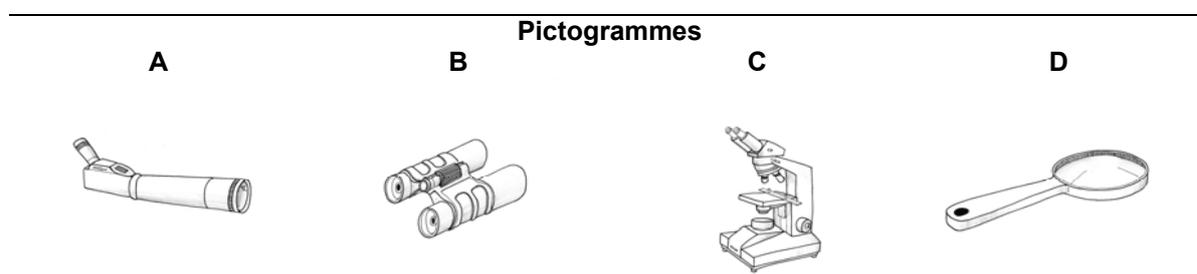


Figure 85 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 13

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C1 1	Fréq. observées	1	1	0	19	21
	Fréq. attendues	1,3	7,9	3,1	8,7	21
C2 2	Fréq. observées	0	21	0	0	21
	Fréq. attendues	1,3	7,9	3,1	8,7	21
D1 3	Fréq. observées	2	5	6	7	20
	Fréq. attendues	1,2	7,6	2,9	8,3	20
D2 4	Fréq. observées	2	4	6	8	20
	Fréq. attendues	1,2	7,6	2,9	8,3	20
Total	Fréq. observées	5	31	12	34	82
	Fréq. attendues	5,0	31,0	12,0	34,0	82

Tableau 149 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.97. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	1	0	19	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 150 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 150). En effet $Khi\ carré(3)=48,143$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.98. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	21	0	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 151 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 151). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.99. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	5	6	7	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 152 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous ne permet pas de rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 152). En effet $Khi\ carré(3)=2,800$ n'est pas significatif ; $p=.423$.

9.2.1.100. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	4	6	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 153 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 153). En effet $Khi\ carré(3)=4,000$ n'est pas significatif ; $p=.261$.

9.2.1.101. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.102. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.103. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4325,28	<,001 sig.
	C1(D) & C2(B)	40	2040,73	

Tableau 154 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(D) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et l'on peut conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 154 nous indique que $t(53,547)=5,803$ est significatif ; $p<.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.104. Hypothèse 2.7-op

Ici aucune des conditions concordantes ne correspond à un pictogramme qui serait par ailleurs plus désigné en situation discordante. Nous ne pouvons donc pas faire le calcul pour cette hypothèse

Item 14

Le contenu verbal et gestuel de l'item 14 est présenté dans le tableau 155. La figure 87 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 156 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	C1	Geste	C2
"Le terrain est en pente"	Main droite simule une pente de 10°	Main droite simule une pente de 70°	Main droite simule une pente de 70°

Tableau 155 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 14

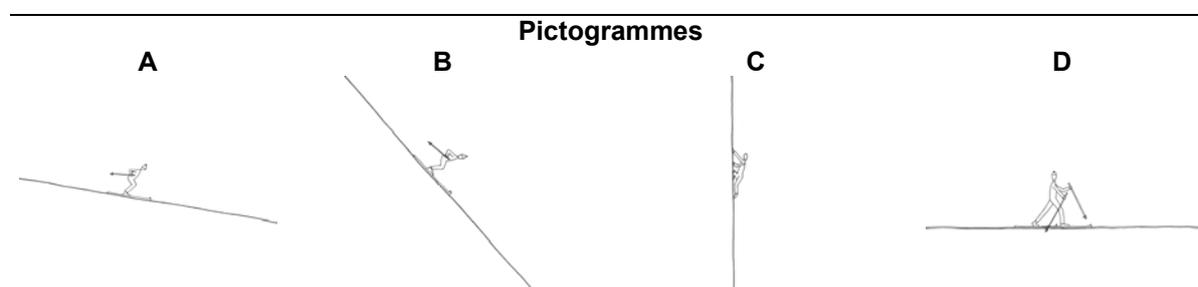


Figure 86 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 14

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C2 1	Fréq. observées	0	20	0	0	20
	Fréq. attendues	9,3	10,3	,3	,3	20
D1 2	Fréq. observées	10	9	0	1	20
	Fréq. attendues	9,3	10,3	,3	,3	20
D2 3	Fréq. observées	9	11	0	0	20
	Fréq. attendues	9,3	10,3	,3	,3	20
C1 4	Fréq. observées	18	1	1	0	20
	Fréq. attendues	9,3	10,3	,3	,3	20
Total	Fréq. observées	37	41	1	1	80
	Fréq. attendues	37,0	41,0	1,0	1,0	80

Tableau 156 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.105. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 4 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	18	1	1	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 157 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 157). En effet $Khi\ carré(3)=45,200$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.106. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 1 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	20	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 158 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 158). En effet $Khi\ carré(3)=60,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.107. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 2 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	10	9	0	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 159 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont

pas désignés de manière indifférente (tableau 159). En effet $Khi\ carré(3)=16,400$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.108. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 3 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	9	11	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 160 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 160). En effet $Khi\ carré(3)=20,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.109. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que les pictogrammes A et B sont davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.110. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que les pictogrammes A et B sont davantage désignés que les deux autres pictogrammes.

9.2.1.111. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4667,80	,771 ns
	C1(A) & C2(B)	38	4523,68	

Tableau 161 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(B).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des

moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 161 nous indique que $t(76)=0,372$ n'est pas significatif ; $p=.711$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.112. Hypothèse 2.7-op

Deux pictogrammes sont plus désignés que les deux autres en l'absence de geste et lorsque le geste ne donne aucune précision. Il s'agit des pictogramme A et B. Nous allons tout d'abord analyser la représentation étayée par le pictogramme A.

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(A) & D2(A)	19	5307,84	,668 ns
	C1(A)	18	5062,33	

Tableau 162 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(A) & D2(A) Vs C1(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme A suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 162 nous indique que $t(35)=,433$ n'est pas significatif ; $p=.668$.

Il en va de même pour le pictogramme B. En effet lorsque l'on compare les temps de réponse pour désigner le pictogramme B suivant qu'il y a présence de l'information dans le geste ($M=4038,90$, $SD=1593,630$) ou absence d'information ($M=3967,70$, $SD=1428,871$) alors nous ne pouvons pas rejeter H_0 . En effet $t(38)=-0,149$ n'est pas significatif ; $p=.883$.

