



**UNIVERSITE DE REIMS
CHAMPAGNE-ARDENNE**
57 rue Pierre Taittinger
51096 Reims CEDEX



UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE

Ecole doctorale Sciences de l'Homme et de la Société

THESE DE DOCTORAT

Mention : Psychologie

Spécialité : Psychologie cognitive

**VIEILLISSEMENT COGNITIF, APPRENTISSAGE FONCTIONNEL ET
EXTRAPOLATION**

Présentée publiquement par

Céline MUSIELAK-MERSAK

Décembre 2005

JURY

**Monsieur le Professeur Bernard Cadet, Université de Caen Basse-Normandie
Monsieur le Professeur Gérard Chasseigne, Université de Reims Champagne-Ardenne
Monsieur le Professeur Jean-Claude Marquié, Directeur de Recherches C. N. R. S.
Monsieur le Professeur Etienne Mullet, Directeur aux Hautes Etudes E. P. H. E.
Madame la Professeur Elisabeth Rosnet, Université de Reims Champagne-Ardenne**

RAPPORTEURS

**Monsieur le Professeur Bernard Cadet
Monsieur le Professeur Etienne Mullet**

DIRECTEUR DE THESE : Monsieur le Professeur Gérard Chasseigne

Remerciements

Je tiens à remercier

G. Chasseigne, Professeur de psychologie à l'Université de Reims Champagne-Ardenne, pour avoir dirigé mes travaux. Vos qualités non seulement professionnelles mais également humaines ont été les piliers de cette aventure. Merci d'avoir guidé mes pas « à votre façon ». Votre spontanéité et votre sens de la critique sont des outils très formateurs et rendent nos contacts toujours motivants et constructifs. Ce projet vient d'aboutir, loin d'être la finalité de nos échanges, je le considère comme une ouverture sur de nouvelles perspectives de collaborations.

E. Mullet, Directeur d'Etudes à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, pour avoir accepté de critiquer les principaux aspects de ma démarche. Merci pour vos encouragements et pour votre soutien (et pour m'avoir orientée vers R. Kipling !).

B. Cadet, Professeur de psychologie à l'Université de Caen Basse-Normandie, pour avoir accepté de critiquer le présent travail.

J. C. Marquié, Directeur de Recherche au CNRS pour avoir accepté de participer à ce jury.

E. Rosnet, Professeur de psychologie à l'Université de Reims Champagne-Ardenne, pour ses encouragements et pour avoir accepté de participer à ce jury.

Merci également à tous les participants d'avoir rendu possible, grâce à leur disponibilité et à leur bonne volonté, l'élaboration de cette étude. Toute ma gratitude va également aux responsables des différents foyers logements des villes de Bourges (18) et de Laval (53) pour m'avoir ouvert leurs portes et facilité les prises de contacts avec intérêt et sympathie.

Merci aux membres de ma famille et à mes amis pour leurs encouragements.

Merci particulièrement à mes parents pour m'avoir depuis toujours soutenue et encouragée. Sachez que votre éducation et vos valeurs sont des références et des atouts précieux.

Merci Fabrice et Maxence pour votre soutien, votre confiance et votre patience au quotidien...

Sommaire

Présentation du document	7
Première partie. Vieillessement cognitif et extrapolation	10
<u>Chapitre 1. L'hypothèse de l'extrapolation et de son maintien chez la personne âgée</u>	<u>11</u>
1. Vieillessement, jugement et décision	13
2. Vieillessement et apprentissage de relations fonctionnelles.....	20
3. Vieillessement, Apprentissage, Mémoire de Travail et Fonctions Exécutives	37
4. Du paradigme de Carroll (1963) à celui de DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997) : leur application potentielle à la personne âgée.....	58
5. Hypothèses	89
<u>Chapitre 2. Expérience n°1</u>	<u>93</u>
6. Méthode	93
7. Hypothèses	102
8. Résultats	104
9. Discussion	119
Deuxième partie. Vieillessement cognitif, apprentissage associatif et apprentissage fonctionnel.....	127
<u>Chapitre 3. Vieillessement cognitif et stratégies d'apprentissage</u>	<u>128</u>
10. Vieillessement et apprentissage associatif.....	128
11. Vieillessement, apprentissage fonctionnel et apprentissage associatif : cas d'utilisation des stratégies associatives et fonctionnelles	140
12. Hypothèses	143
<u>Chapitre 4. Expérience n°2</u>	<u>144</u>
13. Méthode	144
14. Hypothèses	149
15. Résultats	154
16. Discussion	164
Troisième partie. Conclusion	168
<u>Chapitre 5. Discussion générale – projet de recherche</u>	<u>169</u>
17. Discussion relative aux expériences 1 et 2.....	169
18. Projet de recherche.....	170
<u>Références.....</u>	<u>175</u>
Annexe I.....	192
Annexe II	194
Annexe III.....	195
Résumé.....	196

Index des figures

- Figure 1. Résultats de *Muñoz-Sastre, Mullet, & Sorum (1999)* Jugements selon l'âge du risque de développer un cancer selon la consommation de cigarette quotidienne.
- Figure 2. Résultats de *Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004)*. Utilisation de l'indice, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-positif (panneau a) dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-négatif (panneau b) avec le critère.
- Figure 3. Résultats de *Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004)*. Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif avec le critère et une règle de combinaison additive.
- Figure 4. Résultats de *Chasseigne, Grau, Mullet, & Cama (1999)*. Précision et contrôle selon l'âge et le niveau de prédictibilité du critère dans une tâche d'apprentissage impliquant trois indices en relation linéaire-positif avec le critère et une règle de combinaison additive.
- Figure 5. Résultats de *Chasseigne, Lafon, & Mullet (2002)*. Jugement du risque de cancer en fonction de la consommation quotidienne d'alcool et de tabac selon l'âge (18-25 ans, panneau a ; 75-90 ans, panneau b) lors d'une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif avec le critère et une règle de combinaison multiplicative.
- Figure 6. Résultats de *Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004)*. Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-négatif avec le critère et une règle de combinaison additive (panneau a). Représentation graphique d'une analyse en clusters concernant l'utilisation des indices par le groupe des personnes âgées (panneau b).
- Figure 7. Résultats de *Chasseigne, Mullet, & Stewart (1997)*. Utilisation de l'indice en relation inverse avec le critère, connaissance et contrôle, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire-négatif avec le critère et une règle de combinaison additive avec information sur la tâche.
- Figure 8. Résultats de *Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004)*. Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-positif avec le critère (panneau a) et un indice en relation linéaire-négatif avec le critère (panneau b) et une règle de combinaison additive sans information sur la tâche.
- Figure 9. Résultats de *Chasseigne, Mullet et Stewart (1997)*. Utilisation de l'indice en relation linéaire-négatif avec le critère, connaissance et contrôle, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire-négatif avec le critère et une règle de combinaison additive sans information sur la tâche.
- Figure 10. Evolution des performances de vitesse de traitement de l'information, de mémoire de travail et de mémoire à long terme selon l'âge. (*d'après Park, Polk, Mikels, Taylor, & Marshuetz, 2001, p. 153*).
- Figure 11. Le modèle de la mémoire de travail (*d'après Baddeley, 2000, p. 421*).
- Figure 12. Illustration du modèle attentionnel de Norman et Shallice (1986) (*d'après Van der Linden, Seron, Le Gall, & Andres, 1999, p. 52*).
- Figure 13. Le modèle métacognitif d'après *Butterfield & Albertson (1995)*.
- Figure 14. Résultats de *Carroll (1963, p. 88)*, participant 4, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction du stimulus en condition fonctionnelle linéaire-positif
- Figure 15. Résultats de *Carroll (1963, p. 90)*, participant 20, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction du stimulus en condition fonctionnelle curvilinéaire en forme de U.
- Figure 16. Résultats de *Carroll (1963, p. 91)*, participant 25, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction des valeurs des stimulus en condition aléatoire.
- Figure 17. Résultats de *DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997)* : Apprentissage. CME (valeurs moyennes) selon les blocs pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire-positif, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé).
- Figure 18. Résultats de *DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997)* : Test. Valeurs moyennes de jugements des participants et valeurs attendues pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire-positif, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé) selon l'amplitude de stimulus.

- Figure 19. Résultats de *Bott et Heit (2004)*. Apprentissage et Test. Participant 7, Valeurs de Jugements en condition de relation fonctionnelle cyclique indice-critère et valeurs attendues en fonction des blocs et de l'amplitude de stimulus.
- Figure 20. Résultats de *Guigon (2004)*. Apprentissage *CME* (valeurs moyennes) selon les blocs et Test (Valeurs moyennes de jugements) pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire positive, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé) selon l'amplitude de stimulus.
- Figure 21. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 2)*. Apprentissage. *CME* (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle curvilinéaire en forme de U selon les blocs et le contexte.
- Figure 22. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 2)*. Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendues en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle curvilinéaire en forme de U selon le contexte.
- Figure 23. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 3)*, Apprentissage. *CME* (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle linéaire-négative selon les blocs et le contexte.
- Figure 24. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 3)*. Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendues en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle linéaire-négative selon le contexte.
- Figure 25. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 4)*, Apprentissage. *CME* (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle linéaire-positive selon les blocs et le contexte.
- Figure 26. Résultats de *Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 4)*. Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendues en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle linéaire-positive selon le contexte.
- Figure 27. Expérience 1. Matériel. Reproduction d'une des fiches fournies aux participants.
- Figure 28. Expérience 1. Courbes théoriques. Configuration des courbes de jugements attendus selon la condition (RD ; RI ; RU ; RUI), l'âge et les valeurs croissantes d'indices.
- Figure 29. Expérience 1. Apprentissage. Evolution des moyennes de jugements selon l'âge en fonction des valeurs d'indice pour les deux blocs d'apprentissage dans les conditions RD (a et b) et RI (c et d).
- Figure 30. Expérience 1. Apprentissage. Evolution de moyennes de jugements selon l'âge en fonction des valeurs d'indice pour les deux blocs d'apprentissage en condition RU (e et f) et RUI (g et h).
- Figure 31. Expérience 1. Test. Evolution des moyennes de jugements selon l'âge et les valeurs attendues en fonction des valeurs d'indice en condition RD (a) ; RI (b) ; RU (c) ; RUI (d).
- Figure 32. Expérience 1. Test. Moyennes de jugements des quatre participants ayant réalisé les plus mauvaises performances selon les valeurs d'indices en condition RD (a) ; RI (b) ; RU (c) ; RUI (d).
- Figure 33. Expérience 1. Test. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les valeurs d'indices, toutes conditions confondues.
- Figure 34. Résultats de *Kausler & Puckett, 1980 (d'après Kausler, 1994, p. 74)*. Evolution des performances d'apprentissage d'une tâche associative selon l'âge et les blocs.
- Figure 35. Résultats de *Monge (1971)*, panneau a, et de *Winn, Elias, & Marshall (1976)*, panneau b (*d'après Kausler, 1994, p. 76*). Evolution de la moyenne d'essais nécessaire pour apprendre un certain nombre d'items selon l'âge.
- Figure 36. Exemple du matériel utilisé par *Rogers, Hertzog, & Fisk (2000)*.
- Figure 37. Résultats de *Rogers, Hertzog, & Fisk (2000)*. Evolution des performances en rappel et en reconnaissance selon l'âge et les blocs de test.
- Figure 38. Résultats de *Rogers, Hertzog et Fisk (2000)*. Evolution des performances de rappel selon l'âge, la catégorie d'appartenance (*scanners* ou *retrievers*) et les blocs de test.
- Figure 39. Graphique explicatif des cas d'utilisation des stratégies associative et fonctionnelle (*d'après Chasseigne, Lafon, & Mullet, 2002*).
- Figure 40. Expérience 2. Matériel. Reproduction d'une des fiches fournies aux participants.
- Figure 41. Expérience 2. Courbes théoriques. Evolution prévue des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge, les conditions et les blocs
- Figure 42. Expérience 2. Courbes théoriques. Evolution prévue des valeurs moyennes de r_a selon l'âge, les conditions et les blocs.
- Figure 43. Résultats de *Chasseigne et al. (1997)*. Connaissance selon l'âge et la condition (RD et RI).
- Figure 44. Expérience 2. Apprentissage. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge, les conditions et les blocs.
- Figure 45. Expérience 2. Apprentissage. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge, les conditions et les blocs.

Index des tableaux

- Tableau 1. Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RD. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 2. Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 3. Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RU. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 4. Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RUI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 5. Expérience 1. Matériel. Test. RD. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 6. Expérience 1. Matériel. Test. RI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 7. Expérience 1. Matériel. Test. RU. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.
- Tableau 8. Expérience 1. Matériel. Test. RUI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice RUI.
- Tableau 9. Expérience 1. Apprentissage. RD. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 10. Expérience 1. Apprentissage. RI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 11. Expérience 1. Apprentissage. RU. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 12. Expérience 1. Apprentissage. RUI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 13. Expérience 1. Apprentissage. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du *CME* lors de la comparaison des conditions.
- Tableau 14. Expérience 1. Test. RD. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 15. Expérience 1. Test. RI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 16. Expérience 1. Test. RU. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 17. Expérience 1. Test. RUI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 18. Expérience 1. Test. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du *CME* lors de la comparaison des conditions.
- Tableau 19. Répartition des participants en situation cohérente selon la stratégie employée durant la tâche et selon l'âge (*d'après Rogers, Hertzog, & Fisk, 2000*).
- Tableau 20. Expérience 2. Matériel. Condition AF. Valeur du critère correspondant à celles des indices.
- Tableau 21. Expérience 2. Matériel. Condition AS. Valeur du critère correspondant à celles des indices.
- Tableau 22. Expérience 2. Apprentissage. Condition AF. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 23. Expérience 2. Apprentissage. Condition AS. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.
- Tableau 24. Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du *CME* et de r_a lors de la comparaison des conditions.
- Tableau 25. Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance complémentaire des résultats obtenus pour la mesure du *CME* en fonction de l'âge selon chacune des conditions.
- Tableau 26. Expérience 2. Apprentissage. Condition AF. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge et les blocs.
- Tableau 27. Expérience 2. Apprentissage. Condition AS. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge et les blocs.
- Tableau 28. Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance complémentaire des résultats obtenus pour la mesure de r_a en fonction de l'âge selon chacune des conditions.

Présentation du document

L'ensemble des travaux sur le vieillissement cognitif et les relations fonctionnelles indiquent une préservation variable de la capacité d'apprentissage en fonction du type de relation entre indice et critère. Il serait ainsi envisageable que les personnes âgées, dans leur vie quotidienne, appliquent des stratégies fonctionnelles aussi souvent que cela est possible, notamment l'extrapolation, afin d'éviter des stratégies plus coûteuses en ressources cognitives, notamment des stratégies associatives.

A la lumière des connaissances issues d'expériences sur une population de jeunes adultes, notre première étude empirique complétera l'étude de l'apprentissage de relations fonctionnelles chez les âgés. Nous étudierons l'évolution de l'apprentissage de fonctions curvilinéaires (en forme de U et U-inversé) que nous comparerons à celle de fonctions linéaires (positive et négative). Cet apprentissage permettra d'explorer les capacités d'extrapolation et d'interpolation des personnes âgées.

Notre seconde étude empirique permettra de connaître les conséquences du passage d'une stratégie fonctionnelle à une stratégie associative d'apprentissage pour des adultes plus ou moins âgés. Nous observerons la manière dont les individus organisent spontanément leur apprentissage. Notre objectif est de savoir si les personnes jeunes et âgées utilisent une stratégie fonctionnelle spontanément (un apprentissage de fonction), et avant toute rétroaction, à chaque fois que l'environnement s'y prête. Nous postulons que c'est seulement après avoir tenté vainement d'établir une relation fonctionnelle qu'une stratégie associative prend place.

Le premier chapitre de ce document expose l'hypothèse d'extrapolation et de son maintien chez les personnes âgées. Nous expliquerons l'origine expérimentale et théorique de nos travaux. Après avoir exposé certaines recherches sur le jugement et la prise de décision chez la personne âgée, nous développerons en particulier les recherches constituant le cadre théorique de notre étude : l'apprentissage de fonctions entre variables chez l'adulte jeune et âgé. Nous verrons ensuite comment les résultats obtenus peuvent s'interpréter dans le cadre théorique du traitement de l'information, de la mémoire de travail et du fonctionnement exécutif. Pour finir, nous expliquerons comment les paradigmes actuels dans le domaine de l'apprentissage fonctionnel et de l'extrapolation peuvent potentiellement s'appliquer aux recherches sur le vieillissement cognitif.

Le second chapitre relate notre première étude empirique. Dans cette recherche, quatre types de fonctions usuelles sont manipulés (linéaire-positive, linéaire-négative, curvilinéaire en forme de U et en forme de U-inversé). Nous comparons les performances des personnes jeunes et âgées en apprentissage et en extrapolation.

Le troisième chapitre propose l'étude des conséquences, sur le plan du vieillissement cognitif, du passage d'une stratégie fonctionnelle d'apprentissage à une stratégie associative. Nous verrons que de nombreuses recherches ont fait état d'un déficit de performances lié au vieillissement cognitif dans des tâches d'apprentissage associatif. La raison la plus souvent évoquée est le ralentissement de la vitesse de traitement de l'information entraînant une diminution de la mémoire de travail. Les caractéristiques particulières et les domaines d'applications des stratégies fonctionnelles et associatives seront distinguées.

Le quatrième chapitre fournit les résultats de la seconde étude empirique. Deux situations sont manipulées à partir des mêmes indices. Dans un cas, des relations fonctionnelles indice-critère peuvent être appliquées, dans l'autre cas, il n'existe aucune relation entre les indices et le critère. Un premier bloc sans rétroaction permettra d'observer la stratégie spontanément utilisée par les participants, la suite de l'apprentissage permettra de mesurer l'impact des stratégies requises sur les performances en fonction de l'âge des participants.

Le dernier chapitre s'ouvre par une synthèse des travaux effectués sur les relations existant entre vieillissement et apprentissage dans une perspective fonctionnelle. Il rapporte un projet de recherche sur le vieillissement et la capacité d'inhibition chez la personne âgée dans cette perspective.

1ère partie

Vieillessement cognitif et extrapolation

Chapitre 1

L'hypothèse de l'extrapolation et de son maintien chez la personne âgée

C'est par un apprentissage fonctionnel qu'un organisme (humain ou animal) acquiert une règle de jugement pour assigner à chaque valeur de stimulus rencontrée, dans un certain domaine de son environnement, une et une seule valeur de réponse. En situation expérimentale, les participants sont amenés à effectuer des *jugements (ou prédictions)* en fonction d'une ou plusieurs valeurs d'*indice* présentées et reliées de façon continue à une valeur de *critère*, fournie par *rétroaction*. Un certain niveau d'incertitude peut être associé à la tâche, dans cette condition il s'agit d'un apprentissage probabiliste.

Ces règles de jugement sont omniprésentes dans la vie quotidienne. Des exemples d'application de telles règles peuvent être « plus le produit est bon, plus son prix est élevé » ou encore « plus la température d'un four est élevée, plus la cuisson sera rapide ».

Ainsi, « le monde dans lequel les organismes vivent et avec qui ils font commerce dans le cadre de leur combat quotidien pour l'existence est un monde qui, fondamentalement, confère une valeur adaptative à la capacité à répondre aux relations continues entre les événements. Les lois de la physique, et pratiquement celles de toutes les autres sciences moins fondamentales, s'expriment généralement en termes de relations continues entre événements. Il serait donc hautement

adaptatif, pour les organismes, d'être munis d'une capacité fondamentale à établir en mémoire des relations analogues entre les représentations internes de ces événements » (Carroll, 1963, p. 19).

Toutefois, l'apprentissage fonctionnel ne se restreint pas aux premières années du développement psychologique (e. g., Lafon, Chasseigne et Mullet, 2004). L'apprentissage de fonction est essentiel tout au long de la vie car celle-ci implique, régulièrement, des changements majeurs auxquels il faut s'adapter. En effet, la perte d'activité (ou la retraite), la perte d'un partenaire, le départ des enfants ou un déménagement sont des facteurs qui nécessitent l'adaptation à un nouvel environnement qui présente de nouvelles relations fonctionnelles à acquérir. L'état de santé peut être source de nouveaux apprentissages : apprentissage moteur dans le cas d'une physiothérapie, mais également, apprentissage cognitif dans le cas de multiples médications. Les personnes âgées doivent fréquemment apprendre à gérer leur douleur à partir d'une dose appropriée de médicaments. Ceci implique d'apprendre la forme de la relation entre la dose ingérée (ou le nombre de pilules) et l'effet sur la douleur ressentie. Cette relation peut être complexe. D'une à cinq pilules par jour, la relation peut-être directe (douleur apaisée). Mais, de six à dix pilules par jour, la relation peut-être inverse (overdose). Cette relation, curvilinéaire en forme de U-inversé, doit être maîtrisée pour permettre à la personne de s'auto-médicamenter et assurer ainsi son autonomie.

Par ailleurs, peu d'études dans le domaine du vieillissement cognitif ont porté sur ce type d'apprentissage, et plus généralement sur les processus de jugement. « En dépit de l'importance qu'il y a de juger correctement et de prendre de bonnes décisions et en dépit de la richesse de nos connaissances sur ces processus, nous ne savons que peu de choses en matière de jugement et de prise de décision chez les

personnes âgées. Les chercheurs ont, pour la plupart, négligé de reconnaître l'importance qu'il y a d'avoir des jugements corrects et de prendre des décisions adéquates en fin de vie... » (Peters, Finucane, MacGregor, et Slovic, 2000, p. 147). Toutefois, «les quelques études dont nous disposons suggèrent que (a) les personnes âgées sont moins flexibles en apprentissage, notamment concernant les changements de stratégie de jugement, (b) elles préfèrent les stratégies cognitivement moins coûteuses et (c) elles sont plus lentes et peut-être plus prudentes que les personnes plus jeunes » (Sanfey et Hastie, 2000, p.270).

1. Vieillesse, jugement et décision

Une série d'études initiées par Wagenaar a permis d'étudier le jugement d'extrapolation à partir de données. La recherche de Wagenaar et Sagaria (1975) portait sur l'estimation de l'accroissement exponentiel représenté par des nombres ou des graphiques. Trois expériences ont été menées. Dans la première expérience, trois groupes de trente étudiants ont participé à cette étude. Les auteurs ont présenté aux participants l'évolution numérique d'un accroissement exponentiel hypothétique de la pollution de 1970 à 1974. La tâche de cette étude se présentait ainsi : « La pollution de l'air a évolué de la façon suivante depuis les cinq dernières années : 1970 : 3 ; 1971 : 7 ; 1972 : 20 ; 1973 : 55 ; 1974 : 148 ». Chaque groupe devait répondre à une question particulière : « Si rien ne stoppe l'accroissement : (a) Quelle est votre prédiction concernant le niveau de pollution qui sera atteint en 1979 (groupe 1) ? (b) Quelles sont vos prédictions pour les années 1975, 1976, ..., 1979 (groupe 2) ? (c) Quand le niveau de pollution atteindra 25000 (groupe 3) ? ». Dans la seconde expérience, 67 étudiants, répartis en trois groupes de 4 à 6 étudiants, ont eu à effectuer la tâche (a) de l'expérience 1. Toutefois, l'évolution de

l'accroissement exponentiel était présentée sous trois formes graphiques de largeurs différentes. Dans la troisième expérience, un groupe de 8 participants, sénateurs et députés américains membres du « Joint Conservation Committee » de Pennsylvanie, supposés avoir l'habitude des tâches de prédictions exponentielles, étaient soumis à la tâche (a) présentée graphiquement (largeur moyenne). Pour notre recherche, ce troisième groupe représente également le jugement de personnes actives d'âge mûr (environ 50 ans). Les performances n'ont pas été influencées par l'âge de ces participants.

Dans un prolongement de ces travaux, l'étude de Wagenaar et Timmers (1978) a impliqué 14 ménagères, femmes au foyer depuis six ans au moins (environ 30-40 ans). La tâche de celles-ci était de prédire en 1975, le prix du pain, du poisson, du lait, du timbre-poste, de la coupe de cheveux en 1980. L'accroissement des prix était exponentiel. Les prix pratiqués depuis 1969 jusque 1975, présentés sous forme de tables, ont été communiqués à un premier groupe de ménagères. Un second groupe devait se fier uniquement à sa mémoire. Les résultats ont montré une sous-estimation assez nette mais plus prononcée au sein du groupe des ménagères n'ayant pas disposé des tables de prix antérieurement pratiqués.

Les différentes expérimentations de ces recherches, synthétisées par Wagenaar (1982), ont montré que la majorité des participants sous-estimait grossièrement la valeur attendue. Notons que la taille de l'effet est considérable, en général deux tiers des participants ont produit des estimations inférieures de 10% à la valeur norme. Cet effet augmente avec l'exposant des séries de stimulus, et avec l'ajout d'une constante à la série de stimulus. Le même phénomène a été observé avec la même intensité chez les jeunes et les adultes actifs d'âge mûr non seulement (a) quand la forme de la question a été modifiée : « Quand le niveau atteindra-t-il

25000 ? » ; (b) quand le problème était présenté sous forme graphique ; (c) quand les participants avaient l'expérience de l'accroissement, mais également (d) quand les participants ont été explicitement informés de la tendance à la sous-estimation ; (e) quand les caractéristiques temporelles de l'accroissement ont été soulignées et (f) quand la progression de l'accroissement est vue par les participants.

Ce type de recherche a été repris par Mullet et Cheminat (1995), cependant la tâche était plus simple puisque la forme précise et les valeurs de l'expression ont été fournies aux participants (aⁿ). Cette étude a porté sur 35 adolescents âgés de 15 à 18 ans. Il leur était demandé d'estimer la valeur de chaque expression présentée et de placer une croix (X) sur une échelle de réponses de 20 cm. Le résultat complétant la recherche de Waganaar et *al.* (1975, 1978) a montré que la simplification de la tâche n'avait pas d'effet. Un prolongement de ces recherches a été mené par Muñoz-Sastre et Mullet (1998) sur des jeunes âgés de 13 à 19 ans. Globalement, les résultats sont congruents avec ceux obtenus par Waganaar et *al.* (1975, 1978), à savoir une sous-estimation générale des valeurs attendues.

Bien que rares, les études sur le jugement et la prise de décision des personnes âgées ne sont pas inexistantes. Tout d'abord, Walsh et Hershey (1993) ont montré un impact positif de l'âge sur les performances de résolution d'un problème financier. En effet, les personnes âgées, plus expérimentées dans le domaine de la planification financière, ont fourni des solutions plus précises que les jeunes adultes.

Les travaux initiés par Waganaar (1975, 1978) ont été étendus au vieillissement cognitif par Hershey (1995). Dans cette recherche, 192 participants âgés de 20 à 79 ans devaient estimer l'évolution de quatre comptes d'épargne hypothétiques.

L'évolution attendue était exponentielle. Cette épargne se distinguait selon (a) la somme initialement placée (1000\$ ou 2500\$) et (b) l'intérêt annuel octroyé (6% ou 11%). Les participants devaient estimer la valeur de l'épargne sur 30 ans, en indiquant leurs prévisions tous les 5 ans à partir de l'année du placement initial. Six prévisions étaient demandées (au bout de 5, 10, 15, 20, 25 et 30 ans) par condition expérimentale. Il y avait quatre conditions expérimentales (1000\$ placés à 6% ; 1000\$ placés à 11% ; 2500\$ placés à 6% ; 2500\$ placés à 11%) représentant un total de 24 estimations à effectuer par participant. Il n'y avait pas de limite de temps imposée et tous les calculs devaient s'effectuer mentalement. L'analyse des résultats portait sur la forme (linéaire ou exponentielle) de la courbe des estimations, ainsi que sur la précision des jugements des participants. Les résultats ont montré un effet de l'âge sur la forme de la courbe des estimations ; 57% des participants âgés (*versus* 76% des participants jeunes) ont extrapolé de façon exponentielle et 43% de façon linéaire (*versus* 24% des participants jeunes). Bien qu'une stratégie linéaire soit privilégiée par les participants âgés, l'âge n'a pas eu d'incidence sur la précision des jugements d'extrapolation : tous les participants ont sous-estimé les valeurs attendues. Ainsi, dans cette étude, les seules différences liées à l'âge ne sont que de nature quantitative.

Hershey et Wilson (1997) ont étudié la conscience de performance à partir d'une tâche complexe de décision financière. Ils n'ont relevé aucune différence liée à l'âge des participants. Très récemment, Kovalchik, Camerer, Grether, Plott et Allman (2004) ont montré que les prises de décisions (en matière de mises financières) étaient très similaires entre jeunes et âgés. Les personnes âgées se sont même montrées plus objectives dans leurs décisions et plus confiantes quant à la performance de leur jugement. Les auteurs ont également constaté que « les

personnes âgées avaient davantage conscience, que les personnes plus jeunes, de leurs possibilités et de leurs limites » (p. 12). Tentori, Osherson, Hasher et May (2001) ainsi que Pliske et Mutter (1996) soutiennent également cette idée. Deux niveaux d'interprétations ont été avancés : (a) un niveau général, qui suggère que les personnes âgées sont plus habiles car davantage entraînées à la prise de décision que les personnes jeunes, et (b) un niveau spécifique, qui suggère que les personnes âgées sont plus habiles dans la prise de décisions que les personnes jeunes, seulement dans des domaines dans lesquelles elles ont de grandes connaissances. Une recherche récente menée par Kim et Hasher (2005) a permis d'observer une supériorité de performances des personnes âgées non seulement au niveau général, mais également, au niveau spécifique. En ce qui concerne la vie quotidienne, Crawford et Channon (2002) ont comparé la capacité des jeunes et des âgés à résoudre un problème (Exemple : Que faire lorsque le chien de votre voisin aboie la nuit ?). Finalement, ces travaux tendent à montrer que les personnes jeunes sont plus performantes aux tests cognitifs mais que les personnes âgées résolvent mieux les situations-problèmes exposées.

La recherche de Muñoz-Sastre, Mullet et Sorum (1999) a permis d'observer le comportement d'extrapolation en fonction du vieillissement. Cent cinquante participants, âgés de 15 à 79 ans, devaient estimer le risque de développer un cancer selon la consommation quotidienne de cigarettes. La méthode utilisée était une application de la théorie fonctionnelle de la cognition (Anderson, 1996). La relation « risque-tabac » est linéaire-positive. Vingt quatre scénarios étaient présentés. Ils décrivaient la consommation de cigarettes d'une personne fictive. Les participants exprimaient leur jugement en plaçant une croix (X) sur une échelle de réponse. Les résultats ont montré que la perception du risque était plus élevée chez les adultes et

les personnes âgées que chez les jeunes (figure 1). Ainsi, l'effet du nombre de cigarettes était plus élevé chez les adultes d'âge mûr et les âgés que chez les jeunes. La forme des courbes obtenues n'était pas linéaire. Au-delà de 15 cigarettes par jour, le risque était sous-estimé par tous les individus.

On remarque que, dans de nombreux paradigmes utilisés lors des expérimentations en psychologie du vieillissement, les relations fonctionnelles sont généralement absentes, e. g. les nombreuses études de Salthouse concernant l'hypothèse du ralentissement de la vitesse de traitement de l'information avec l'âge (Salthouse, 1990, 1994, 1996a, 1996b, 2000, 2005) et notamment celles de Hasher et Zacks sur l'hypothèse de réduction de la capacité d'inhibition (Balota, Dolan et Duchek, 2000 ; Duchek, Balota, Faust et Ferraro, 1995 ; Hasher et Zacks, 1988 ; Hasher, Zacks et May, 1999 ; Stolztfus, Hasher et Zacks, 1996 ; Zacks et Hasher, 1997 ; Zacks, Hasher et Li, 2000 ; Zacks, Radvansky et Hasher, 1996). Après avoir fait une revue de question sur les travaux relatifs au vieillissement cognitif de leur point de vue d'experts en management, c'est à dire d'un point de vue très pratique, Greller et Simpson (1999) déclarent : « De façon générale, les effets de l'âge chronologique sur la cognition et la performance ne sont pas aussi importants et à ce point omniprésents que cela est couramment admis. Un déclin lié à l'âge a bien été mis en évidence mais il est souvent minime par rapport à l'effet des autres variables de situation ou interindividuelles. » (p. 312). En écho à Greller et Simpson, et en conclusion d'un récent rapport sur les compétences des âgés en matière de jugement et de décision, Peters et *al.* (2000) déclaraient : « En dépit d'un déclin dans le fonctionnement cognitif, les personnes âgées peuvent très bien s'adapter aux situations de jugements et aux décisions auxquelles elles ont à faire face dans les dernières années. » (p. 160).

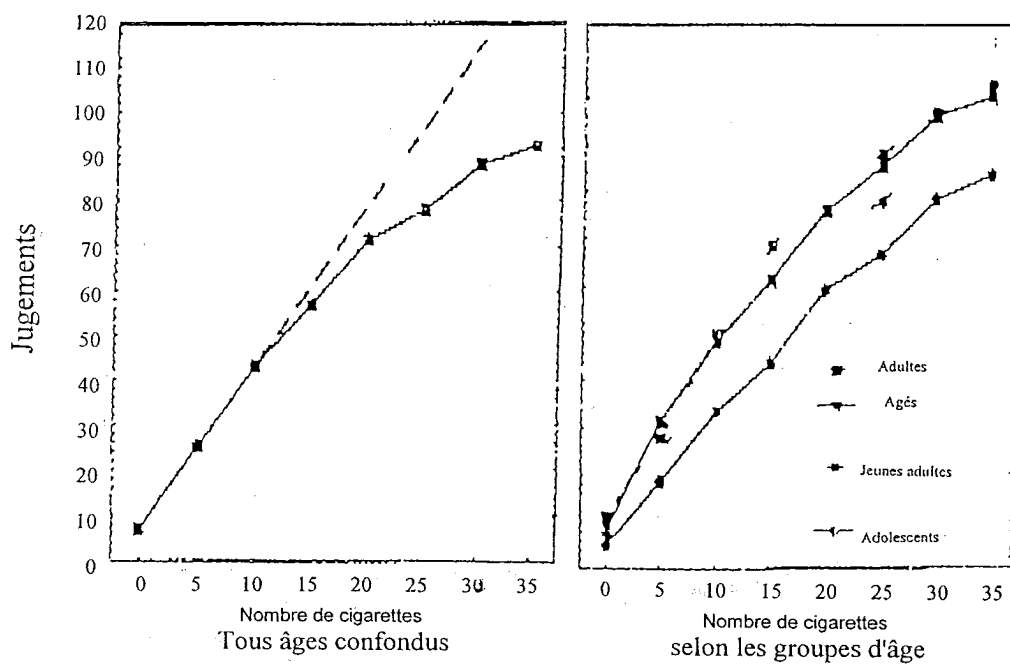


Figure 1. Résultats de Muñoz-Sastre, Mullet, & Sorum (1999) Jugements selon l'âge du risque de développer un cancer selon la consommation de cigarette quotidienne.

2. Vieillessement et apprentissage de relations fonctionnelles

Nous présentons ci-dessous les travaux récents les plus marquants relatifs aux relations existant entre vieillissement et apprentissage fonctionnel. Ceux-ci sont effectués sous l'impulsion de Chasseigne et Mullet depuis 1997. Les situations sont présentées par ordre de complexité croissante.

2.1. Situation à un indice en relation linéaire-positif avec le critère (ou relation directe, RD)

Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque et Mullet (2004) ont étudié l'effet de l'âge sur l'apprentissage d'une relation linéaire-positif entre un indice et un critère. Dans cette étude, 66 participants ont été répartis selon quatre groupes d'âge : les jeunes adultes (18-25 ans), les adultes d'âge mûr (40-50 ans), les personnes âgées (65-74 ans) et les personnes très âgées (75-90 ans). Le matériel se composait de cinq séries de 30 cartes (150 essais au total), chacune indiquait une valeur d'indice présentée sous forme de barre verticale colorée (en vert) de hauteur variable qui représentait le niveau de l'indice. La hauteur de barre pouvait prendre 9 valeurs, de 1 à 9 cm. La distribution des hauteurs était approximativement normale. La valeur du critère apparaissait au dos de chaque carte ; elle variait de 1 à 9. Une planche cartonnée était également fournie aux participants. Elle représentait une chaudière de cave. Un indicateur et son bouton de réglage (de même couleur que l'indice) figuraient sur la face avant de la chaudière. Dans cette étude, la corrélation entre l'indice et le critère était de 0.96.

On montrait aux participants la planche cartonnée sur laquelle figurait la chaudière de cave et on leur disait que la température de l'eau délivrée par la chaudière pouvait être contrôlée par le bouton. La tâche était (a) de prédire la

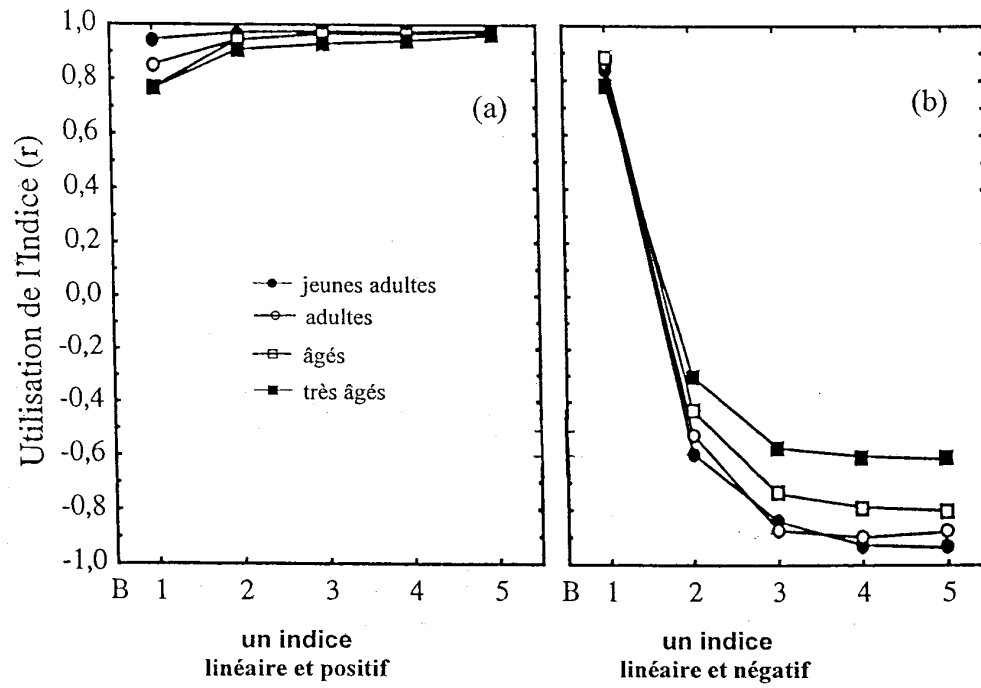


Figure 2. Résultats de Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004). Utilisation de l'indice, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-positif (panneau a) dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-négative (panneau b) avec le critère.

température de l'eau à la sortie de la chaudière, ceci lors d'une première session (bloc 1), et (b) d'apprendre à prédire cette température pendant quatre sessions successives (Blocs 2-5) au cours desquelles les participants devaient retourner les cartes après avoir donné leurs réponses et prendre ainsi connaissance des valeurs exactes. Les participants étaient avertis qu'une prédiction exacte de la température était impossible en raison de la présence d'un mécanisme de sécurité indépendant du réglage. Les passations étaient individuelles et duraient de 30 à 40 minutes.

Pour chaque bloc, la corrélation entre les valeurs de l'indice et les jugements effectués à chaque essai a été calculée, ceci a permis de mesurer les utilisations de l'indice. Les résultats sont présentés à la figure 2, panneau a. Les quatre courbes se situent en haut, près de la valeur maximale. L'apprentissage est rapide (aucun effet de bloc n'est constaté) et aucune différence liée à l'âge n'est observée.

2.2. Situation à un indice en relation linéaire-négative avec le critère (ou relation inverse, RI)

Chasseigne et *al.* (2004) ont également étudié l'effet de l'âge sur l'apprentissage d'une relation linéaire-négative entre un indice et un critère. Les groupes d'âge étaient les mêmes que dans l'étude précédente. La population était constituée de 88 participants. Le dispositif utilisé était analogue à celui présenté précédemment toutefois la corrélation entre la hauteur de barre et la température de l'eau était de -0.96 . La figure 2, panneau b, présente l'évolution des utilisations de l'indice d'un bloc à l'autre. On remarque qu'au bloc 1, avant toute rétroaction, les quatre points se situent pratiquement au même niveau. Du bloc 1 au bloc 2, les quatre courbes sont clairement descendantes de la partie positive à la partie négative de l'échelle d'utilisation d'indice. Du bloc 2 au bloc 5, les courbes sont encore descendantes, mais moins que précédemment. L'interaction Age x Bloc est significative. Au

dernier bloc, les performances des jeunes adultes sont légèrement meilleures que celles des adultes d'âge mûr, qui elles-mêmes sont légèrement supérieures à celles des personnes âgées. Ces dernières demeurent néanmoins meilleures que celles des personnes plus âgées. Un effet significatif de l'âge est observé. Il concerne essentiellement le groupe des 75-90 ans dont la valeur d'utilisation de l'indice au bloc 5 (-0.60) est plus élevée que celle des autres groupes d'âge (globalement -.90). Cependant, même si leur performance est un peu inférieure à celle des autres groupes d'âge, les participants très âgés ont tous été capables d'apprendre la relation linéaire-négative.

2.3. Situation à deux indices en relation linéaire-positif avec le critère et où la règle de combinaison est additive (RD+RD)

Une troisième étude de Chasseigne et *al.* (2004) concerne le cas où deux indices sont en relation linéaire-positif avec le critère et où la règle de combinaison de ces indices est additive. Les groupes d'âge et la procédure étaient identiques à ceux des deux expériences précédentes. La population rassemblait 56 participants. Le dispositif utilisé était analogue à celui présenté précédemment cependant deux barres verticales colorées (vert et marron) étaient présentées. La planche cartonnée indiquait deux indicateurs sous la forme de deux boutons de réglage aux couleurs des deux indices. La corrélation entre chaque hauteur de barre et la température de l'eau était de 0.68. La figure 3 expose l'utilisation des deux indices. Les résultats n'ont montré aucun effet de bloc. L'utilisation moyenne des indices est de 0.50. L'âge n'intervient pas sur la performance des participants.

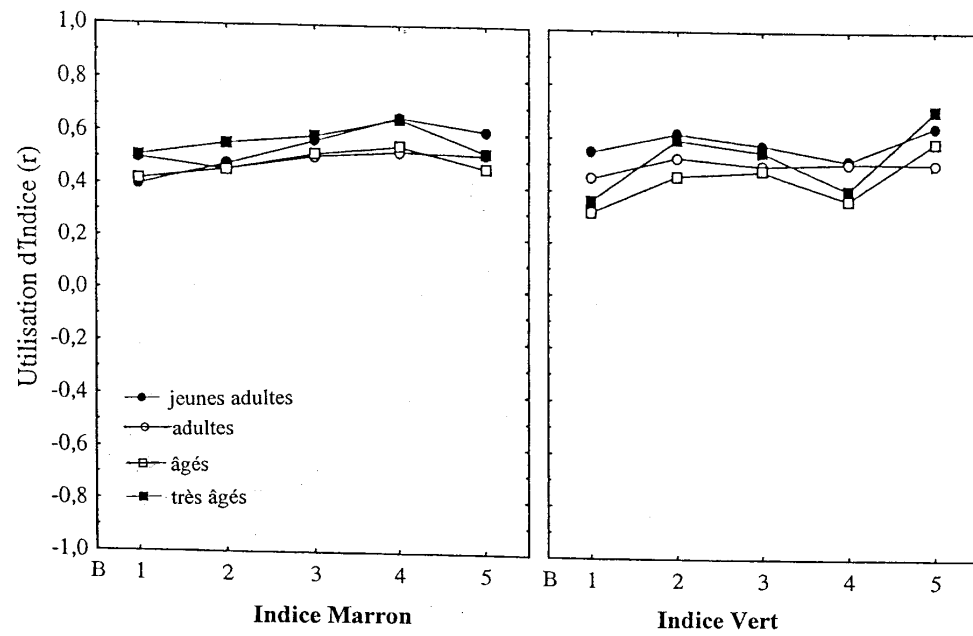


Figure 3. Résultats de Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004). Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif avec le critère et une règle de combinaison additive

2.4. Situation à trois indices en relation linéaire-positive avec le critère et où la règle de combinaison est additive (RD + RD + RD)

Chasseigne, Grau, Mullet et Cama (1999) ont étudié le cas où trois indices sont en relation linéaire-positive avec le critère et où la règle de combinaison des indices est de type additif. Cette étude a manipulé également le niveau de prédictibilité du critère. Les niveaux ont été sélectionnés de manière à être représentatifs de différents niveaux d'incertitude rencontrés dans la vie quotidienne (de quasiment parfaite : 0.96 à quasiment nulle : 0.32). Les corrélations indice-critère étaient égales pour chaque situation (de 0.52 à 0.33). La procédure et la répartition par groupe d'âge sont identiques à celles de Chasseigne et *al.* (2004). La tâche des participants était d'effectuer des prévisions météorologiques en fonction de trois indicateurs (trois barres colorées en rose). Les participants étaient prévenus que des prévisions exactes étaient quasiment impossibles à réaliser en raison d'une multitude d'autres facteurs susceptibles d'intervenir dans ce type de situation. Les résultats de tous les groupes d'âge ont montré un apprentissage rapide. Les performances des participants ont toutes été diminuées par le niveau d'incertitude de la tâche (figure 4). Aucun effet d'âge n'a été observé en situation où plusieurs indices en relation linéaire-positive avec le critère se combinent de manière additive.

2.5. Situation à deux indices en relation linéaire-positive avec le critère et où la règle de combinaison des indices est multiplicative (RD x RD)

Chasseigne, Lafon et Mullet (2002) ont étudié l'effet de l'âge dans une situation où deux indices en relation linéaire-positive doivent être combinés selon une règle multiplicative. La situation concrète utilisée était celle de l'apprentissage de la relation entre la consommation simultanée de tabac et d'alcool et les risques

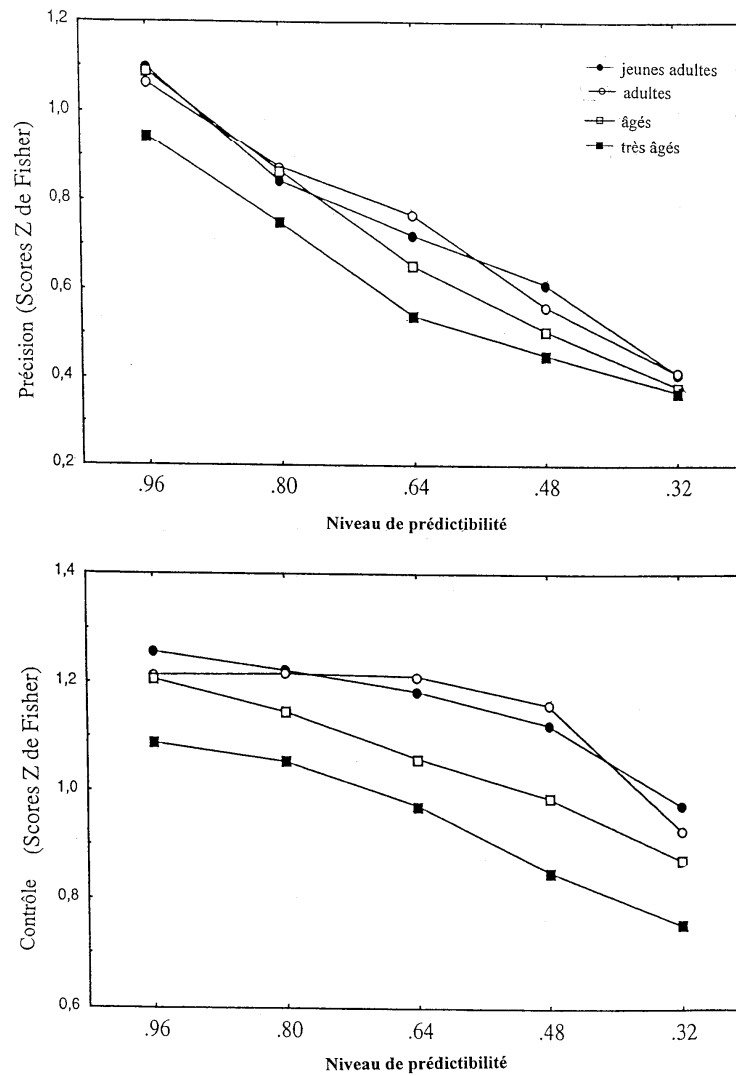


Figure 4. Résultats de Chasseigne, Grau, Mullet, & Cama (1999). Précision et contrôle selon l'âge et le niveau de prédictibilité du critère dans une tâche d'apprentissage impliquant trois indices en relation linéaire-positve avec le critère et une règle de combinaison additive.

consécutifs de cancer de l'œsophage. Le modèle épidémiologique en vigueur (Tuyns, Péquino et Jensen, 1977) est un modèle multiplicatif. La répartition selon l'âge des participants était la même que celle employée dans les expériences précédemment citées. Il y avait 86 participants. Deux ensembles de fiches, un premier pour la phase d'apprentissage et un second pour la phase de test étaient employés. En apprentissage, il s'agissait de 30 cartes représentant des consommations quotidiennes de vin et de tabac. Au dos de ces cartes figuraient les valeurs du critère (0-100) exprimant le degré de risque, calculé d'après le modèle de Tuyns et *al.* (1977). En phase de test, 25 fiches organisées selon un plan factoriel alcool x tabac étaient présentées. Toutes ces fiches étaient différentes de celles utilisées en phase d'apprentissage et n'indiquaient pas de valeurs indice-critère au verso. La procédure comportait six sessions : (a) une session de familiarisation, (b) une session de test (c) une session d'apprentissage, (d) une session de test, (e) une session d'apprentissage et (f) une session de test. Les performances des jeunes, des adultes d'âge mûr et des personnes âgées n'ont pas été significativement différentes. L'âge intervient sur les performances après 75 ans. La figure 5 montre les résultats des sessions de test pour le groupe des plus jeunes (panneau a) et le groupe le plus âgé (panneau b). Il s'avère qu'un apprentissage satisfaisant de la règle multiplicative s'établit chez les participants âgés de 18 à 74 ans ayant reçu un nombre limité de rétroactions (après un bloc d'apprentissage). Les rétroactions additionnelles ont peu influencé le patron des résultats qui était déjà conforme à celui du modèle épidémiologique. Les personnes très âgées ont, en revanche, éprouvé des difficultés à apprendre la règle multiplicative, même à l'issue des deux phases d'apprentissage. Un certain apprentissage a toutefois pris place. La règle disjonctive observée initialement a laissé place à une règle de type additif.

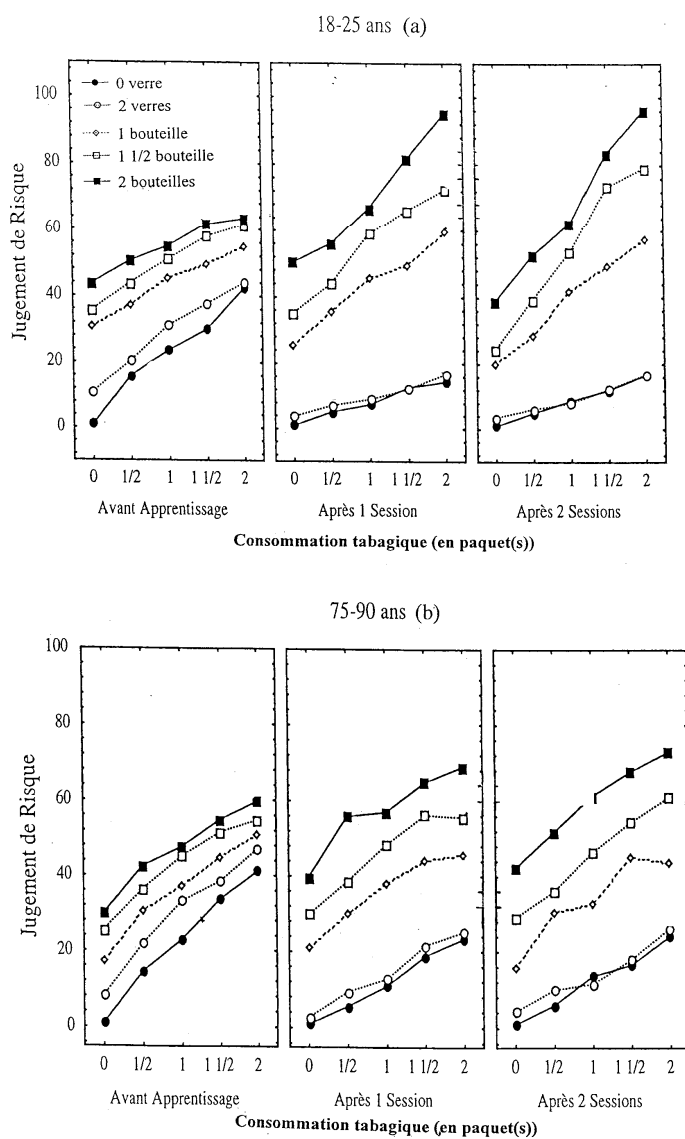


Figure 5. Résultats de Chasseigne, Lafon, & Mullet (2002). Jugement du risque de cancer en fonction de la consommation quotidienne d'alcool et de tabac selon l'âge (18-25 ans, panneau a ; 75-90 ans, panneau b) lors d'une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positive avec le critère et une règle de combinaison multiplicative.

2.6. Situation à deux indices en relation linéaire-négative avec le critère et où la règle de combinaison est additive (RI + RI)

Chasseigne et *al.* (2004) ont étudié le cas où deux indices en relation linéaire-négative doivent être combinés selon une règle additive. Un total de 76 participants répartis selon quatre groupes d'âge (18-25 ans, 40-50 ans, 65-75 ans et 76-90 ans) ont participé à cette expérience. La procédure était la même que dans leur précédente étude impliquant deux indices en relation linéaire-positif combinés selon une règle additive. La corrélation entre chacun de deux indices et le critère était de -0.68 . La figure 6 présente les résultats obtenus. Les panneaux du haut montre l'évolution des utilisations des indices d'un bloc à l'autre. Du bloc 2 au bloc 5, les différences s'accroissent de façon progressive entre les jeunes et les âgés. La valeur observée chez les personnes jeunes au bloc terminal est presque de -0.65 , ce qui est peu différent de la valeur écologique, tandis que celle des âgés est proche de zéro. Les panneaux du bas de la figure 6 montrent, à l'issue d'une analyse en clusters, des différences interindividuelles considérables. Ainsi, il apparaît qu'environ 40% des participants âgés ont été capables d'apprendre les relations inverses (cluster I). Les autres ont appris, soit à ne pas tenir compte des indices (cluster II), soit à les utiliser comme s'ils entretenaient une relation linéaire-positif avec le critère (cluster III), ce qui altère considérablement les résultats moyens.

2.7. Situations à deux indices en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire et négatif et où la règle de combinaison est additive avec information sur la tâche. (RD + RD + RI (TI))

Une étude, menée par Chasseigne, Mullet et Stewart (1997), concerne le cas où plusieurs indices en relation linéaire-positif ou linéaire-négatif doivent être combinés selon une règle additive, sachant que les participants sont informés de

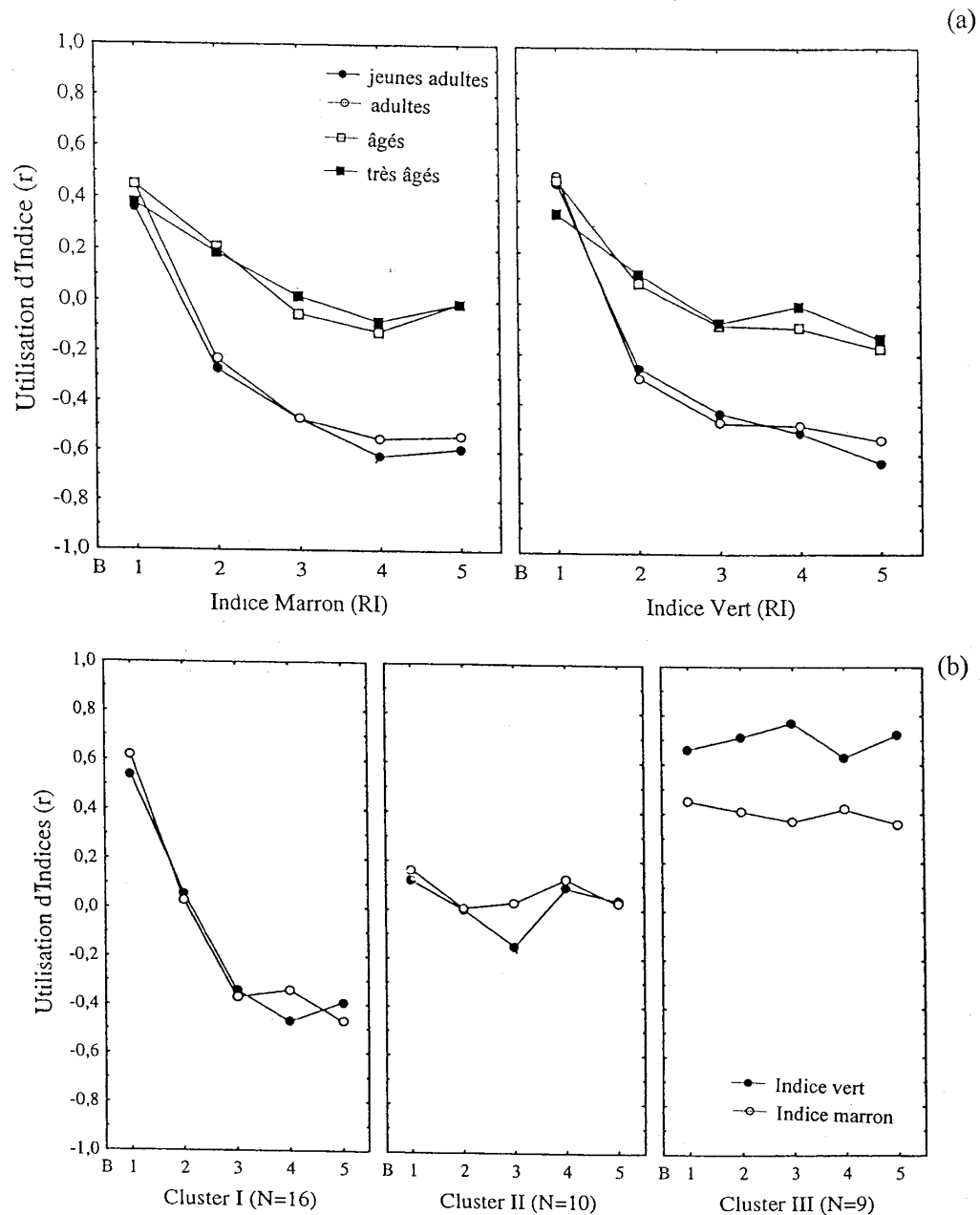


Figure 6. Résultats de Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004). Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-négative avec le critère et une règle de combinaison additive (panneau a). Représentation graphique d'une analyse en clusters concernant l'utilisation des indices par le groupe des personnes âgées (panneau b).

l'existence d'une relation linéaire-négative. Dans cette recherche, trois groupes de participants (20-30 ans, 65-75 ans et 76-90 ans), soit un total de 48 adultes, devaient apprendre à prédire la température de l'eau sortant d'une chaudière à partir de trois indices A, B, C, représentant des réglages de l'appareil. Ces indices se présentaient sous forme de barres verticales de hauteur variable. Les indices A et C étaient en relation linéaire-positif avec le critère (0.66 et 0.43) ; l'indice B était en relation linéaire-négative avec celui-ci (-0.55). Cinq blocs de 26 essais étaient utilisés. En application de la technique dite « d'information sur la tâche » (*Task Information, TI*, Doherty et Balzer, 1988), les participants se voyaient remettre une fiche cartonnée qui contenait des informations sur la structure de la tâche. Il s'agissait de trois graphiques illustrant la relation linéaire-positif indice-critère pour les indices A et C et la relation linéaire-négative pour l'indice B. Cette fiche cartonnée était à la disposition des participants durant les blocs 2-5. La figure 7 présente les résultats. L'utilisation de l'indice B est présentée au panneau du haut. On remarque que plus l'âge est avancé, moins l'indice B est utilisé de façon linéaire-négative. Ces différences liées à l'âge se traduisent par une connaissance de la tâche différente (figure 7, panneau bas à gauche). Le degré de contrôle sur la tâche (figure 7, panneau bas à droite) étant toujours plus élevé chez les personnes jeunes, ces derniers apprennent à appliquer leur connaissance de manière plus cohérente que les personnes âgées et très âgées.

2.8. Situations à un indice en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire-négatif avec le critère et où la règle de combinaison est additive sans information sur la tâche. (RD + RI)

Chasseigne et *al.* (2004) ont étudié le cas où deux indices en relation linéaire-positif et en relation linéaire-négative doivent être combinés selon une règle

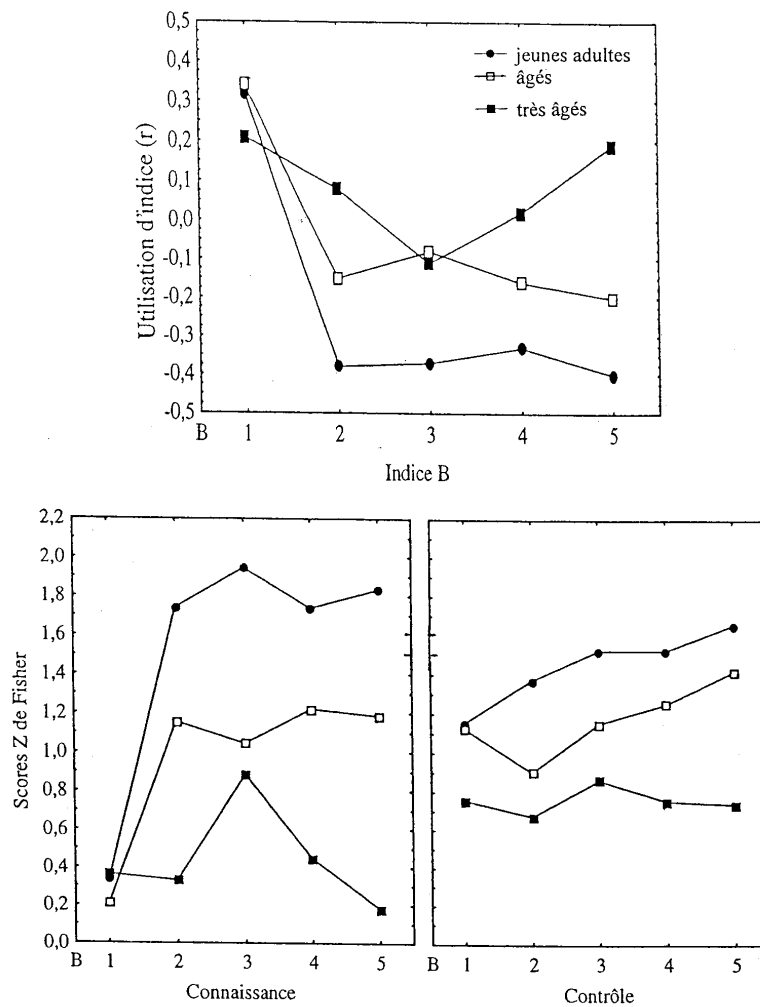


Figure 7. Résultats de Chasseigne, Mullet, & Stewart (1997). Utilisation de l'indice en relation inverse avec le critère, connaissance et contrôle, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positive et un indice en relation linéaire-négative avec le critère et une règle de combinaison additive avec information sur la tâche.

additive, sans information sur la tâche. La procédure et la répartition en groupes d'âge étaient similaires à l'étude des auteurs impliquant deux indices en relation linéaire-positif avec le critère et une règle de combinaison additive. La population regroupait 131 participants. Les corrélations entre les indices et le critère étaient respectivement de 0.68 et de -0.68. La figure 8 montre les utilisations des deux indices. Le panneau a, concernant l'utilisation de l'indice relié positivement au critère, montre peu d'effet de l'âge. Le panneau b, concernant l'utilisation de l'indice relié négativement au critère, indique que l'effet de l'âge augmente avec les blocs et oppose les participants jeunes aux participants âgés. La valeur d'utilisation moyenne est proche de l'écologie chez les jeunes (-0.40), tend vers 0 chez les participants âgés et vers une valeur positive chez les très âgés (0.20). De plus, une analyse en clusters a permis de montrer que presque tous les participants âgés de 18-50 ans ont appris la relation linéaire-négative alors qu'aucun participant âgé de 65-90 ans ne l'a apprise. Des résultats similaires ont été obtenus par Léoni, Mullet et Chasseigne (2002) dans une situation où les valeurs des indices sont des grandeurs physiques et où les relations sont des relations naturelles dans l'environnement.

2.9. Situation deux indices en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire-négatif et où la règle de combinaison est additive sans information sur la tâche. (RD + RD + RI)

Une étude menée par Chasseigne et *al.* (1997) concerne le cas où trois indices en relation linéaire-positif ou en relation linéaire-négatif doivent être combinés selon une règle additive sans information sur la tâche. Dans cette recherche, les participants devaient (a) prédire la température de l'eau à la sortie d'une chaudière et (b) apprendre à prédire cette température pendant cinq blocs de 26 essais

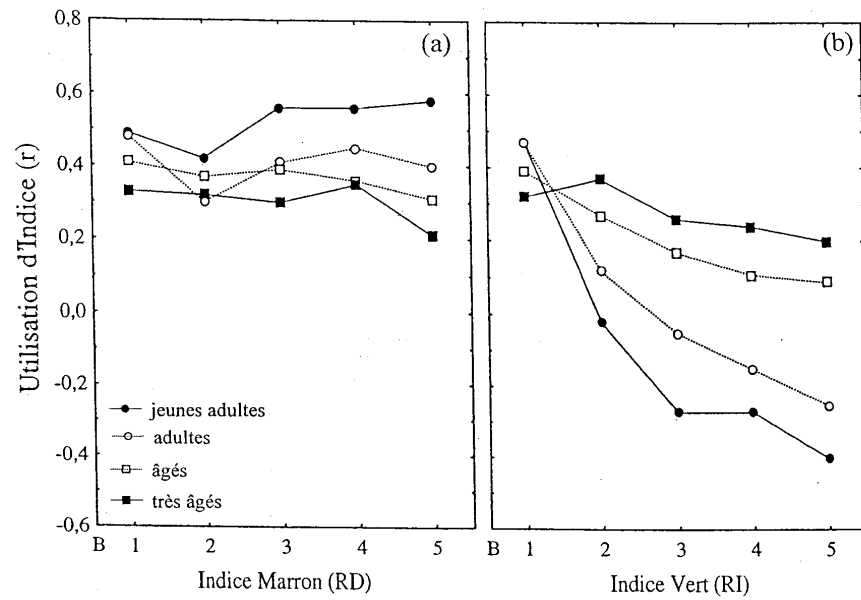


Figure 8. Résultats de Chasseigne, Ligneau, Grau, Le Gall, Roque, & Mullet (2004). Utilisation des deux indices (Marron et Vert), selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant un indice en relation linéaire-positif avec le critère (panneau a) et un indice en relation linéaire-négatif avec le critère (panneau b) et une règle de combinaison additive sans information sur la tâche.

successifs avec rétroaction. Trois groupes de participants ont été employés, des jeunes (18-25 ans), des âgés (65-74 ans) et des très âgés (75-85 ans), soit un total de 96 participants. Le matériel était constitué de trois ensembles de 26 fiches cartonnées, chacune présentant trois valeurs d'indices sous forme de barres verticales colorées (rouge, verte, orange) dont la hauteur indiquait la valeur de l'indice. Les valeurs d'indice s'étendaient de 1 à 5 (indice A), de 1 à 7 (indice B) et de 1 à 9 (indice C). La valeur du critère (1-40) était inscrite au verso de chaque fiche. Le dessin d'une chaudière de cave était fourni aux participants, les trois indicateurs étaient représentés par des boutons de réglage aux couleurs des trois indices. Les indices A et C étaient en relation linéaire-positif avec le critère (0.66 et 0.43). L'indice B était en relation linéaire-négative avec celui-ci (-0.55). La figure 9 montre que seuls les jeunes adultes apprennent à utiliser l'indice B de manière linéaire-négative sans toutefois atteindre la valeur optimale de -0.55. Les deux autres groupes n'utilisent pas l'indice de manière linéaire-négative. Au mieux, ils apprennent à ignorer cet indice.

2.10. Bilan

On peut résumer une partie des résultats précédemment mentionnés de la manière suivante. Dans une tâche d'apprentissage fonctionnel, ou probabiliste, lorsqu'il s'agit de rejeter l'hypothèse de relation linéaire-positif « par défaut » et de sélectionner l'hypothèse de relation linéaire-négative ou de combinaison non-additive lorsque la rétroaction vient contredire l'hypothèse par défaut, (a) les personnes âgées réussissent au même niveau que les plus jeunes si la situation d'apprentissage est très simple, ne comportant qu'un seul indice ; (b) quelques personnes âgées (environ un tiers) réussissent au même niveau que les plus jeunes lorsque la situation d'apprentissage est simple, comportant deux indices en relation

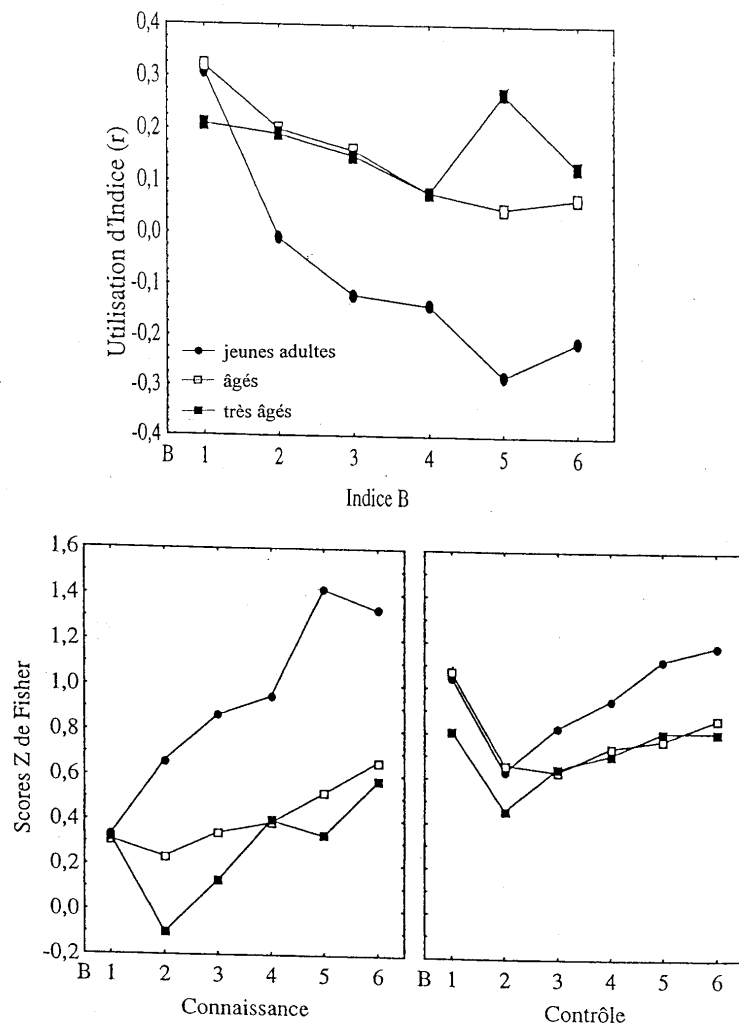


Figure 9. Résultats de Chasseigne, Mullet et Stewart (1997). Utilisation de l'indice en relation linéaire-négative avec le critère, connaissance et contrôle, selon l'âge et les blocs, dans une tâche d'apprentissage impliquant deux indices en relation linéaire-positif et un indice en relation linéaire-négative avec le critère et une règle de combinaison additive sans information sur la tâche.

linéaire-négative avec le critère ; (c) certaines personnes âgées (principalement du groupe des 65-75 ans) réussissent au même niveau que les plus jeunes, même si la tâche est complexe, comportant trois indices, ceci à condition qu'une information sur la structure de la tâche leur soit fournie avant d'effectuer le jugement et (d) très peu de personnes âgées réussissent dans une situation complexe, impliquant deux ou trois indices, certains étant en relation linéaire-positif et d'autres en relation linéaire-négative avec le critère ou impliquant une règle de combinaison multiplicative. Notons que presque tous les adultes, sont capables d'apprendre et d'utiliser des relations linéaires-négatives, que la situation soit très simple (un seul indice) ou complexe (plusieurs indices, non-additivité), que les relations indice-critère soient homogènes (toutes en relation linéaire-positif ou toutes en relation linéaire-négative) ou hétérogènes, qu'il y ait information sur la structure de la tâche ou non.

3. Vieillesse, Apprentissage, Mémoire de Travail et Fonctions

Exécutives

Beaucoup de recherches (voir pour revue Park, 2000 ; Park, Polk, Mikels, Taylor et Marshuetz, 2001 ; Craik et Salthouse, 2000) ont montré que les personnes âgées (a) éprouvaient davantage de difficultés à apprendre de nouvelles informations, (b) se montraient moins efficaces dans des tâches de raisonnement, (c) étaient plus lentes à produire des réponses lors des tâches cognitives et (d) étaient plus sensibles que les personnes plus jeunes à l'interférence. Toutefois, toutes les fonctions cognitives ne sont pas également affectées au cours du vieillissement (figure 10). Il est communément établi que les habiletés mentales cristallisées, qui s'appuient sur les connaissances générales acquises au fil des années semblent relativement

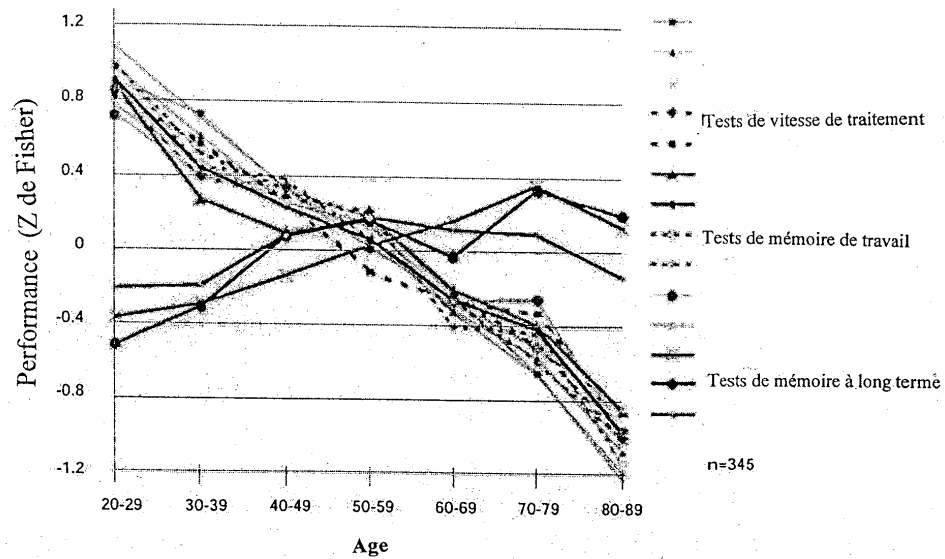


Figure 10. Evolution des performances de vitesse de traitement de l'information, de mémoire de travail et de mémoire à long terme selon l'âge. (d'après Park, Polk, Mikels, Taylor, & Marshuetz, 2001, p. 153).

maintenues. En revanche, les habiletés mentales dites fluides, qui s'appuient davantage sur des processus cognitifs (mémoire, attention, vitesse de traitement) sont fortement touchées et de façon plus précoce (Park et Gutchess, 2002).

Plusieurs raisons sont avancées pour expliquer la diminution des capacités de mémorisation et de traitement de l'information des personnes âgées. De nombreux chercheurs tentent d'identifier les changements responsables de ce déclin. « Etant donné que les déficits observés sont généralisés à tout le système cognitif, il apparaît légitime de supposer qu'un nombre limité de mécanismes peut expliquer un grand nombre de déficits. » (Verhaeghen et Cerella, 2002, p. 849). Ainsi, certains suggèrent un niveau d'interprétation général (le ralentissement général de la vitesse du traitement de l'information) et d'autres un niveau plus spécifique (les différentes ressources cognitives). Nous aborderons également la façon dont les résultats obtenus en apprentissage fonctionnel s'intègrent dans le cadre théorique des fonctions exécutives.

3.1. Ralentissement de la vitesse de traitement d'information

Il a été suggéré par de nombreux auteurs qu'une vitesse de traitement réduite pouvait rendre compte des différences liées à l'âge dans certaines tâches de mémoire de travail. Kirchner (1958) interprète les difficultés des personnes âgées, dans une tâche de *N-back span*¹, comme étant la conséquence d'un ralentissement dans les échanges entre l'information entrante et l'information sortante. Pour Rabbitt (1977), une vitesse de traitement plus lente pourrait conduire à une réduction de la capacité de la mémoire de travail du fait que l'information doit être stockée plus longtemps ou, selon Cohen (1988), parce que certaines informations

¹ *N back span* : Tâche qui consiste à présenter aux participants une séquence continue de lettres ou de chiffres et à leur demander de rappeler la lettre ou le chiffre qui est « n (0, 1, 2 ou 3) » placé en arrière dans la séquence. Cette tâche oblige les participants à mettre continuellement à jour l'information. Il s'agit d'une tâche de mémoire de travail où les opérations de traitement et de stockage portent sur la même information.

sont perdues pendant que d'autres sont traitées. Toutefois, Salthouse (1990) a montré que l'atténuation la plus importante des différences entre participants jeunes et âgés dans des tâches de mémoire de travail est obtenue après contrôle de la vitesse de traitement. Ainsi, la diminution de mémoire de travail ne peut pas concerner uniquement le stockage des informations. D'autres études expliquent également l'infériorité des performances intellectuelles des personnes âgées par une vitesse plus lente du traitement de l'information (Cerella, 1990 ; Cerella et Hale, 1994 ; Salthouse, 1994, 1996a, 1996b, 2000, 2005). Dans cette optique, les chercheurs s'accordent sur le fait qu'une exécution plus rapide d'opérations cognitives permet la réalisation de plus, voire de meilleurs, traitements.

3.2. Réduction de capacité de la mémoire de travail et de l'attention

Le modèle de la mémoire de travail, issu des recherches de Baddeley (1986, 1992, 2000), constitue actuellement « le cadre théorique le plus fréquemment utilisé par les chercheurs travaillant dans le domaine du vieillissement » (Van der Linden, 1994, p. 40). Ce modèle a été également reconnu, en 2001, par *l'American Psychological Association*, comme étant le modèle le plus influent dans les recherches en psychologie cognitive du vieillissement (*American Psychological Association*, 2001). La figure 11 présente le modèle.