Item 15

Le contenu verbal et gestuel de l'item 15 est présenté dans le tableau 163. La figure 88 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 164 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
" Main droite tient un rasoir électrique"	Main droite tient un rasoir électrique. Main droite fait des mouvements de rotation sur le bas du visage.	Main droite tient un rasoir manuel et fait des mouvements de haut en bas poing fermé, pouce dans le creux que forme l'index. Main de gauche appuie sur la joue, les quatre doigts serrés les uns contre les autres, dans l'alignement de la paume, le pouce forme un angle de 90°

Tableau 163 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 15

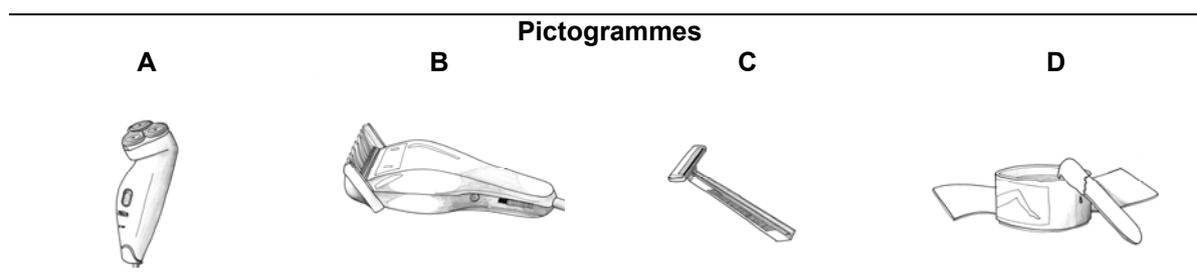


Figure 87 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 15

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D1 1	Fréq. observées	7	0	12	2	21
	Fréq. attendues	8,6	,5	11,1	,8	21
D2 2	Fréq. observées	5	2	13	0	20
	Fréq. attendues	8,1	,5	10,6	,7	20
C1 3	Fréq. observées	19	0	0	1	20
	Fréq. attendues	8,1	,5	10,6	,7	20
C2 4	Fréq. observées	2	0	18	0	20
	Fréq. attendues	8,1	,5	10,6	,7	20
Total	Fréq. observées	33	2	43	3	81
	Fréq. attendues	33,0	2,0	43,0	3,0	81

Tableau 164 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.113. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	19	0	0	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 165 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 165). En effet $Khi\ carré(3)=52,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.114. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	0	18	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 166 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 166). En effet $Khi\ carré(3)=45,600$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.115. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	7	0	12	2	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 167 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont

pas désignés de manière indifférente (tableau 167). En effet $Khi\ carré(3)=16,524$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.116. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	5	2	13	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 168 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 168). En effet $Khi\ carré(3)=19,600$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.117. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre que le pictogramme C est davantage désignés que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.118. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désignés que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.119. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	41	4373,22	,043 sig.
	C1(A) & C2(C)	37	3625,14	

Tableau 169 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des

moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 169 nous indique que $t(76)=2,06$ est significatif ; $p=.043$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.120. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C) & D2(C)	25	3896,88	,769 ns
	C2(C)	18	4040,61	

Tableau 170 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C2(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 170 nous indique que $t(41)=-0,295$ n'est pas significatif ; $p=.769$.

Item 16

Le contenu verbal et gestuel de l'item 16 est présenté dans le tableau 171. La figure 89 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 172 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
" J'ai percé une pièce de métal"	Main droite poing fermé comme si elle tenait un tube diamètre 8, pouce appuie sur le bout de ce tube. Mouvement de haut en bas comme si elle manœuvrait la descente d'une perceuse à colonne.	Main gauche paume à plat vers le bas. Main droite fermée sur un cylindre (manche du vilebrequin) et fait un mouvement de rotation

Tableau 171 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 16

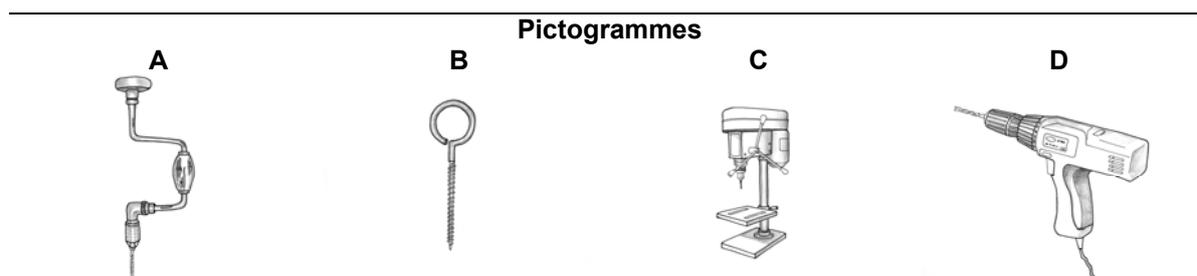


Figure 88 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 16

			Pictogrammes				Total
seq			A	B	C	D	
D2	1	Fréq. observées	3	1	11	5	20
		Fréq. attendues	5,9	1,0	9,9	3,2	20
C1	2	Fréq. observées	0	0	21	0	21
		Fréq. attendues	6,2	1,0	10,4	3,4	21
C2	3	Fréq. observées	20	0	0	0	20
		Fréq. attendues	5,9	1,0	9,9	3,2	20
D1	4	Fréq. observées	1	3	8	8	20
		Fréq. attendues	5,9	1,0	9,9	3,2	20
Total		Fréq. observées	24	4	40	13	81
		Fréq. attendues	24,0	4,0	40,0	13,0	81

Tableau 172 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.121. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 2 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	21	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 173 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 173). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.122. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 3 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	20	0	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 174 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 174). En effet $Khi\ carré(3)=60,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.123. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 4 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	3	8	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 175 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes sont désignés de manière indifférente (tableau 175). En effet $Khi\ carré(3)=7,600$ n'est pas significatif ; $p=.055$.

9.2.1.124. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 1 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	3	1	11	5	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 176 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 176). En effet $Khi\ carré(3)=11,200$ est significatif ; $p=.011$.

9.2.1.125. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèses 2.2-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.126. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désignés que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.127. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5572,55	,444 ns
	C1(C) & C2(A)	41	3388,32	

Tableau 177 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 177 nous indique que $t(79)=5,864$ est significatif ; $p<.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.128. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D2(C)	11	5939,45	<,001 sig.
	C1(C)	21	3566,95	

Tableau 178 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D2(C) Vs C1(C).

Ici seule la condition D2 révèle un choix de pictogramme significativement plus important sur C (voir hypothèse 2.3-op ci-dessus)

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 178 nous indique que $t(30)=4,729$ est significatif ; $p<.001$.