Dans ce cadre théorique, la mémoire de travail assure une double fonction de traitement et de stockage. Ainsi, la mémoire de travail est capable de maintenir des représentations actives tout en en manipulant d'autres. La mémoire de travail est active, sélective et fonctionne comme un système de stockage temporaire flexible. Dans ce modèle, un système de contrôle de l'attention supervise et coordonne un certain nombre de systèmes esclaves, responsables du maintien temporaire de l'information. Ce contrôleur d'attention correspond à l'administrateur central (ou

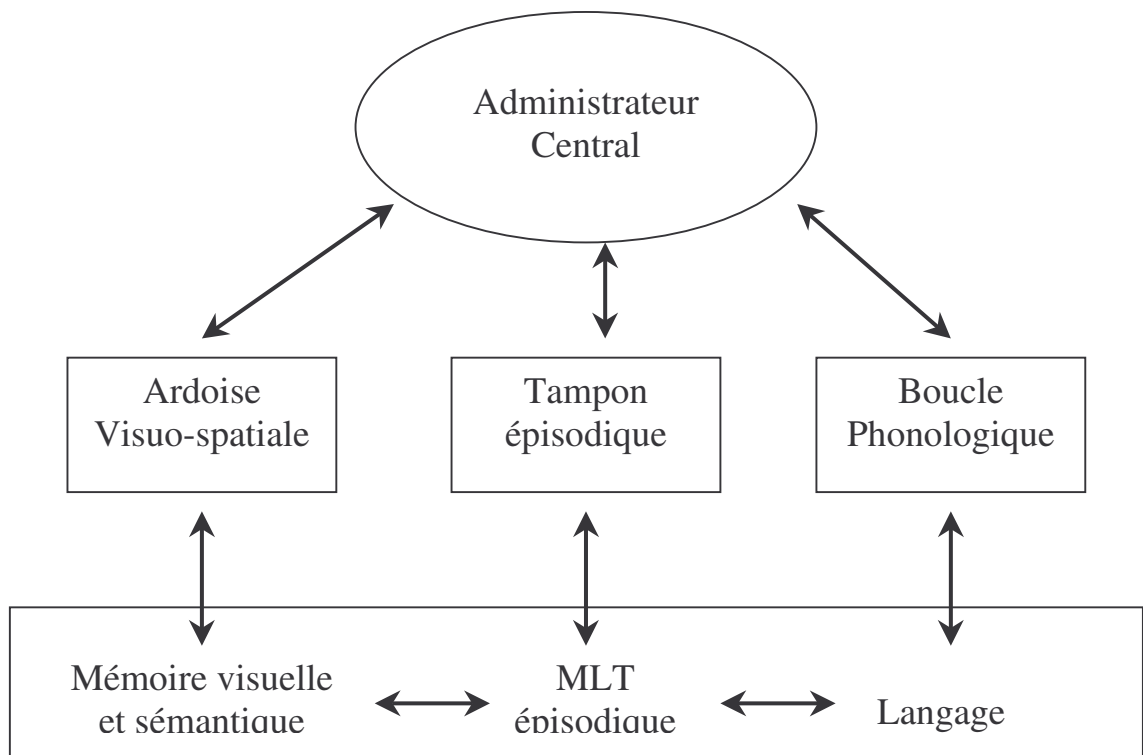


Figure 11. Le modèle de la mémoire de travail (d'après Baddeley, 2000, p. 421).

centre exécutif). L'un des systèmes esclaves est la boucle phonologique considérée comme responsable de la manipulation des informations provenant du langage. Un deuxième système esclave est le calepin (ou ardoise) visuo-spatial, considéré comme responsable de l'établissement et de la manipulation des images visuelles. Ce modèle a été complété récemment par une nouvelle composante : une mémoire tampon épisodique reliant le centre exécutif à la mémoire épisodique à long terme. « Cette modification continue de soutenir l'idée d'une mémoire de travail à composantes multiples et rejette l'idée, défendue par d'autres auteurs, selon laquelle la mémoire de travail correspondrait à des portions activées de la mémoire à long terme » (Baddeley, 2000, p. 421). Baddeley reconnaît que la mémoire de travail est intimement liée à la mémoire à long terme et aux fonctions perceptivo-motrices, mais il considère qu'il s'agit toutefois d'un système séparé impliquant ses propres processus de stockage.

De plus, dans la conception de Baddeley, la mémoire de travail est essentiellement prévue comme un système d'allocation de ressources attentionnelles dont la fonction principale est de permettre à un participant de se centrer sur les opérations de traitement importantes dans une activité en cours. Selon cette idée, les limites de capacités de la mémoire de travail sont plus le fait de contraintes de traitement (l'allocation de l'attention) que de contraintes d'espace disponible. Ainsi, le centre exécutif a notamment pour fonction de coordonner des activités simultanées (par division de l'attention) mais, également, d'empêcher que des stimuli non pertinents n'interfèrent avec la réalisation de la tâche en cours (par une attention sélective). Or, ces deux aspects du contrôle attentionnel apparaissent bien souvent inégalement affectés par le vieillissement. Beaucoup d'hypothèses de recherches se sont fondées sur le postulat selon lequel il existerait un pool unique et

limité de ressources attentionnelles dans lequel deux tâches réalisées simultanément puisent. Ainsi, une réduction des ressources générales de l'administrateur central aurait un effet sur la mémoire de travail impliquant stockage et traitement. Cependant, une interaction entre âge et attention divisée n'apparaît pas systématiquement. Ainsi, une interprétation en termes de types de traitement requis par la tâche a été proposée.

3.3. Traitement automatique *versus* traitement auto-initié

Craik (1986, 1994) a montré que les différences de performances de mémoire en fonction de l'âge dépendent de la nature de la tâche à accomplir. Si la tâche contient un support environnemental (ou fait appel à une représentation préexistante) pour récupérer l'information en mémoire, alors les différences sont minimisées par un traitement de l'information quasi automatique. En revanche, l'absence de support demande un traitement de récupération auto-initié. Or, ces activités auto-initiées deviennent « plus difficiles à exécuter à mesure que l'âge augmente, ce qui est probablement dû à un déclin dans les ressources de traitement » (Craik, 1986, p. 419). Ce point de vue prend en compte le fait que les tâches de mémoire impliquant un rappel libre sont plus affectées que les tâches impliquant un rappel indicé ou une reconnaissance. Dans cette perspective, McDowd et Craik (1988) ont montré que des différences entre des participants jeunes et âgés apparaissaient uniquement lorsque les tâches entre lesquelles il faut partager les ressources attentionnelles sont suffisamment complexes. Ces auteurs ont remarqué que les temps de réaction des personnes âgées étaient plus importants. Leurs difficultés seraient davantage liées à un accroissement de la complexité globale de la tâche nécessitant des activités de traitements auto-initiés plutôt qu'à la nécessité spécifique de diviser les ressources attentionnelles.

3.4. Réduction des capacités d'inhibition

La notion de contexte, faisant appel à des représentations préexistantes en mémoire, a une importance particulière dans les recherches sur le vieillissement. En effet, les personnes âgées sont réputées être plus vulnérables à l'interférence ou à la distraction (Balota et *al.*, 2000 ; Duchek et *al.*, 1995 ; Hasher et Zacks, 1988 ; Hasher, et *al.*, 1999 ; Stolztfus et *al.*, 1996 ; Zacks et Hasher, 1997 ; Zacks et *al.*, 2000 ; Zacks et *al.*, 1996). Un support environnemental leur permet de préserver la trace en mémoire et de compenser leur déficit en attention sélective.

La plupart du temps, notre environnement nous impose d'être capables de sélectionner parmi toutes les stimulations celles, en général peu nombreuses, qui sont utiles, et d'ignorer celles qui n'ont pas de liens avec nos buts actuels. Pour Harnishfeger et Bjorklund (1993), le fait de ne pas prendre en compte des informations non pertinentes constitue une fonction cognitive importante qui permet une meilleure adaptation à notre environnement. La difficulté à identifier les informations non pertinentes et à les discriminer des informations utiles dès lors que des jugements sont à effectuer est assez générale. Selon Hasher et Zacks (1988), les personnes âgées auraient de grandes difficultés à inhiber les informations non pertinentes, qu'elles proviennent de l'extérieur (indices non valides) ou de l'intérieur (représentations non pertinentes). Plusieurs publications récentes ont montré que les personnes âgées ont plus de difficultés que les personnes plus jeunes à ignorer les informations non valides dans une grande variété de tâches (Balota et *al.*, 2000 ; Duchek et *al.*, 1995 ; Hasher et Zacks, 1988 ; Hasher, et *al.*, 1999 ; Stolztfus et *al.*, 1996 ; Zacks et Hasher, 1997 ; Zacks et *al.*, 2000 ; Zacks et *al.*, 1996). Tun et Wingfield (1995) ont même affirmé que les

personnes âgées sont, dans une certaine mesure, conscientes de leurs difficultés à inhiber les informations non pertinentes.

3.5. Un impact sélectif

D'une manière générale, les chercheurs reconnaissent aujourd'hui que le vieillissement a un impact sur les performances en mémoire. Toutefois, il est évident maintenant que cet impact est à relativiser selon le type de traitement de l'information requis par la tâche. Les recherches sur l'apprentissage ont généralement fourni des données issues de traitement de l'information par stratégie associative. Ces stratégies peuvent se révéler coûteuses en mémoire de travail, exigeant un traitement de récupération auto-initié. Dans ces conditions, les performances des personnes âgées sont altérées. Néanmoins, il se peut que les tâches associatives bénéficient d'un support environnemental permettant la reconnaissance. Dans cette condition, le traitement peut être automatisé et l'âge n'intervient plus (Rogers, Hertzog, et Fisk, 2000)².

Cette préservation des traitements automatiques de l'information peut également être observée grâce aux données issues de tâches d'apprentissage impliquant une stratégie fonctionnelle. Nous avons vu précédemment que les performances des personnes âgées dépendaient fortement des caractéristiques de la fonction étudiée. Dans le cas d'une relation linéaire-positive à un ou plusieurs indices, les performances ne sont pas altérées par l'âge. Spontanément, tous les participants semblent assumer que la ou les relations sont directes et, qu'en présence de plusieurs indices, ces derniers auraient un rôle équivalent. Ces résultats ont été mis en évidence, notamment par Brehmer (1974) chez les jeunes adultes et par

² Cette étude sera développée au chapitre 3.

Chasseigne et *al.* (1997, 1999, 2002, 2004) chez les personnes âgées. Dans ces conditions, le traitement de l'information semble s'effectuer automatiquement.

Toutefois, la présence d'une relation inverse oblige un traitement auto-initié, ce qui explique les baisses de performances des participants âgés. En effet, le test de cette hypothèse implique une augmentation de la charge de mémoire de travail. Pour ajuster ses estimations, le participant est obligé de modifier sa stratégie consciemment, ce qui demande non seulement un acte volontaire mais également un certain effort. Ainsi, les recherches ont montré que les personnes âgées ont des performances quasi équivalentes à celles des jeunes adultes à chaque fois que la structure de la tâche implique une représentation préexistante (relation linéaire-positif, égalité de poids des indices). Ce n'est plus le cas si une nouvelle représentation, telle une relation linéaire-négative, est nécessaire. A partir de ce type de situation, on accroît les difficultés de traitements des personnes âgées. D'après les résultats de Chasseigne et *al.* (2004), les capacités de traitement des personnes très âgées sont relativement bien préservées dans la situation linéaire-négative comportant un seul indice. Ces personnes ont une performance, certes, légèrement inférieures à celles des plus jeunes (- de 75 ans), mais elles ont toutes été capables d'apprendre la relation linéaire-négative à un indice. L'inhibition, à travers la présence d'indices non pertinents a été également manipulée. Les recherches de Chasseigne et Mullet (2001) ont montré que les personnes âgées sont affectées dans l'apprentissage des relations, même les plus simples (linéaire-positif), par la présence d'indices non pertinents.

3.6. L'apport du cadre théorique des fonctions exécutives

L'ensemble des résultats obtenus lors des études sur l'apprentissage fonctionnel peut être interprété dans le cadre théorique des fonctions exécutives.

Le terme de « fonctions exécutives » apparu dans les années 80 (Baddeley et Wilson, 1986, 1988 ; Stuss et Benson, 1986 ; Lezak, 1993) désigne des processus cognitifs de haut niveau impliqués, notamment, dans des situations de résolution de problèmes (Levin, Goldstein, Williams, et Eisenberg, 1991), de planification (Shallice, 1982), d'« activation » de l'activité ou « monitoring » (Burgess et Shallice, 1996) et de mémoire prospective (West et Craik, 2001). Ces processus permettent de mettre en place des stratégies pertinentes pour atteindre un but fixé, de s'organiser en différentes étapes, d'inhiber celles qui sont inutiles et de changer de stratégie lorsqu'il faut, par exemple, alterner entre deux activités. Ainsi, les fonctions exécutives permettent d'adopter une conduite indépendante, orientée vers un but, et de faciliter l'adaptation à de nouvelles situations (Burgess, 1997 ; Lezak, 1995 ; Shallice, 1988).

Au plan théorique, le concept de fonctions exécutives renvoie à la notion d'administrateur central proposée par Baddeley (1986) dans son modèle de la mémoire de travail. Par définition, ce centre exécutif correspond à un système général qui médiatise les différentes fonctions cognitives. Deux ensembles de compétences sont distingués (a) les habiletés représentationnelles ou la capacité à fabriquer une structure temporelle, une planification de l'action et du contrôle, et (b) les ressources cognitives, c'est à dire les opérations (mise à jour, inhibition...) réalisables par l'administrateur central. D'après Baddeley, le centre exécutif est impliqué dans le contrôle de l'attention. En effet, Baddeley a formalisé la composante de planification et de contrôle sur la base du Système Attentionnel de Supervision (SAS) issu du modèle de contrôle attentionnel de l'action, élaboré par Norman et Shallice (1986). Une représentation de ce modèle est fournie à la figure 12. Le SAS serait l'équivalent du système de « programmation, de régulation et de

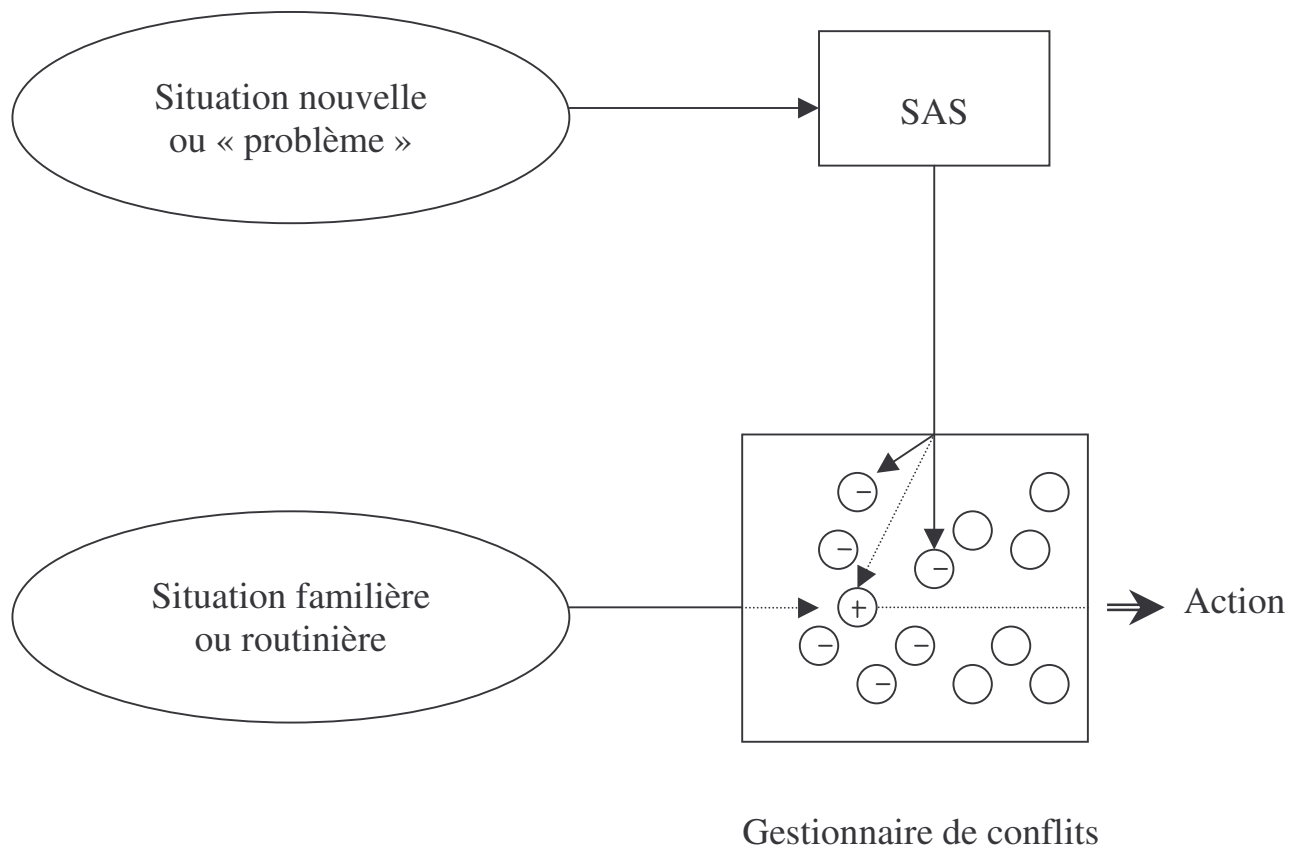


Figure 12. Illustration du modèle attentionnel de Norman et Shallice (1986) (d'après Van der Linden, Seron, Le Gall, & Andres, 1999, p. 52).

contrôle de l'activité » engageant selon Luria (1980), le lobe frontal. Ce modèle explique plus précisément les différentes étapes de gestion de l'information appliquées par l'administrateur central. Selon ce modèle, la plupart de nos actions exigent peu de contrôle attentionnel et dépendent de schémas d'action automatiques (ou routiniers). Toutefois, plusieurs schémas d'action peuvent s'activer simultanément, entrer en compétition, et nécessiter l'intervention du gestionnaire de conflit. Celui-ci a la charge de sélectionner les schémas les plus adéquats. Il détermine les schémas (ou les groupes de schémas) les plus pertinents de manière à contrôler l'action jusqu'à ce que le but soit atteint ou jusqu'à ce qu'un autre schéma prioritaire soit activé. Il s'agit alors d'un type de traitement auto-initié qui impliquent uniquement le gestionnaire de conflit. Cependant, les procédures de sélection de routine ne sont pas suffisantes dans toutes les situations de la vie quotidienne. Face à une situation nouvelle, l'individu doit découvrir une nouvelle stratégie et planifier son activité. Ce type de traitement fait intervenir le SAS. Celui-ci remplit les fonctions de contrôle de l'action et module le gestionnaire de conflits en ajoutant de l'activation et de l'inhibition supplémentaire aux schémas.

3.6.1. Tâches « exécutives » versus « non exécutives »

L'opérationnalisation des processus exécutifs peut être observée à travers l'utilisation de certaines tâches. Rabbitt (1997) a étudié la possibilité de distinguer les tâches « exécutives » et « non exécutives ». Cette distinction amène Rabbitt à développer une taxonomie fonctionnelle distinguant les performances, habiletés ou comportements caractéristiques des fonctions exécutives de ceux qui ne le sont pas. Il retient la nouveauté, l'environnement informationnel, l'activation et l'inhibition, le guide de la performance et l'attention soutenue. D'une manière générale, on

remarquera que les comportements exécutifs sont accessibles à la conscience alors que les « non exécutifs » ne le sont pas.

La nouveauté

La distinction se situe au niveau des situations dans lesquelles une personne doit, pour la première fois, reconnaître, évaluer et choisir parmi une variété d'options alternatives dans un ensemble de comportements, le plan qu'elle va activer pour atteindre un but fixé. Ces comportements exécutifs peuvent être mis en œuvre et contrôlés indépendamment des stimulations environnementales. Ils peuvent aussi conserver une certaine flexibilité adaptative pour sauvegarder un plan même si l'environnement ne se conduit pas de manière souhaitée et s'il n'est pas capable de guider le participant dans l'expérience prévue.

L'environnement informationnel

Selon Burgess (1997), le contrôle des processus exécutifs ne sert pas uniquement à la maîtrise de la transaction avec le monde externe, il est aussi nécessaire pour contrôler « l'environnement informationnel interne » de la mémoire à long terme, permettant ainsi de restructurer l'interprétation du passé et de prévoir un contrôle actif à l'avenir. Burgess distingue la récupération non exécutive de l'information en mémoire qui répond à des associations apprises ainsi qu'aux indices environnementaux et actifs, de la recherche en mémoire « stratégique » ou « planifiée » qui se produit sous contrôle volontaire.

Phillips (1997) suggère que les individus dotés d'un fonctionnement exécutif inefficace génèrent apparemment des catégories de mots par de simples associations entre items successifs ou par des processus aléatoires indécélables empiriquement. Or, la meilleure performance des individus disposant de processus

exécutifs intacts serait en partie attribuable à la découverte et à l'utilisation des stratégies de recherche en mémoire.

L'activation et l'inhibition

Les fonctions exécutives sont nécessaires pour activer de nouvelles séquences de comportements et interrompre les séquences de réponses actuelles. Cette idée est reliée au concept d'inhibition cognitive. Ces fonctions peuvent supprimer et remplacer des réponses automatiques et habituelles par des réponses appropriées à la tâche. Les fonctions exécutives contrôlent l'allocation des processus attentionnels, particulièrement dans des tâches complexes où une variété de sollicitations est prise en compte simultanément. Les fonctions exécutives sont aussi nécessaires pour prévenir les réponses inappropriées au contexte.

Les fonctions exécutives comme guide de la performance

Les fonctions exécutives sont nécessaires pour diriger la performance afin de détecter et de corriger les erreurs, de modifier les plans ne permettant plus de mener la tâche avec succès, ou de reconnaître les opportunités pour des buts nouveaux et plus désirables. Elles permettent ainsi de formuler, sélectionner, initier et exécuter de nouveaux plans pour atteindre le but. Ce « monitoring » exécutif est envisagé comme une activité d'un niveau plus élevé qui détecte l'absence de planification de certaines actions.

L'attention soutenue

Le fonctionnement exécutif permet de maintenir l'attention pendant de longues périodes continues.

3.6.2. *La classification de Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howerter et Wager (2000)*

Miyake et *al.* (2000) se sont intéressés particulièrement à trois fonctions exécutives particulières : la flexibilité cognitive, la mise à jour et l'inhibition. Il s'agit pour les auteurs de processus exécutifs de plus bas niveau que la planification. Pour cette raison, ils considèrent que ces fonctions peuvent être plus facilement définies opérationnellement et suggèrent sur cette base une spécification des mesures issues des tests exécutifs traditionnels.

La flexibilité cognitive

Cette fonction concerne le passage d'une tâche à une autre ou le déplacement d'opérations ou d'ensembles mentaux pour atteindre le but fixé. L'attention jouerait un rôle clé dans ce processus. En effet, selon Norman et Shallice (1986), l'habileté à changer de processus mentaux serait un aspect important du contrôle exécutif. Ce processus impliquerait le désengagement d'une tâche non pertinente et l'engagement actif simultané de la tâche pertinente.

La mise à jour

Cette fonction est particulièrement reliée à la mémoire de travail. Elle nécessite la surveillance et le codage de l'information entrante, ainsi que la révision appropriée des items présents dans la mémoire de travail.

L'inhibition

Il s'agit de l'habileté à supprimer délibérément des réponses dominantes ou automatiques quand cela est nécessaire.

3.6.3. Identification opérationnelle du fonctionnement exécutif

D'après Butterfield et Belmont (1977) le concept de fonctionnement exécutif peut être identifié opérationnellement de la manière suivante : « un participant change spontanément de processus de contrôle ou d'une séquence de processus de contrôle comme une réponse raisonnable à un changement objectif dans une tâche de traitement de l'information. » En d'autres termes, si une stratégie A est utilisée dans une tâche X, et si une tâche Y est introduite, le participant doit employer un fonctionnement exécutif si la stratégie B remplace la stratégie A, ou si la stratégie A sur la tâche X se trouve être inefficace et est remplacée par la stratégie B devant la résolution du problème. La substitution devient un exemple de fonctionnement exécutif.

Pour Bransford et Stein (1993) cinq étapes sont utilisées de manière flexible par un expert en résolution de problème. L'ordre de ces étapes n'est pas défini arbitrairement et elles ne sont pas nécessaires à toutes les tâches de résolution de problèmes. Les étapes sont les suivantes :

- Identifier un problème devant être résolu
- Définir les sous-buts impliqués dans la résolution du problème
- Explorer les approches possibles du problème
- Anticiper les résultats potentiels afin d'agir sur la meilleure approche initiale
- Regarder en arrière et retenir l'expérience complète de la résolution de problème

La première étape est une forme d'analyse de la tâche. Les trois étapes suivantes modélisent les étapes d'explorations et d'approches des résultats. Durant ces étapes, différentes stratégies sont prises en compte et la meilleure alternative est choisie. La

dernière étape de la stratégie de résolution de problème implique un feedback ainsi qu'un apprentissage des efforts antérieurs. Cette étape correspond au cœur de la conduite et de la révision de stratégie.

Scholnick et Friedman (1993) ont une approche du traitement exécutif qui inclut la représentation du problème, la sélection du but, la décision du plan, le choix de la stratégie, son exécution et la poursuite de l'efficacité des actions précédentes. On parle de planification lorsqu'une séquence complexe d'actes successifs est initiée. Cela demande une prise de décision, de la régulation et de l'action. Dans cette perspective, le fonctionnement exécutif s'observe en termes de changements ou d'altérations des comportements de bas niveau. Dans un même ordre d'idée, Zelazo, Carter, Reznik et Frye (1997, p. 219), distinguent quatre étapes essentielles du fonctionnement exécutif lors de la résolution d'un problème: (a) la représentation flexible du problème, (b) la planification organisée en séquence d'action, (c) l'exécution de ces séquences et (d) l'évaluation des résultats.

Ainsi, le consensus actuel autour du concept de fonctions exécutives rejoint la description fournie par Waldstein à savoir : « les fonctions exécutives sont une série de processus autorégulés, telles que les capacités de planification et d'organisation, qui seraient largement médiatisées par un fonctionnement intact des lobes frontaux. La flexibilité cognitive, ou la capacité de contrôler une série de séquences d'action cognitives ou comportementales dans le but de s'adapter à une situation actuelle, est aussi considéré comme une dimension du fonctionnement exécutif » (Waldstein, 2000, pp. 205-206).

3.6.4. *Le modèle métacognitif des fonctions exécutives de Butterfield et Albertson (1995)*

Ces auteurs ont développé une théorie de la cognition en accordant un rôle central au fonctionnement exécutif. Ils distinguent trois composantes majeures : la cognition, la métacognition et le fonctionnement exécutif. La figure 13 présente le modèle. Le niveau cognitif inclut l'ensemble des connaissances et des stratégies existant en mémoire à long terme. Le niveau métacognitif comprend des modèles de processus cognitifs variés. La compréhension de l'interconnexion des connaissances et des stratégies s'effectue à ce niveau.

Le fonctionnement exécutif coordonne ces deux niveaux en contrôlant l'utilisation de la connaissance et des stratégies en concordance avec le niveau métacognitif. A ce niveau sont dirigées et contrôlées toutes les étapes nécessaires pour trouver la solution correcte.

Dans cette théorie, la rétroaction interne se construit sur les solutions incorrectes et conduit souvent au développement d'une stratégie plus efficace et à un modèle métacognitif révisé. Lyon et Krasnegor ajoutent que « les individus sont capables de créer des modèles mentaux sur leur propre cognition à partir de leurs activités quotidiennes de résolution de problème » (Lyon et Krasnegor, 1999, p. 241). Ce cadre théorique des fonctions exécutives peut facilement permettre d'interpréter les résultats obtenus en apprentissage fonctionnel et probabiliste (*i.e.*, dans un environnement incertain).

3.6.5. *Intérêt de la conceptualisation de Zelazo et al. (1997, 2003)*

Zelazo et al. (1997, 2003) distinguent quatre phases au niveau des fonctions exécutives : représentation, planification, exécution et évaluation. « Les fonctions exécutives impliquent la représentation flexible d'un problème, la planification de

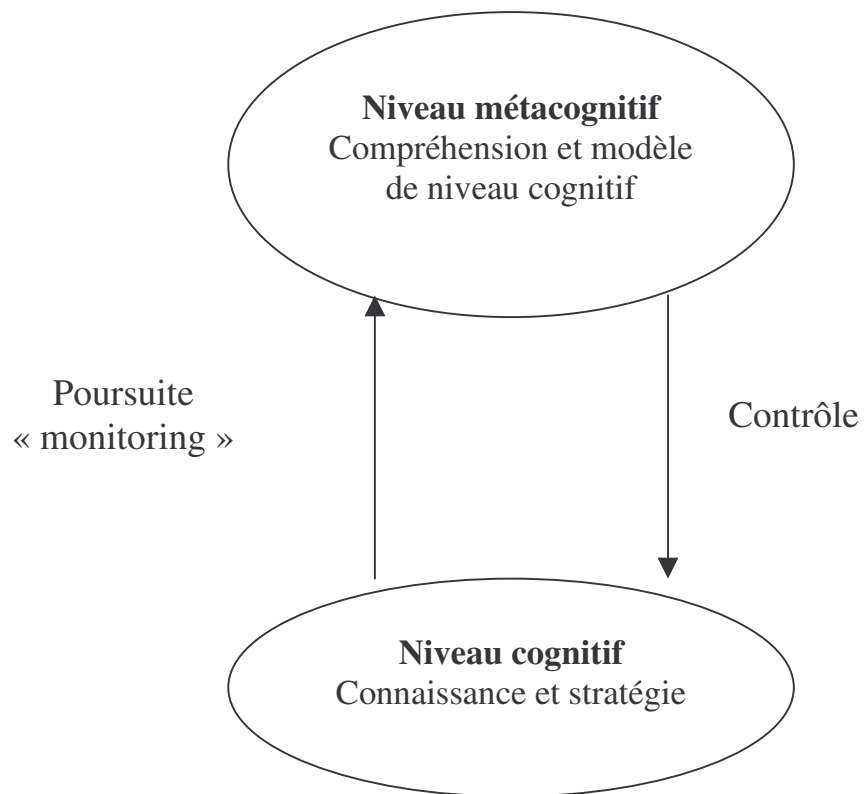


Figure 13. Le modèle métacognitif d'après Butterfield & Albertson (1995).

séquences organisées de pensées ou d'actions, l'exécution de ces séquences et l'évaluation des résultats de l'utilisation de la règle » (Zelazo et *al.*, 1997, p. 219).

Lors d'un apprentissage fonctionnel, la phase de représentation pourrait correspondre à celle de détection des relations indice-critère correctes. Se représenter le problème de manière flexible équivaut à être préparé à considérer d'autres types de relation indice-critère que des relations directes, par exemple des relations inverses ou curvilinéaires. Comme l'ont montré Chasseigne et *al.* (2004), les personnes âgées sont encore capables d'envisager la possibilité de relations inverses. Leur capacité à détecter une relation inverse dans la condition à un seul indice s'est avérée être pratiquement la même que celle des plus jeunes participants.

Lors d'un apprentissage fonctionnel, les phases de planification et d'exécution pourraient mettre en jeu la capacité à intégrer de multiples informations selon un schéma de combinaison plus ou moins complexe et la capacité à porter un jugement global. Lorsque le schéma de combinaison est un schéma additif simple, c'est à dire ne requérant que des indices en relation directe avec le critère, les personnes âgées sont capables d'intégrer les informations pour formuler un jugement. En revanche, lorsque ce schéma devient plus complexe, c'est à dire lorsqu'il implique à la fois une relation directe et une relation inverse, alors les personnes âgées ne sont plus capables d'intégrer l'information correspondant à la relation inverse. Leur capacité à intégrer des informations provenant d'indices de sens opposés est plus faible que celle manifestée par les adultes plus jeunes.

Enfin, dans un apprentissage fonctionnel, la phase d'évaluation pourrait mettre en jeu, chez le participant, sa capacité à utiliser le feedback afin de corriger sa représentation de la situation d'apprentissage (ou pour corriger la manière dont il

intègre les différentes informations). Comme l'ont montré Chasseigne et *al.* (1999, 2004), les personnes âgées sont capables d'utiliser le feedback (a) pour modifier la représentation qu'ils se font de la relation indice-critère, dans le cas d'une relation inverse, et (b) pour maintenir leur représentation de la relation indice-critère dans le cas d'une quantité d'incertitude importante dans le système de la tâche.

Puisque, du moins pour ce qui concerne la relation inverse, les capacités cognitives associées à la phase de représentation des fonctions exécutives sont préservées chez les personnes âgées, nous avons décidé d'étudier les performances des personnes âgées (comparées à des adultes plus jeunes) dans des tâches d'apprentissage fonctionnel impliquant des relations indice-critère plus complexes, à savoir des relations curvilinéaires (en forme de U et de U-inversé).

4. Du paradigme de Carroll (1963) à celui de DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997) : leur application potentielle à la personne âgée

Les travaux de Carroll (1963) ont permis de dégager une des caractéristiques principales d'un apprentissage fonctionnel. En effet, la personne qui a réalisé un tel apprentissage est capable d'appliquer la ou les fonctions apprises à des situations totalement nouvelles du point de vue des valeurs prises par les stimulus. Autrement dit, l'apprentissage d'une fonction, dans certaines limites, permet une adaptation au-delà de ces limites en extrapolant et en interpolant la fonction intégrée.

Notre première expérience a pour but de déterminer si les personnes âgées sont capables d'extrapoler aussi bien que les personnes jeunes. Sur un plan purement théorique, examiner la capacité d'extrapolation dans différentes conditions nous permet de savoir si la phase de représentation flexible de la situation est préservée

avec l'âge. Si, comme nous l'attendons, les personnes âgées sont capables d'apprendre des relations curvilinéaires complexes, et si elles sont également capables d'utiliser leur expertise pour extrapoler correctement à partir de nouvelles valeurs d'indice-critère, alors ceci constituerait une preuve supplémentaire de la préservation de la phase de représentation chez les âgés.

Sur un plan pratique, on peut considérer que l'extrapolation est une capacité importante. En effet, si son rôle important est évident au niveau scientifique, son impact est majeur dans la vie quotidienne. C'est grâce à l'extrapolation qu'une personne peut prévoir, par exemple, l'effet qu'entraînera la prise de six pilules médicamenteuses sur son état de santé au lieu des trois pilules prises habituellement. Dans cet exemple, la personne n'a pas besoin des six pilules pour connaître l'effet de leur prise simultanée. Son expérience associée à une capacité d'extrapolation préservée lui permet d'anticiper l'impact d'une telle prise. Bien sûr, l'extrapolation n'est pas toujours précise. Dans notre exemple, l'effet d'une prise de trois pilules au lieu de six peut réellement entraîner des effets néfastes inattendus parce que la relation entre le bien être et le nombre de pilules peut ne pas être linéaire, mais curvilinéaire. Imaginer que la prise de six pilules au lieu de trois augmente le bien-être peut être un cas d'extrapolation risqué pour la personne qui ignore le type de relation entre le nombre de pilules et l'effet sur son état de santé. En fait, pour extrapoler correctement, une personne a besoin de connaître le type de fonction qui relie ces deux facteurs.

4.1. Le paradigme de Carroll (1963)

Les travaux relatifs à l'étude des capacités d'extrapolation à partir de tâches d'apprentissage fonctionnel ont été initiés par Carroll (1963). Cet auteur a montré

que des jeunes adultes produisent des réponses qui entretiennent une relation continue avec les stimuli même lorsque les couples de stimulus-réponse qu'ils ont à apprendre sont liés aléatoirement. Ce processus cognitif, similaire à celui d'une régression statistique, impliquerait l'estimation des paramètres d'un certain type de fonction mathématique. L'auteur vérifie également deux hypothèses complémentaires (a) une relation fonctionnelle simple (définie par peu de paramètres) est apprise plus efficacement que des fonctions complexes (définies par un plus grand nombre de paramètres), et (b) les participants apprennent des relations fonctionnelles et non de simples associations, ce qui permet des interpolations et des extrapolations.

Pour valider ces hypothèses, l'auteur a étudié une situation dans laquelle des couples stimulus-réponse étaient présentés sous la forme de deux longueurs horizontales de trait. Cette recherche était présentée comme un test de mémoire et de concentration durant lequel les 25 participants (14 étudiants et 11 étudiantes), répartis en six groupes, étaient amenés à extrapoler après un apprentissage de fonction (phase d'entraînement). La tâche expérimentale était composée de 26 stimuli continus. Quinze d'entre eux étaient utilisés en phase d'entraînement et en phase de test. Les onze autres stimuli étaient uniquement présentés en phase de test pour permettre l'observation des effets d'interpolation et d'extrapolation. La phase d'apprentissage consistait à présenter aux participants 15 couples stimulus-réponse présentés sous la forme de deux traits horizontaux de longueur variable qu'ils devaient mémoriser. La phase de test comportait les 15 stimuli de la phase d'apprentissage et onze stimuli supplémentaires de longueurs différentes et non rencontrées auparavant. Les participants devaient associer à chacun des 26 stimuli,

une seconde longueur en utilisant une croix (X) sur une ligne standard et les réponses attendues n'étaient pas communiquées.

La méthodologie utilisée par Carroll (1963, p. 60) a deux particularités : (a) l'alternance systématique entre la passation d'un des six blocs d'apprentissage et la passation d'un des six blocs de test et (b) les blocs de test sont constitués à la fois de stimuli déjà rencontrés et d'autres totalement nouveaux pour le participant. Six conditions expérimentales furent utilisées. Dans trois de ces conditions, la relation indice-critère était soit linéaire-positive, soit linéaire-négative, soit curvilinéaire (en forme de U). Dans les trois autres conditions, les relations indice-critère étaient aléatoires. Les participants bénéficiaient de 10 secondes d'exposition pour chaque couple de stimulus-réponse en phase d'apprentissage et de 5 secondes en phase de test. Une pause de 30 secondes était accordée entre une session d'apprentissage et une session de test, ceci constituait un bloc d'essai complet pour l'auteur. Il y avait une minute d'intervalle entre chacun des six blocs d'essais complets.

La performance des participants était mesurée par le coefficient de corrélation entre les valeurs attendues et les jugements effectués par les participants (Carroll, 1963, p. 98). Pendant la phase d'apprentissage, la valeur du coefficient de corrélation était de 0.997 lorsque la relation indice-critère était linéaire-positive, de 0.993 pour la relation linéaire-négative et de 0.830 lorsque la relation était curvilinéaire (en forme de U). En phase de test - phase d'extrapolation - la valeur du coefficient de corrélation était de 0.998 en extrapolation linéaire-positive, de 0.991 en extrapolation linéaire-négative et de -0.297 en extrapolation curvilinéaire.

Les résultats obtenus en condition linéaire-positive (figure 14, Sujet 4) montre de bonnes performances. Les résultats en condition de relation curvilinéaire, ont

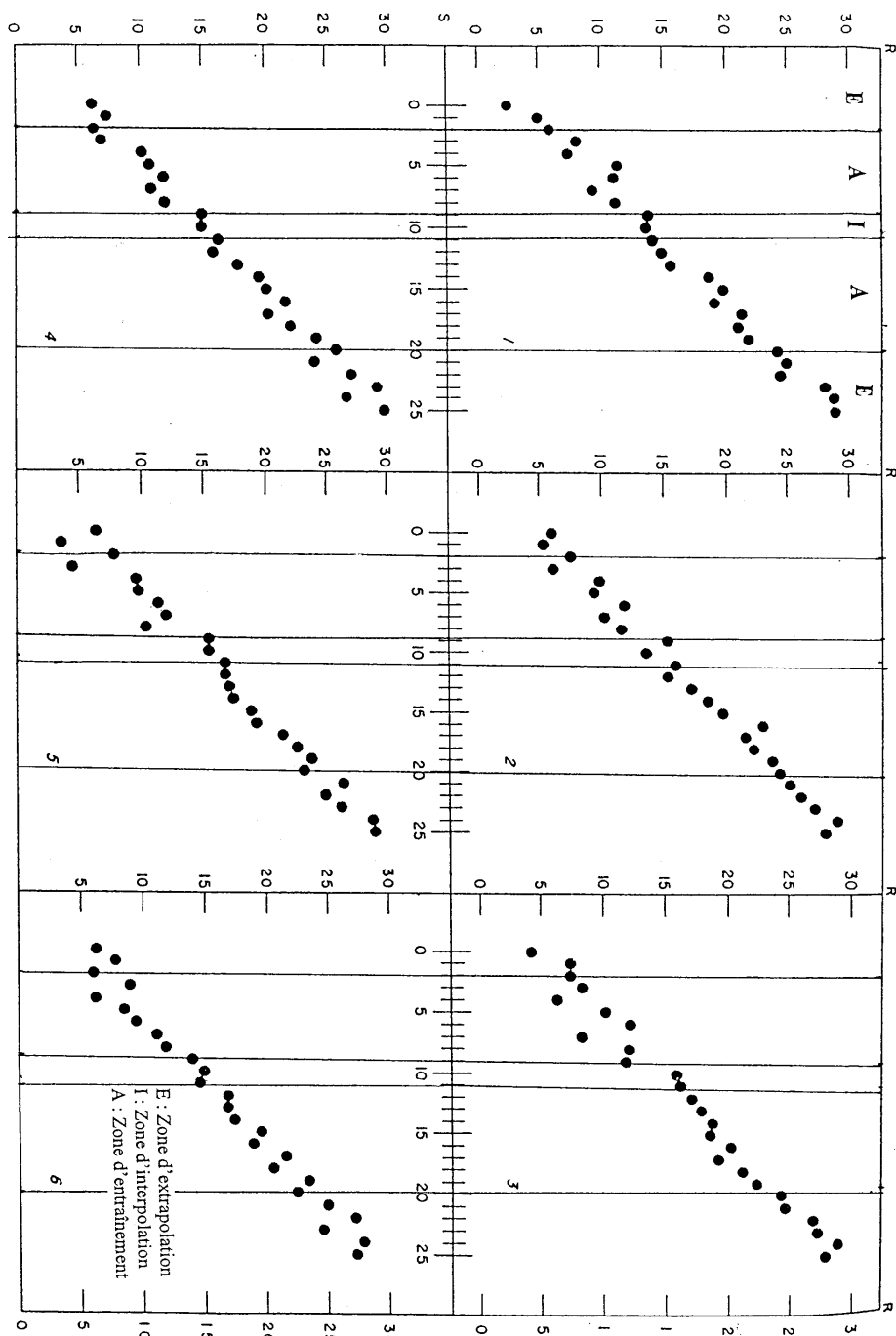


Figure 14. Résultats de Carroll (1963, p. 88), participant 4, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction du stimulus en condition fonctionnelle linéaire-positve

amené l'auteur à dégager, à partir des paramètres issus des différents jugements fournis, la fonction qui s'ajusterait le mieux aux jugements émis par chaque participant. La figure 15 montre les jugements moyens, représentés par des triangles vides, d'un participant (participant 20) en condition de relation fonctionnelle curvilinéaire selon les 26 stimuli. Ces jugements s'organisent autour d'une ligne continue représentant la fonction ajustée au mieux aux paramètres de la fonction appliqués par le participant pour émettre ces jugements (*the best fit function*). La courbe des valeurs attendues issues des paramètres de la fonction utilisée par Carroll (1963) pendant la phase d'apprentissage est présentée en pointillé. On peut graphiquement (a) constater la forme de la fonction appliquée par le participant pendant la phase de test, lors de l'extrapolation et de l'interpolation et (b) comparer avec la fonction utilisée avec la fonction théorique sur laquelle le participant a été entraîné lors de la phase d'apprentissage. Ainsi, l'auteur montre que ce participant a bien été capable d'extrapoler et d'interpoler à partir de la fonction qu'il a effectivement apprise lors de la session d'entraînement. Toutefois, ce participant n'a ni extrapolé, ni interpolé la fonction curvilinéaire utilisée par l'auteur initialement en phase d'apprentissage. La figure 16 a un intérêt spécifique pour l'auteur, elle met en évidence le même processus concernant les jugements émis par un autre participant (participant 25) placé, cette fois, en condition d'apprentissage strictement aléatoire (simples associations de couples stimulus-réponse).

Ainsi, Carroll aboutit à la validation de ses trois hypothèses (Carroll, 1963, p. 114) : (a) les participants produisent des réponses qui entretiennent une relation continue avec les stimuli même lorsque les couples de stimulus-réponse qu'ils ont à apprendre sont liés aléatoirement, (b) une relation fonctionnelle simple (définie par

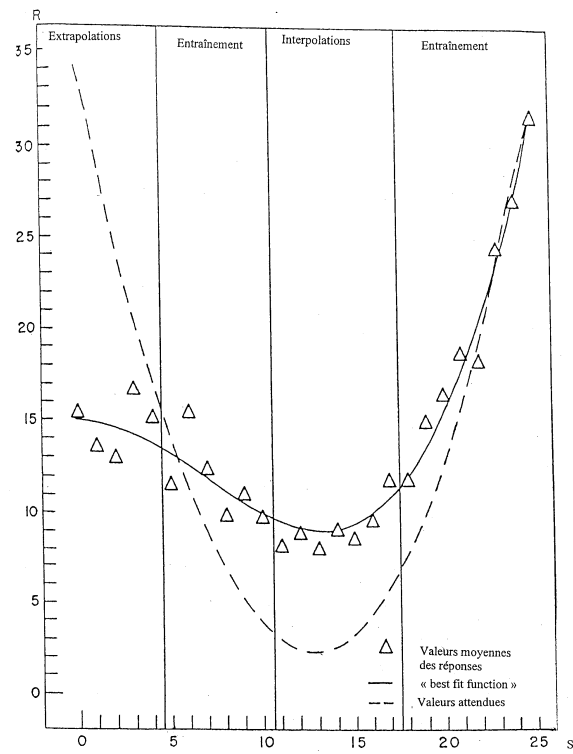


Figure 15. Résultats de Carroll (1963, p. 90), participant 20, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction du stimulus en condition fonctionnelle curvilinéaire en forme de U.

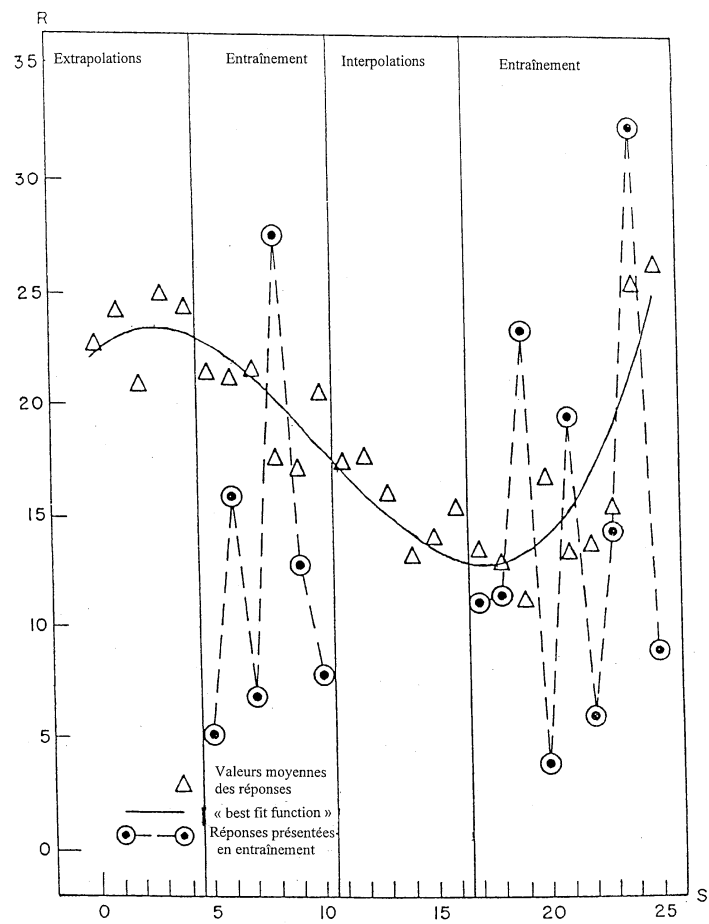


Figure 16. Résultats de Carroll (1963, p. 91), participant 25, valeurs moyennes de jugement et valeurs attendues en fonction des valeurs des stimulus en condition aléatoire.

peu de paramètres) est apprise plus efficacement que des fonctions complexes (définies par un plus grand nombre de paramètres), et (c) les participants apprennent des relations fonctionnelles et non des relations de simples associations, ce qui permet des interpolations et des extrapolations.

Le cadre théorique du paradigme de l'apprentissage fonctionnel s'est notamment construit à partir des travaux réalisés par Carroll (1963)³. De ces travaux, et des très nombreuses constatations résultant de l'application du paradigme de l'apprentissage probabiliste, Brehmer distinguera clairement les situations d'apprentissage selon que celles-ci comportent des relations directes indice-critère, inverses, ou non linéaires.

La théorie de Brehmer est qu'en situation d'apprentissage fonctionnel – probabiliste⁴ ou non - comportant un seul indice (Brehmer, 1971, 1973, 1976, 1979 ; Brehmer, Alm et Warg, 1985 ; Brehmer, Kuylenskierna et Liljergren, 1974 ; Brehmer et Lindberg, 1970 ; Brehmer et Svensson, 1976 ; Knez, 1991, 1992a, 1992b), les participants émettent des hypothèses concernant la nature fonctionnelle des relations indice-critère. Cependant, le participant dispose d'un nombre limité d'hypothèses cognitivement disponibles. Brehmer (1974, p. 4) retient l'idée d'une détection de règle (*Rule Detection stage*) lors du processus d'apprentissage et ajoute qu'ensuite une étape de test (*Testing stage*) est nécessaire afin de confronter cette règle aux données. Toutefois, l'idée qu'une relation fonctionnelle simple (définie par peu de paramètres) est apprise plus efficacement qu'une relation

³ Se référer à l'annexe I pour une information complémentaire sur ce sujet.

⁴ Dans une situation probabiliste, même lorsqu'une configuration est présentée deux fois successivement, la valeur du critère qui lui est associée est susceptible de variations. Ceci est dû à l'incertitude liée à la tâche. « L'objectif des tâches d'apprentissage probabilistes est d'étudier comment le système cognitif s'ajuste avec le système de la tâche » (Brehmer, 1979, p. 203). Dans ce cas, si ce processus d'ajustement requiert une modélisation des facteurs systématiques de la tâche, il suppose la mise entre parenthèses de l'incertitude liée à la tâche : les relations fonctionnelles entre les indices et le jugement doivent correspondre à celles existant

complexe (définie par un plus grand nombre de paramètres) ne permet pas d'expliquer la meilleure réussite obtenue en relation linéaire-positive par rapport à la relation linéaire-négative. Brehmer (1974, p. 2) avancera l'idée de l'existence d'une hiérarchie d'hypothèses cognitivement disponible par défaut.

Le premier type d'hypothèse réalisé est celui d'un effet direct : plus la valeur de l'indice est élevée et plus la valeur du critère est élevée. Cette hypothèse peut être considérée comme l'hypothèse par défaut, c'est à dire que, spontanément, les participants assument que les relations sont directes. Ce n'est que lorsque cette hypothèse semble échouer à rendre compte de ce qui se produit, qu'une seconde hypothèse est émise, l'hypothèse d'une relation inverse. A nouveau, si cette nouvelle hypothèse échoue, le participant testera une fonction exponentielle directe (J) et indirecte (l). Dans ces deux cas de figure, une hypothèse de niveau plus élevé est également présente, celle de monotonie des relations. Ce n'est que lorsque cette hypothèse échoue qu'est émise l'hypothèse de non monotonie des relations. L'hypothèse est faite alors de relations curvilinéaires en forme de U ou en forme de U-inversé. Brehmer (1994) a généralisé sa théorie au cas de l'apprentissage avec intégration de plusieurs indices.

Comme nous l'avons signalé précédemment, Brehmer (1974) s'est appuyé sur les travaux de Carroll pour établir son modèle d'apprentissage de fonctions basé sur le test d'hypothèses (*Polynomial Hypothesis Testing Model (Brehmer, 1974)*). Plus récemment, DeLosh et al. (1997) se sont inspirés de ces recherches et de l'étude de Carroll sur les capacités d'extrapolation et d'interpolation pour caractériser le processus d'induction en apprentissage fonctionnel. Ces études ont permis d'affiner

entre les indices et le critère, les pondérations accordées aux indices doivent correspondre aux pondérations existant dans la tâche et la règle de combinaison des informations doit correspondre à celle de la tâche.

le cadre théorique de l'apprentissage fonctionnel. Busemeyer, Byun, DeLosh et McDaniel (1997, p. 408) recensent 10 propriétés caractéristiques de ce type d'apprentissage :

1. Les relations fonctionnelles continues entre indice et critère (linéaire-positif, linéaire-négatif et curvilinéaires) sont apprises plus rapidement que des relations catégoriques définies arbitrairement. (Carroll, 1963 ; Sniezek et Naylor, 1978).
2. Les fonctions croissantes sont apprises plus rapidement que les fonctions décroissantes (Brehmer, 1971, 1973, 1974 ; Brehmer et *al.*, 1974 ; Naylor et Clark, 1968 ; Naylor et Domine, 1981)
3. Les fonctions monotones sont apprises plus rapidement que les fonctions non-monotones (Carroll, 1963 ; Brehmer, 1974 ; Brehmer et *al.* 1974 ; Brehmer, et *al.* 1985 ; Byun, 1995 ; Deane, Hammond et Summers, 1972 ; DeLosh, 1995 ; Knez, 1992a et 1992b ; Sheets et Miller, 1974 ; Sniezek et Naylor, 1978)
4. Les fonctions cycliques (sinus ; cosinus) sont plus difficiles à apprendre que les fonctions non-cycliques (Byun, 1995).
5. Les fonctions croissantes linéaires (linéaire-positif) sont apprises plus rapidement que les fonctions croissantes non linéaires (exponentielle croissante (J)) (Byun, 1995 ; DeLosh et al, 1997)
6. Les jugements formulés en début d'apprentissage corrélaient positivement avec une fonction linéaire-positif (Sawyer, 1991 ; Summers, Summers et Karkau, 1969).
7. Un habillage contextuel cohérent facilite l'apprentissage (Adelman, 1981 ; Byun, 1995 ; Koele, 1980 ; Miller, 1971 ; Muchinsky et Dudycha, 1974, 1975 ; Sniezek, 1986).

8. Un apprentissage des relations organisé en séquences répétées, où chaque couple indice-critère est présenté selon la même fréquence, facilite l'apprentissage des fonctions, notamment non-monotones et cycliques. (Byun, 1995 ; DeLosh, 1995)
9. Les performances d'interpolation sont aussi précises que celles obtenues lors de l'apprentissage (Carroll, 1963 ; Koh et Meyer, 1991 ; DeLosh et *al.*, 1997).
10. Les participants sont capables d'extrapoler la fonction apprise à des valeurs totalement nouvelles, mais cette capacité n'est pas aussi précise que leur faculté d'interpolation (Carroll, 1963 ; Surber, 1987 ; DeLosh et *al.*, 1997 ; Waganaar et Sagaria, 1975).

En conséquence, les cinq premiers principes hiérarchisent la difficulté d'apprentissage selon le type de fonction. Par ordre de difficultés croissantes, on retrouve : linéaire < monotone positive < monotone négative < non monotone < cyclique. Cette hiérarchie est expliquée en termes d'hypothèses fonctionnelles testées *a priori* (Brehmer, 1974 ; Knez, 1992 ; Sawyer, 1991 ; Sniezek, 1986). Le principe 6 indique que lorsque la consigne d'apprentissage est neutre et sans aucun contexte informationnel, les participants émettent spontanément une hypothèse de relation linéaire-positive. Toutefois (principe 7 et 8), tous les types de fonctions mentionnés peuvent être appris. Le principe 10 soutient l'idée que des règles abstraites sont apprises et non pas de simples associations stimulus-réponse.

C'est ce dernier principe qui est à la base des travaux de DeLosh et *al.* (1997, p. 969), lesquels veulent faire évoluer l'idée très répandue selon laquelle l'abstraction serait nécessaire pour extrapoler. Ces auteurs vont encore plus loin dans cette perspective puisqu'ils affirment que l'extrapolation est la condition *sine qua non* de l'abstraction en apprentissage de fonction⁵. Ainsi, tester la capacité d'extrapolation

⁵ Se référer, pour plus de précisions, à l'annexe 1.

permettrait d'obtenir une image complète de ce qui a été appris en apprentissage de fonction.

4.2. Le paradigme de DeLosh et *al.* (1997)

DeLosh et *al.* (1997) soulignent que les recherches sur l'apprentissage conceptuel ont tendance, depuis longtemps, à se focaliser sur l'apprentissage catégoriel (ou associatif) et sur l'application de connaissances catégorielles. Toutefois, les concepts peuvent également concerner les variables causales et les relations susceptibles d'être établies entre celles-ci. « Les fonctions servent ainsi à conceptualiser la relation entre variables causales » (Busemeyer et *al.*, 1997, p. 405). Pour les auteurs il apparaît important d'étudier en détail les caractéristiques du processus d'apprentissage établi face à une fonction. L'apprentissage de fonction s'effectue-t-il par apprentissage associatif, par apprentissage de règle ou par une combinaison de ces deux approches ? Les auteurs étudient les capacités d'extrapolation pour tenter d'éclairer l'importance et la nature des stratégies d'apprentissage mises en place lors d'une tâche d'apprentissage de fonction.

Dans le cadre d'un apprentissage associatif, on peut demander la réalisation de ce type de tâche : « Si 1 ; 2 ; 3 ; 5 ; et 7 sont des nombres premiers, 9 est-il également un nombre premier ? ». Dans ce cas, le participant répond en tentant de faire correspondre le nouveau stimulus à une catégorie précédemment apprise. Dans le cadre d'un apprentissage fonctionnel, la tâche à réaliser serait la suivante : « Si 1 ; 2 ; 3 ; 5 ; et 7 sont des nombres premiers, quel est le nombre premier après 9 ? ». Ici, on suppose que des propriétés abstraites ont été précédemment apprises et peuvent être utilisées pour construire une réponse face à un stimulus nouveau de l'environnement.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, lors d'un apprentissage fonctionnel, une réponse peut être fautive mais précise. La qualité des réponses fournies par extrapolation peut refléter l'efficacité du processus d'abstraction de la règle même si les valeurs brutes ne sont pas correctes.

La recherche de DeLosh et *al.* (1997) a deux objectifs. Le premier est d'étudier la capacité d'extrapolation des jeunes adultes suite à l'apprentissage de différents types de fonction. Le second objectif est de comparer la fidélité des différents modèles fonctionnels aux données empiriquement obtenues.

L'expérience visait à étudier les capacités d'extrapolation et d'interpolation des jeunes adultes à la suite d'un apprentissage fonctionnel effectué en laboratoire. Trois fonctions ont été étudiées, linéaire-positif (RD : $Y = 2.2X + 30$), exponentielle (RE : $Y = 200(1 - e^{-X/25})$) et curvilinéaire en forme de U-inversé (RUI : $Y = 210 - (X - 50)^2 / 12$). La fonction linéaire-positif a été utilisée pour évaluer l'extrapolation dans le cas le plus simple qu'il soit. L'hypothèse étant que si un participant a appris une règle linéaire, alors ses jugements d'extrapolation (ou d'interpolation) devraient correspondre à cette règle linéaire. Des fonctions non linéaires ont été également employées pour montrer que les capacités d'extrapolation ne se limitent pas forcément à la simple utilisation d'une relation linéaire entre stimulus et réponse.

Les 108 étudiants qui ont participé, individuellement, à cette étude devaient prédire l'état physique d'un individu fictif en fonction de l'absorption d'une certaine dose de substance inconnue. La dose de cette substance était communiquée aux participants sous la forme d'une barre horizontale de longueur variable X (l'indice). Les passations se déroulaient sur micro-ordinateur. Un logiciel contrôlait

la présentation des instructions ainsi que des stimuli et collectait les réponses des participants. Trois conditions expérimentales ont été exploitées (RD ; RE ; RUI) regroupant chacune 36 participants désignés aléatoirement. La mesure utilisée pour examiner les performances était le *Carré Moyen de l'Erreur (CME)* entre les prédictions du participant et le critère.

La phase d'apprentissage comportait 200 essais avec feedback. Le participant (a) observait la quantité de substance absorbée représentée par une certaine longueur de barre (l'indice), (b) estimait un état physique correspondant (en indiquant lui-même une certaine longueur de barre), et (c) recevait un feedback concernant l'état physique attendu suite à la quantité de substance absorbée (également sous forme de longueur de barre). La réponse exacte de valeur Y (le critère) était fournie à partir de l'équation de la fonction concernée (soit RD, RE ou RUI). Chaque stimulus apparaissait une seule fois par bloc d'essai. L'ordre de présentation des stimulus était aléatoire selon les blocs d'essais et selon les participants. A l'issue de la passation de ces blocs d'apprentissage, une pause d'une minute était accordée. Le participant était ensuite confronté à la phase de test.

Pendant la phase de test, 45 stimuli différents de ceux de la phase d'apprentissage étaient présentés. Le participant ne recevait aucun feedback. Quinze valeurs faibles d'indices constituaient la « zone d'extrapolation basse », 15 valeurs moyennes formaient la « zone d'interpolation » et 15 valeurs d'indice élevées formaient la « zone d'extrapolation haute ». L'ordre de présentation des stimulus était aléatoire. Les mêmes valeurs de stimuli ont été utilisées pour toutes les conditions expérimentales. Les participants étaient informés qu'un maximum de 20 secondes par essai leur serait largement suffisant, mais le temps qui leur était alloué n'était pas limité.

Les résultats sont les suivants. En début d'apprentissage (figure 17), les meilleures performances sont obtenues en relation linéaire-positive. Les relations linéaires sont mieux réussies que la relation quadratique. En fin d'apprentissage, les niveaux convergent vers un score d'erreur moyenne identique, et relativement faible. Ceci est en conformité avec des recherches antérieures concernant la rapidité d'acquisition d'une fonction (pour revue, voir Bussemeyer et *al.*, 1997, p. 410).

Les résultats concernant la phase de test sont présentés à la figure 18. Il apparaît que l'interpolation est très bien réussie : quelle que soit la forme de la fonction, les performances sont très proches des performances obtenues en fin d'apprentissage. Concernant l'extrapolation, tous les participants ont extrapolé en direction de la fonction apprise et même à partir de valeurs de stimulus extrêmes, très éloignées des valeurs apprises. Ce résultat remet en cause la possibilité d'une stratégie associative en apprentissage de fonctions⁶. Un autre aspect des résultats est que les jugements d'extrapolations (haute et basse) ont subi une déviation systématique, par rapport aux jugements corrects attendus beaucoup plus importante qu'en interpolation. Les participants ont sous-estimé la fonction linéaire et surestimé les fonctions exponentielle et quadratique⁷.

Ainsi, les auteurs concluent en affirmant que « tester la capacité d'extrapolation permet d'obtenir une image complète de ce qui a été appris en apprentissage de fonction » (DeLosh et *al.* 1997, p. 983). De plus, les expériences empiriques de

⁶ Les modèles associatifs existants n'admettent pas la possibilité d'extrapoler sur des valeurs des stimulus trop éloignées de l'étendue des valeurs apprises (DeLosh et *al.*, 1997).

⁷ Cette tendance à la déviation, que l'on retrouve fréquemment dans toutes les expérimentations citées précédemment, s'explique mal, selon les auteurs, par les modèles d'apprentissage fonctionnels strictement basés sur l'apprentissage de règle. Ces modèles n'expliquent pas les différences de performances entre extrapolations et interpolations. De plus, les déviations observées amènent les auteurs à considérer que l'extrapolation est un mécanisme plus complexe que l'induction par application d'une simple règle globale.

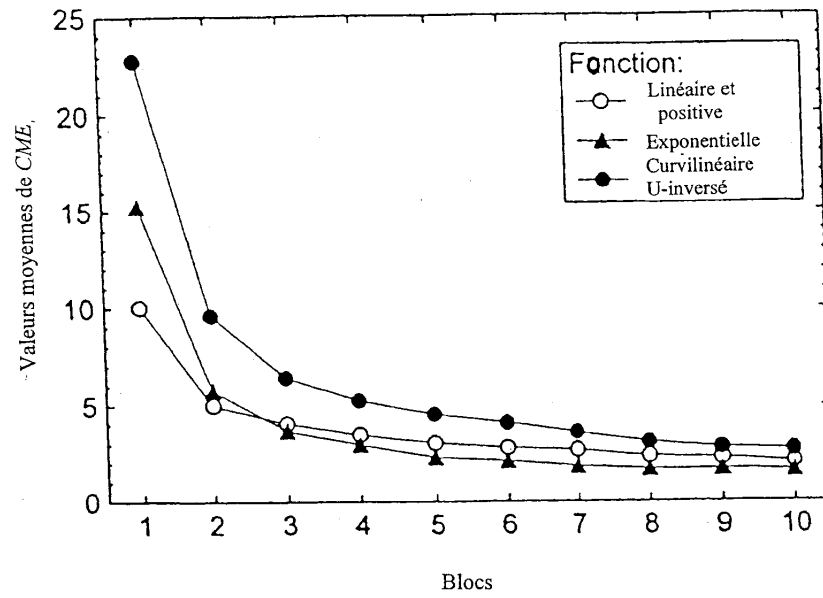


Figure 17. Résultats de DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997) : Apprentissage. CME (valeurs moyennes) selon les blocs pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire-positive, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé).

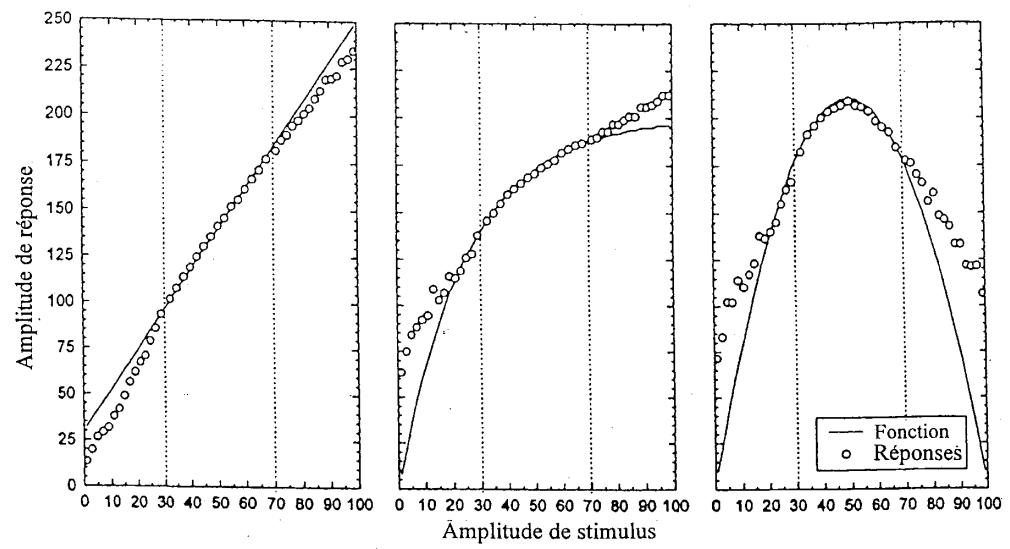


Figure 18. Résultats de *DeLosh, Busemeyer et McDaniel (1997)*: Test. Valeurs moyennes de jugements des participants et valeurs attendues pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire-positive, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé) selon l'amplitude de stimulus.

cette recherche intéressent particulièrement notre travail en raison du paradigme expérimental utilisé, de la nature de la population et des types de fonctions étudiés.

4.3. Le paradigme de DeLosh et al. (1997) : centre d'intérêt de recherches actuelles

Suite aux différents travaux mentionnés ci-dessus, les considérations accordées aux notions d'interpolation et d'extrapolation se sont développées. En effet, un des éléments essentiels du comportement de catégorisation est la généralisation, « capacité à appliquer des connaissances issues d'expériences passées à des nouvelles situations » (Erickson et Kruschke, 1998, p. 109)⁸. Parmi ces nouvelles situations, on distingue : (a) celles dont les limites de réponses correspondent ou s'appliquent à l'intérieur des limites expérimentées lors de la confrontation passée (interpolations) et (b) celles qui se situent en dehors de l'étendue des stimulus-réponse expérimentée (extrapolations).

Pour des auteurs de plus en plus nombreux (Bott et Heit, 2004 ; Guigon, 2004 ; Lewandowsky, Kalish et Ngang, 2002), l'extrapolation est devenue un outil important pour caractériser le processus de généralisation. Ainsi, la recherche de DeLosh et al. (1997) contribue fortement à alimenter le courant des recherches actuelles dans le domaine de l'apprentissage.

Afin de ne pas nous écarter de notre problématique, nous n'exposons pas en détails les différents modèles élaborés par DeLosh et al (1997) et leurs successeurs (Bott et Heit, 2004 ; Guigon, 2004 ; Lewandowsky, Kalish et Ngang, 2002). Toutefois, nous nous attarderons sur les résultats obtenus concernant la forme des différentes fonctions utilisées dans ces recherches. Toutes ces recherches n'ont

⁸ Ces auteurs ont proposé le modèle *ATRIUM* qui s'inspire du modèle *ALCOVE* (Kruschke, 1992) en ajoutant un module d'apprentissage associatif impliquant un processus attentionnel. Actuellement, *EXAM* et *ATRIUM* sont les modélisations les plus avancées dans le domaine de l'apprentissage de fonctions

inclut que des jeunes adultes. Toutes ces études s'inspirent du paradigme expérimental de DeLosh et *al.* (1997)

Bott et Heit (2004) ont étudié une fonction cyclique. La tâche était d'estimer la production, en sortie de machine, d'une substance appelée « *Sobacol* » en fonction de la dose d'un autre produit, la « *Drodine* », injectée auparavant dans la machine. La figure 19 nous montre les résultats d'un participant représentatif. Pour chaque bloc, la ligne en pointillé indique la forme de la fonction apprise. Les croix correspondent aux réponses du participant. La ligne verticale sépare la zone vue en apprentissage (de 0 à 60) de celle exploitée en extrapolation (de 61 à 100). On peut noter qu'au fur et à mesure de la passation des blocs, l'apprentissage s'installe ainsi que la capacité d'extrapolation. Le participant se représente la structure de la tâche de manière linéaire jusqu'au bloc 2 et adopte une orientation non linéaire à partir du bloc 3 dans les deux phases. Les auteurs de cette recherche se sont demandés pourquoi leurs participants ont extrapolé de façon non linéaire alors que les études antérieures n'avait montré que des modèles de réponse linéaires. Pour Bott et Heit (2004), les participants ont échoué dans l'abstraction des paramètres générés par les données de la fonction d'apprentissage. Ils avancent deux raisons possibles.

La première possibilité est que les participants des autres expériences n'ont pas cherché à se représenter la fonction inhérente aux données (stimulus-réponse) de la phase d'apprentissage. Les auteurs ont modifié légèrement la méthodologie de DeLosh et *al.* (1997) en intercalant une phase de test après chaque phase d'apprentissage à la manière de Carroll (1963). Cet écart méthodologique visait à encourager les participants à trouver la règle (très atypique) reliant le stimulus à la réponse pendant l'apprentissage, et de leur faire prendre conscience que la seule façon de réussir les extrapolations était de trouver cette règle. Toutefois, les auteurs

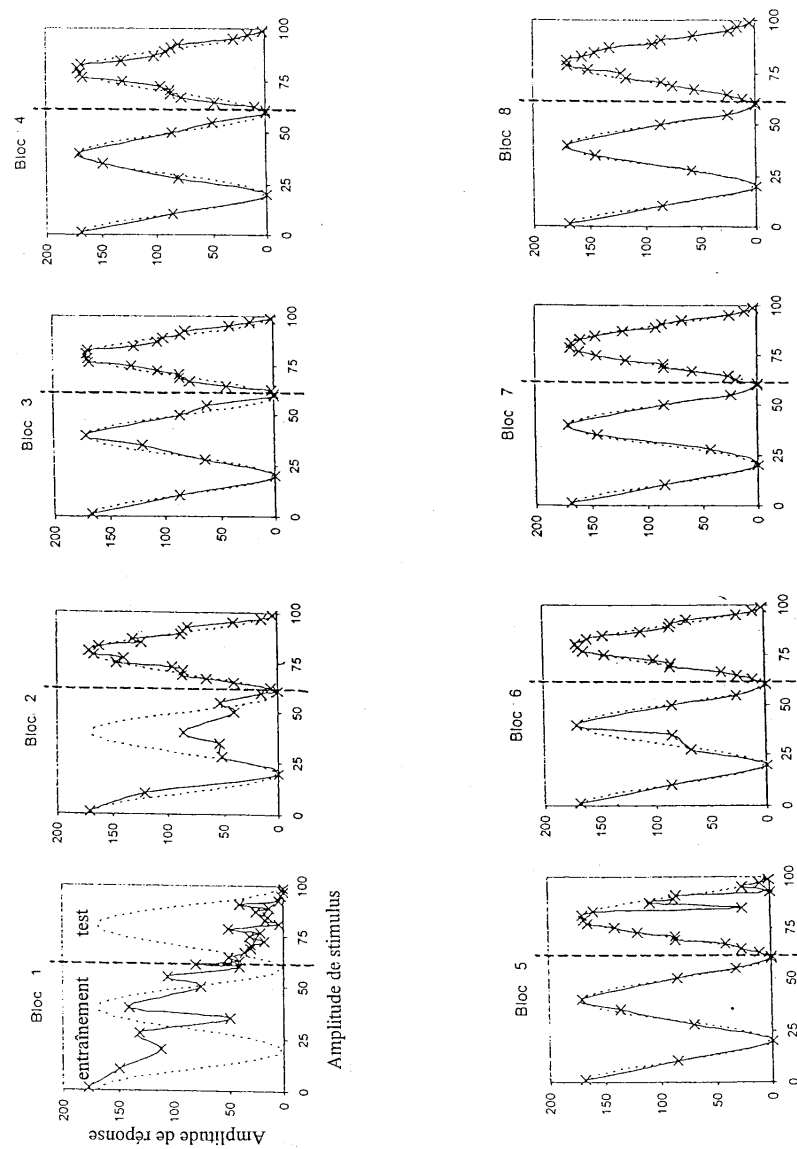


Figure 19. Résultats de *Bott et Heit (2004)*. Apprentissage et Test. Participant 7, Valeurs de Jugements en condition de relation fonctionnelle cyclique indice-critère et valeurs attendues en fonction des blocs et de l'amplitude de stimulus.

pensent que cet écart méthodologique ne peut pas s'appliquer aux fonctions quadratiques et à leurs extrapolations. En effet, distinguer une courbe quadratique de la courbe (typiquement en forme de U-inversé) utilisée en phase de test (figure 19) par Bott et Heit (2004) est cognitivement très difficile. Il se peut que les participants n'aient pas été capables d'obtenir le niveau d'abstraction suffisant pendant la phase d'apprentissage. En revanche, une courbe sinusoïdale, relativement particulière serait, par conséquent, plus facilement abstraite lors de l'apprentissage. Cette fonction avait d'ailleurs été employée spontanément par un participant remarqué par Carroll (figure 16, participant 25) pour tenter de relier fonctionnellement des paires de stimulus-réponse aléatoires.

Une seconde possibilité est que les participants des autres études ne soient pas parvenus à se représenter la fonction inhérente aux données (stimulus-réponse) de la phase d'apprentissage. Autrement dit, si le type de fonction n'appartient pas au répertoire cognitif dont dispose le participant alors celui-ci ne peut pas être extrait des données fournies en apprentissage pour produire des extrapolations. Si l'on s'en tient aux résultats de cette recherche, il semblerait que les individus soient davantage exposés dans leur environnement à des fonctions cycliques qu'à des fonctions quadratiques.

Guigon (2004), utilisant la méthode de DeLosh et *al.* (1997), a étudié l'apprentissage et l'extrapolation humaine et artificielle à partir de fonctions linéaire-positive, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé. Ses résultats (figure 20) sont congruents avec ceux de DeLosh et *al.* (1997) aussi bien en apprentissage qu'en extrapolation et interpolation. La fonction linéaire est la plus vite apprise, suivie de la fonction exponentielle puis de la fonction curvilinéaire. Les mêmes déviations systématiques ont été observées : (a) les participants sous-

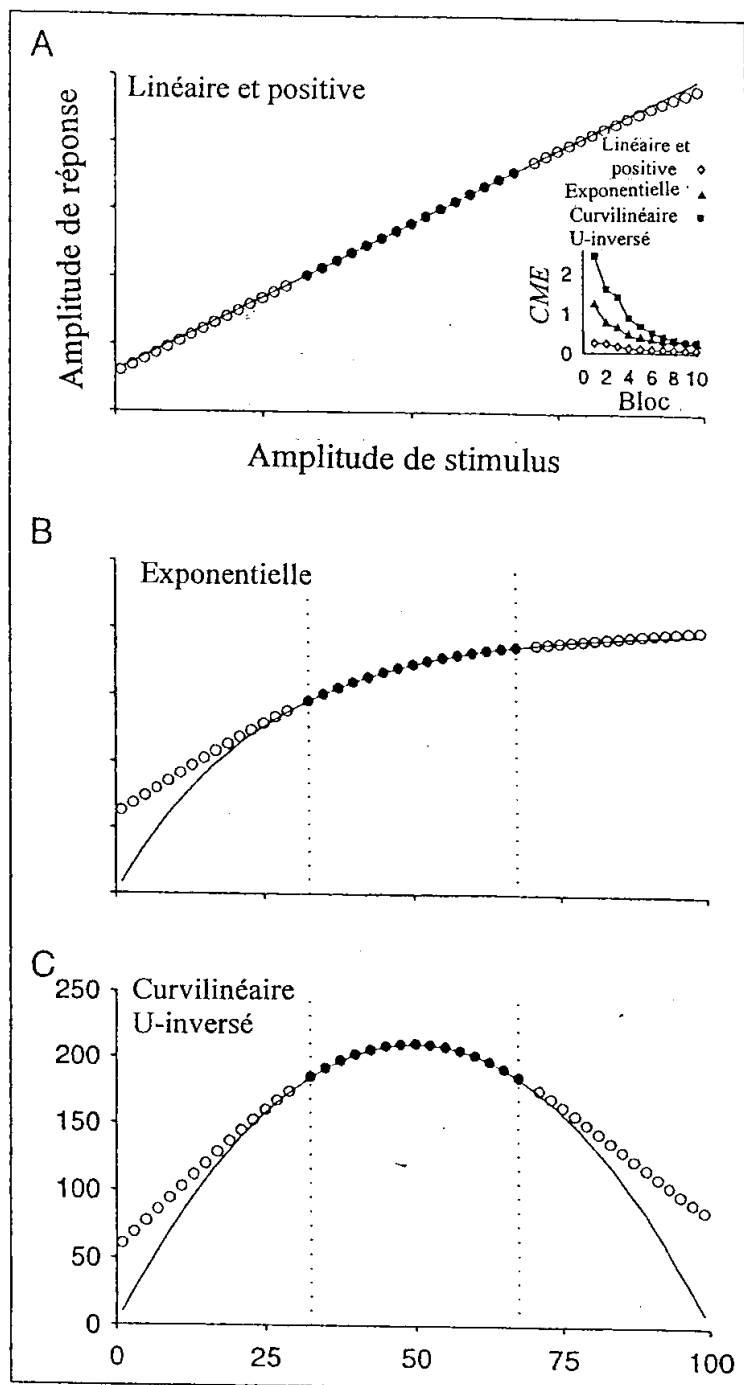


Figure 20. Résultats de Guigon (2004). Apprentissage CME (valeurs moyennes) selon les blocs et Test (Valeurs moyennes de jugements) pour les trois types de relations fonctionnelles indice-critère (linéaire-positive, exponentielle et curvilinéaire en forme de U-inversé) selon l'amplitude de stimulus.

estiment la fonction linéaire et (b) surestiment les fonctions exponentielle et curvilinéaire.