Le pictogramme C est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 17

Le contenu verbal et gestuel de l'item 17 est présenté dans le tableau 179. La figure 90 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 180 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai pesé les ingrédients"	Main droite et gauche à plat paumes vers le haut. Main droite monte quand main gauche descend et vis versa. Les deux mains simulent les plateaux d'une balance de type Roberval	Main droite, index tendu droit devant et incliné à 45 degrés. Main droite effectue une rotation (l'index simule l'aiguille de la balance)

Tableau 179 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 17

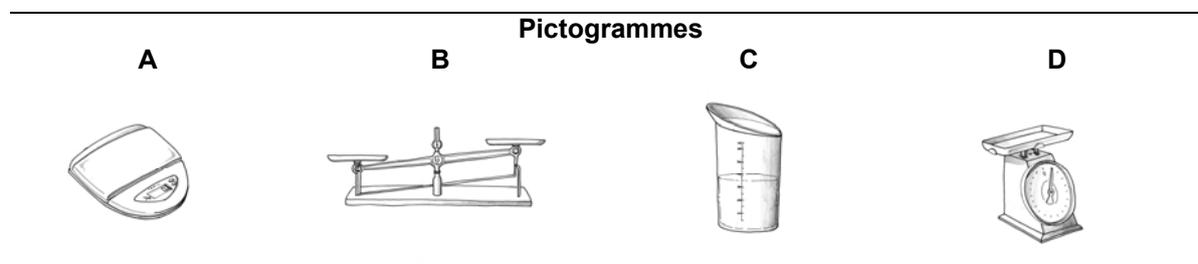


Figure 89 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 17

seq	Pictogrammes				Total		
	A	B	C	D			
C1	1	Fréq. observées	0	18	0	3	21
		Fréq. attendues	4,9	6,5	1,0	8,6	21
C2	2	Fréq. observées	1	1	0	18	20
		Fréq. attendues	4,7	6,2	1,0	8,1	20
D1	3	Fréq. observées	7	3	2	8	20
		Fréq. attendues	4,7	6,2	1,0	8,1	20
D2	4	Fréq. observées	11	3	2	4	20
		Fréq. attendues	4,7	6,2	1,0	8,1	20
Total		Fréq. observées	19	25	4	33	81
		Fréq. attendues	19,0	25,0	4,0	33,0	81

Tableau 180 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.129. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	18	0	3	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 181 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme B est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 181). En effet $Khi\ carré(3)=42,429$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.130. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	1	0	18	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 182 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 182). En effet $Khi\ carré(3)=45,200$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.131. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	7	3	2	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 183 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=5,200$ n'est pas significatif ; $p=.158$ (tableau 183)

9.2.1.132. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	11	3	2	4	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 184 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 184). En effet $Khi\ carré(3)=10,000$ est significatif ; $p=.019$.

9.2.1.133. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.2-op montre qu'aucun des pictogrammes n'est d'avantage désigné.

9.2.1.134. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.135. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5527,90	,002 sig.
	C1(B) & C2(D)	36	4098,42	

Tableau 185 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 185 nous indique que $t(74)=3,238$ est significatif ; $p=.002$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.136. Hypothèse 2.7-op

Ici aucune des conditions concordantes ne correspond au pictogramme A qui est plus désigné en situation discordante D2. Nous ne pouvons donc pas faire le calcul pour cette hypothèse.

Item 18

Le contenu verbal et gestuel de l'item 18 est présenté dans le tableau 186. La figure 91 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 187 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"Pour assembler 2 tôles, il faut les souder"	Main droite: index et pouces forment les points par points - Main gauche tient la tôle à plat.	Soudage type SAE: main droite tient la poignée porte électrode et la main gauche tient le masque devant le visage

Tableau 186 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 18

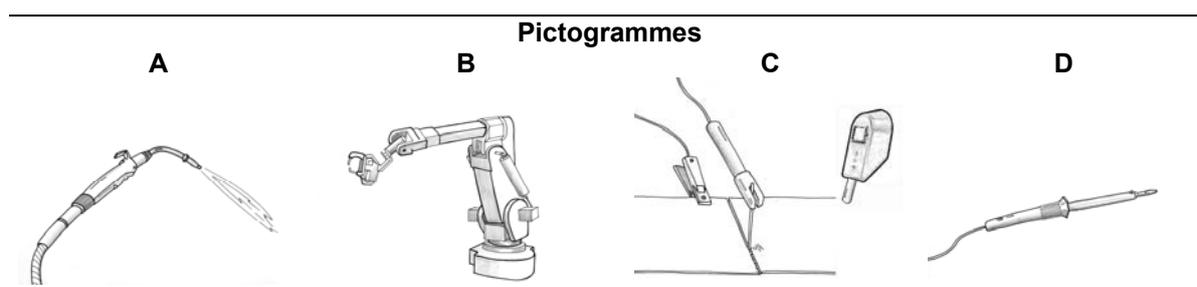


Figure 90 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 18

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C2 1	Fréq. observées	4	0	15	1	20
	Fréq. attendues	8,1	1,5	8,1	2,2	20
D1 2	Fréq. observées	13	0	6	2	21
	Fréq. attendues	8,6	1,6	8,6	2,3	21
D2 3	Fréq. observées	11	1	6	2	20
	Fréq. attendues	8,1	1,5	8,1	2,2	20
C1 4	Fréq. observées	5	5	6	4	20
	Fréq. attendues	8,1	1,5	8,1	2,2	20
Total	Fréq. observées	33	6	33	9	81
	Fréq. attendues	33,0	6,0	33,0	9,0	81

Tableau 187 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.137. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 4 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	5	5	6	4	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 188 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet $Khi\ carré(3)=,400$ n'est pas significatif ; $p=.940$ (tableau 188)

9.2.1.138. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 1 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	4	0	15	1	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 189 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 189). En effet $Khi\ carré(3)=28,400$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.139. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 2 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	13	0	6	2	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 190 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 190). En effet $Khi\ carré(3)=18,810$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.140. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 3 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	11	1	6	2	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 191 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 191). En effet $Khi\ carré(3)=12,400$ est significatif ; $p=.006$.

9.2.1.141. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.2-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.142. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme A est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.143. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	41	5591,85	,198 ns
	C1(B) & C2(C)	21	4955,48	

Tableau 192 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 192 nous indique que $t(60)=1,302$ n'est pas significatif ; $p=.198$.

9.2.1.144. Hypothèse 2.7-op

Ici aucune des conditions concordantes ne correspond au pictogramme A qui est plus désigné en situation discordante D2. Nous ne pouvons donc pas faire le calcul pour cette hypothèse.