Lewandowsky et *al.* (2002) ont mené une recherche soutenant l'idée que le processus d'apprentissage n'est pas toujours cohérent mais peut varier en fonction d'une information contextuelle. En effet, pour simplifier l'apprentissage dans une situation complexe, l'adaptation pourrait s'effectuer par parcellisations indépendantes des connaissances contenant des informations mutuellement contradictoires. Les auteurs se sont servis du paradigme d'apprentissage fonctionnel de DeLosh et *al.* (1997) pour valider leur hypothèse. L'apprentissage de trois fonctions (curvilinéaire en forme de U, linéaire-positive et linéaire-négative) a été réalisé sur une population de jeunes adultes.

Dans une première expérience, 41 participants ont évalué la vitesse de propagation d'un feu sur une pente en fonction de plusieurs indicateurs (a) la vitesse du vent (représentée sous la forme d'une longueur variable de barre horizontale) (b) la pente de la colline (constante et descendante dans la même direction que le vent), et (c) un indice contextuel sur le type de feu (présenté textuellement : « *backburn* » : feu planifié volontairement pour freiner un feu naturel ; ou « *fire fight* » : feu non planifié). Ces deux indices contextuels obéissant aux mêmes lois physiques, les variations de contexte doivent être inhibées pour répondre rationnellement. En effet, lorsqu'un feu est allumé, sa vitesse de propagation dépend de la vitesse du vent et de la pente du terrain, peu importe si le feu est un « *backburn* » ou un « *fire fight* ».

Dans cette expérience, la vitesse de propagation du feu est établie à partir d'une fonction curvilinéaire en forme de U. La pente de la colline étant considérée

constante, l'équation de la fonction utilisée par les auteurs est : Y (vitesse de propagation du feu) = $24.2 - 1.8X$ (vitesse du vent) + $0.05X^2$. Alors que le contexte devrait être inhibé lors de la prise de décision, Lewandowsky et Kirsner (2000) ainsi que Kruschke (1992) ont montré que celui-ci pouvait intervenir de façon plus prégnante que la considération des lois physiques. En effet, le sommet de cette fonction ($X = 18$) représente le point d'inversion de l'effet de la vitesse du vent sur la vitesse de propagation du feu. A cette vitesse, le vent est suffisant pour contrebalancer l'effet de la pente et ralentir au maximum la vitesse de propagation du feu. En dessous de cette vitesse, plus le vent sera faible, plus la vitesse de propagation augmentera en raison de la pente du terrain. Au-dessus de cette vitesse, plus le vent sera fort, plus la vitesse de propagation augmentera en raison, également, de la pente du terrain. Ainsi, Lewandowsky et *al.* (2002) ont distingué deux conditions (contrôle et expérimentale) afin de mettre en évidence, à travers la capacité d'extrapolation des participants, une parcellisation des connaissances en fonction de la situation contextuelle apprise dans la situation expérimentale.

Pour la première expérience, deux tâches d'apprentissage ont été construites formant deux conditions distinctes. L'une, nommée contexte aléatoire (« *Randomized context* »), impliquait l'apprentissage préalable d'une série de 36 valeurs de stimulus continues reliés à des valeurs de réponse continues correspondante à une portion définie de la fonction (180 essais au total). Cette condition constituait la condition contrôle. Les deux contextes et les valeurs de stimuli ont été présentés aléatoirement selon la même fréquence. La condition expérimentale, nommée contexte systématique (« *systematic-context* »), nécessitait l'apprentissage préalable d'une série de 36 valeurs de stimuli également reliés de façon continue avec les réponses mais les contextes n'étaient pas présentés

aléatoirement (180 essais au total). La situation « *backburn* » était associée systématiquement à des vitesses de vent inférieures à 18 et la situation « *fire fight* » à des vitesses de vent supérieures à 18. Une fois l'apprentissage réalisé (figure 21), une phase de test comportant 74 présentations d'items nouveaux permettait d'observer l'extrapolation de la fonction apprise.

Les résultats sont présentés à la figure 22. Tous les participants ont été capables d'extrapoler la pente de la courbe apprise. Les réponses ont été sensibles au contexte uniquement dans la situation expérimentale. On peut constater la prégnance du contexte en observant les déviations des réponses lorsque les participants estiment des vitesses de propagation du feu dans un sens opposé à celui suggéré contextuellement en apprentissage. Ce résultat, selon les auteurs, témoigne d'une acquisition parcellisée de la fonction à apprendre. Malgré les liens fonctionnels entre les stimuli et les réponses en situation de contexte systématique, une attention importante a été accordée au contexte. Cette attention a influencé de façon non rationnelle la prise de décision des participants. Les deux moitiés de la fonction ont été apprises comme deux fonctions distinctes, une selon chaque contexte présenté. Le contexte a eu pour effet d'inhiber l'application des lois physiques en vigueur.

Le même phénomène a été observé dans une seconde expérience impliquant l'utilisation d'une fonction linéaire-négative. L'apprentissage établi (figure 23), une influence du contexte a été observée uniquement en situation expérimentale (figure 24). Il apparaît que les participants du groupe expérimental se représentent deux fonctions linéaires et négatives parallèles selon la situation contextuelle évoquée (1 et 2) alors que le groupe contrôle obtient des résultats homogènes et indépendants

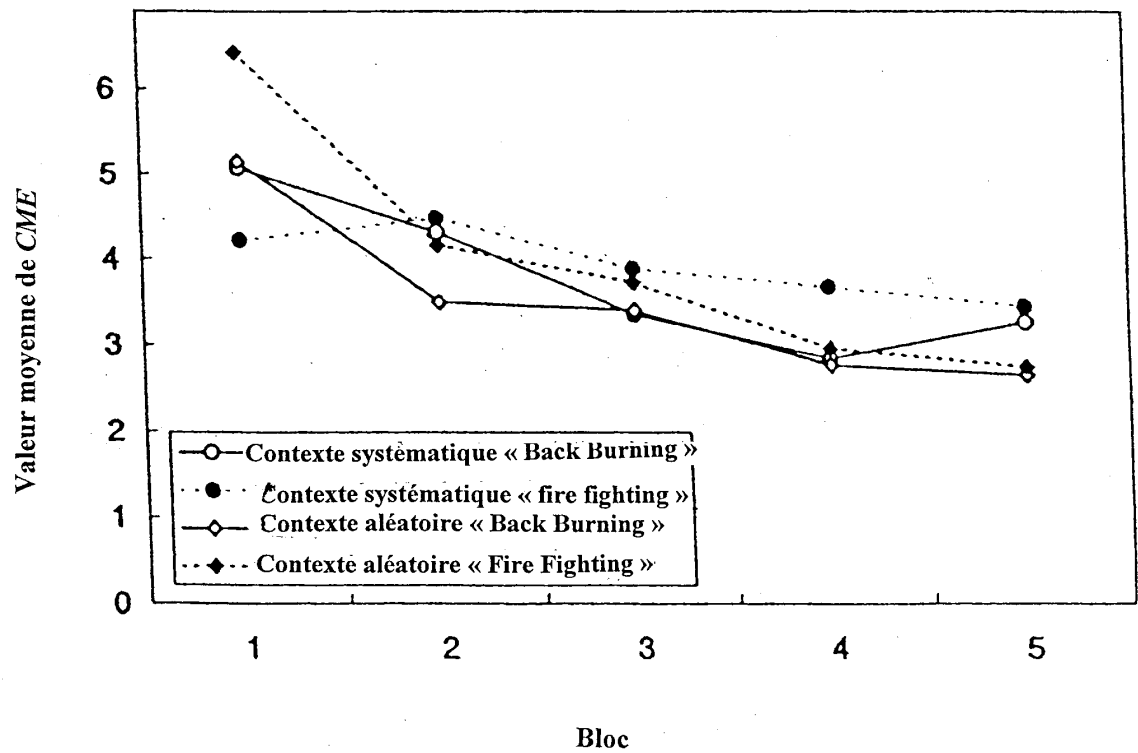


Figure 21. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, *Expérience 2*). Apprentissage. CME (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle curvilinéaire en forme de U selon les blocs et le contexte.

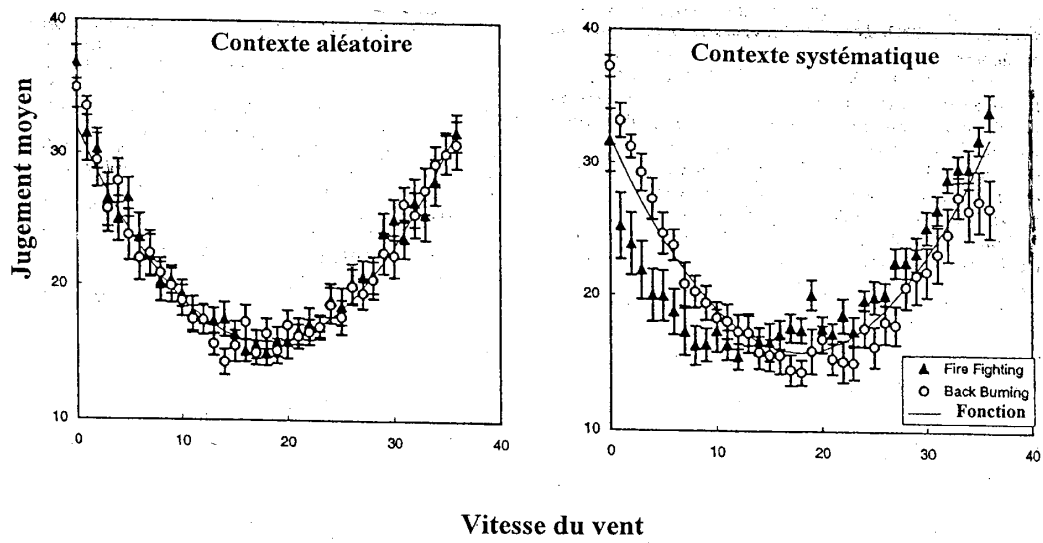


Figure 22. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, *Expérience 2*). Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendues en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle curvilinéaire en forme de U selon le contexte.

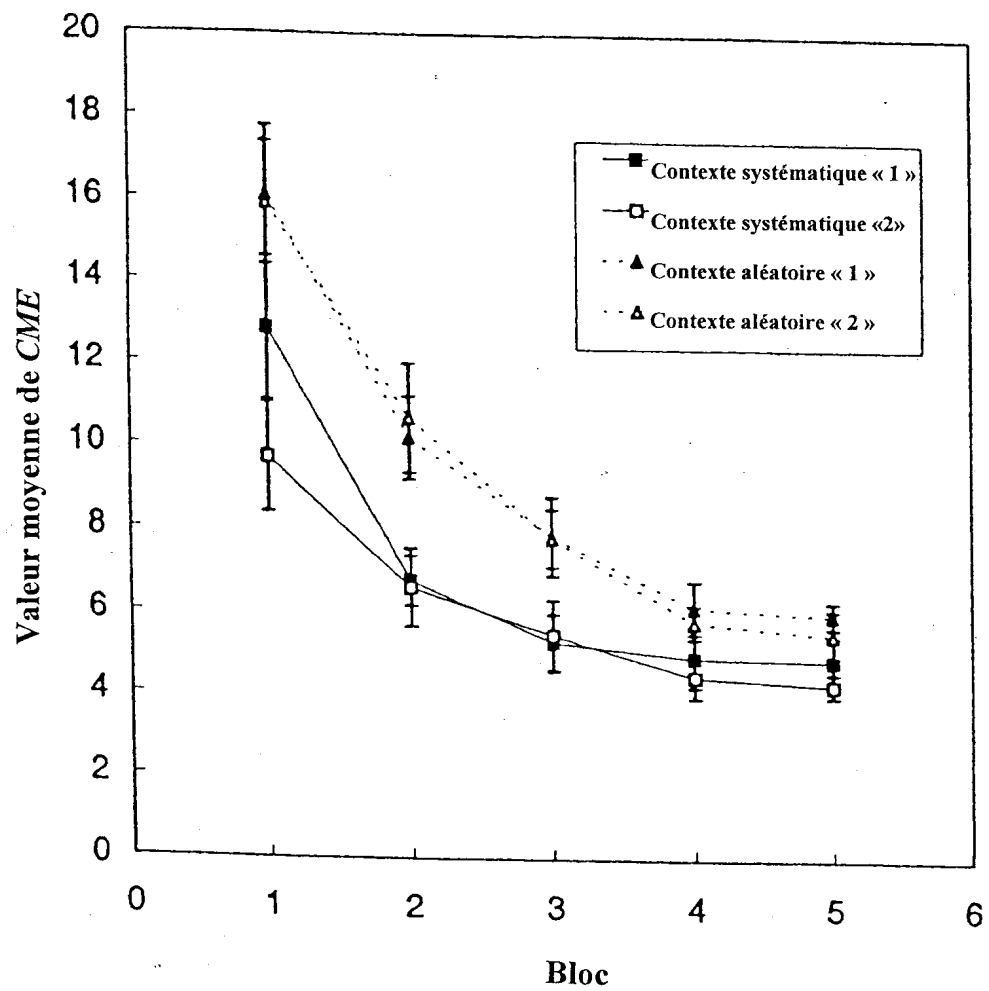


Figure 23. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 3), Apprentissage. CME (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle linéaire-négative selon les blocs et le contexte.

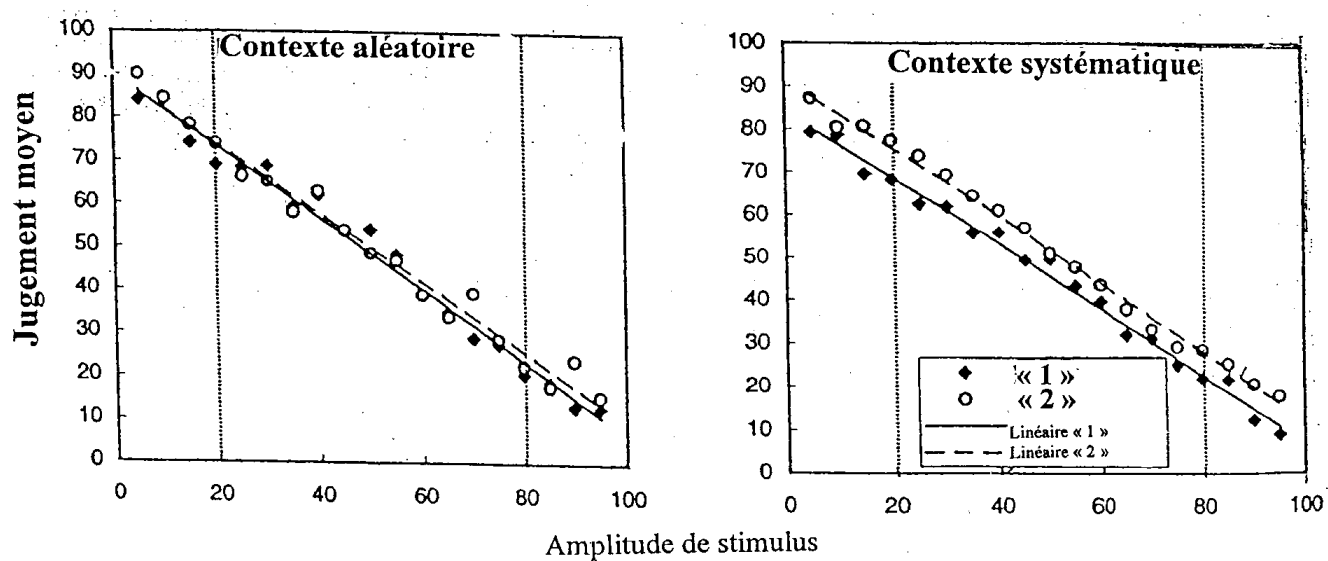


Figure 24. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, Expérience 3). Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendue en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle linéaire-négative selon le contexte.

du contexte. A nouveau, la fonction étudiée permet d'observer une parcellisation indépendante des connaissances en situation expérimentale.

Une troisième expérience a étudié une fonction linéaire-positive. Aucun effet lié au contexte n'a été observé dans les deux conditions ni en apprentissage (figure 25), ni en phase de test (figure 26). Seules les régions d'extrapolation (haute et basse) ont un impact et présentent les mêmes déviations sur-estimatives et sous-estimatives que celles observées par DeLosh et al (1997). Les participants obtiennent également de meilleurs résultats en zone d'interpolation qu'en zone d'extrapolation. Pour les auteurs, la parcellisation indépendante des connaissances n'est pas employée dans le processus d'apprentissage d'une fonction linéaire-positive. Dans cette situation, le contexte est totalement ignoré lors de l'apprentissage. Les résultats du groupe contrôle sont identiques à ceux du groupe expérimental. Le processus de traitement de l'information est entièrement automatisé.

Les auteurs concluent que, dans une tâche d'apprentissage de fonction, les individus créent une parcellisation indépendante de leurs connaissances, à chaque fois que cela est possible, en s'inspirant du contexte, afin de se simplifier l'apprentissage d'une tâche complexe. La seule exception concerne l'apprentissage d'une fonction linéaire-positive, réputée correspondre à l'hypothèse par défaut émise par des participants en apprentissage fonctionnel⁹.

⁹ A un niveau théorique, les auteurs remettent en cause le modèle *EXAM* en soulignant qu'il faudrait inclure une dimension contextuelle dont l'importance serait évaluée par un processus attentionnel à l'image du modèle *ATRIUM* développé par Erickson et Kruschke (1998).

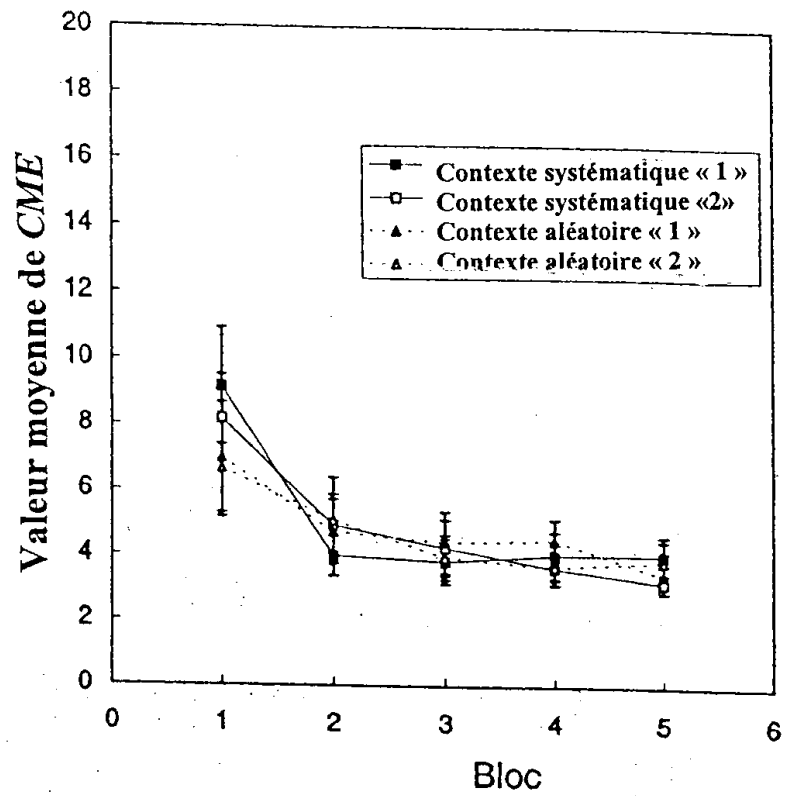


Figure 25. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, *Expérience 4*), Apprentissage. CME (valeurs moyennes) en relation fonctionnelle linéaire-positive selon les blocs et le contexte.

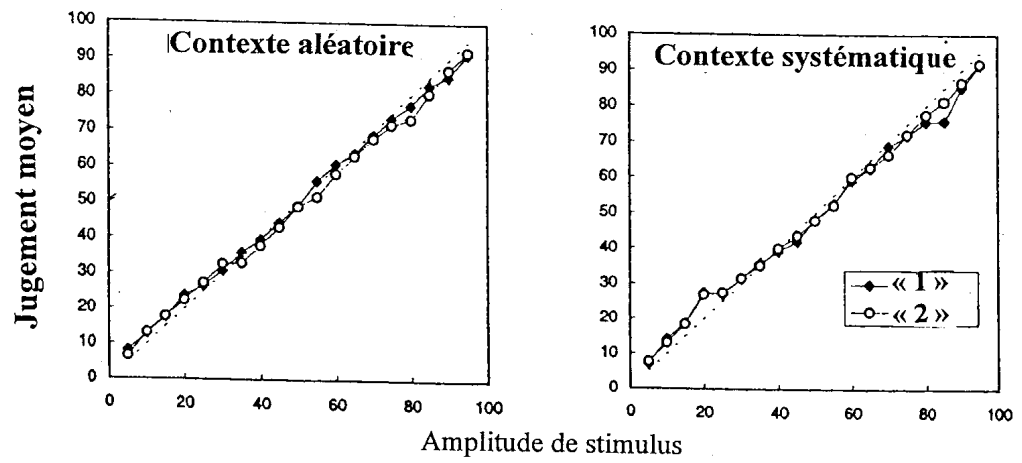


Figure 26. Résultats de Lewandowsky, Kalish, & Ngang (2002, *Expérience 4*). Test. Valeurs moyennes de jugements et valeurs attendues en fonction de l'amplitude de stimulus en relation fonctionnelle linéaire-positve selon le contexte.

5. Hypothèses

Notre première expérience a pour but de mettre en évidence les capacités d'extrapolation des personnes âgées compte tenu du fait que l'extrapolation capture ce qui est abstrait lors d'un apprentissage fonctionnel (DeLosh et *al.*, 1997). Les fonctions étudiées seront linéaire-positif (RD) et négatif (RI) – et non linéaires – curvilinéaires en forme de U (RU) et en forme de U-inversé (RUI).

Nous fondant sur le fait que les capacités cognitives associées à la phase de représentation lors de la mise en œuvre des fonctions exécutives pourraient être préservées chez les personnes âgées, nous nous attendons à ce que, dans une situation à un seul indice, (a) en condition RD, aucune différence liée à l'âge ne soit observée en apprentissage et en extrapolation, (b) en condition RI, les personnes âgées soient capables d'apprendre la relation inverse, mais plus lentement que les jeunes adultes ; une différence seulement quantitative est donc supposée entre jeunes et âgés, (c) en condition RI, les personnes âgées soient capables d'extrapoler, en dépit d'une performance quantitativement plus faible que celle des participants plus jeunes.

Pour les mêmes raisons, nous nous attendons concernant les conditions curvilinéaires (en forme de U et de U-inversé), (d) à ce que les personnes âgées soient capables d'apprendre mais moins rapidement que les personnes jeunes, ce qui devrait se traduire par une différence en fonction de l'âge dans les performances d'apprentissage, et (e) à ce que bien que les personnes âgées soient capables d'extrapoler, avec des performances quantitativement plus faibles que celles des personnes plus jeunes.

En résumé, aucune différence importante n'est prévue dans la condition directe, des différences quantitatives sont prévues entre les différents groupes d'âge pour les conditions RI, RU et RUI, les plus jeunes participants ayant de meilleures performances que les âgés. Des différences qualitatives ne sont pas prévues : nous faisons l'hypothèse que tous les groupes d'âge sont capables d'apprendre toutes les relations indice-critère et d'extrapoler à partir de ces relations.

Chapitre 2

Expérience n°1

6. Méthode

6.1. Participants

Cent quatre vingt douze personnes (48 répartis selon quatre groupes d'âge) ont été recrutées pour participer à cette expérience. Vingt quatre hommes et vingt quatre femmes constituaient chaque groupe d'âge. Le premier groupe (18-25 ans) était constitué essentiellement de volontaires recrutés en université mais également en dehors du système scolaire ($M = 22.73$, $ET = 2.50$). Le second groupe (40-50 ans) était composé d'adultes actifs d'âge mûr ($M = 45.58$, $ET = 2.95$). Le troisième groupe (65-75 ans) était constitué de personnes retraitées vivant à domicile ($M = 69.94$, $ET = 2.51$). Le quatrième groupe (76-90 ans) était composé de trente quatre personnes vivant en foyer-logement et de quatorze personnes vivant à domicile ($M = 82.79$, $ET = 3.24$). Aucune d'entre elles n'était hospitalisée. Ces participants avaient été recrutés dans des associations ou par l'intermédiaire de contacts personnels.

En raison de l'évolution de notre système éducatif, les personnes âgées de moins de 50 ans avaient un nombre d'année d'étude (18-25 ans : $M = 12.43$, $ET = 1.87$; 40-50 ans : $M = 12.22$, $ET = 1.80$) supérieur d'environ deux ans à celui des personnes âgées (65-75 ans : $M = 10.23$; $ET = 1.34$; 76-90 ans : $M = 9.92$, $ET = 0.79$). Un test de vocabulaire (WAIS-R, Wechsler, 1981) passé après

l'expérience¹⁰, a montré que le groupe des 40-50 ans ($M = 13.95$, $ET = 1.49$) était légèrement supérieur aux trois autres (18-25 ans : $M = 13.45$, $ET = 2.03$; 65-75 ans : $M = 12.21$, $ET = 1.73$; 76-90 ans : $M = 11.65$, $ET = 1.21$), $F(3,188) = 20.52$; $p < 001$. Les participants les plus âgés (à partir de 65 ans) ont également été testés au *MMSE* (*Mini Mental State Examination* ; Crum, Anthony, Bassett et Folstein, 1993 ; Folstein M. F., Folstein S. E. et McHugh, 1975) dans le but d'exclure des personnes présentant des signes de démence précoce. Aucun score observé n'était inférieur au seuil d'exclusion de 24 ($M = 29.37$, $ET = 0.811$, Minimum = 27, Maximum = 30). Quarante huit participants (12 par groupe d'âge) ont été aléatoirement répartis dans l'une des quatre conditions fonctionnelles (linéaire-positive (RD), linéaire-négative (RI), curvilinéaire en forme de U (RU) et curvilinéaire en forme de U-inversé (RUI)).

On s'est assuré que tous les participants avaient une vision suffisante pour l'accomplissement de la tâche.

6.2. Matériel

Deux types de matériel ont été utilisés, l'un pour la phase d'apprentissage, l'autre pour la phase de test.

Le matériel de la phase d'apprentissage était constitué de huit sous-ensembles identiques de huit fiches cartonnées (20 x 12.5 cm), chacune portant une valeur d'indice présentée sous la forme d'une barre verticale colorée (en marron) de hauteur variable qui indiquait le niveau de l'indice (figure 27). La hauteur de barre pouvait prendre huit valeurs, de 5.5 cm à 10.75 cm (incrémentations 0.75).

¹⁰ La liste de mots retenus pour les expériences 1 et 2 est fournie en annexe III

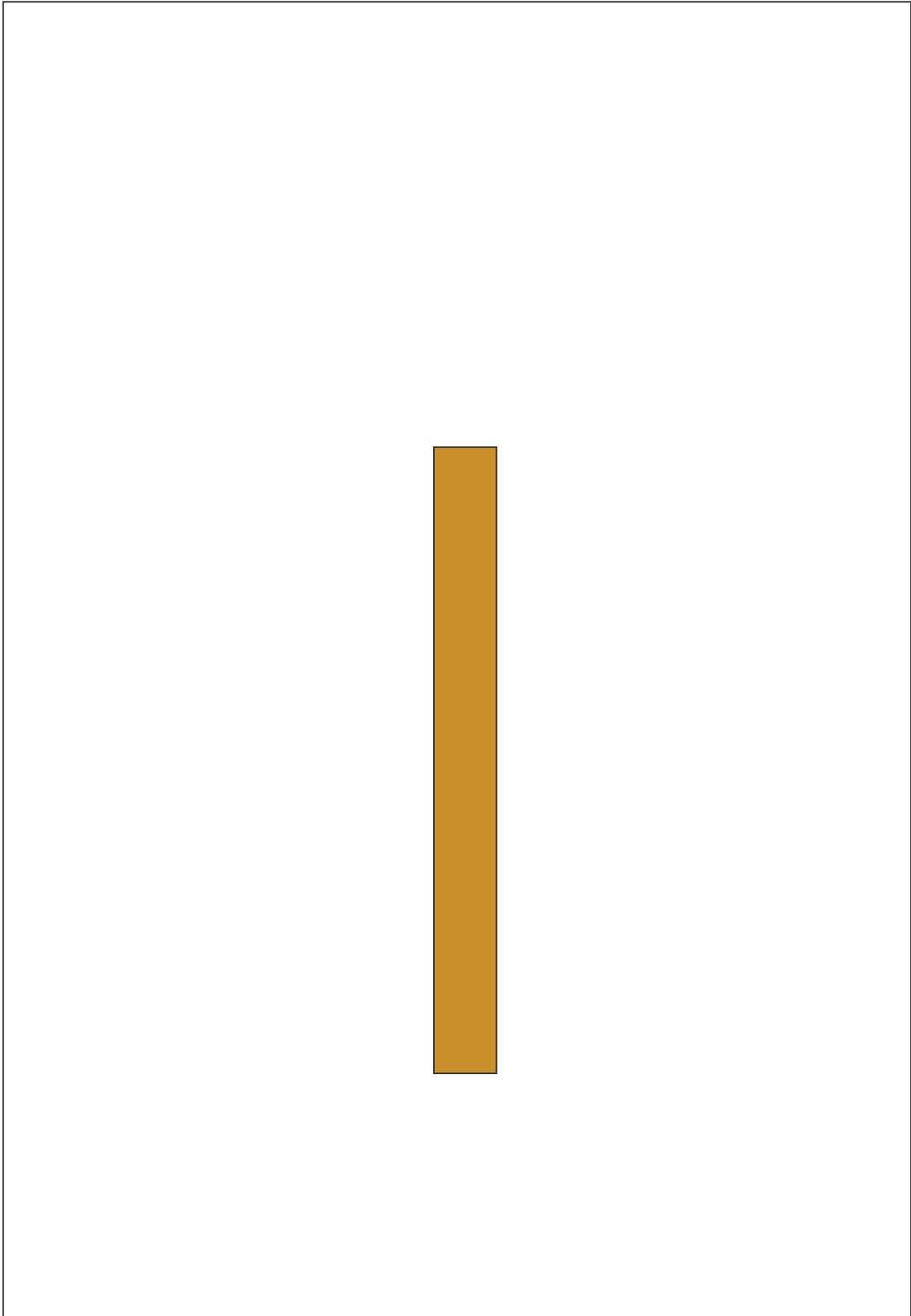


Figure 27. Expérience 1. Matériel. Reproduction d'une des fiches fournie aux participants.

Les valeurs de critère étaient notées au dos de chaque carte. Elles variaient selon la condition expérimentale. Ces valeurs étaient données par l'équation $y = 2x$ pour la condition RD (y correspondant à la valeur du critère et x à la valeur de l'indice), $y = 32.5 - 2x$ pour la condition RI, $y = 35.133 - 8.53x + 0.533x^2$ pour la condition RU et $y = -3.133 + 8.53x - 0.533x^2$ pour la condition RUI. Pour chaque condition expérimentale, les valeurs de critère correspondant à celles de l'indice, en phase d'apprentissage, sont fournies aux tableaux 1 (RD) ; 2 (RI) ; 3 (RU) et 4 (RUI).

Le matériel de la phase de test était composé d'un ensemble de 21 fiches cartonnées (20 x 12.5 cm). Les valeurs d'indice, toutes différentes de celles de la phase d'apprentissage, s'étendaient de 0.5 à 15.5 cm. Toutes ces valeurs s'incrémentaient de 0.75 cm. Pour chacune des quatre conditions, les valeurs du critère ont été calculées selon les mêmes équations que précédemment. Aucune valeur numérique n'apparaissait au dos des fiches. Les valeurs de critère correspondant à celles de l'indice, en phase de test, sont reportées, pour chaque condition expérimentale, dans les tableaux 5 (RD) ; 6 (RI) ; 7 (RU) et 8 (RUI).

6.3. Procédure

Notre méthodologie a impliqué deux phases successives, une phase d'apprentissage et une phase de test.

6.3.1. Phase d'apprentissage

La tâche était présentée aux participants comme une tâche de prévision météorologique (consignes fournies en annexe III). Il s'agissait d'apprendre à prévoir la température météorologique (le critère) en fonction d'un indice. Pour ce faire, on leur fournirait différentes situations. Chacune serait décrite par la hauteur d'une barre verticale présentée sur une fiche (l'indice). La température

Tableau 1.

Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RD. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	11 ; 12.5 ; 14 ; 15.5 ; 17 ; 18.5 ; 20 ; 21.5
Indice	5.5 ; 6.25 ; 7 ; 7.75 ; 8.5 ; 9.25 ; 10 ; 10.75

Tableau 2.

Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	21.5 ; 20 ; 18.5 ; 17 ; 15.5 ; 14 ; 12.5 ; 11
Indice	5.5 ; 6.25 ; 7 ; 7.75 ; 8.5 ; 9.25 ; 10 ; 10.75

Tableau 3.

Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RU. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice dans la condition RU

Critère	5 ; 3 ; 2 ; 1 ; 1 ; 2 ; 3 ; 5
Indice	5.375 ; 6.125 ; 6.875 ; 7.625 ; 8.375 ; 9.125 ; 9.875 ; 10.625

Tableau 4.

Expérience 1. Matériel. Apprentissage. RUI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice dans la condition RUI

Critère	27 ; 29 ; 30 ; 31 ; 31 ; 30 ; 29 ; 27
Indice	5.375 ; 6.125 ; 6.875 ; 7.625 ; 8.375 ; 9.125 ; 9.875 ; 10.625

Tableau 5.

Expérience 1. Matériel. Test. RD. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	1 ; 2.5 ; 4 ; 5.5 ; 7 ; 8.5 ; 10 ; 11.5 ; 13 ; 14.5 ; 16 ; 17.5 ; 19 ; 20.5 ; 22 ; 23.5 ; 25 ; 26.5 ; 28 ; 29.5 ; 31
Indice	0.5 ; 1.25 ; 2 ; 2.75 ; 3.5 ; 4.25 ; 5 ; 5.75 ; 6.5 ; 7.25 ; 8 ; 8.75 ; 9.5 ; 10.25 ; 11 ; 11.75 ; 12.5 ; 13.25 ; 14 ; 14.75 ; 15.5

Tableau 6.

Expérience 1. Matériel. Test. RI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	31 ; 29.5 ; 28 ; 26.5 ; 25 ; 23.5 ; 22 ; 20.5 ; 19 ; 17.5 ; 16 ; 14.5 ; 13 ; 11.5 ; 10 ; 8.5 ; 7 ; 5.5 ; 4 ; 2.5 ; 1
Indice	0.5 ; 1.25 ; 2 ; 2.75 ; 3.5 ; 4.25 ; 5 ; 5.75 ; 6.5 ; 7.25 ; 8 ; 8.75 ; 9.5 ; 10.25 ; 11 ; 11.75 ; 12.5 ; 13.25 ; 14 ; 14.75 ; 15.5

Tableau 7.

Expérience 1. Matériel. Test. RU. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	31 ; 25 ; 20 ; 16 ; 12 ; 8 ; 6 ; 4 ; 2 ; 1 ; 1 ; 1 ; 2 ; 4 ; 6 ; 8 ; 12 ; 16 ; 20 ; 25 ; 31
Indice	0.5 ; 1.25 ; 2 ; 2.75 ; 3.5 ; 4.25 ; 5 ; 5.75 ; 6.5 ; 7.25 ; 8 ; 8.75 ; 9.5 ; 10.25 ; 11 ; 11.75 ; 12.5 ; 13.25 ; 14 ; 14.75 ; 15.5

Tableau 8.

Expérience 1. Matériel. Test. RUI. Valeur du critère correspondant à celle de l'indice.

Critère	1 ; 7 ; 12 ; 16 ; 20 ; 24 ; 26 ; 28 ; 30 ; 31 ; 31 ; 31 ; 30 ; 28 ; 26 ; 24 ; 20 ; 16 ; 12 ; 7 ; 1
Indice	0.5 ; 1.25 ; 2 ; 2.75 ; 3.5 ; 4.25 ; 5 ; 5.75 ; 6.5 ; 7.25 ; 8 ; 8.75 ; 9.5 ; 10.25 ; 11 ; 11.75 ; 12.5 ; 13.25 ; 14 ; 14.75 ; 15.5

correspondant à la hauteur de barre serait notée au dos de la carte. Les participants étaient avertis du fait que la tâche serait peut-être un peu difficile au début mais qu'ils apprendraient progressivement au fil des essais. L'étendue des valeurs d'indice n'était pas fournie aux participants.

Durant la phase d'apprentissage, deux blocs de 32 essais ont été présentés. Chaque bloc était constitué de quatre séries comportant chacune les huit valeurs d'indice. A l'intérieur d'un même bloc, les stimuli étaient présentés aléatoirement. Les participants devaient, pour chaque essai, (a) examiner attentivement les valeurs d'indices proposées, (b) effectuer leur prévision par une valeur chiffrée, et (c) lire le chiffre ou le nombre inscrit au dos de la carte à haute voix. Huit essais préliminaires correspondants aux huit valeurs d'indice ont été présentés aux participants comme une phase de familiarisation. Les données de ces essais n'ont pas été prises en compte dans les analyses. A la fin du deuxième bloc, nous avons ajouté trois essais supplémentaires, sans feedback, dans le but d'apprendre aux participants à faire des interpolations et des extrapolations. Ces trois cartes distribuées aléatoirement parmi les huit dernières ont été marquées au recto de manière à ce que le participant se rende compte qu'il s'agissait de cartes particulières. Les hauteurs de barres correspondantes étaient 5.5, 7.75 et 10.75 cm. Dès la présentation de la première de ces trois cartes, les participants étaient prévenus que ceci avait pour but de les familiariser avec la suite de l'expérience.

Une minute de pause était accordée aux participants entre la phase d'apprentissage et la phase de test.

6.3.2. Phase de test

Les 21 valeurs d'indice étaient présentées aléatoirement. Les participants étaient informés qu'ils devraient désormais effectuer des prévisions pour des hauteurs de barres qu'ils n'avaient pas encore rencontrées et qu'ils ne recevraient plus de feedback. Ils devaient pour chaque essai, (a) examiner attentivement les valeurs d'indices proposées et (b) effectuer leur prévision par une valeur chiffrée.

Pendant la phase d'apprentissage comme pendant celle de test, aucun délai de réponse n'était imposé. Les passations étaient individuelles et duraient selon les participants de trente minutes à une heure.

7. Hypothèses

Nos différentes hypothèses prennent appui sur les travaux énoncés précédemment. Afin de mettre en évidence l'évolution selon l'âge de la capacité d'extrapolation en appréciant les différences intergroupes, nos hypothèses portent sur la mesure du *Carré Moyen de l'Erreur (CME)*, c'est à dire la moyenne des différences élevées au carré entre jugements et valeurs théoriques. La figure 28 présente les configurations de courbes de jugements attendus selon l'âge des participants (18-25, 40-50, 65-75 et 76-90 ans) et les valeurs croissantes d'indices aussi bien en apprentissage qu'en extrapolation, selon la condition RD, RI, RU et RUI.

Une première hypothèse est relative à l'apprentissage et à l'extrapolation lorsque la fonction est directe à un indice. Nous nous attendons à ce qu'aucune différence liée à l'âge ne soit observée entre les valeurs de CME. Chez tous les sujets, les valeurs de jugement en extrapolation haute devraient être sous-estimées. Chez les

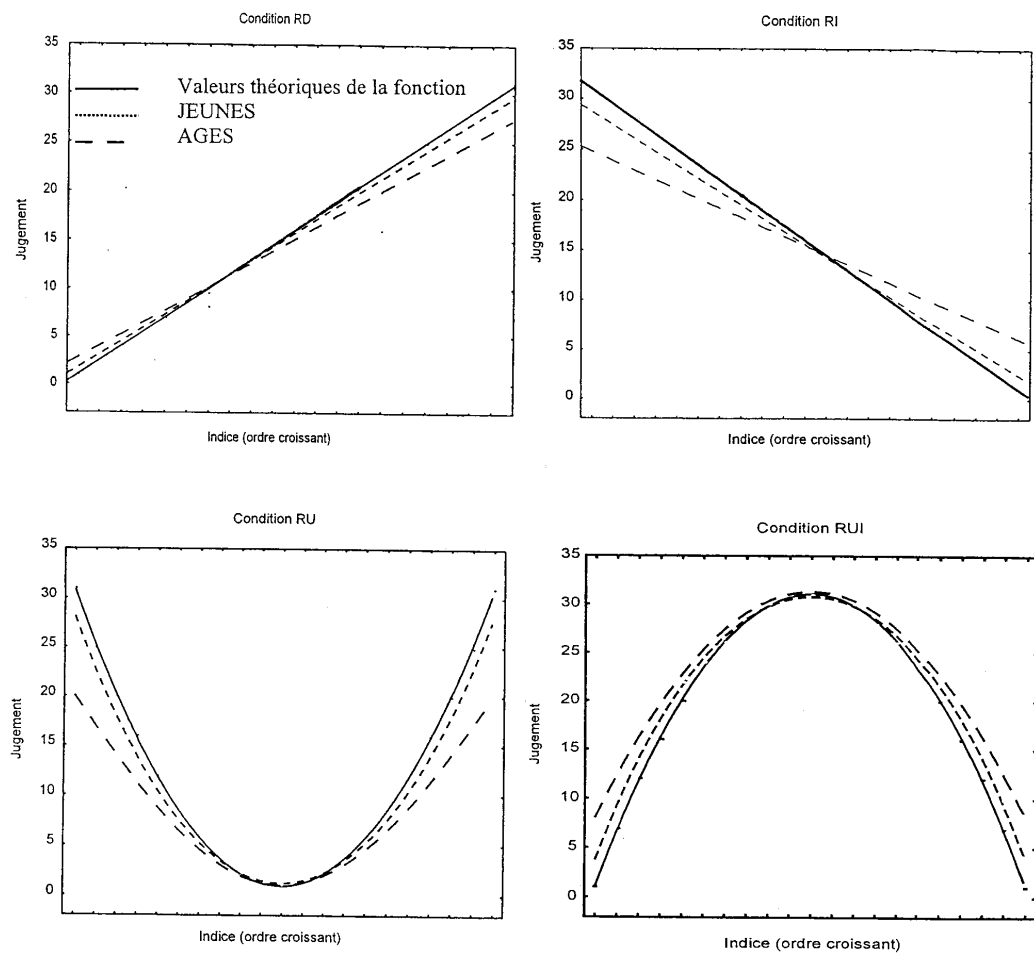


Figure 28. Expérience 1. Courbes théoriques. Configuration des courbes de jugements attendus selon la condition (RD ;RI ;RU ;RUI), l'âge et les valeurs croissantes d'indices.

personnes âgées, les travaux de Muñoz-Sastre et *al.* (1999) nous permettent d'envisager des sous-estimations un peu plus prononcées en extrapolation haute, toutefois la nature de la tâche est différente.

Une seconde hypothèse concerne l'apprentissage et l'extrapolation lorsque la fonction est inverse à un indice. Nous nous attendons à des différences de performances sous l'effet de l'âge entre les deux blocs d'apprentissage. Les scores de *CME* pourraient être plus élevés chez les personnes âgées car leur apprentissage de ce type de relation est supposé être plus lent. En conséquence, les scores d'extrapolation refléteraient cette faiblesse et se traduiraient par des valeurs de *CME* plus élevées que celles des plus jeunes. Toutefois, les différences observées ne devraient être que de nature quantitative et la configuration des courbes similaire à tous les groupes d'âge.

Une troisième hypothèse est relative à l'apprentissage et l'extrapolation de fonction curvilinéaires (en forme de U et de U-inversé). Comme dans l'hypothèse précédente, nous nous attendons pour les mêmes raisons à des valeurs de *CME* plus élevées en fonction de l'avancée en âge lors de l'apprentissage et de l'extrapolation. En conséquence, nous nous attendons à ce que les personnes âgées soient, sur un plan qualitatif, aussi capables que les plus jeunes d'apprendre et d'extrapoler les deux relations curvilinéaires en dépit de quelques différences quantitatives.

8. Résultats

8.1. Phase d'apprentissage

La figure 29 présente les réponses moyennes pour les conditions RD et RI et la figure 30 pour les conditions RU et RUI. Dans les deux figures, l'axe des abscisses

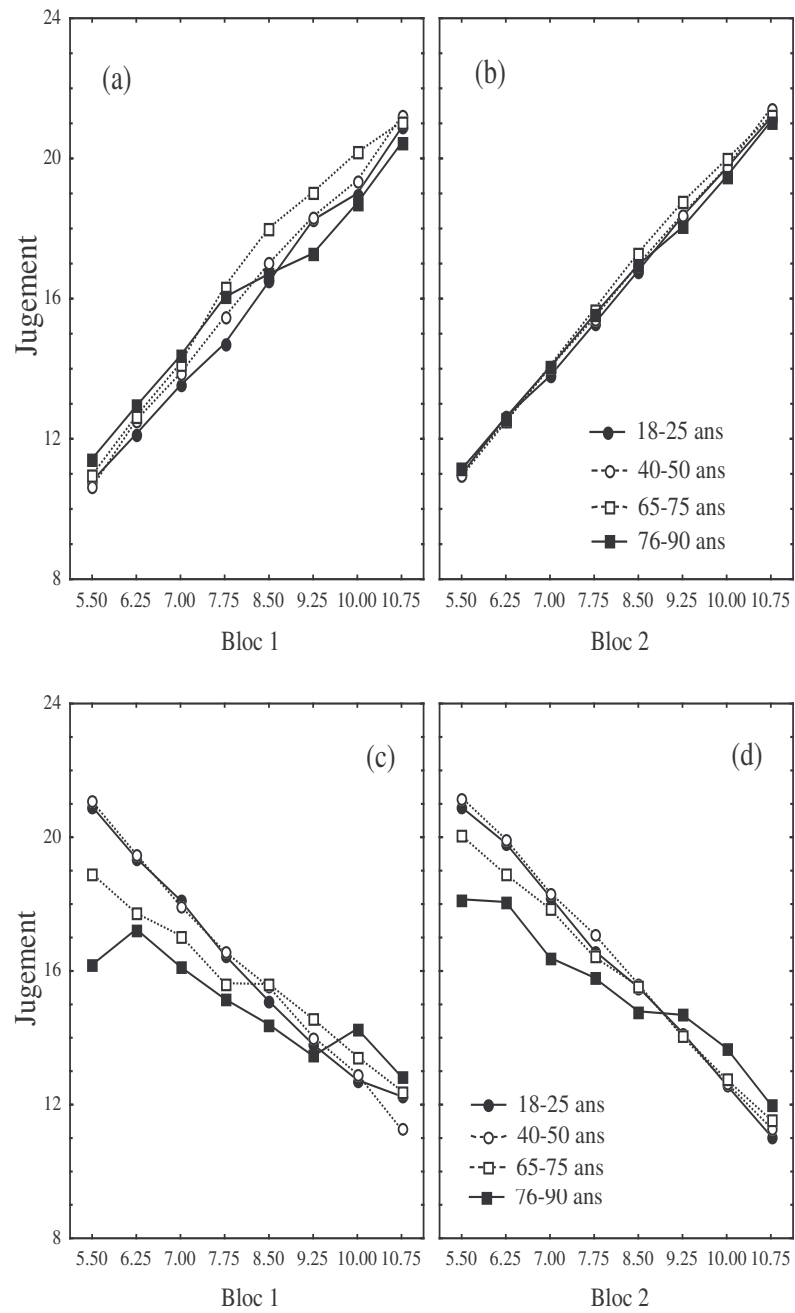


Figure 29. Expérience 1. Apprentissage. Evolution des moyennes de jugements selon l'âge en fonction des valeurs d'indice pour les deux blocs d'apprentissage dans les conditions RD (a et b) et RI (c et d).

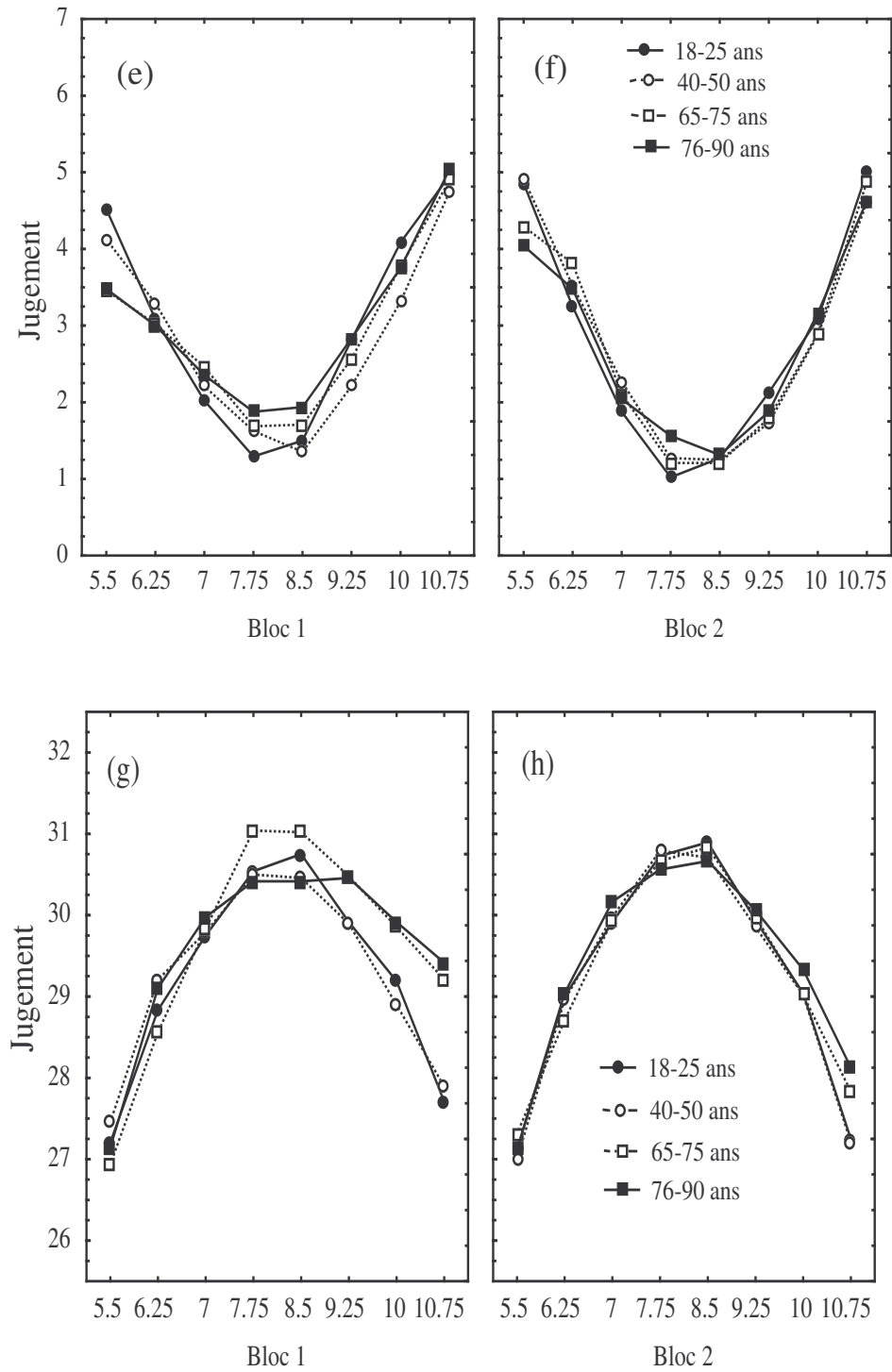


Figure 30. Expérience 1. Apprentissage. Evolution de moyennes de jugements selon l'âge en fonction des valeurs d'indice pour les deux blocs d'apprentissage en condition RU (e et f) et RUI (g et h).

présente les huit valeurs d'indice et l'axe des ordonnées les valeurs des jugements. Les panneaux de gauche indiquent les résultats obtenus au bloc 1 d'apprentissage et ceux de droite aux résultats du bloc 2. Les quatre représentations graphiques correspondent aux quatre groupes d'âge.

Nous remarquons que (a) l'apprentissage prend place très rapidement chez tous les participants en relation directe, (b) l'apprentissage s'installe également très rapidement en relation inverse mais la courbe des personnes âgées est moins pentue que celles des autres groupes, (c) l'apprentissage s'installe plus rapidement chez les participants des deux groupes les plus jeunes que chez les groupes les plus âgés dans la situation à relation curvilinéaire en forme de U et en forme de U-inversé. Ces résultats sont également fournis, pour chaque condition expérimentale, par les tableaux 9 (RD) ; 10 (RI) ; 11 (RU) ; 12 (RUI).

Comme dans les expériences de DeLosh et *al.* (1997), une analyse de variance (ANOVA) de plan Age x Condition x Bloc x Valeur (4 x 4 x 2 x 8) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été menée sur le *CME* entre les jugements et les valeurs de feedback. Les résultats sont présentés dans le tableau 13. En raison du nombre important de comparaisons à réaliser, le seuil de significativité retenu est $p = .01$.

L'effet de l'âge des participants se révèle significatif, $F(3,176) = 27.49$; $p < .001$. Les quatre valeurs de *CME* sont 0.54, 0.42, 1.10 et 2.22. Ainsi, on remarque que l'erreur est plus importante au sein du groupe de personnes âgées de 76-90 ans qu'au sein des autres groupes de participants. L'effet de la condition est également significatif, $F(3,176) = 44,54$; $p < .001$. Les quatre valeurs observées sont 0.59, 2.65, 0.50 et 0.58 ; les différences sont ainsi plus marquées dans le cas de la relation

Tableau 9.

Expérience 1. Apprentissage. RD. Evolution des valeurs moyennes de CME selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs d'apprentissage		Moyennes
	B1	B2	
18-25 ans	.89	.17	.53
40-50 ans	.51	.15	.33
65-75 ans	.81	.17	.49
+ 76 ans	1.54	.43	.99
Moyennes	.94	.23	.59

Tableau 10.

Expérience 1. Apprentissage. RI. Evolution des valeurs moyennes de CME selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs d'apprentissage		Moyennes
	B1	B2	
18-25 ans	1.77	.44	1.11
40-50 ans	1.30	.31	.81
65-75 ans	4	1.13	2.57
+ 76 ans	8.36	3.83	6.10
Moyennes	3.86	1.43	2.65

Tableau 13.

Expérience 1. Apprentissage. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du CME lors de la comparaison des conditions.

Source	d .l.	Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>
Age (A)	3	519.42	<i>27.49</i>	.001
Condition (C)	3	841.66	<i>44.54</i>	.001
Bloc (B)	1	898.26	<i>79.37</i>	.001
Valeur (V)	7	127.00	<i>20.65</i>	.001
A x C	9	222.56	<i>11.78</i>	.001
A x B	3	80.59	<i>7.12</i>	.001
C x B	3	160.15	<i>14.15</i>	.001
A x V	21	62.39	<i>10.15</i>	.001
C x V	21	115.29	<i>18.75</i>	.001
B x V	7	34.18	<i>7.57</i>	.001
A x C x B	9	21.98	1.94	.05
A x C x V	63	65.22	<i>10.61</i>	.001
A x B x V	21	15.72	<i>3.48</i>	.001
C x B x V	21	24.92	<i>5.52</i>	.001
A x C x B x V	63	17.52	<i>3.88</i>	.001

Note: les valeurs de *F* notées en italique sont significatives au seuil $p = .01$.

inverse que dans les autres conditions. L'effet de bloc est significatif, $F(1,176) = 79.37$; $p < .001$. Les deux valeurs observées sont 1.61 et 0.53 ; comme nous l'attendions, les différences sont moins importantes dans le deuxième bloc d'apprentissage que dans le premier bloc. L'effet de la valeur est significatif, $F(7,1232) = 20.65$; $p < .001$. Les huit valeurs de différences observées sont 2.34, 1.14, 0.85, 0.74, 0.50, 0.71, 0.95, 1.35 ; les différences concernant les valeurs d'indice centrales sont plus basses que celles des valeurs extrêmes.

L'interaction Age x Condition est significative, $F(9,176) = 11.78$; $p < .001$. La différence entre la condition de relation inverse et les trois autres conditions est plus accentuée chez les personnes très âgées (6.09 *versus* 0.93) que chez les autres participants (1.49 *versus* 0.62). L'interaction Age x Bloc est également significative, $F(3,176) = 7.12$; $p < .001$. La différence entre le bloc 1 et le bloc 2 est plus importante au sein du groupe des personnes âgées de 76-90 ans (3.17 *versus* 1.27) que dans les autres groupes d'âge (1.09 *versus* 0.28). L'interaction Age x Valeurs est significative, $F(21,1232) = 10.15$; $p < .001$. La différence observée entre les valeurs centrales et les valeurs extrêmes sont plus importantes chez les 76-90 ans que chez les 65-75 ans, toutefois la différence est également plus élevée chez les 65-75 ans que chez les deux plus jeunes groupes d'âge. L'interaction Age x Condition x Valeur est significative, $F(63,1232) = 10.61$; $p < .001$. L'interaction Age x Valeur est plus forte dans le cas de la relation inverse que dans les trois autres conditions.

Une série de quatre analyses de variance spécifiques de plan Age x Valeurs (4 x 8) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été conduite sur les données du second bloc d'apprentissage, une pour chaque condition expérimentale. L'effet de l'âge se révèle très significatif en condition RI ($F(3,44) = 25.10$; $p < .001$) ainsi

qu'en condition RUI ($F(3,44) = 9.98$; $p < .001$) alors qu'il ne l'est ni en condition RD, ni dans la condition RU.

8.2. Phase de test

La figure 31 présente les résultats selon les quatre conditions expérimentales. L'axe des abscisses présente les 21 nouvelles valeurs d'indice et l'axe des ordonnées les valeurs des jugements fournies par les participants. Les quatre courbes correspondent aux quatre groupes d'âge. Les triangles représentés correspondent aux valeurs des jugements attendues. Les résultats détaillés selon la condition expérimentale sont fournis par les tableaux 14 (RD) ; 15 (RI) ; 16 (RU) et 17 (RUI).

Comme dans l'étude de DeLosh et *al.* (1997), une analyse de variance de plan Age x Condition x Valeur ($4 \times 4 \times 21$) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été conduite sur le *CME* entre les jugements des participants et les valeurs d'extrapolation (ou d'interpolation) attendues. Les résultats sont présentés dans le tableau 18.

L'effet d'âge est significatif, $F(3,176) = 103.39$; $p < .001$; les quatre moyennes observées sont 6.52, 5.03, 14.36 et 25.26 ; comme dans la phase d'apprentissage, l'erreur est plus importante au sein du groupe des personnes très âgées qu'au sein des autres groupes d'âge. L'effet de condition est également significatif, $F(3,176) = 32.94$; $p < .001$; les quatre moyennes observées sont 5.82, 18.42, 14.15 et 12.78. L'erreur la plus élevée est celle observée en condition de relation inverse. L'effet de valeur est également significatif, $F(20,3520) = 115.59$; $p < .001$; l'erreur est, à nouveau, moins importante pour les valeurs centrales de stimuli que pour les valeurs extrêmes.

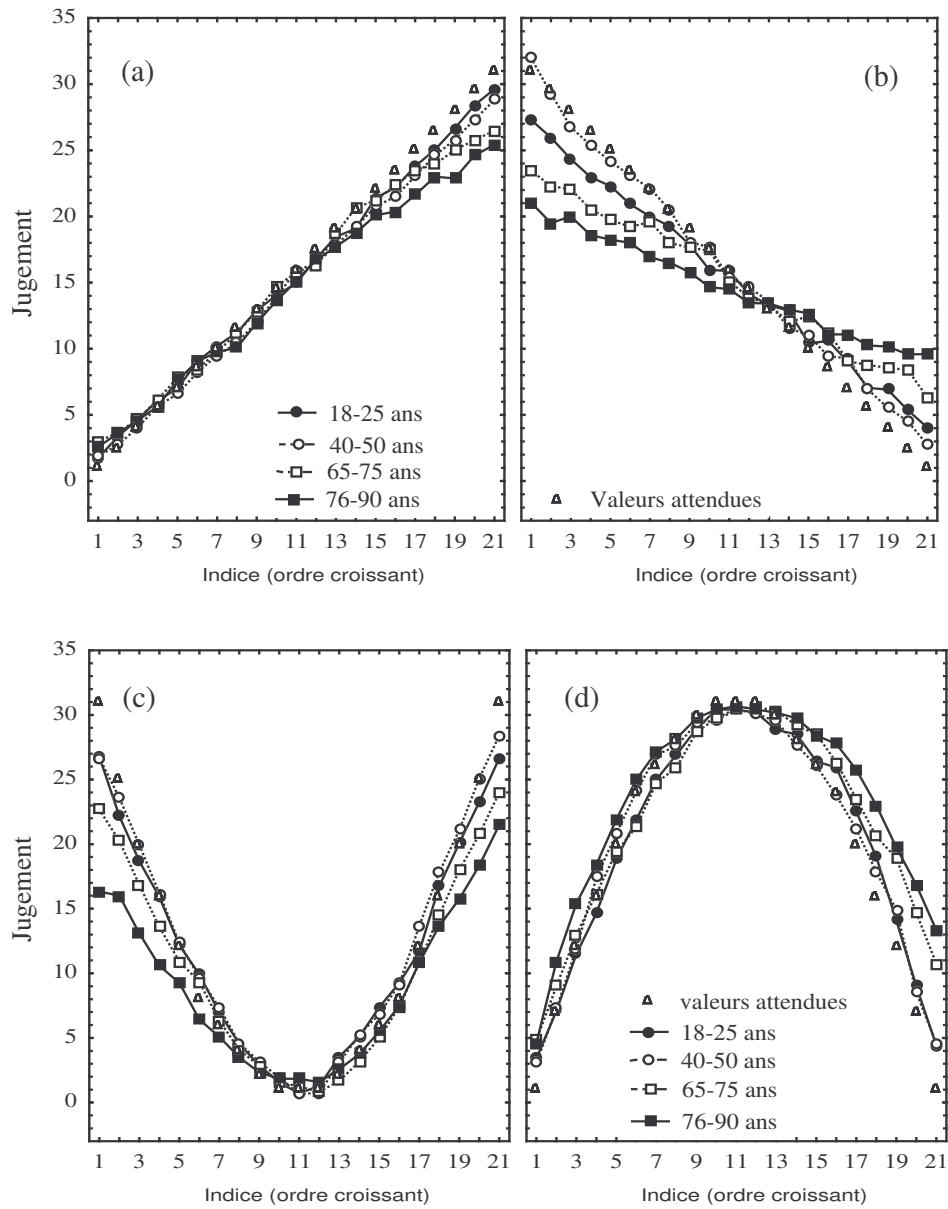


Figure 31. Expérience 1. Test. Evolution des moyennes de jugements selon l'âge et les valeurs attendues en fonction des valeurs d'indice en condition RD (a) ; RI (b) ; RU (c) ; RUI (d).

Tableau 14.

Expérience 1. Test. RD. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Zones d'extrapolation			Moyennes
	Z1	Z2	Z3	
18-25 ans	2.49	4.71	6.37	4.52
40-50 ans	1.23	3.48	6.77	3.83
65-75 ans	3.37	2.67	10.98	5.67
+ 76 ans	4.30	3.89	19.58	9.26
Moyennes	2.85	3.69	10.93	5.82

Tableau 15.

Expérience 1. Test. RI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Zones d'extrapolation			Moyennes
	Z1	Z2	Z3	
18-25 ans	14.24	4.04	8.91	9.06
40-50 ans	11.17	2.99	5.88	6.68
65-75 ans	40.56	4.43	18.98	21.32
+ 76 ans	66.61	9.95	33.23	36.60
Moyennes	33.15	5.35	16.75	18.42

Tableau 16.

Expérience 1. Test. RU. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Zones d'extrapolation			Moyennes
	Z1	Z2	Z3	
18-25 ans	10.04	2.07	7.52	6.54
40-50 ans	7.07	2.46	6.37	5.30
65-75 ans	22.68	2.46	15.69	13.61
+ 76 ans	62.84	2.77	27.82	31.14
Moyennes	25.66	2.44	14.35	14.15

Tableau 17.

Expérience 1. Test. RUI. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Zones d'extrapolation			Moyennes
	Z1	Z2	Z3	
18-25 ans	5.35	2.91	9.57	5.94
40-50 ans	4.05	2.10	6.81	4.32
65-75 ans	8.74	4.11	37.61	16.82
+ 76 ans	8.51	1.71	61.93	24.05
Moyennes	6.66	2.71	28.98	12.78

Tableau 18.

Expérience 1. Test. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du CME lors de la comparaison des conditions.

Source	d. l.	Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>
Age (A)	3	86543.82	<i>103.39</i>	.001
Condition (C)	3	27572.98	<i>32.94</i>	.001
Valeur (V)	20	24114.44	<i>115.59</i>	.001
A x C	9	6678.61	<i>7.98</i>	.001
A x V	60	6282.81	<i>30.12</i>	.001
C x V	60	6808.09	<i>32.63</i>	.001
A x C x V	180	2128.38	<i>10.20</i>	.001

L'interaction Age x Condition est significative, $F(9,176) = 7.98$; $p < .001$. la différence entre la condition à relation inverse et les trois autres conditions est plus accentuée chez les personnes très âgées que chez les personnes âgées, et l'est encore davantage entre les participants âgés et les deux plus jeunes groupes. L'interaction Age x Valeur est significative, $F(60,3020) = 30.12$; $p < .001$. L'erreur d'estimation entre les valeurs centrales et les valeurs extrêmes est plus importante chez les personnes très âgées que chez les personnes âgées et l'est encore davantage entre les participants âgés et les deux plus jeunes groupes. L'interaction Age x Condition x Valeur est significative, $F(180,3520) = 10.20$; $p < .001$. L'interaction Age x Valeur est plus forte en condition curvilinéaire en forme de U-inversé que dans les trois autres conditions.

Une série de quatre analyses de variance spécifiques de plan Age x Valeur (4 x 21) avec mesures répétées sur le dernier facteur ont été conduites, une pour chaque condition. Dans les quatre situations, l'effet d'âge se révèle significatif, $F(3,44) = 7.04$ (RD), 26.26 (RI), 42.66 (RU) et 45.25 (RUI) ; $p < .001$.

La figure 32 présente les plus mauvaises performances de jugements des participants selon chaque condition. Ces participants étaient, dans tous les cas, issus du groupe des personnes les plus âgées. Aucun participant n'a complètement échoué dans l'apprentissage des relations inverse et curvilinéaires en forme de U et en forme de U-inversé. Ainsi, tous nos participants ont été capables d'extrapoler la fonction apprise.

La figure 33 présente les valeurs de *CME* en fonction de l'âge des participants et de la valeur de stimulus présentée en phase d'extrapolation, toutes conditions confondues. L'effet d'âge sur l'importance de l'erreur est remarquable. Les

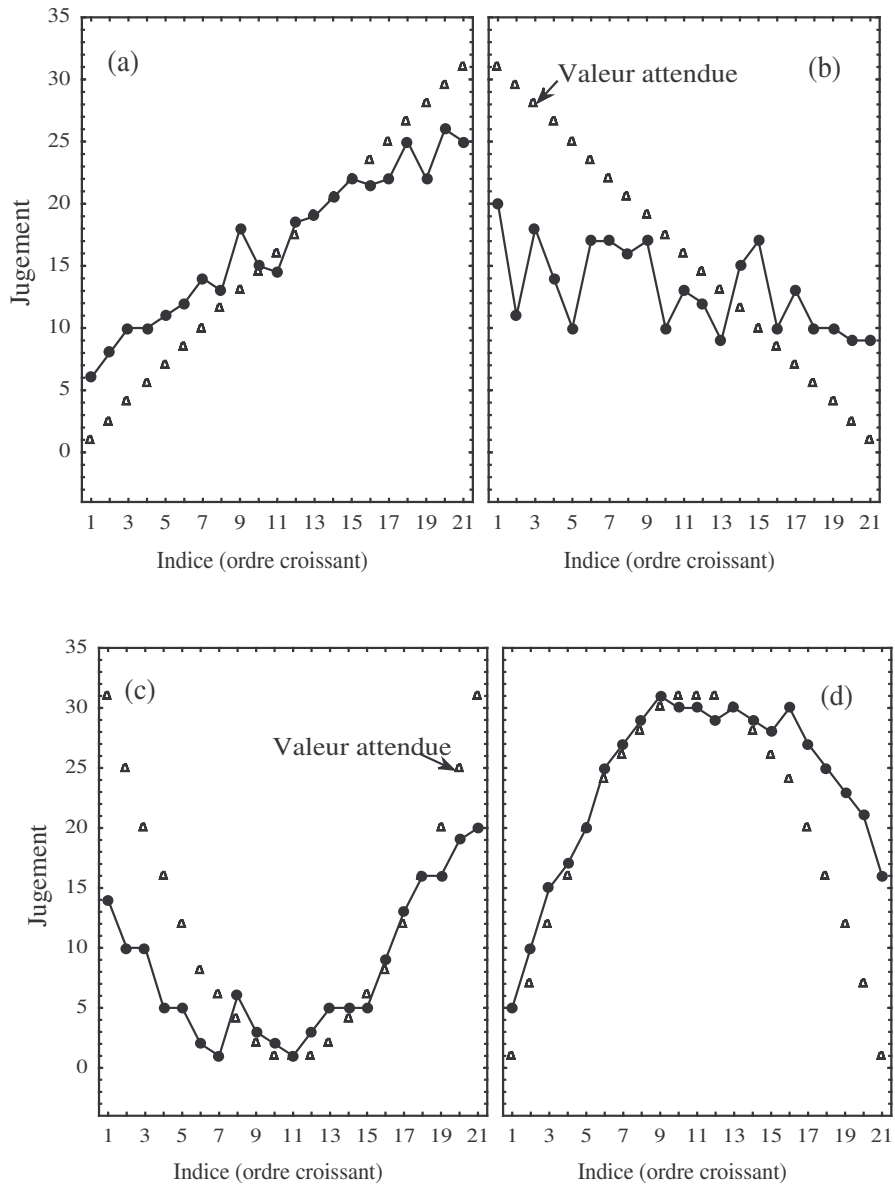


Figure 32. Expérience 1. Test. Moyennes de jugements des quatre participants ayant réalisé les plus mauvaises performances selon les valeurs d'indices en condition RD (a) ; RI (b) ; RU (c) ; RUI (d).

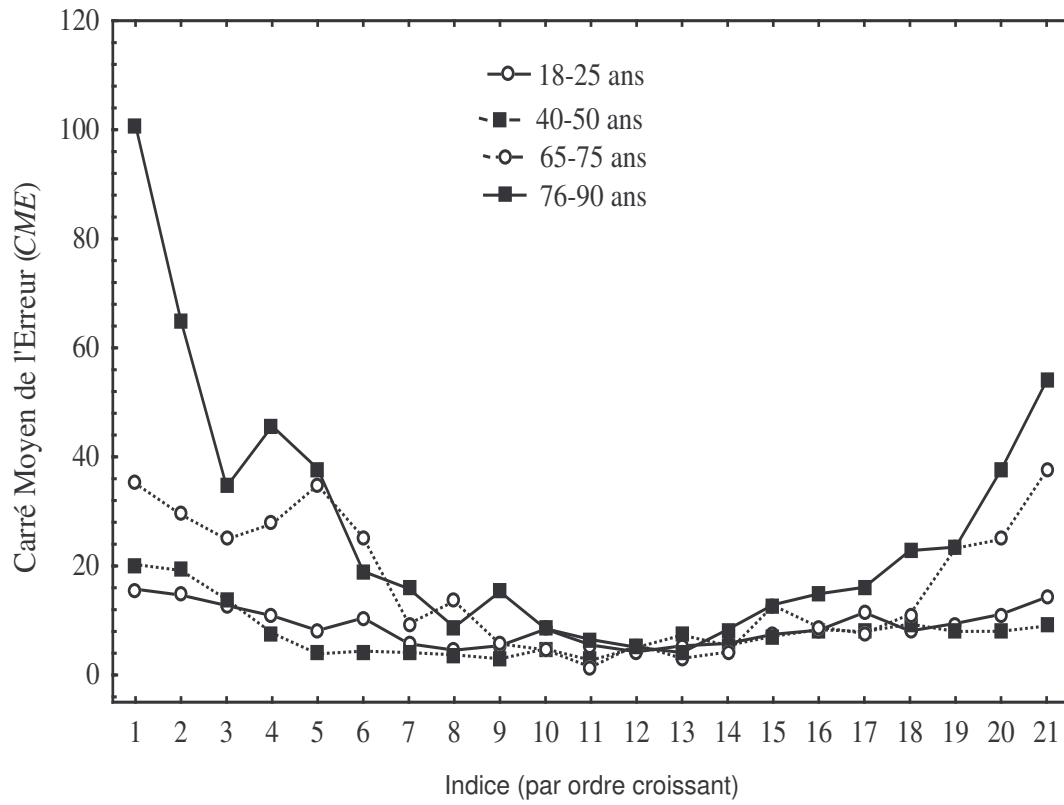


Figure 33. Expérience 1. Test. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les valeurs d'indices, toutes conditions confondues.

personnes très âgées commettent des erreurs de jugement plus importantes que les personnes âgées qui elles-mêmes effectuent plus d'erreurs que les personnes plus jeunes. Les erreurs moyennes observées sont de 8.22 (18-25 ans), 7.32 (40-50 ans), 12.73 (65-75 ans) et 16.10 (76-90 ans).

9. Discussion

Notre première expérience avait pour but de mettre en évidence les capacités d'extrapolation des personnes âgées compte tenu du fait que l'extrapolation capture ce qui est abstrait lors d'un apprentissage fonctionnel (DeLosh et al., 1997). Les fonctions étudiées étaient linéaire-positive (RD) et linéaire-négative (RI) – et non linéaires – curvilinéaire en forme de U (RU) et en forme de U-inversé (RUI).

La première série d'hypothèses concernait la relation directe indice-critère. Nous nous attendions à aucune différence de performance (en apprentissage et en extrapolation) en fonction de l'âge des participants. Ceci a été confirmé concernant l'apprentissage. En début d'apprentissage (premier bloc), les différences entre les participants jeunes et âgés étaient minimales et en fin d'apprentissage (deuxième bloc) il n'y avait plus aucune différence. Ces résultats concordent avec ceux de toutes les recherches antérieures menées sur l'apprentissage fonctionnel (Chasseigne et al. (1997, 1999, 2004)).

Toutefois, en ce qui concerne l'extrapolation, quelques différences liées à l'âge ont été observées. En particulier, les personnes âgées n'ont pas été aussi capables que les personnes plus jeunes, d'extrapoler en zone d'extrapolation haute. En d'autres termes, elles n'ont pas été aussi capables que les plus jeunes de répondre en utilisant des valeurs plus grandes que celles rencontrées en phase

d'apprentissage lorsque les stimuli présentés étaient plus grands. Cela ne signifie pas que les personnes âgées ne soient pas capables d'extrapoler en zone d'extrapolation haute. Au contraire, elles ont été capables de le faire. Les différences constatées ne sont que de nature quantitative et correspondent aux déviations (sous-estimations et surestimations) décrites par de nombreux auteurs chez les jeunes adultes (DeLosh et *al.*, 1997 ; Guigon, 2004 ; Lewandowsky et *al.*, 2002) et chez les personnes âgées (Muñoz-Sastre et *al.*, 1999). Ces déviations sont davantage accentuées sous l'effet de l'âge. En effet, lors de leurs extrapolations, ces participants, particulièrement les personnes âgées de 76-90 ans, ont utilisé une étendue de réponses plus limitée que les jeunes participants.

La seconde série d'hypothèses concernait la relation indice-critère inverse. Nous nous attendions à ce que les personnes âgées apprennent plus lentement que les plus jeunes et par conséquent que leurs capacités d'extrapolation soient plus faibles que ces derniers. Ceci a été confirmé en ce qui concerne l'apprentissage. Dès le début de l'apprentissage, les différences entre jeunes et âgés étaient évidentes, ce qui correspond aux résultats de Mutter et Williams (2004). En fin d'apprentissage, les différences étaient moins prononcées, et ont concerné essentiellement les participants âgés de 76-90 ans. Les personnes âgées de 65-75 ans ont été pratiquement toutes aussi performantes que les personnes plus jeunes. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans les études antérieures (Chasseigne et *al.*, 2004, expérience 1).

En ce qui concerne la phase d'extrapolation, des différences considérables liées à l'âge ont été observées. Les bonnes performances des personnes jeunes sont congruentes avec celles obtenus par Lewandowsky et *al.* (2002) et DeLosh (1995). Les personnes âgées n'ont pas été aussi capables que les personnes plus jeunes,

d'extrapoler à la fois en zone d'extrapolation basse et haute. En d'autres termes, elles n'ont pas été aussi capables que les plus jeunes de répondre en utilisant des valeurs plus petites ou plus grandes que celles rencontrées en phase d'apprentissage lorsque les stimuli présentés étaient notamment plus petits ou plus grands. Cela ne signifie pas que les personnes âgées ne soient pas capables d'extrapoler en relation inverse. En effet, comme en relation directe, les personnes âgées sont capables d'extrapoler. Seulement, lorsqu'elles ont extrapolé, elles ont, à nouveau, mais de façon plus accentuée qu'en condition RD, utilisé une étendue de réponses plus restreinte que les jeunes participants, particulièrement les personnes âgées de 76-90 ans.