Item 19

Le contenu verbal et gestuel de l'item 19 est présenté dans le tableau 193. La figure 92 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 194 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai fait de la peinture"	Main gauche tient un pot de peinture. Main droite un pinceau. Main droite mouvement de haut en bas	Main gauche sur le visage pour simuler le masque. Main droite tient un pistolet à peinture. Main droite fait des mouvements horizontaux de gauche à droite

Tableau 193 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 19

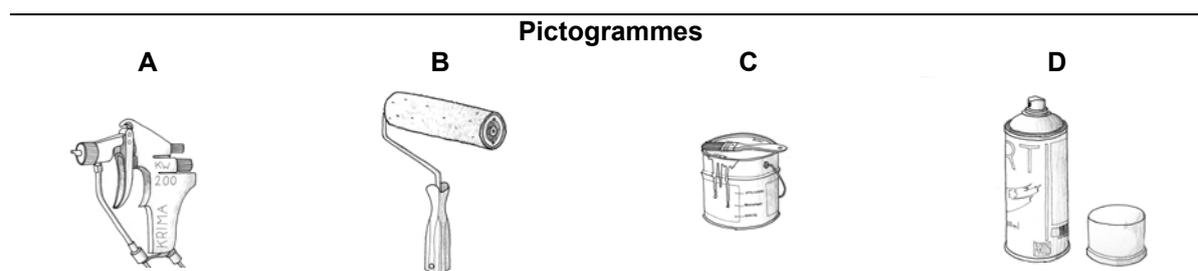


Figure 91 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 19

		Pictogrammes				Total
seq		A	B	C	D	
D1	1 Fréq. observées	0	9	10	2	21
	Fréq. attendues	3,1	6,4	8,5	3,1	21
D2	2 Fréq. observées	1	8	10	2	21
	Fréq. attendues	3,1	6,4	8,5	3,1	21
C1	3 Fréq. observées	0	7	13	0	20
	Fréq. attendues	2,9	6,1	8,0	2,9	20
C2	4 Fréq. observées	11	1	0	8	20
	Fréq. attendues	2,9	6,1	8,0	2,9	20
Total	Fréq. observées	12	25	33	12	82
	Fréq. attendues	12,0	25,0	33,0	12,0	82,0

Tableau 194 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.145. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 3 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	7	13	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	21

Tableau 195 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme C est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 195). En effet $Khi\ carré(3)=23,600$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.146. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 4 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	11	1	0	8	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 196 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 196). En effet $Khi\ carré(3)=17,200$ est significatif ; $p=.001$.

9.2.1.147. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 1 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	9	10	2	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 197 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 197). En effet $Khi\ carré(3)=14,238$ est significatif ; $p=.003$.

9.2.1.148. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 2 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	8	10	2	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 198 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 198). En effet $Khi\ carré(3)=11,190$ est significatif ; $p=.011$.

9.2.1.149. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.2-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.150. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme C est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.151. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	42	4674,81	,665 ns
	C1(C) & C2(A)	24	4471,00	

Tableau 199 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(C) & C2(A).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 199 nous indique que $t(64)=.435$ n'est pas significatif ; $p=.665$.

9.2.1.152. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(C) & D2(C)	20	4808,45	,453 ns
	C1(C)	13	4243,85	

Tableau 200 : Test *t* pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(C) & D2(C) Vs C1(C).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme C suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test *t* d'égalité des moyennes ne nous permet pas de rejeter H_0 . En effet le tableau 200 nous indique que $t(31)=,761$ n'est pas significatif ; $p=.453$.

Item 20

Le contenu verbal et gestuel de l'item 20 est présenté dans le tableau 201. La figure 93 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 202 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"Pour avoir de l'eau il faut actionner le mécanisme"	Mains droite et gauche tirent sur la corde du puit.	Main droite poing fermé, mouvement en arc de cercle de va et vient (actionne le levier du système pour puiser l'eau)

Tableau 201 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 20

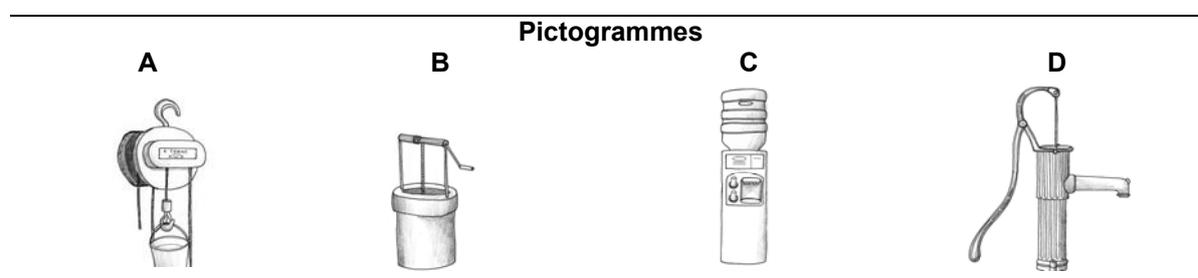


Figure 92 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 20

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
D2 1	Fréq. observées	0	2	3	15	20
	Fréq. attendues	3,3	3,3	2,3	11,3	20
C1 2	Fréq. observées	12	8	0	0	20
	Fréq. attendues	3,3	3,3	2,3	11,3	20
C2 3	Fréq. observées	0	0	0	20	20
	Fréq. attendues	3,3	3,3	2,3	11,3	20
D1 4	Fréq. observées	1	3	6	10	20
	Fréq. attendues	3,3	3,3	2,3	11,3	20
Total	Fréq. observées	13	13	9	45	80
	Fréq. attendues	13,0	13,0	9,0	45,0	80

Tableau 202 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.153. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 2 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	12	8	0	0	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 203 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 203). En effet $Khi\ carré(3)=21,600$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.154. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 3 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	0	20	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 204 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 204). En effet $Khi\ carré(3)=60,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.155. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 4 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	1	3	6	10	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 205 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 205). En effet $Khi\ carré(3)=9,200$ est significatif ; $p=.027$.

9.2.1.156. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 1 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	2	3	15	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 206 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le

test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 206). En effet $Khi\ carré(3)=27,600$ est significatif ; $p<.001$

9.2.1.157. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.2-op montre que le pictogramme D est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.158. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que le pictogramme D est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.159. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	5618,43	,001 sig.
	C1(A) & C2(D)	32	3992,09	

Tableau 207 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(A) & C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 207 nous indique que $t(70)=3,564$ est significatif ; $p=.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.160. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(D) & D2(D)	25	5117,88	<,001 sig.
	C1(D)	20	3037,90	

Tableau 208 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C1(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 208 nous indique que $t(43)=4,381$ est significatif ; $p<.001$.

Le pictogramme D est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Item 21

Le contenu verbal et gestuel de l'item 1 est présenté dans le tableau 209. La figure 94 reproduit les quatre pictogrammes présentés après la séquence vidéo. Le tableau 210 présente la distribution des réponses pour le choix des pictogrammes suivant les quatre conditions.

Discours	Geste	
	C1	C2
"J'ai pris mon sac"	Main droite prend le cartable posé à terre.	Main droite puis main gauche passe les lanières du sac à dos sur les épaules.

Tableau 209 : contenu verbal et gestuel de la séquence vidéo de l'item 21

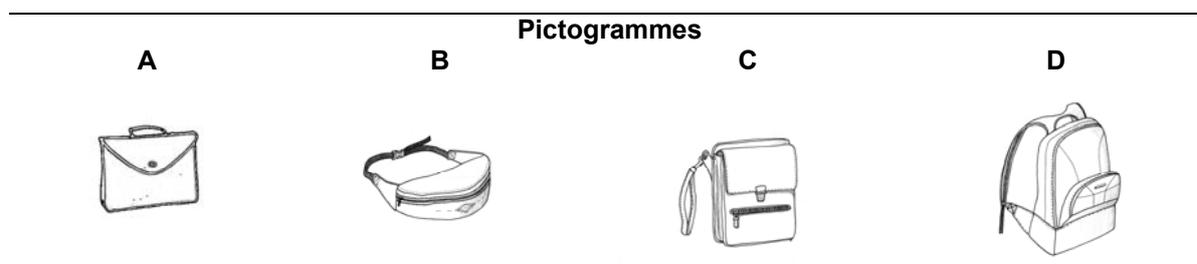


Figure 93 : les 4 pictogrammes, réponses possibles, de l'item 21

seq	Pictogrammes				Total	
	A	B	C	D		
C1 1	Fréq. observées	21	0	0	0	21
	Fréq. attendues	7,7	,8	,8	11,8	21
C2 2	Fréq. observées	0	0	0	21	21
	Fréq. attendues	7,7	,8	,8	11,8	21
D1 3	Fréq. observées	7	2	1	10	20
	Fréq. attendues	7,3	,7	,7	11,2	20
D2 4	Fréq. observées	2	1	2	15	20
	Fréq. attendues	7,3	,7	,7	11,2	20
Total	Fréq. observées	30	3	3	46	82
	Fréq. attendues	30,0	3,0	3,0	46,0	82

Tableau 210 : table de contingence des fréquences pour le choix des pictogrammes suivant les 4 conditions. En grisé, les réponses attendues.

9.2.1.161. Hypothèse 2.1-op

	Séquence 1 : C1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	21	0	0	0	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 211 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme A est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 211). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.162. Hypothèse 2.1bis-op

	Séquence 2 : C2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	0	0	0	21	21
Fréquences attendues	5,3	5,3	5,3	5,3	21

Tableau 212 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition C2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que le pictogramme D est d'avantage choisi que les trois autres (tableau 212). En effet $Khi\ carré(3)=63,000$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.163. Hypothèse 2.2-op

	Séquence 3 : D1				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	7	2	1	10	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 213 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D1

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et conclure que les pictogrammes ne sont pas désignés de manière indifférente (tableau 213). En effet $Khi\ carré(3)=9,421$ est significatif ; $p=.024$.

9.2.1.164. Hypothèse 2.3-op

	Séquence 4 : D2				Total
	A	B	C	D	
Fréquences observées	2	1	2	15	20
Fréquences attendues	5,0	5,0	5,0	5,0	20

Tableau 214 : distribution des réponses sur les 4 pictogrammes pour la condition D2

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le choix des sujets pour les quatre pictogrammes présentés et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans les choix de pictogrammes par les sujets alors le test du Khi carré nous amène à rejeter H_0 et l'on peut conclure que les pictogrammes sont désignés de manière différente (tableau 214). En effet $Khi\ carré(3)=26,800$ est significatif ; $p<.001$.

9.2.1.165. Hypothèse 2.4-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.2-op montre que les pictogramme D est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.166. Hypothèse 2.5-op

Le calcul du *Khi carré* pour l'hypothèse 2.3-op montre que les pictogramme D est davantage désigné que les trois autres pictogrammes.

9.2.1.167. Hypothèse 2.6-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1 & D2	40	4927,40	,001 sig. ns
	C1(A) & C2(D)	42	3759,86	

Tableau 215 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1 & D2 Vs C1(B) & C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner un pictogramme suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 215 nous indique que $t(80)=3,467$ est significatif ; $p=.001$.

Lorsque le geste précise l'information alors le temps de réponse pour désigner le pictogramme est significativement plus rapide

9.2.1.168. Hypothèse 2.7-op

	Séquence	Effectif	Moyenne des temps	Significativité de la différence
Temps de réponse (ms)	D1(D) & D2(D)	25	4557,36	,008 sig.
	C2(D)	21	3482,71	

Tableau 216 : Test t pour l'égalité des temps de réponse pour les conditions D1(D) & D2(D) Vs C2(D).

Si nous posons l'hypothèse nulle (H_0) qu'il n'existe pas de différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste et l'hypothèse alternative (H_1) qu'il existe une différence dans le temps de réponse des sujets pour désigner le pictogramme D suivant la présence ou l'absence d'information par le geste alors le test t d'égalité des moyennes nous permet de rejeter H_0 et conclure qu'il existe une différence de temps de réponse. En effet le tableau 216 nous indique que $t(44)=2,768$ est significatif ; $p=.008$.

Le pictogramme D est désigné plus rapidement lorsque le geste précise l'information pour le désigner.

Annexes III : annexes du chapitre VII

Consigne

Les participants sont installés autour de la table de conception à la place qu'ils occuperont pour la seconde phase de l'exercice.

Ecoutez bien les explications que je vais vous donner. L'exercice commencera quand nous serons entendu sur le fonctionnement de cet exercice. A ce moment, et à ce moment là seulement, je vous montrerai le matériel sur lequel vous allez travailler.

L'exercice que je vous propose consiste à résoudre un problème. Il s'agit d'un jeu de construction de type "jouet Meccano" pour lequel vous devez trouver la méthode d'assemblage des pièces.

L'exercice commencera quand je vous distribuerai les pièces. Pour cela, vous rejoindrez chacun une table (montrer les 3 tables situées aux 3 extrémités de la pièce). Vous serez éloigné les uns des autres afin que vous soyez le seul à prendre connaissance de vos pièces. Il s'agit de mémoriser vos 5 pièces sans que vos 2 autres partenaires ne puissent les voir. Ainsi vous mémoriserez chacun 1/3 des pièces nécessaires à l'assemblage de l'objet. Quand vous aurez rejoint votre table, je vous apporterai une pochette avec vos 5 pièces. Vous pourrez les sortir de la pochette et les manipuler comme vous le souhaitez. Vous aurez 3 minutes pour les mémoriser.

Je vous indiquerai la fin des 3 minutes. Vous remettrez alors les pièces dans la pochette. Vous laisserez la pochette sur la table et vous reviendrez prendre place autour de cette table.

La seconde phase de l'exercice pourra commencer.

Vous avez 2 objectifs dans cette seconde phase:

- 1) trouver le nom de l'objet qu'il est possible de fabriquer avec l'ensemble des pièces
- 2) indiquer la méthode d'assemblage des pièces entre elles pour fabriquer cet objet

Attention il ne suffit pas de trouver l'objet final. Il faut également trouver la méthode d'assemblage de toutes les pièces comme si vous deviez l'expliquer dans un mode d'emploi.

Pour cela vous vous expliquerez mutuellement la façon dont vous pensez que les pièces s'assemblent.

L'exercice prendra fin quand vous estimerez avoir trouvé la méthode d'assemblage de toutes les pièces. Vous ne devez pas poser de question ni communiquer avec l'expérimentateur. Vous vous adresserez à lui uniquement lorsque vous serez d'accord entre vous et que vous penserez avoir trouvé l'assemblage de toutes les pièces.