La troisième série d'hypothèses se fondait sur le fait que les capacités cognitives associées à la phase de représentation lors de la mise en œuvre des fonctions exécutives pourraient être préservées chez les personnes âgées. En conséquence, nous nous attendions à ce que les personnes âgées soient capables d'apprendre des relations curvilinéaires (en forme de U et en forme de U-inversé) et d'extrapoler suite à cet apprentissage. Cependant nous nous attendions à ce que cet apprentissage soit plus lent que chez les jeunes et que leur capacité d'extrapolation soit, en conséquence, plus faible que celle des jeunes participants.

En ce qui concerne l'apprentissage de la relation curvilinéaire en forme de U, des différences entre jeunes et âgés ont été observées en début d'apprentissage. En fin d'apprentissage, ces différences étaient quasi inexistantes. Les résultats concernant les performances des jeunes adultes coïncident avec ceux obtenus par Lewandowsky et *al.* (2002) et Knez (1992b). Dans cette condition, des différences liées à l'âge ont été observées en phase d'extrapolation ; les participants âgés de 76-90 ans n'ont pas été aussi performants que les personnes plus jeunes, ce qui

correspond à notre hypothèse. Ils ont bien été capables d'extrapoler mais, comme dans les deux précédentes conditions expérimentales, ils ont utilisé une étendue plus restreinte de réponses.

En relation curvilinéaire en forme de U-inversé, des différences dues à l'âge ont été observées à la fois en phase d'apprentissage et en phase d'extrapolation. En début d'apprentissage, des différences notables entre jeunes et âgés ont pu être observées, mais en fin d'apprentissage elles étaient devenues minimales, bien que significatives. Les résultats concernant les jeunes adultes sont cohérents avec ceux obtenus par DeLosh et *al.* (1997), Knez (1992b) et Guigon (2004). En phase d'extrapolation, quelques différences liées à l'âge ont été remarquées. Les participants âgés de 65-75 ans et de 76-90 ans ne sont pas aussi performants que les plus jeunes participants lorsque l'indice est élevé. A nouveau, ils utilisent une étendue de réponse plus restreinte.

Le point le plus important est que toutes les différences observées ne sont que de nature quantitative. Ainsi ces résultats généralisent au vieillissement cognitif les conclusions de DeLosh et *al.* (1997), à savoir que les capacités d'extrapolation témoignent du degré d'abstraction de la règle, reliant l'indice au critère, intégrée lors d'un apprentissage initial. Ainsi, après un apprentissage de fonction, les personnes âgées et très âgées peuvent s'adapter à des conditions qui supposent l'extrapolation ou l'interpolation de la fonction apprise. Même dans la condition qui s'est avérée être la plus difficile, celle de relation inverse, les personnes âgées ont été capables, dans une certaine mesure, d'apprendre et d'extrapoler la relation en présence d'un seul indice.

Ainsi, nous n'avons pas observé de différences qualitatives entre les participants jeunes et âgés comme dans le cas d'apprentissage plus complexes (Chasseigne et *al.*, 1997 ; 2002, 2004 ; Mutter et Williams, 2004). Dans des tâches comportant deux voire trois indices, les personnes âgées sont totalement incapables d'utiliser l'indice relié de manière inverse avec le critère pour effectuer leur jugement.

La présente série de résultats s'insère très bien dans le cadre général des résultats déjà obtenus par les études reliant l'âge et l'apprentissage de fonction. Finalement, et pour synthétiser toutes les données relatives aux relations entre vieillissement et apprentissage fonctionnel, il a été montré que, (a) les personnes âgées sont capables de rejeter l'hypothèse de relation directe « par défaut » et de sélectionner l'hypothèse de relation inverse ou curvilinéaire pourvu que la situation d'apprentissage soit très simple, comportant un seul indice ; (b) les personnes âgées sont capables d'extrapoler à partir de l'apprentissage de ces relations ; (c) quelques personnes âgées (environ un tiers) sont capables de rejeter l'hypothèse de relation directe « par défaut » et de sélectionner l'hypothèse de relation inverse lorsque les valeurs exactes de critère fournies en tant que feedback contredisent l'hypothèse « par défaut », si la situation d'apprentissage est simple, comportant deux indices en relation inverse avec le critère ; (d) quelques personnes âgées (principalement au sein du groupe des 65-75 ans) sont capables d'utiliser un indice qui entretient une relation inverse avec le critère lorsqu'une information sur la tâche est donnée avant tout jugement, même si la situation d'apprentissage est complexe, comportant trois indices ; et (e) très peu de personnes âgées sont capables de rejeter l'hypothèse de relation directe « par défaut » et de sélectionner l'hypothèse de relation inverse lorsque les valeurs exactes de critère fournies en rétroaction contredisent l'hypothèse « par défaut », lorsque la situation d'apprentissage est complexe,

comportant deux ou trois indices dont certains en relation directe et d'autres en relation inverse avec le critère.

Au contraire, les adultes plus jeunes sont presque tous capables d'apprendre et d'utiliser des relations inverses, que la situation soit simple (un seul indice) ou complexe (plus d'un indice), que les relations indice-critère soient homogènes (toutes directes ou toutes inverses), ou hétérogènes, et que la rétroaction soit constituée par les valeurs actuelles du critère ou qu'il s'agisse d'une rétroaction cognitive (information sur la tâche). De plus, les adultes plus jeunes sont capables de mieux extrapoler que les plus âgés dans des conditions impliquant des relations inverses et, dans une moindre mesure, dans des conditions impliquant des relations curvilinéaires.

Les résultats de notre première expérience renforcent l'idée selon laquelle les fonctions exécutives liées à l'étape de représentation d'une tâche seraient préservées au cours du vieillissement cognitif. Cependant, il semblerait que celles liées à la planification et à l'exécution ne le soient pas. Ce point de vue rejoint celui de Span, Ridderinkhof et Van den Molen (2004) à propos des différences induites par l'âge sur le fonctionnement exécutif. Cette idée est cohérente également avec les études de Kray et Lindenberger (2000) qui montrent que « la capacité de maintenir et de coordonner de façon efficace deux séries de tâches alternatives en mémoire de travail au lieu d'une seule devient plus difficile avec l'âge que la capacité d'exécuter les tâches indépendamment l'une de l'autre » (p. 126, voir également Kray, Li et Lindenberger, 2002). Ceci est également cohérent avec la proposition de Halford, Wilson et Philips (1998) : « Les limites humaines de capacité de traitement de l'information...devraient être définies non pas en termes de nombre d'items mais en termes de complexité des relations qui peuvent être

traitées en parallèle » (p. 803). Selon Zelazo, Craik et Booth (2004), les capacités impliquées dépendraient de l'intégrité du système nerveux, et plus particulièrement du cortex préfrontal. Or il a été montré que celui-ci se développe progressivement durant l'enfance (Anderson, Levin et Jacobs, 2002) et qu'il décline nettement durant la vieillesse (Prull, Gabrielly et Bunge, 2000).

Une conséquence importante des résultats de notre première expérience est que la performance des participants, tous âges confondus, confrontés à une tâche impliquant d'apprendre à prédire la valeur d'un critère à partir des valeurs prises par deux indices (par exemple un indice en relation directe et un autre en relation curvilinéaire) ne peut pas être estimée correctement sur la base de ce que nous savons (a) des performances de ces mêmes participants dans une tâche impliquant l'apprentissage de valeurs d'un critère à partir d'un seul indice en relation directe et (b) de la performance de ces mêmes participants dans une tâche impliquant l'apprentissage de valeurs d'un critère à partir d'un seul indice en relation curvilinéaire.

D'un point de vue pratique, nos résultats montrent que les âgés sont tous capables d'apprendre et d'utiliser des relations non linéaires lorsqu'ils ont la possibilité de fonctionner à leur rythme (Canestreri, 1963). Ceci est cohérent avec les résultats de Hershey (1995). Une manière d'appliquer ces résultats serait de considérer la situation d'une personne âgée sous traitement médical. La relation entre le nombre de pilules prises et le degré de bien-être est non linéaire. Celle-ci pourrait très bien être apprise par le patient pourvu qu'elle soit la seule à être apprise. Un autre résultat important de cette expérience est le maintien de la capacité d'extrapolation des âgés même lorsque les relations sont complexes, y compris pour des relations curvilinéaires. Ceci a une conséquence remarquable : les

personnes âgées sont capables de comprendre qu'au-delà d'une certaine dose de médicaments, l'effet produit serait néfaste pour leur bien-être. En conséquence, il ne leur est pas nécessaire de faire l'expérience d'un surdosage. Il suffit que le médecin explique où se situe le pic de la relation curvilinéaire.

La question nouvelle que nous nous posons est la suivante : quels sont les processus cognitifs impliqués lorsque aucune fonction ne peut être exploitée entre indice et critère ? Dans ce cas, nous supposons qu'après avoir testé différentes hypothèses relationnelles (*cf.* le modèle hiérarchique de Brehmer, 1974), les participants utilisent une stratégie associative d'apprentissage, la seule qui convienne à la situation. La deuxième partie de notre travail est consacrée à cette question.

2^{ème} partie

Vieillessement cognitif, apprentissage associatif et apprentissage fonctionnel

Chapitre 3

Vieillesse cognitive et stratégies d'apprentissage

10. Vieillesse et apprentissage associatif

10.1. Age et apprentissage associatif : des performances diminuées

Beaucoup d'études témoignent d'une diminution de performances en apprentissage associatif en fonction de l'avancée en âge (pour revue, voir Kausler, 1994 ; Park, 2000 ; Park et *al.*, 2001). Il a été montré que les personnes âgées mémorisent moins de paires de mots que les personnes jeunes dès le premier essai d'apprentissage et que leurs courbes de performance d'apprentissage sont plus basses que celles des jeunes au fil des essais car il leur faut plus de temps pour activer un apprentissage (Dunlosky et Connor, 1997).

Les personnes âgées ont également besoin de plus de temps que les personnes jeunes pour apprendre une liste d'items (Canestrari, 1963). Selon Kausler et Puckett (1980), les personnes âgées mettraient surtout plus de temps pour activer leur apprentissage d'une liste de mots. La figure 34 montre qu'une fois le processus d'apprentissage activé, les performances en rappel libre des personnes âgées évoluent quasiment au même rythme que celles des personnes plus jeunes. Sur cette figure, on remarque l'existence d'une différence de performance dès le premier bloc d'apprentissage. Cet écart s'amplifie fortement au deuxième et troisième blocs d'apprentissage. Ces différences se stabilisent seulement au quatrième bloc. Des résultats similaires avaient été exposés auparavant. La figure 35 présente les

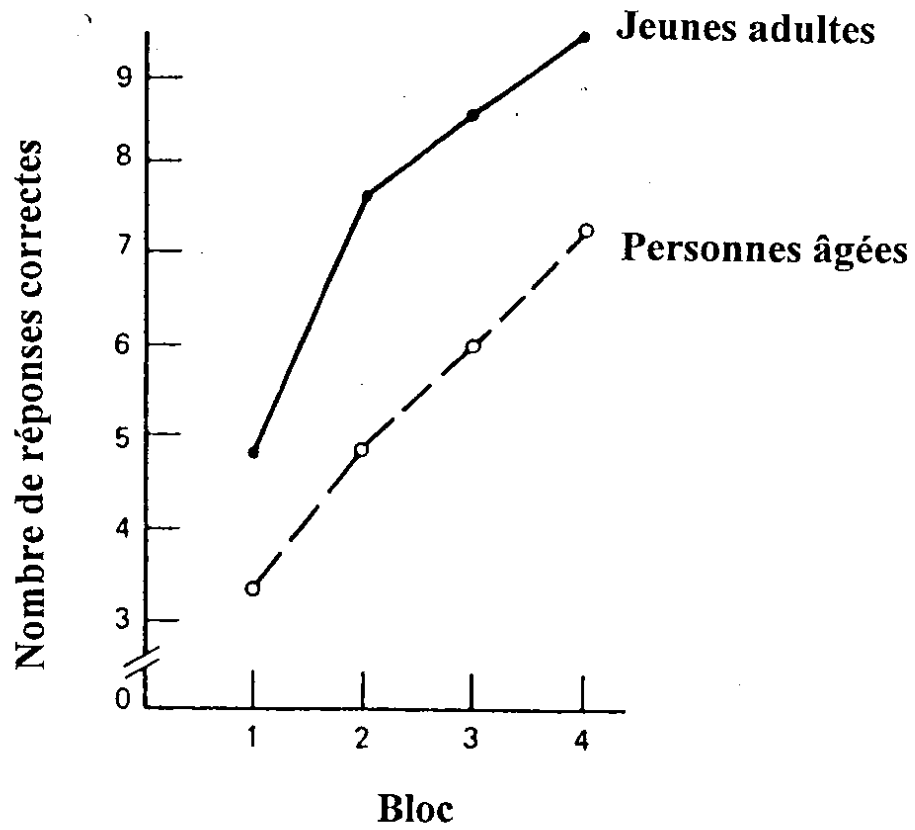


Figure 34. Résultats de Kausler & Puckett, 1980 (d'après Kausler, 1994, p. 74). Evolution des performances d'apprentissage d'une tâche associative selon l'âge et les blocs.

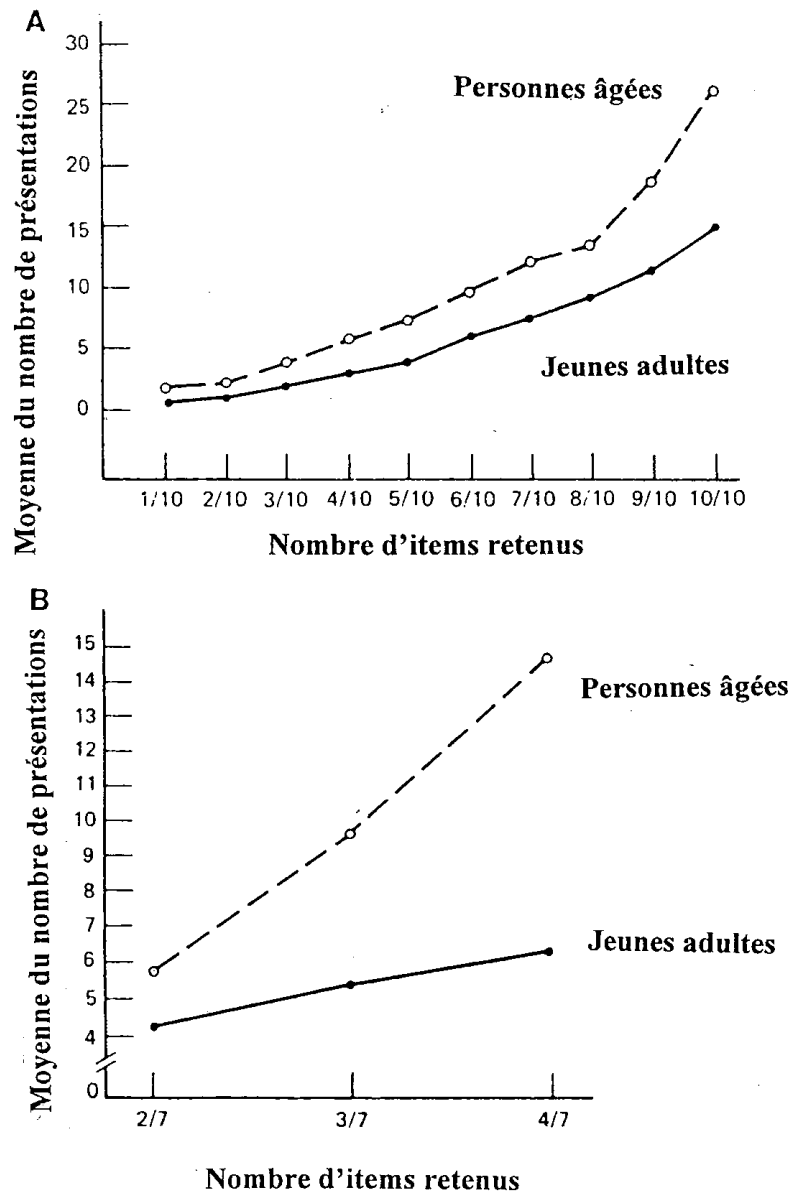


Figure 35. Résultats de Monge (1971), panneau a, et de Winn, Elias, & Marshall (1976), panneau b (d'après Kausler, 1994, p. 76). Evolution de la moyenne d'essais nécessaire pour apprendre un certain nombre d'items selon l'âge.

résultats de Monge (1971), (panneau a), et ceux de Winn, Elias et Marshall (1976), (panneau b). La moyenne d'essai nécessaire pour apprendre les listes est plus importante chez les personnes âgées. Monge (1971) a utilisé 10 paires de mots associés et Winn et al. (1976), 7 associations de syllabes sans signification. Dans ces deux expériences, plus la liste à apprendre est importante, plus les personnes âgées ont besoin d'essais pour atteindre le niveau de performance des personnes jeunes.

D'autres variables influencent également l'importance de l'effet de l'âge, à savoir l'existence ou non d'un lien entre les paires de mots associées (Zaretsky et Halberstam, 1968) ou la consigne d'utiliser des stratégies particulières (procédés mnémotechniques) (Brooks, Friedman et Yesavage, 2003 ; Treat, Poon, et Fozard, 1981). Pour Kausler (1994), « chez les âgés il existerait un déclin des capacités à se créer mentalement une représentation visuelle permettant de relier des paires de mots sans liens sémantiques intrinsèques » (p. 96). Une explication de ses différences liées à l'âge est le ralentissement du traitement et une baisse de la capacité de mémoire de travail.

Kausler (1994, pp. 75-77) critique la validité écologique de ces expériences réalisées en laboratoire et s'interroge sur la procédure utilisée, responsable, selon lui, d'un accroissement des différences liées à l'âge. En effet, la généralisation à la vie quotidienne de ces études n'est pas parfaite. Les études de laboratoire utilisent habituellement un nombre important de paires (souvent 12 ou plus) dans la liste à apprendre. Dans la vie de tous les jours, la « liste » est souvent beaucoup plus courte. Par exemple, les personnes âgées participant à un événement social peuvent vouloir apprendre une ou deux paires « visage-nom » nouvelles, mais très rarement 10 ou 12. Une interférence interpaire tend à se générer lorsque des paires de stimuli

multiples sont à apprendre simultanément (Battig, 1968). Il y a tendance, pour l'élément R d'une paire, à se généraliser de manière incorrecte à l'élément S d'une autre paire. Il y a une forte probabilité pour que l'importance de l'interférence soit plus forte chez les personnes âgées que chez les personnes jeunes (Kausler, 1989). Si cela est vrai, alors les personnes âgées sont à leur désavantage lorsqu'ils doivent apprendre de multiples paires associées. De plus, dans la plupart des expériences de laboratoire, les items couplés sont présentés selon un rythme rapide (e. g. 2 ou 3 secondes par paire). Dans la vie quotidienne, l'étude des paires s'effectue plutôt selon le rythme de chacun. Or, les déficits liés à l'âge sont grandement diminués, même pour l'apprentissage de longues listes, si on laisse aller chacun à son rythme propre (Kausler, 1994, p. 88). Enfin, la plupart de nos apprentissages de paires dans la vie quotidienne se fait de manière incidente. Or, les recherches de laboratoire ont porté sur l'apprentissage intentionnel de paires associées. Ainsi, « les déficits liés à l'âge dans l'acquisition de nouvelles informations peuvent être plus importants lorsque les informations sont acquises intentionnellement que lorsqu'elles le sont de manière incidente » (Kausler, 1994, p. 77). D'une manière générale, selon Kausler, le paradigme de l'apprentissage des couples associés produirait des effets d'âge que l'on ne retrouverait pas dans des environnement naturels.

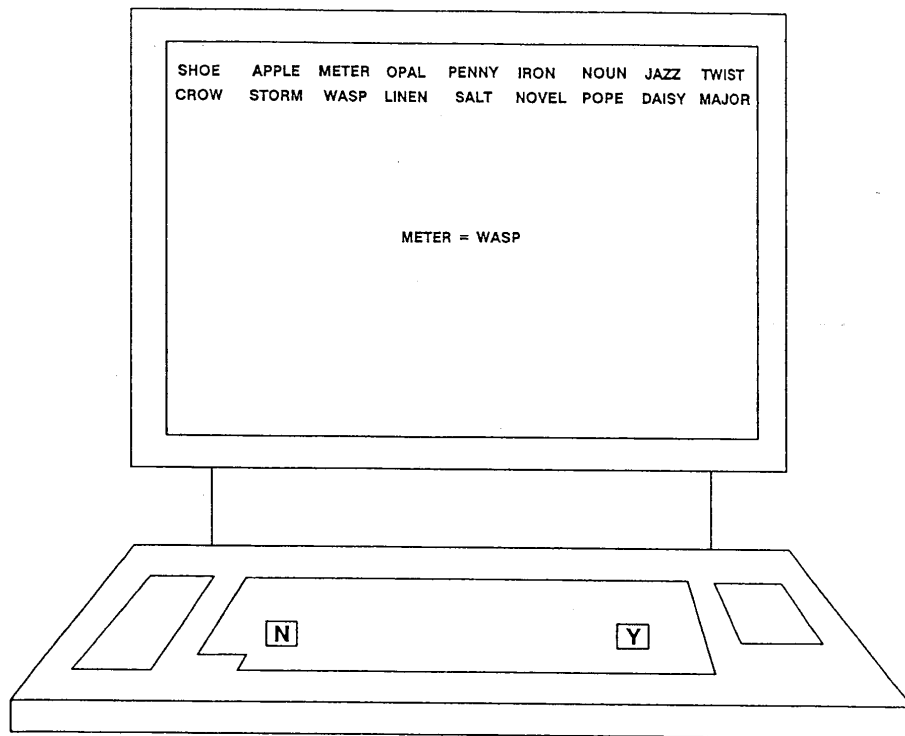
Dans un environnement naturel, les associations de stimuli ne sont pas toujours aléatoires, loin s'en faut, contrairement aux situations générées par l'application des paradigmes associationnistes. Il est souvent possible d'inférer des règles de constitution de tels couples (relations fonctionnelles), même si les associations comportent de l'incertitude.

10.2. Age et stratégie lors d'un apprentissage associatif : l'effet du support environnemental

Rogers et *al.* (2000) ont étudié les relations entre le vieillissement cognitif, les stratégies et les performances en utilisant, notamment, une tâche d'apprentissage associative. Un groupe de 96 personnes jeunes (17 à 34 ans) a été comparé à un groupe de 97 personnes âgées (60 à 82 ans). Les auteurs ont présenté aux participants des paires de mots en s'inspirant du paradigme expérimental développé par Ackerman et Woltz (1994) et Rogers et Gilbert (1997). La tâche d'apprentissage était conçue de façon à maximiser la probabilité que les participants adoptent une stratégie de récupération en mémoire. Deux conditions se distinguaient : situation cohérente et non cohérente.

En situation cohérente, la procédure alternait des phases d'apprentissage et des phases de test. Les auteurs présentaient 9 paires de mots que les participants devaient mémoriser à l'aide des blocs d'essais. La capacité de mémorisation a été évaluée, tous les 5 blocs, par une série de rappel suivie d'une série de reconnaissance. Un total de 10 séries de chaque test était employé. On présentait en haut de l'écran la liste des 9 paires apprises ainsi qu'une paire issue de cette liste en milieu d'écran. Un exemple est fourni à la figure 36. Le participant devait dire si oui ou non la paire du milieu d'écran était issue de la liste. Dans cette situation, chaque participant était confronté à 870 essais, soit 45 blocs de 18 essais d'apprentissage ainsi que 10 tests de rappel et 10 tests de reconnaissance, tous les 5 blocs d'essais.

En situation non cohérente, il n'y avait pas de phase d'apprentissage, une liste inconnue de 9 paires était présentée en haut d'écran ainsi qu'une paire de mots inconnue en milieu d'écran. Le participant devait dire si oui ou non la paire du



Liste de mots
en situation cohérente

SHOE	APPLE	METER	OPAL	PENNY	IRON	NOUN	JAZZ	TWIST
CROW	STORM	WASP	LINEN	SALT	NOVEL	POPE	DAISY	MAJOR

Liste de mots
en situation non cohérente

SPOON	MAYOR	NAIL	YACHT	GOLF	TUNA	COAL	PARIS	DUKE
ARSON	BLOCK	ZINC	COBRA	MILK	POLIO	TENT	INCH	GREEN

Figure 36. Exemple du matériel utilisé par de Rogers, Hertzog, & Fisk (2000).

milieu était issue de la liste. Le temps de réaction des participants était mesuré et à l'issue de chaque bloc d'essais, les participants étaient informés de leur performance quant à leur temps de réaction et à leur réussite. Dans cette situation, chaque participant était confronté à 540 essais, soit 30 blocs de 18 essais.

Ackerman et Wolf (1994) ont montré que l'apprentissage préalable permet un temps de réaction moindre lorsque la situation est cohérente. En d'autres termes, l'apprentissage accélère la catégorisation. Le recours à la lecture d'une liste inconnue pour classer l'item présenté nécessite davantage de temps. La recherche de Rogers et *al.* (2000) a permis d'étendre ces résultats au vieillissement cognitif et de distinguer deux types de stratégie individuelle permettant de classer les participants en deux catégories : les « retrievers », qui recherchent l'information en se basant sur ce qui a été appris et les « scanners » qui recherchent visuellement la solution en lisant la liste présentée. L'appartenance d'un individu à l'une ou l'autre de ces catégories peut varier au fil de l'apprentissage (situation cohérente) et selon l'âge des individus (Tableau 19). Chez les jeunes, 90% des participants utilisent en fin d'apprentissage une stratégie associative, ils recherchent préférentiellement, tout au long de la tâche, l'information en mémoire. En ce qui concerne la population âgée, 53% utilisent une stratégie associative en fin de tâche et 47% une stratégie de lecture (ou visuelle). Cette dernière étant très prégnante tout au long de la tâche car elle est cognitivement moins coûteuse.

De plus, les personnes âgées ont tendance à ne pas utiliser spontanément de stratégie associative de mémorisation car elles pensent avoir de faibles capacités d'apprentissage et de mémorisation (Hertzog et Hultsch, 2000). Ainsi, un grand nombre d'entre elles s'orientent spontanément vers une stratégie visuelle lorsque cela est possible alors que, d'une manière générale, les personnes âgées sont

Tableau 19.

Répartition des participants en situation cohérente selon la stratégie employée durant la tâche et selon l'âge. (D'après Rogers, Hertzog, & Fisk, 2000)

	Jeunes adultes		Personnes âgées	
	<i>Scanners</i>	<i>Retrievers</i>	<i>Scanners</i>	<i>Retrievers</i>
Début de la tâche (Essais 1 à 180)	96	0	96	0
Milieu de la tâche (Essais 450-630)	23	57	64	18
Fin de tâche (631-810)	6	86	35	51

capables d'apprendre des listes courtes de paires de mots mais elles ont besoin de plus de temps pour réaliser une tâche, peu importe leur catégorie d'appartenance. Ces résultats ont également montré que les personnes âgées issues de la catégorie « *retrievers* » obtiennent des résultats similaires aux personnes jeunes contrairement à ceux issus de la catégorie « *scanners* ». La figure 37 présente les performances de mémorisation test après test en rappel et en reconnaissance selon l'âge des participants. On remarque un écart de performance net en faveur des personnes jeunes dans la tâche de rappel. Toutefois, la figure 38 permet de nuancer ce résultat en fonction de la catégorie d'appartenance du participant. On remarque que la catégorie « *scanners* » fait diminuer les performances des « *retrievers* » qui, pour leur part, sont aussi performants que les plus jeunes.

Cette recherche a souligné l'importance de prendre en compte certaines utilisations spontanées de stratégies différentes face à certains types de tâches lorsque l'on étudie les performances d'apprentissage liées à l'âge. Des informations complémentaires ont été obtenues grâce à des mesures cognitives. En effet, les personnes âgées issues de la catégorie « *retrievers* » ont eu de meilleurs scores aux tests de mémoire associative, de vitesse perceptive, d'induction, de mémoire sémantique, d'empan mnémonique et de mémoire de travail, que les personnes âgées issues de la catégorie « *scanners* » alors que l'âge moyen au sein des catégories était identique. Notons toutefois que la population des « *scanners* » s'agrandit en fonction de l'âge des individus. Ces résultats témoignent non seulement de l'hétérogénéité du déclin cognitif, mais, montrent également que les tâches d'apprentissage associatif, qui bénéficient d'un support environnemental permettant la reconnaissance, sont tout à fait accessibles aux personnes âgées. Dans cette condition, comme nous l'avons vu précédemment, le traitement peut être

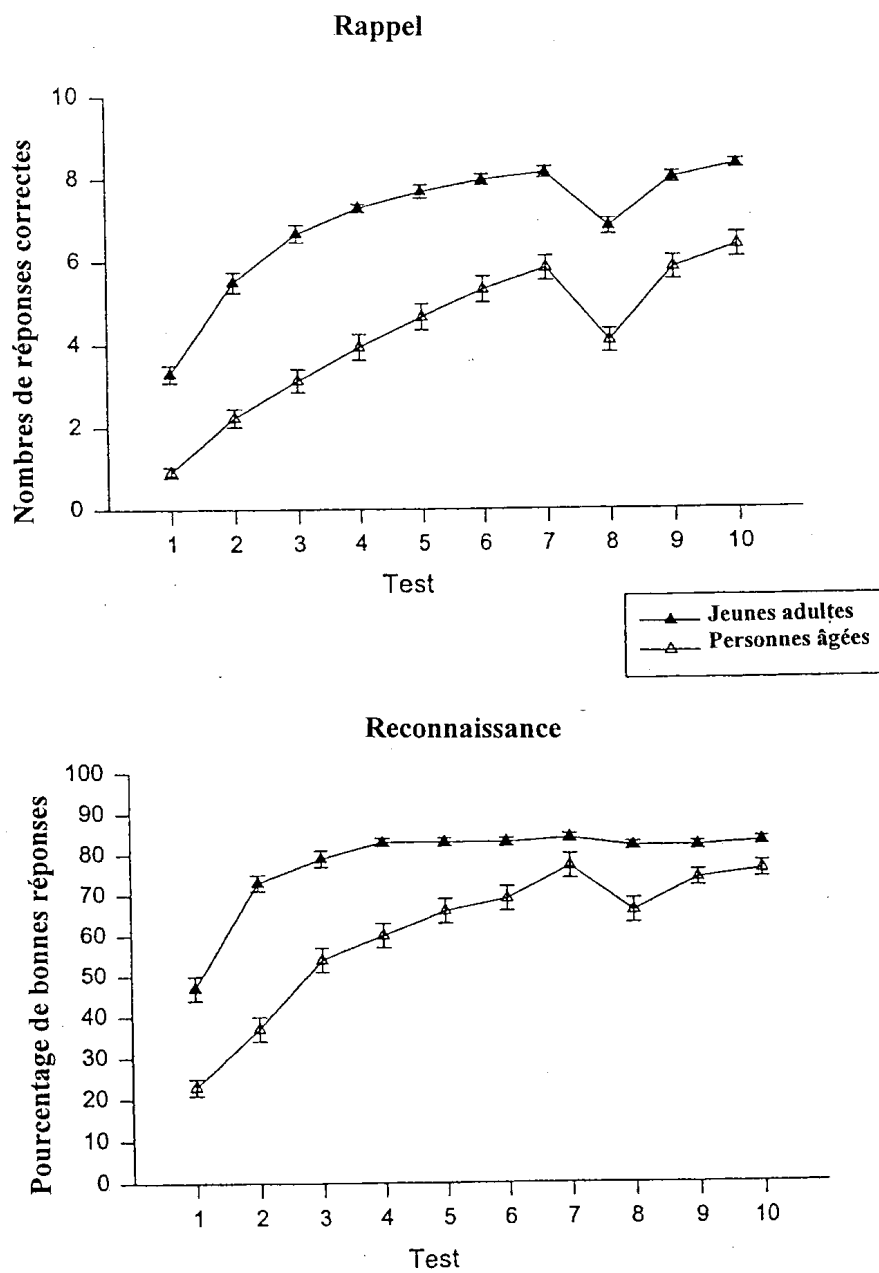


Figure 37. Résultats de Rogers, Hertzog, & Fisk (2000). Evolution des performances en rappel et en reconnaissance selon l'âge et les blocs de test.

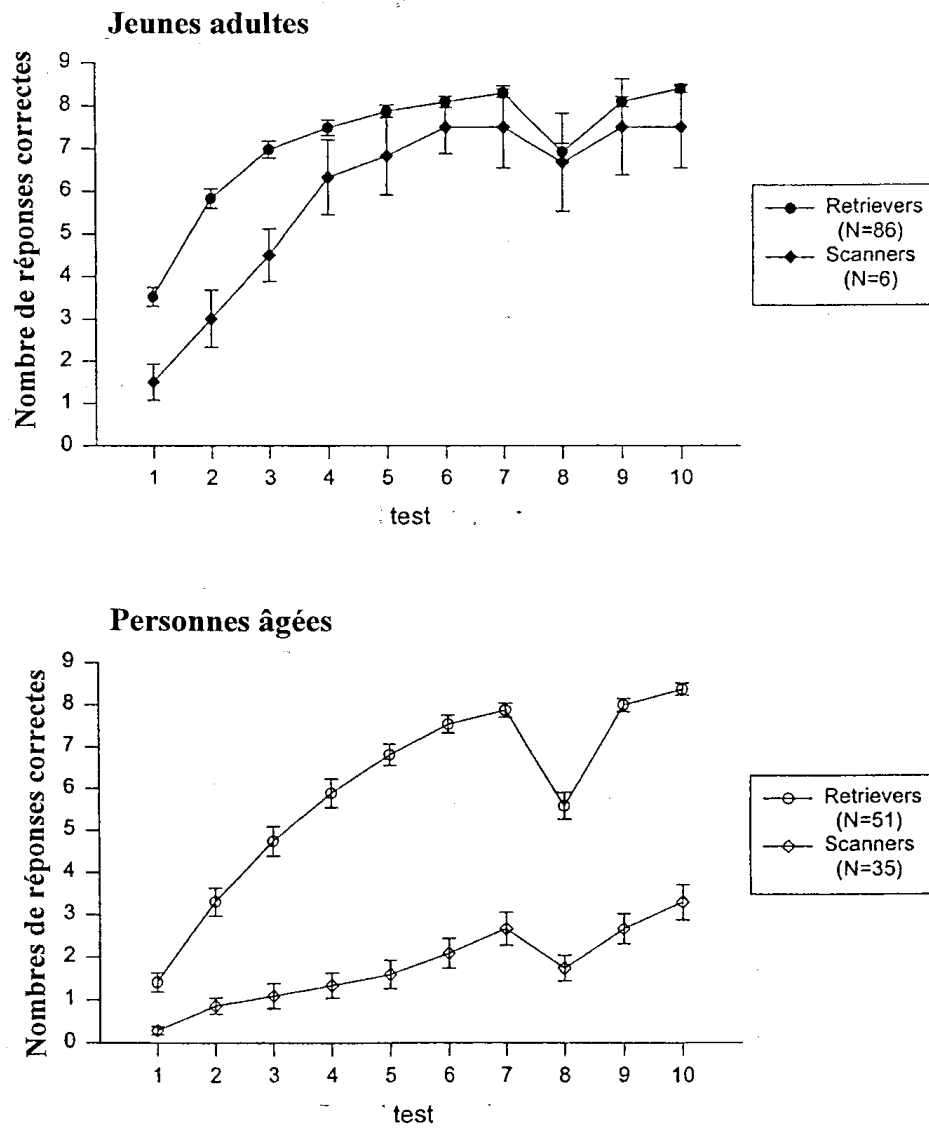


Figure 38. Résultats de Rogers, Hertzog et Fisk (2000). Evolution des performances de rappel selon l'âge, la catégorie d'appartenance (*scanners* ou *retrievers*) et les blocs de test.

automatisé et l'âge n'intervient plus. En revanche, dans le cas où aucun support environnemental n'est présent pour favoriser la reconnaissance, les recherches ont montré une diminution très nette des performances des personnes âgées (Craik, 1986).

11. Vieillesse, apprentissage fonctionnel et apprentissage associatif : cas d'utilisation des stratégies associatives et fonctionnelles

Chasseigne et *al.* (2002) ont étudié les cas d'utilisations alternatives de stratégies associatives et fonctionnelles dans des situations d'apprentissage. Nous reprenons ici leurs propositions, lesquelles conduisent au paradigme utilisé lors de notre deuxième expérience.

Une stratégie associative apparaît typiquement dans le cas d'un ensemble restreint de stimuli. La figure 39, panneau a, propose un exemple. Elle met en évidence deux ensembles de stimuli, l'un sur l'axe horizontal, et l'autre sur l'axe vertical. Les trois stimuli de l'axe horizontal (arbre, fleur, herbe) sont présentés en premier. Les trois stimuli de l'axe vertical leur sont associés (cochon, chien, chat). Les flèches indiquent la manière dont les stimuli sont associés. Dans l'exemple, cochon est associé avec arbre, et chien avec fleur. L'apprentissage est considéré comme terminé lorsque toutes les associations sont mémorisées.