L'expérimentateur suit vos explications et note les assemblages que vous trouvez. Quand vous lui proposerez la fin de l'exercice, il vous répondra par : « effectivement vous avez trouvé tous les assemblages » et l'on arrêtera l'exercice.

Ou bien il vous répondra par : « l'exercice n'est pas terminé, il vous reste des assemblages non élucidés. » et vous reprendrez l'exercice.

Quoi qu'il arrive et quelle que soit le nombre d'assemblage trouvé, l'expérimentateur mettra fin à l'exercice après 10 minutes.

Avez-vous des questions ?



71 1060 - Moto

UNIVERSITE

Date: _____ Site: _____

Observateur: _____ Groupe: _____

Heure début: _____ Heure fin: _____

Durée chronom.: _____

Arrêt: 10 min participants

Conception distribuée - Phase 3 du dispositif expérimental

Ordre	Assemblage / Sujet	Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Global
	12 sur 15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1 entre (12 +15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 dans (12 +15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13 sur 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 dans 8 (ou 9)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 dans 9 (ou 8)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(2 + 8 (ou 9)) dans (12 +15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(3 + 9 (ou 8)) dans 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10 (ou 11) dans 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11 (ou 10) dans (12 +15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 dans 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 dans 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 sur 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(14 +5) sur (12 +15)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Total				



Gr.A.P.Co - Groupe d'Analyse Psychométrique des Conduites
 Laboratoire de Psychologie - Université de Nancy 2
 BP 33 97 - 54015 Nancy Cedex
 fabien.beltrame@univ-nancy2.fr



71 1062 - Hélicoptère

UNIVERSITE

Date: _____ Site: _____

Observateur: _____ Groupe: _____

Heure début: _____ Heure fin: _____

Durée chronom.: _____

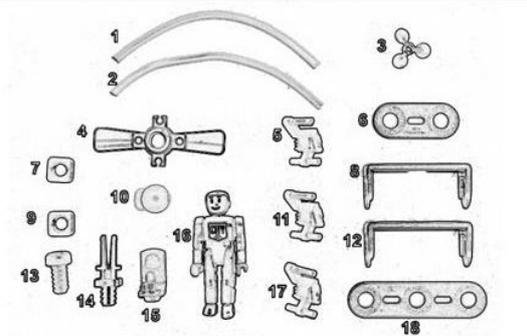
Arrêt: 10 min participants

Caméra

Sujet 1

Sujet 2

Sujet 3



Conception distribuée - Phase 3 du dispositif expérimental

Ordre	Assemblage / Sujet	Sujet 1	Sujet 2	Sujet 3	Global
	8 sur 12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	(8 + 12) sur 18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13 dans (8 + 12 + 18)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7 (ou 9) sur 13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6 sur 8 (ou 12)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	14 dans (6 + 8 (ou 12))	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9 (ou 7) sur 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4 sur 14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5 sur 6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3 sur 5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	15 sur 18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11 sur 12 (ou 8)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	17 sous 18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1 dans 11 et 17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2 dans 11 et 17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10 sur 16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	16 sur 15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Exercice "La Moto"

Equipe			Comportements				Total
			Repos	Accessoire	Auto-centré	Support d'explication	
1	Sujet	1	31,3%	8,3%	22,9%	37,5%	100,0%
		2	21,3%	14,9%	25,5%	38,3%	100,0%
		3	28,9%	8,9%	26,7%	35,6%	100,0%
2	Sujet	1	42,0%	8,0%	26,0%	24,0%	100,0%
		2	21,9%	4,7%	31,3%	42,2%	100,0%
		3	42,6%	4,9%	9,8%	42,6%	100,0%
3	Sujet	1	16,0%	14,8%	29,6%	39,5%	100,0%
		2	41,1%	5,4%	8,9%	44,6%	100,0%
		3	11,1%	9,3%	37,0%	42,6%	100,0%
4	Sujet	1	12,2%	12,2%	40,8%	34,7%	100,0%
		2	3,8%	3,8%	46,2%	46,2%	100,0%
		3	29,2%	4,2%	29,2%	37,5%	100,0%
5	Sujet	1	3,6%	8,4%	44,6%	43,4%	100,0%
		2	42,2%	11,1%	13,3%	33,3%	100,0%
		3	17,0%	9,4%	39,6%	34,0%	100,0%
6	Sujet	1	39,8%	2,4%	15,7%	42,2%	100,0%
		2	27,9%		32,6%	39,5%	100,0%
		3	27,5%	5,8%	24,6%	42,0%	100,0%
7	Sujet	1	22,4%	12,9%	18,8%	45,9%	100,0%
		2	25,6%		34,9%	39,5%	100,0%
		3	38,1%	4,8%	16,7%	40,5%	100,0%
8	Sujet	1	19,0%		38,1%	42,9%	100,0%
		2	29,4%	2,9%	29,4%	38,2%	100,0%
		3	13,2%	7,5%	34,0%	45,3%	100,0%
9	Sujet	1	37,8%	18,9%	8,1%	35,1%	100,0%
		2	22,9%	5,7%	37,1%	34,3%	100,0%
		3	4,3%	4,3%	46,8%	44,7%	100,0%
10	Sujet	1	36,4%	9,1%	13,6%	40,9%	100,0%
		2	4,3%	17,0%	42,6%	36,2%	100,0%
		3	26,0%		32,0%	42,0%	100,0%
11	Sujet	1	1,8%	29,1%	30,9%	38,2%	100,0%
		2		10,7%	44,6%	44,6%	100,0%
		3	3,9%	2,0%	49,0%	45,1%	100,0%

Tableau 217 : proportion de comportement dans l'ensemble de la gestuelle par sujet pour l'exercice 1 "La moto"

			Repos		Accessoire		Auto-centré		Support d'explication	
			Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
1	Sujet	1	10,95	15,33	5,93	3,61	8,91	12,01	10,08	9,79
		2	7,79	2,88	4,28	2,98	12,25	8,16	11,82	9,29
		3	19,16	18,95	1,42	,46	7,31	6,92	7,81	6,37
2	Sujet	1	21,09	18,74	2,47	1,44	5,93	4,38	5,83	4,23
		2	6,75	5,52	2,14	,57	9,67	9,83	11,32	8,00
		3	16,12	17,53	,96	,23	16,05	11,02	3,15	2,85
3	Sujet	1	7,25	7,59	4,65	4,05	9,94	12,24	6,61	8,06
		2	18,30	21,09	2,70	1,57	16,69	7,67	3,50	3,83
		3	15,64	18,36	2,98	2,39	12,98	12,58	10,07	12,13
4	Sujet	1	9,27	12,54	5,89	3,21	11,11	9,91	3,77	2,96
		2	13,51	.	5,88	.	22,45	26,51	7,37	6,16
		3	23,04	26,42	7,89	.	12,36	12,41	13,31	9,86
5	Sujet	1	5,49	4,48	3,55	2,01	7,75	8,99	7,55	7,19
		2	24,05	31,31	4,35	3,77	10,64	9,44	3,83	4,99
		3	11,75	14,76	1,57	1,08	15,17	14,57	9,32	14,27
6	Sujet	1	9,05	11,63	4,03	3,34	8,54	9,17	5,21	3,85
		2	24,54	31,94	.	.	13,94	14,37	6,50	6,82
		3	15,28	25,31	2,63	1,15	8,83	7,70	5,14	4,89
7	Sujet	1	6,70	6,15	2,34	1,58	7,89	6,78	8,22	7,24
		2	21,35	13,36	.	.	13,52	14,26	9,55	7,46
		3	21,63	26,71	1,19	,42	14,43	15,72	8,85	8,42
8	Sujet	1	33,03	28,86	.	.	18,33	19,24	9,56	8,44
		2	15,85	18,56	26,61	.	14,75	11,83	2,45	1,18
		3	5,73	8,27	2,69	2,53	8,43	7,34	6,64	5,93
9	Sujet	1	9,47	6,68	3,99	5,00	18,11	8,50	11,71	10,92
		2	9,96	5,78	3,98	4,43	12,77	12,38	9,48	7,06
		3	9,95	7,47	2,25	1,85	11,11	11,06	4,70	4,19
10	Sujet	1	12,20	12,99	1,53	,84	11,45	11,08	7,22	8,69
		2	4,83	1,49	2,30	1,67	20,92	18,21	9,02	7,63
		3	19,57	18,05	.	.	12,70	12,71	6,78	6,56
11	Sujet	1	,98	.	2,76	2,19	18,52	19,54	11,43	10,30
		2	.	.	1,84	2,16	16,05	14,43	7,51	7,39
		3	9,06	9,93	5,48	.	19,12	21,44	4,28	4,19

Tableau 218 : durée moyenne de chaque comportement par sujet pour l'exercice 1 "La Moto"

Exercice "L'hélicoptère"

Equipe			Comportements				Total
			Repos	Accessoire	Auto-centré	Support d'explication	
1	Sujet	1	27,6%	3,4%	25,9%	43,1%	100,0%
		2	20,9%	11,6%	30,2%	37,2%	100,0%
		3	30,9%	9,1%	23,6%	36,4%	100,0%
2	Sujet	1	42,9%	14,3%	16,1%	26,8%	100,0%
		2	16,9%	8,5%	30,5%	44,1%	100,0%
		3	38,1%	9,5%	17,5%	34,9%	100,0%
3	Sujet	1	20,0%	5,5%	32,7%	41,8%	100,0%
		2	18,2%		32,7%	49,1%	100,0%
		3	16,3%	2,0%	36,7%	44,9%	100,0%
4	Sujet	1	28,9%	4,4%	28,9%	37,8%	100,0%
		2	2,4%	4,8%	47,6%	45,2%	100,0%
		3	22,5%	10,0%	27,5%	40,0%	100,0%
5	Sujet	1	18,0%	9,8%	37,7%	34,4%	100,0%
		2	12,5%	10,4%	41,7%	35,4%	100,0%
		3	17,8%	6,8%	37,0%	38,4%	100,0%
6	Sujet	1	36,1%	4,9%	19,7%	39,3%	100,0%
		2	36,7%	10,2%	22,4%	30,6%	100,0%
		3	38,3%	10,0%	15,0%	36,7%	100,0%
7	Sujet	1	31,0%	2,4%	21,4%	45,2%	100,0%
		2	14,6%	2,1%	43,8%	39,6%	100,0%
		3	18,6%	7,0%	34,9%	39,5%	100,0%
8	Sujet	1	10,8%	8,1%	43,2%	37,8%	100,0%
		2	43,3%	4,5%	11,9%	40,3%	100,0%
		3		8,2%	49,0%	42,9%	100,0%
9	Sujet	1	45,2%	7,1%	4,8%	42,9%	100,0%
		2	24,6%	1,8%	42,1%	31,6%	100,0%
		3	35,3%	3,9%	19,6%	41,2%	100,0%
10	Sujet	1	15,1%	5,7%	37,7%	41,5%	100,0%
		2	8,2%	9,8%	45,9%	36,1%	100,0%
		3	10,9%		47,8%	41,3%	100,0%
11	Sujet	1	3,4%	20,7%	44,8%	31,0%	100,0%
		2		13,2%	47,4%	39,5%	100,0%
		3	44,9%	4,1%	18,4%	32,7%	100,0%

Tableau 219 : proportion de comportement dans l'ensemble de la gestuelle par sujet pour l'exercice 2 "L'hélicoptère"

			Repos		Accessoire		Auto-centré		Support d'explication	
			Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
1	Sujet	1	11,60	12,40	2,14	,33	10,04	8,40	10,38	9,80
		2	19,40	16,35	6,66	11,95	13,07	13,21	13,89	12,27
		3	13,52	11,72	2,90	1,27	14,33	10,82	8,47	6,27
2	Sujet	1	19,66	25,46	2,44	1,66	7,39	6,20	2,81	2,37
		2	10,18	15,36	2,92	1,99	6,77	6,28	13,91	13,47
		3	17,69	16,53	1,58	,98	5,28	4,61	4,91	5,19
3	Sujet	1	24,20	19,54	,89	,29	11,44	10,66	5,44	7,66
		2	11,65	14,73	.	.	19,19	29,35	5,11	6,27
		3	6,58	4,43	1,59	.	15,57	32,81	12,07	14,78
4	Sujet	1	20,32	19,33	2,19	2,03	14,79	22,14	8,19	8,11
		2	56,38	.	6,43	5,66	15,30	15,91	11,83	10,02
		3	8,98	5,62	5,17	4,20	18,90	18,69	18,16	17,51
5	Sujet	1	8,79	10,99	4,00	3,77	9,74	8,34	12,16	9,39
		2	27,61	25,75	4,50	2,26	13,19	22,63	8,71	13,93
		3	10,38	9,20	1,81	,51	11,30	16,92	5,39	5,80
6	Sujet	1	12,96	21,19	2,88	2,94	10,00	7,40	7,77	9,15
		2	16,23	13,19	3,18	2,42	9,21	14,37	12,71	20,46
		3	10,51	11,42	4,32	4,24	13,63	12,26	9,53	15,09
7	Sujet	1	17,35	22,67	,59	.	22,82	23,40	8,87	11,37
		2	10,17	7,55	4,55	.	15,95	21,89	9,96	7,25
		3	15,47	11,78	3,80	5,27	13,53	10,62	15,41	20,50
8	Sujet	1	22,79	24,05	1,76	,39	25,36	19,24	6,98	4,57
		2	13,08	12,95	3,26	2,21	10,95	12,65	4,56	6,99
		3	.	.	2,34	1,50	17,52	20,24	8,11	6,43
9	Sujet	1	18,48	20,68	1,48	,65	29,34	34,97	10,32	22,44
		2	17,03	13,08	1,37	.	6,95	7,54	10,74	10,83
		3	20,35	28,68	3,32	1,42	8,26	6,49	6,88	6,54
10	Sujet	1	16,36	11,77	2,14	1,79	15,90	13,29	6,57	13,79
		2	8,28	5,36	2,81	2,32	13,44	15,82	7,52	6,46
		3	23,26	14,98	.	.	13,97	14,80	9,29	10,77
11	Sujet	1	15,76	.	6,03	4,74	29,76	15,08	17,91	32,12
		2	.	.	1,35	,77	21,10	40,73	14,23	16,40
		3	10,33	9,86	3,93	4,65	19,00	16,89	12,12	17,41

Tableau 220 : durée moyenne de chaque comportement par sujet pour l'exercice 1 "L'hélicoptère"

			La Moto		L'Hélicoptère	
Equipe			Nb d'assemblage	% de l'exercice	Nb d'assemblage	% de l'exercice
1	Sujet	1	6	42,86	3	17,65
		2	4	28,57	1	5,88
		3	4	28,57	2	11,76
	Total	14	100,00	6	35,29	
2	Sujet	1	1	7,14	2	11,76
		2	2	14,29	1	5,88
		3	4	28,57	0	0,00
	Total	7	50,00	3	17,65	
3	Sujet	1	2	14,29	0	0,00
		2	1	7,14	1	5,88
		3	0	0,00	1	5,88
	Total	3	21,43	2	11,76	
4	Sujet	1	8	57,14	3	17,65
		2	3	21,43	0	0,00
		3	3	21,43	0	0,00
	Total	14	100,00	3	17,65	
5	Sujet	1	1	7,14	0	0,00
		2	3	21,43	1	5,88
		3	0	0,00	3	17,65
	Total	4	28,57	4	23,53	
6	Sujet	1	4	28,57	1	5,88
		2	3	21,43	1	5,88
		3	2	14,29	0	0,00
	Total	9	64,29	2	11,76	
7	Sujet	1	3	21,43	1	5,88
		2	1	7,14	1	5,88
		3	0	0,00	0	0,00
	Total	4	28,57	2	11,76	
8	Sujet	1	3	21,43	3	17,65
		2	2	14,29	1	5,88
		3	9	64,29	0	0,00
	Total	14	100,00	4	23,53	
9	Sujet	1	9	64,29	0	0,00
		2	1	7,14	1	5,88
		3	4	28,57	0	0,00
	Total	14	100,00	1	5,88	
10	Sujet	1	4	28,57	0	0,00
		2	2	14,29	2	11,76
		3	0	0,00	0	0,00
	Total	6	42,86	2	11,76	
11	Sujet	1	4	28,57	3	17,65
		2	8	57,14	1	5,88
		3	2	14,29	2	11,76
	Total	14	100,00	6	35,29	

Tableau 221 : Nombre d'assemblages trouvés par sujet et proportion de ce nombre par rapport à l'assemblage total de l'objet

Comportement non verbal et situation d'interaction

Quand la gestuelle des mains revendique un rôle cognitif de support des représentations pour la résolution de problème

Résumé

Comprendre comment des individus, réunis en collectif de travail, interagissent pour résoudre un problème est devenu de nos jours un enjeu majeur. Cette forme d'organisation des activités au travail est de plus en plus sollicitée dans les entreprises. L'exemple de l'ingénierie concurrente, est emblématique de cette évolution. Ce processus de conception repose sur plusieurs formes d'interactions. Or, à ce jour, les interactions non verbales, dans cette situation, restent l'objet d'hypothèses peu étayées.

La présente recherche défend l'idée selon laquelle la communication non verbale, en l'occurrence la gestuelle des mains, possède les caractéristiques qui lui permettent de revendiquer un rôle actif, et inmanquablement cognitif, dans le partage des représentations qui concourt à la résolution de problèmes.

La démarche expérimentale qui a contribué à valider cette hypothèse s'est déroulée en trois étapes. La progression méthodologique vers la situation complexe d'interaction en collectif de travail a débuté avec une adaptation informatisée d'un outil d'évaluation des représentations visuo-spatiales, appropriée à la recherche et réalisée à partir de 266 passations individuelles. Elle s'est poursuivie, à l'aide de cet outil, par l'étude de l'impact du geste dans la transmission d'informations iconiques chez 82 sujets. Elle a abouti à la mise en œuvre d'un dispositif d'observation dont l'objectif a été de simuler, en situation d'ingénierie concurrente, l'implication de la gestuelle des mains dans les interactions échangées au sein de 11 groupes constitués de 3 participants.

Nos principaux résultats, issus des trois étapes intégrées, confirment la capacité du geste à transmettre de l'information de nature à solliciter les représentations visuo-spatiales. Ils révèlent le rôle actif des gestes iconiques pour la performance globale du collectif de travail en lien avec l'aptitude de représentation visuo-spatiale des individus impliqués. Ils ouvrent de surcroît de nouvelles perspectives. Ils font valoir une articulation des caractères conatifs et cognitifs de la gestuelle des mains. Ils tendent à montrer également que la dimension cognitive de la gestuelle des mains vient enrichir le concept d'objets intermédiaires, développé en ergonomie du travail, relativement à cette situation d'ingénierie concurrente.

Mots-Clés : cognition – interaction – représentation - résolution de problème – images mentales – comportement - non verbal – gestuelle – travail collectif - ingénierie concurrente.

Nonverbal behavior and and interaction situations.

When hand gestures assert a cognitive role as support of representations in problem solving.

Abstract

Understanding how individuals brought together in a work collective, interact to solve a problem has become a major issue. This method of work organisation has been more and more used in companies. Concurrent engineering is an example of this evolution. This process of industrial design is based on several forms of interaction. However, in this situation, nonverbal interactions have remained the object of few supported assumptions up to now.

This research supports the idea that nonverbal communication, or hand gestures, have the characteristics that enable it to assert an active and cognitive role in the sharing of the representations that contribute to problem solving.

The experiments which contributed to validate this assumption proceeded in three stages. The methodological progression towards the complex interaction situation in a work collective, began with the computerized adaptation of a tool that evaluates spacial mental representations, adapted to this research and based upon 266 individual makings. With the help of this tool, we went on with the study of the impact of gestures in the transmission of image information on 82 subjects. This led to observe the implication of hand gestures in the interactions exchanged within 11 groups of 3 participants each who simulated in a concurrent engineering situation.

Our main results issued from the three integrated stages, confirm the capacity of gestures to transmit information likely to solicit spacial mental representations. They reveal the active role of image gestures in the overall performance of a work collective linked with the implied individual's aptitude to spacial mental representations. Furthermore they open new prospects: they put forward an articulation of the conative and cognitive features of hand gestures. They also tend to show that the cognitive dimension of hand gestures comes to enrich the concept of intermediate objects developed in work ergonomics, in relation to this concurrent engineering situation.

Key words: cognition, interaction, representation, problem solving, mental imagery, behavior, nonverbal, gesture, collective work, concurrent engineering.