Ce type de stratégie est couramment utilisé dans de nombreuses situations de la vie quotidienne. Toutefois, il n'est pas toujours réalisable, particulièrement lorsque deux ensembles sont composés de nombreux stimuli différents. Dans ce cas, une stratégie fonctionnelle (apprentissage de fonction) peut être plus adaptative. Pour qu'une telle stratégie puisse être utilisée, deux conditions doivent être remplies, (a)

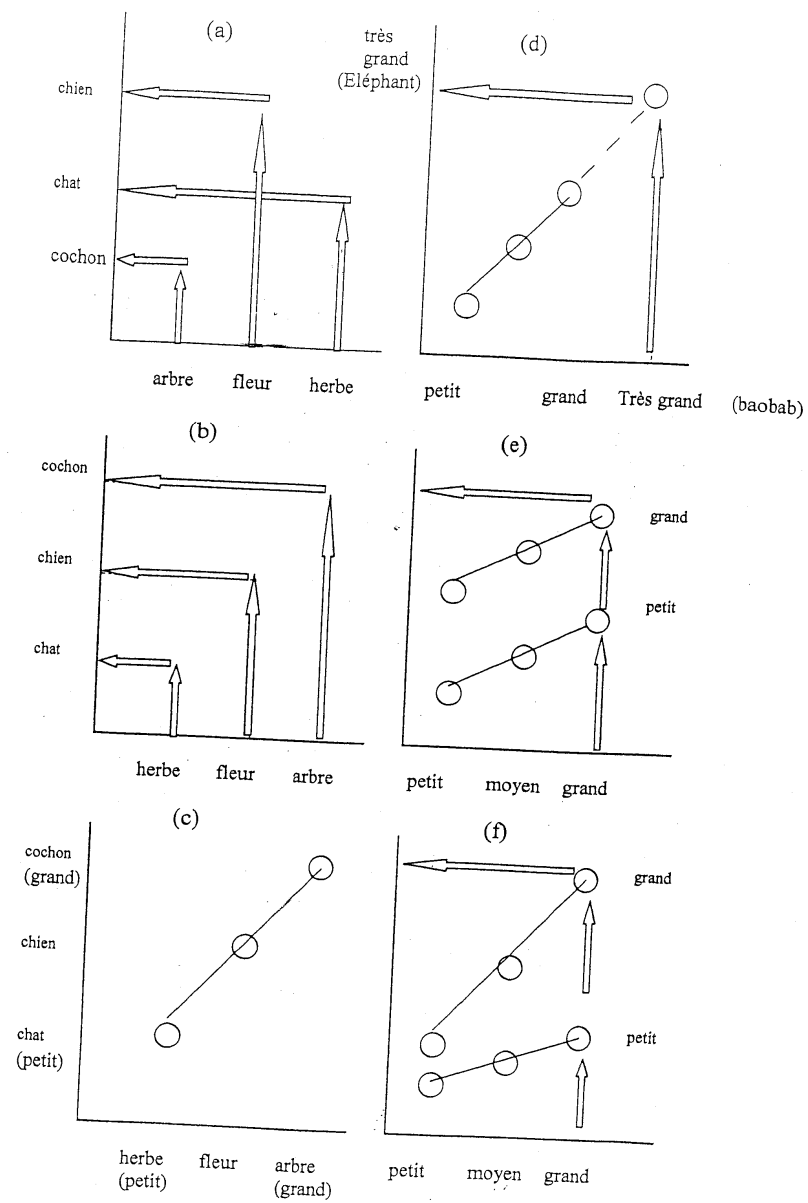


Figure 39. Graphique explicatif des cas d'utilisation des stratégies associative et fonctionnelle (d'après Chasseigne, Lafon, & Mullet, 2002).

une propriété abstraite doit pouvoir être établie dans chaque ensemble, et (b) une correspondance doit pouvoir être établie entre les propriétés extraites de chaque ensemble. La figure 39, panneau b, en propose un exemple. Sur les deux axes, les stimuli ont été ordonnés selon une propriété abstraite, leur taille. Une correspondance simple peut être établie entre les deux ensembles : plus le stimulus X est grand, plus le stimulus Y l'est également. En conséquence, la seule chose qui doit être apprise est, du moins en théorie, la fonction reliant les deux ensembles de stimuli. Si nous considérons le panneau c de la figure 39, il s'agit d'une relation monotone. Lorsqu'il n'y a aucun moyen (ou aucune manière simple) d'extraire une propriété abstraite des stimuli, ou lorsqu'il n'y a aucune possibilité d'établir une correspondance entre les propriétés abstraites, la stratégie fonctionnelle ne permet pas de s'adapter à la situation. Dans ce cas, l'apprentissage associatif reste le seul moyen de faire face à la situation.

Des situations plus complexes impliquent l'association de deux stimuli à un troisième. La figure 39, panneau e, illustre ce cas. Deux stimuli (l'un X1 repéré le long de l'axe des abscisses et l'autre X2 en ligne) sont associés pour former le troisième stimuli, Y. Si le nombre total de stimuli est excessif, une stratégie associative ne pourra pas conduire à une bonne performance. Un apprentissage fonctionnel pourra être d'une certaine aide à condition d'être complété par un apprentissage de règle de combinaison des stimuli X1 et X2 pour former le troisième Y. Dans l'exemple, plus X1 est grand, plus Y l'est (relation directe) ; plus X2 est grand, plus Y l'est (relation directe) ; la combinaison de X1 et X2 pour former Y est additive.

12. Hypothèses

Supposons une situation où deux ensembles de stimuli A et B (les indices) soient à associer à un troisième, C (le critère). Supposons qu'une propriété abstraite puisse être extraite de chaque ensemble-indice (la taille, par exemple) et qu'une propriété abstraite puisse être extraite de l'ensemble-critère (l'amplitude de valeurs numériques, par exemple). Supposons de plus qu'une correspondance puisse être établie entre chaque ensemble-indice et l'ensemble-critère, une relation directe par exemple (plus la taille est élevée, plus la valeur de critère l'est). Supposons enfin que des ensembles-indices doivent être associés de manière simple pour former l'ensemble-critère, que la règle de combinaison des indices soit additive, par exemple. Dans une telle situation, un apprentissage fonctionnel est possible, y compris pour les personnes âgées (Chasseigne et *al.*, 1997, 1999, 2002, 2004). Nous avons vu que, dans ce cas, et du point de vue du cadre théorique des fonctions exécutives (Zelazo et *al.*, 1997, 2003), les phases de représentation, de planification, d'exécution et d'évaluation sont aussi efficaces chez les personnes âgées que chez les plus jeunes. Nous faisons donc l'hypothèse que ces personnes se doteront d'une représentation correcte de la tâche, et même, amélioreront leurs performances au fil des essais.

Une telle situation est à contraster avec celle où aucune correspondance ne peut être établie entre les ensembles-indices et l'ensemble-critère. Dans ce cas, seule une stratégie associative est possible. Dans une telle situation, les personnes âgées ne peuvent qu'être à leur désavantage par comparaison aux participants plus jeunes, compte tenu de la diminution de leur capacité de mémoire de travail (Park, 2000 ; Park et *al.*, 2001).

La deuxième expérience de notre travail a pour but de tester ces hypothèses.

Chapitre 4

Expérience n°2

13. Méthode

13.1. Participants

Un ensemble de 112 personnes, réparties selon quatre groupes d'âge, a participé à cette expérience. Vingt huit participants (14 hommes et 14 femmes) constituaient chaque groupe d'âge. Le groupe le plus jeune (18-25 ans) était constitué essentiellement de volontaires recrutés en dehors du système scolaire ($M = 22.82$; $ET = 1.83$). Le second groupe (40-50 ans) était composé de personnes actives ($M = 45.68$; $ET = 2.53$). Le troisième groupe (65-75 ans) était constitué de personnes retraitées vivant à domicile ($M = 69.29$; $ET = 2.79$). Le quatrième groupe (76-90 ans) était composé de 16 personnes vivant à domicile et de 12 personnes vivant en foyer-logement ($M = 80.43$; $ET = 3.84$). Aucune d'entre elles n'était hospitalisée. Ces participants avaient été recrutés dans des associations et par l'intermédiaire de contacts personnels.

En raison de l'évolution de notre système éducatif, les personnes âgées de moins de 50 ans avaient un nombre d'années d'étude (18-25 ans : $M = 12.23$; $ET = 1.35$; 40-50 ans : $M = 12.36$; $ET = 1.96$) supérieur d'environ deux ans à celui des personnes âgées (65-75 ans : $M = 10.40$; $ET = .87$; 75-90 : $M = 10.13$; $ET = .34$). Un test de vocabulaire (WAIS-R, Wechsler, 1981) passé après l'expérience n'a montré aucune différence de niveau entre les participants ($M = 12.50$; $ET = 1.20$).

Aucune personne âgée ne présentait de signe de démence précoce (*Mini Mental State Examination*, Crum, Anthony, Bassett et Folstein, 1993 ; Folstein M. F., Folstein S. E. et McHugh, 1975). Aucun score observé n'était inférieur au seuil de 24 ($M = 29.12$; $ET = .80$; Minimum = 27, Maximum = 30).

On s'est assuré que tous les participants avaient une vision suffisante pour l'accomplissement de la tâche.

13.2. Matériel

Le matériel était composé de cinq sous-ensembles identiques de 25 fiches cartonnées (10 x 13 cm). La figure 40 fournit un exemple de fiche. Chacune était porteuse au recto d'un couple de mots (un animal (A) et un végétal (B)), les indices, et au verso d'une indication chiffrée (de 0 à 20), le critère. La valeur du critère portée au verso de la fiche variait selon la condition.

Pour déterminer les valeurs du critère, à chaque valeur d'indice était associée une valeur correspondant au rangement de sa taille. Ainsi, à chacun des cinq animaux était associé une valeur chiffrée (fourmi, 1 ; chat, 2 ; chien, 3 ; vache, 4 ; éléphant, 5). Il en allait de même pour les cinq végétaux (mousse, 1 ; pâquerette, 2 ; tulipe, 3 ; cerisier, 4 ; baobab, 5).

Dans la condition où une stratégie fonctionnelle d'apprentissage était susceptible d'intervenir (AF), la propriété abstraite identifiable pour chaque indice était la taille et celle du critère était l'amplitude de la valeur chiffrée (de 0 à 20). La corrélation entre chaque valeur d'indice et le critère était positive, égale à 0.55 pour l'indice A et à 0.83 pour l'indice B. La règle de combinaison des indices pour former le critère était additive (Tableau 20).



FOURMI – MOUSSE

Figure 40. Expérience 2. Matériel. Reproduction d'une des fiches fournie aux participants.

Tableau 20.

Expérience 2. Matériel. Condition AF. Valeur du critère correspondant à celles des indices.

Critère	0; 3; 6; 9; 12; 2; 5; 8; 11; 14; 4; 7; 10; 13; 16; 6; 9; 12; 15; 18; 8; 11; 14; 17; 20
Indice A	1; 1; 1; 1; 1; 2; 2; 2; 2; 2; 3; 3; 3; 3; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5
Indice B	1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5

Tableau 21.

Expérience 2. Matériel. Condition AS. Valeur du critère correspondant à celles des indices.

Critère	8; 2; 14; 11; 5; 12; 6; 18; 15; 9; 14; 8; 20; 17; 11; 6; 0; 12; 9; 3; 10; 4; 16; 13; 7
Indice A	1; 1; 1; 1; 1; 2; 2; 2; 2; 2; 3; 3; 3; 3; 3; 4; 4; 4; 4; 4; 5; 5; 5; 5; 5
Indice B	1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5; 1; 2; 3; 4; 5

Dans l'autre condition où une stratégie fonctionnelle d'apprentissage n'était pas possible et où seule une stratégie associative était adaptative (AS) en raison de l'absence de correspondance entre valeurs d'indices et valeurs de critère, les corrélations indice-critère étaient quasi-nulles (Tableau 21).

Il est à noter que la quantité d'incertitude du système de la tâche en condition AF était minimale, égale à 0 (le carré de la corrélation multiple indice-critère est égale à 1), tandis que celle de la condition AS était maximale, égale à 1 (le carré de la corrélation multiple indice-critère est égale à 0).

13.3. Procédure

La tâche était présentée comme un jeu. Il s'agissait d'apprendre à prévoir des valeurs chiffrées (le critère) en fonction de deux indices. Pour ce faire, on fournirait différentes situations aux participants. Chacune serait décrite par un couple de mots (un animal et un végétal) présenté sur une fiche cartonnée (les indices). La valeur chiffrée correspondant au couple de mots serait notée au dos de la carte, sauf pour le premier bloc puisqu'il s'agissait d'une phase de familiarisation. Les participants étaient avertis du fait que la tâche serait peut-être difficile au début mais qu'ils apprendraient progressivement au fil des essais. L'étendue des valeurs d'indice n'était pas fournie aux participants.

La moitié des participants de chaque groupe d'âge, soit 14 individus, a été placée dans la condition AF, et l'autre dans la condition AS. Dans les deux conditions, cinq sous-ensembles (ou blocs) de 25 fiches étaient présentés au total. A l'intérieur d'un même bloc, les stimuli (couples A-B) étaient présentés de manière aléatoire. Les participants devaient, pour chaque essai, (a) examiner attentivement les couples de mots (indices) proposés, (b) effectuer leur prévision par une valeur chiffrée, et

(c) lire la valeur chiffrée inscrite au dos de la carte à haute voix. Lors de l'examen du bloc 1, aucune rétroaction n'était communiquée. La réponse exacte n'était connue du participant que du bloc 2 au bloc terminal. Après avoir fourni son estimation, le participant retournait la fiche qu'il venait d'examiner. Il prenait ainsi connaissance de la valeur réelle du critère.

Aucun délai de réponse n'était imposé. Les passations étaient individuelles et duraient trente minutes, aucune pause n'était accordée entre les blocs.

14. Hypothèses

Notre hypothèse générale n'est autre que la traduction, dans le cadre d'une situation d'apprentissage, de l'hypothèse classique d'interaction Age x Difficulté (Craik, 1986, 1994). D'une part, elle traduit l'idée selon laquelle les performances des personnes âgées seraient plus faibles que celles de personnes plus jeunes dans la condition d'apprentissage où seule une stratégie associative conduit à la réussite (AS) tandis que les différences liées à l'âge seraient beaucoup plus ténues dans la condition où une stratégie fonctionnelle est possible (AF). D'autre part, elle traduit l'idée que les différences entre les personnes jeunes et âgées devraient être encore plus prononcées en fin d'apprentissage (bloc 5) qu'en début d'apprentissage (bloc 1) dans la situation où l'on s'attend aux différences d'âge les plus importantes, la condition AS.

Nos différentes hypothèses prennent appui sur les propositions de Chasseigne et al. (2002, pp. 315-317). Elles portent sur le *CME* et sur le coefficient de *corrélation jugement-critère* (r_a). Le *CME* reflète l'adaptation globale du participant au cours de l'apprentissage et r_a nous renseigne sur la liaison entre la valeur estimée par le

participant et la valeur du critère. Les figures 41 et 42 montrent l'évolution générale de ces deux mesures présentée selon les conditions (AF et AS), l'âge des participants (18-25, 40-50, 65-75 et 76-90 ans) et les blocs d'essais (B1 à B5).

En condition AF, étant donné que la structure de la tâche (relations indice-critère directes, règle de combinaison additive des indices) correspond aux hypothèses *a priori* des participants quelque soit leur âge, des performances élevées devraient être observées pour tous les groupes d'âge, ce qui devrait se traduire par des valeurs faibles de *CME* et des valeurs fortes de r_a dès le bloc 1 (sans rétroaction). Les valeurs de *CME* devraient diminuer par la suite et celles de r_a augmenter avec les rétroactions, les participants de tous les groupes d'âge étant confortés dans leur représentation fonctionnelle de la tâche par les rétroactions. Il est possible de faire l'hypothèse de performances initiales légèrement plus faibles pour les personnes âgées que pour les participants plus jeunes, même si leur représentation de la tâche est globalement correcte. Ceci a notamment été observé par Chasseigne comme l'indique la figure 43. Le bloc 1 ne comportant pas de rétroaction, la phase d'évaluation (Zelazo et *al.*, 1997 ; 2003) ne peut pas se faire, ce qui est critique pour celles de planification et d'exécution. En conséquence, nous nous attendons, (a) pour le *CME*, à un profil de courbes en éventail légèrement ouvert à gauche, toutes courbes descendantes – celles des personnes âgées étant légèrement au-dessus de celles des personnes plus jeunes, et (b) pour r_a , à un profil de courbes en éventail légèrement ouvert à gauche, toutes courbes ascendantes – celles des personnes âgées étant légèrement au-dessous de celles des personnes plus jeunes (figures 41 et 42).

En condition AS, les hypothèses *a priori* des participants ne correspondant pas à la structure de la tâche (aucune relation fonctionnelle) des performances faibles

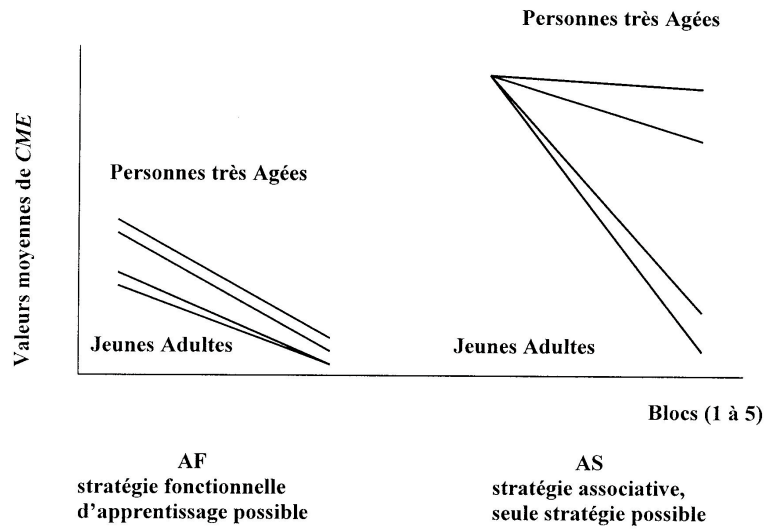


Figure 41. Expérience 2. Courbes théoriques. Evolution prévue des valeurs moyennes de CME selon l'âge, les conditions et les blocs.

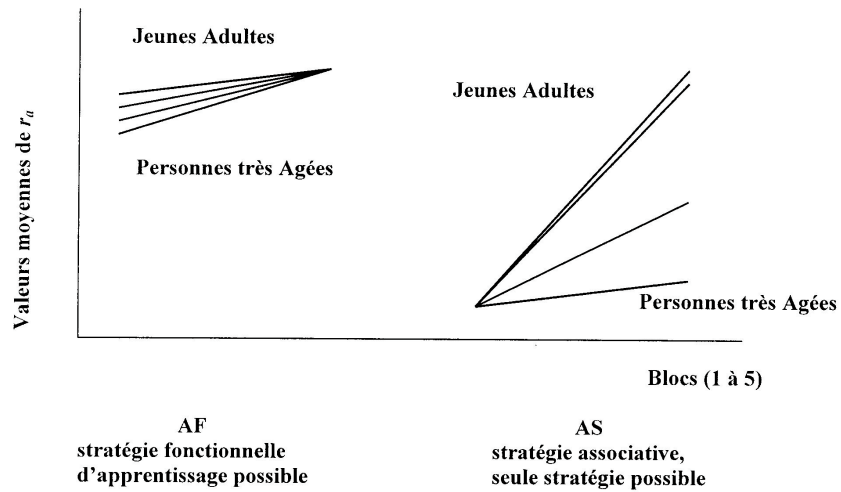


Figure 42. Expérience 2. Courbes théoriques. Evolution prévue des valeurs moyennes de r_a selon l'âge, les conditions et les blocs.

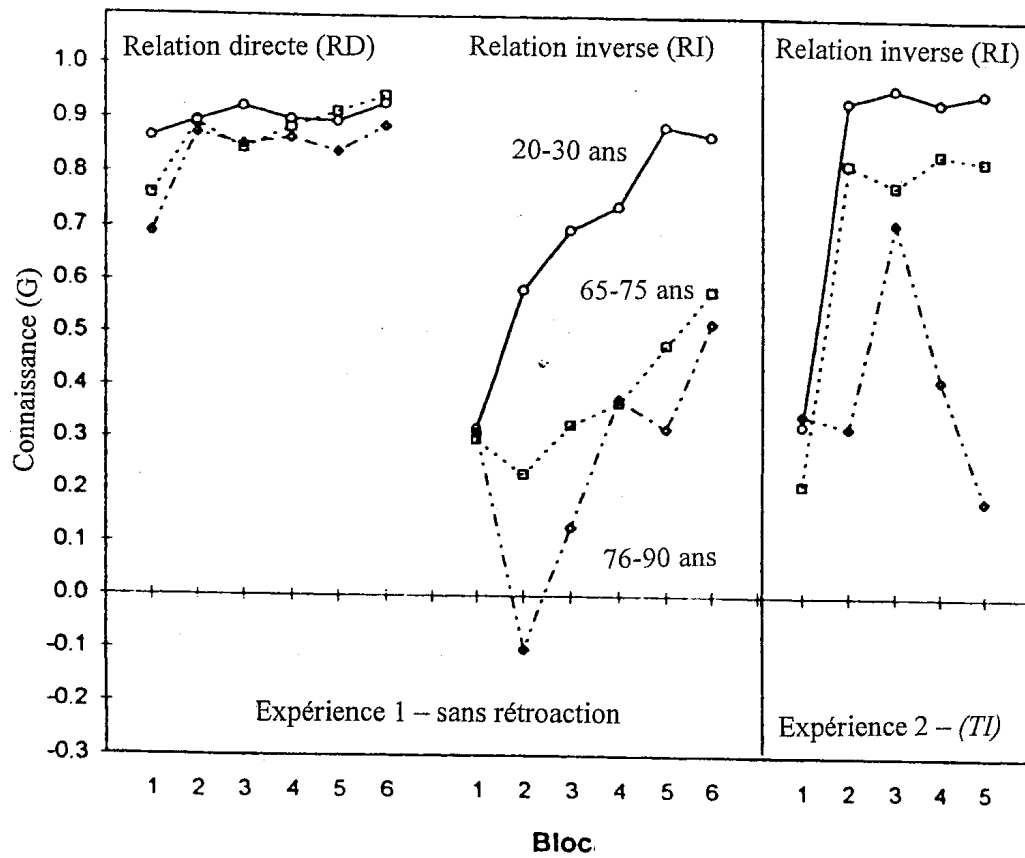


Figure 43. Résultats de Chasseigne et al. (1997). Connaissance selon l'âge et la condition (RD et RI).

devraient être observées pour tous les groupes d'âge lors du bloc 1. Ceci devrait se traduire par des valeurs élevées de *CME* et des valeurs faibles de r_a pour ce bloc. Par la suite, aucune correspondance ne pouvant être établie entre les propriétés abstraites des variables, « l'apprentissage associatif reste le seul moyen de faire face à la situation » (Chasseigne et *al.*, 2002, p. 316). Etant donné les difficultés éprouvées par les personnes âgées dans les situations d'apprentissage associatif reflétant une faible capacité de mémoire de travail (Park, 2000 ; Park et *al.*, 2001), nous nous attendons à une relative stabilité des valeurs de *CME* et de r_a pour ces personnes contrastant avec une diminution progressive des valeurs de *CME* et une augmentation corrélative des valeurs de r_a pour les participants les plus jeunes. Ceci témoignerait d'une stratégie associative plus efficace chez les participants plus jeunes. En conséquence, nous nous attendons (a) pour le *CME*, à un profil de courbes en éventail largement ouvert à droite – courbes des personnes jeunes clairement descendantes, courbes des personnes âgées presque horizontales, et (b) pour r_a , à un profil de courbes en éventail largement ouvert à droite – courbes des personnes jeunes clairement ascendantes, courbes des personnes âgées peu descendantes (figures 41 et 42).

D'un point de vue statistique, nous nous attendons, pour le *CME* et pour r_a , à une triple interaction Age x Condition x Bloc (composante trinéaire) et à deux interactions Age x Bloc (composante bilinéaire), celle en condition AS étant beaucoup plus importante que celle de la condition AF.

15. Résultats

Pour chaque participant, dans chaque condition, le *CME* et le coefficient r_a ont été calculés. Tous les traitements statistiques ont porté sur ces mesures obtenues au niveau individuel. Les coefficients r_a ont été transformés en score Z de Fisher. Pour faciliter les interprétations, ce sont les valeurs de corrélation (r de Bravais-Pearson) correspondants aux Z moyens qui figurent dans le texte, les tableaux et les graphiques. L'ordination des blocs a été inversée dans l'une des conditions (AS) afin d'éviter une confusion liée au sens inversé des résultats lors des comparaisons condition AF - condition AS.

14.1. Carré Moyen de l'Erreur

14.1.2. Analyse graphique globale

La figure 44 présente les performances des participants dans les deux conditions AF et AS. Dans les deux panneaux, l'axe des abscisses présente les cinq blocs et l'axe des ordonnées le *CME*. Le panneau de gauche indique le résultat en situation AF et le panneau de droite celui en situation AS. Les quatre représentations graphiques correspondent aux quatre groupes d'âge. Ces résultats sont également présentés aux tableaux 22 (AF) et 23 (AS).

Une première remarque concerne les scores du bloc 1. Tous groupes d'âge confondus, les valeurs de *CME* sont faibles en AF et très élevées en AS. En condition AF, les courbes forment un éventail légèrement ouvert à gauche, les courbes des trois groupes d'âge (18-25 ; 40-50 et 65-75 ans) convergent vers une valeur très faible de *CME* (1,02). La courbe des 76-90 ans suit le même profil mais de manière moins accentuée. En condition AS, les courbes forment un éventail

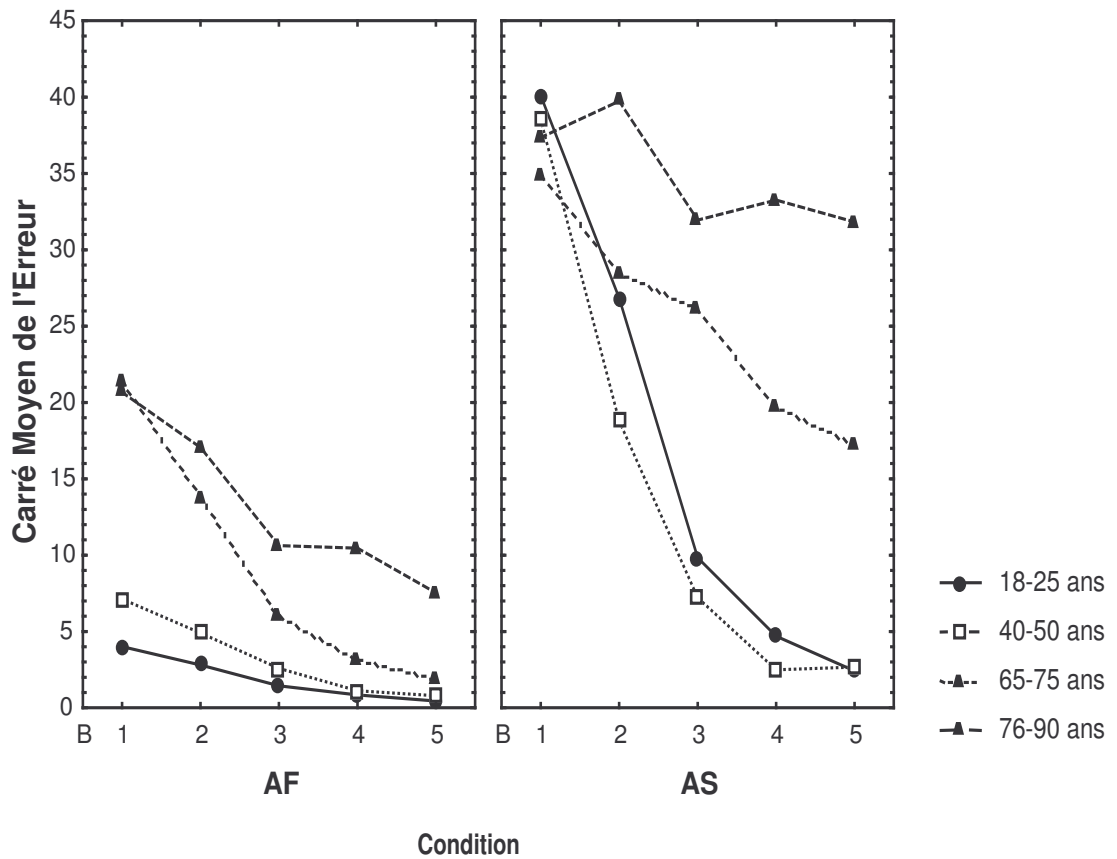


Figure 44. Expérience 2. Apprentissage. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge, les conditions et les blocs.

Tableau 22.

Expérience 2. Apprentissage. Condition AF. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs					Moyennes
	B1	B2	B3	B4	B5	
18-25 ans	4.01	2.81	1.45	0.84	0.45	1.91
40-50 ans	7.13	4.90	2.59	1.13	0.79	3.31
65-75 ans	21.45	16.66	6.03	3.12	1.82	9.82
+ 76 ans	20.67	17.05	10.63	10.46	7.53	13.27
Moyennes	13.32	10.36	5.18	3.89	2.65	7.08

Tableau 23.

Expérience 2. Apprentissage. Condition AS. Evolution des valeurs moyennes de *CME* selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs					Moyennes
	B1	B2	B3	B4	B5	
18-25 ans	40.10	26.84	9.83	4.69	2.42	16.76
40-50 ans	38.54	18.80	7.21	2.50	2.67	13.94
65-75 ans	34.83	28.36	26.16	19.80	17.13	25.26
+ 76 ans	37.35	39.74	31.95	33.26	31.82	34.82
Moyennes	37.71	28.44	18.79	15.06	13.51	22.70

largement ouvert à droite. Celles des deux plus jeunes groupes d'âge chutent clairement et l'erreur finale est sensiblement la même que celle atteinte par ces groupes dans la condition AF. En revanche, les courbes des personnes âgées sont peu descendantes, en particulier pour le groupe des 76-90 ans.

14.1.3. Analyses statistiques

Une analyse de variance (ANOVA) de plan Age x Condition x Bloc (4 x 2 x 5) avec mesures répétées sur le dernier facteur a été menée sur les valeurs brutes du *CME*. Les résultats sont présentés au tableau 24. L'effet d'âge est significatif, $F(3,104) = 83.38$, $p < .00001$. Les quatre valeurs observées sont 9.35, 8.62, 17.54 et 24.05. Les personnes âgées et très âgées se révèlent moins performantes que les deux plus jeunes groupes. L'effet de condition est significatif, $F(1,104) = 390.66$, $p < .00001$. Les deux valeurs observées sont 7.08 et 22.70. La condition AF est nettement mieux réussie. L'effet de bloc est également significatif, $F(4,416) = 44.02$, $p < .00001$. Les cinq valeurs observées sont 25.52 ; 19.02 ; 11.98 ; 9.47 et 8.08. Les performances s'améliorent au fil des blocs.

L'interaction Age x Condition est significative, $F(3,104) = 7.95$, $p < .0001$ ainsi que sa composante bilinéaire, $F(1,104) = 12.75$, $p < .001$. L'erreur moyenne entre les deux conditions AF et AS est plus importante chez les participants âgés et très âgés (11.55 *versus* 30.04) que chez les plus jeunes (2.61 *versus* 15.36). L'interaction Condition x Bloc est significative, $F(4,416) = 189.05$, $p < .00001$, ainsi que sa composante bilinéaire, $F(1,104) = 660.12$, $p < .00001$. Dans les deux conditions, l'erreur moyenne diminue bloc après bloc mais la progression est différente. En AS, les valeurs de *CME* sont très importantes au début de la tâche contrairement à la

Tableau 24.

Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance générale des résultats obtenus pour la mesure du CME et de r_a lors de la comparaison des conditions.

Source	d. l.	CME			r_a		
		Carré Moyen	F	p	Carré Moyen	F	p
Age (A)	3	7434.81	83.38	.00001	33.34	115.26	.00001
Linéaire	1	19452.63	218.17	.00001	91.26	315.47	.01
Condition (C)	1	34832.78	390.66	.00001	155.77	538.45	.00001
Bloc (B)	4	1308.59	44.02	.00001	0.67	8.93	.00001
Linéaire	1	3376.17	100.88	.00001	1.86	17.83	.00001
A x C	3	708.73	7.95	.0001	1.04	3.59	.01
Bilinéaire	1	1137.22	12.75	.001	0.13	0.45	.50
A x B	12	554.55	18.65	.00001	0.88	11.75	.00001
Bilinéaire	1	5286.44	157.97	.00001	6.18	59.10	.00001
C x B	4	5619.39	189.05	.00001	23.42	314.45	.00001
Bilinéaire	1	22090.60	660.12	.00001	91.47	874.94	.0001
A x C x B	12	230.08	7.74	.00001	1.75	23.56	.00001
Trilinéaire	1	1125.16	33.62	.00001	17.49	167.27	.00001

condition AF. L'interaction Age x Condition x Bloc est significative, $F(12,416) = 7.74$, $p < .00001$ ainsi que sa composante trilinéaire, $F(1,104) = 33.62$, $p < .00001$.

Deux analyses de variance complémentaires, une par condition, de plan Age x Bloc (4 x 5) avec mesures répétées sur le dernier facteur ont été menées sur les valeurs brutes du *CME*. Les résultats sont fournis par le tableau 25. Dans les deux conditions, l'interaction Age x Bloc est significative (AF : $F(1,12) = 11.31$, $p < .00001$; AS : $F(1,12) = 13.65$, $p < .00001$) ainsi que sa composante bilinéaire (AF : $F(1,12) = 32.55$, $p < .00001$; AS : $F(1,12) = 130.15$, $p < .00001$). L'effet de l'interaction est plus fort en condition AS qu'en AF : le F de la composante bilinéaire de l'interaction Age x Bloc est 4 fois plus fort en condition AS qu'en condition AF.

14.2. Corrélation Jugement-Critère

14.2.1. Analyse graphique globale

La figure 45 présente les performances des participants dans les deux conditions AF et AS. Dans les deux panneaux, l'axe des abscisses présente les cinq blocs et l'axe des ordonnées le coefficient r_a . Le panneau de gauche indique le résultat en situation AF et le panneau de droite celui en situation AS. Les quatre représentations graphiques correspondent aux quatre groupes d'âge. Ces résultats sont également présentés aux tableaux 26 (AF) et 27 (AS).

Une première remarque concerne les scores du bloc 1. Tous groupes d'âge confondus, les valeurs de r_a sont élevées en AF et très faibles en AS. En condition AF, les courbes forment un éventail légèrement ouvert à gauche, les courbes des trois groupes d'âge (18-25 ; 40-50 et 65-75 ans) convergent vers une valeur de r_a très élevée (0.99). La courbe des 75-90 suit le même profil mais de manière moins

Tableau 25.

Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance complémentaire des résultats obtenus pour la mesure du CME en fonction de l'âge selon chacune des conditions.

Source	d. l.	AF			AS		
		Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>	Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>
Age (A)	3	1952.50	63.23	.00001	6191.04	41.99	.00001
Linéaire	1	5591.52	181.07	.00001	14.998.33	101.72	.00001
Bloc (B)	4	1100.22	95.83	.00001	5827.77	121.49	.00001
Linéaire	1	4097.32	173.91	.00001	21369.46	492.73	.00001
A x B	12	129.87	11.31	.00001	654.77	13.65	.00001
Bilinéaire	1	766.93	32.55	.00001	5644.67	130.15	.00001

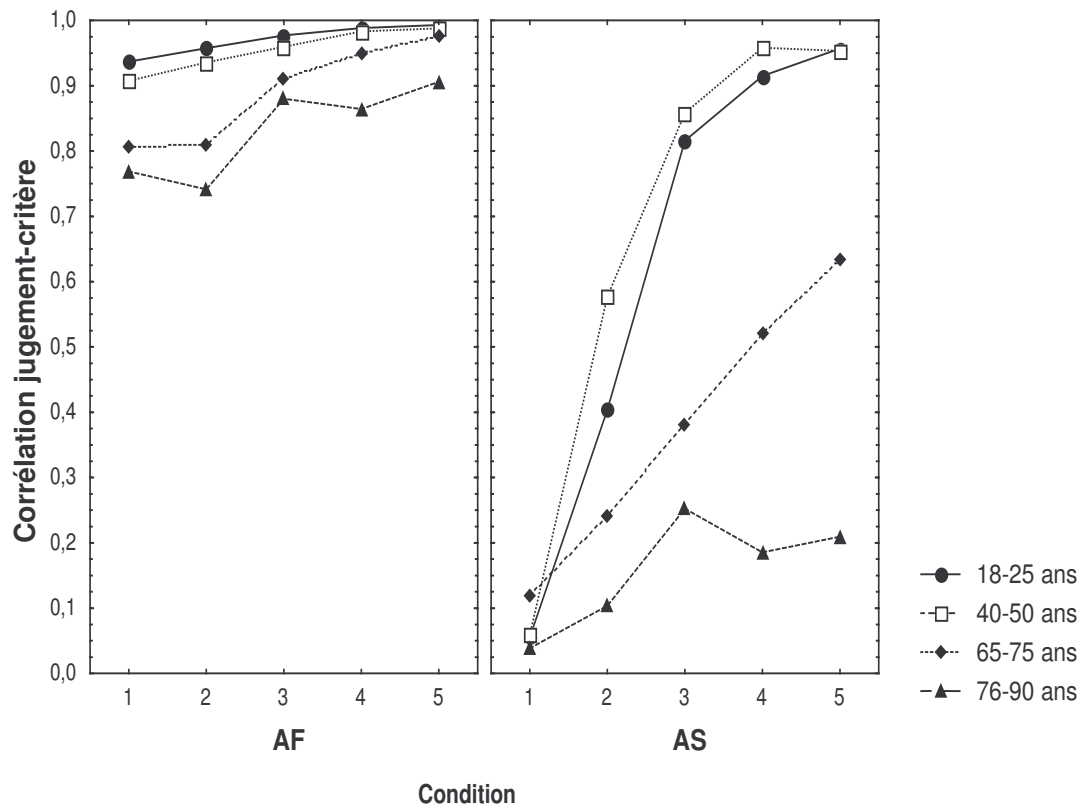


Figure 45. Expérience 2. Apprentissage. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge, les conditions et les blocs.

Tableau 26.

Expérience 2. Apprentissage. Condition AF. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs					Moyennes
	B1	B2	B3	B4	B5	
18-25 ans	0.94	0.96	0.98	0.99	0.99	0.97
40-50 ans	0.91	0.94	0.96	0.98	0.99	0.96
65-75 ans	0.81	0.81	0.91	0.95	0.98	0.89
+ 76 ans	0.77	0.74	0.88	0.86	0.91	0.83
Moyennes	0.86	0.86	0.93	0.95	0.97	0.91

Tableau 27.

Expérience 2. Apprentissage. Condition AS. Evolution des valeurs moyennes de r_a selon l'âge et les blocs.

Groupes d'âge	Blocs					Moyennes
	B1	B2	B3	B4	B5	
18-25 ans	0.06	0.40	0.82	0.91	0.96	0.63
40-50 ans	0.06	0.58	0.86	0.96	0.95	0.68
65-75 ans	0.12	0.24	0.38	0.52	0.63	0.38
+ 76 ans	0.04	0.10	0.25	0.19	0.21	0.16
Moyennes	0.07	0.33	0.58	0.64	0.69	0.46

accentuée. En condition AS, les courbes forment un éventail largement ouvert à droite. Celles des deux plus jeunes groupes d'âge sont nettement ascendantes et la valeur de r_a atteinte au dernier bloc est sensiblement la même que celle atteinte par ces groupes dans la condition AF. La courbe des personnes âgées de 65-75 ans est également ascendante mais la valeur de r_a atteinte au dernier bloc est nettement inférieure à celles des personnes plus jeunes tandis que celle des personnes très âgées est quasi constante indiquant des valeurs de r_a très faibles.

14.2.2. Analyses Statistiques

Une analyse de variance (ANOVA) de plan Age x Condition x Bloc (4 x 2 x 5) avec mesures répétées sur le dernier facteur a porté sur les données transformées (Z de Fisher). Les résultats sont donnés au tableau 24. L'effet d'âge est significatif, $F(3,104) = 115.26$, $p < .00001$. Les quatre valeurs observées sont 0.80 ; 0.82 ; 0.64 et 0.50. Les personnes âgées et très âgées ont un jugement moins précis que les deux plus jeunes groupes. L'effet de condition est significatif, $F(1,104) = 538.45$ $p < .00001$. Les deux valeurs observées sont 0.91 et 0.46. La condition AF est nettement mieux réussie. L'effet de bloc est également significatif, $F(4,416) = 8.93$, $p < .00001$. Les cinq valeurs observées sont 0.47 ; 0.60 ; 0.76 ; 0.80 et 0.83. Ainsi, les performances corrélationnelles augmentent bloc après bloc.

L'interaction Age x Condition est significative, $F(3,104) = 3.59$, $p < .01$ mais sa composante bilinéaire ne l'est pas, $F(1,104) = 0.45$, $p < .50$. Ce qui signifie l'ordination des performances selon l'âge est le même dans les deux conditions. L'interaction Condition x Bloc est significative, $F(4,416) = 314.45$, $p < .00001$ ainsi que sa composante bilinéaire, $F(1,104) = 874.94$, $p < .0001$. Dans les deux conditions, les valeurs corrélatives augmentent bloc après bloc mais la progression

est différente. En AS, les coefficients r_a sont très faibles en début de tâche et augmentent progressivement au fil des blocs. L'adaptation est en revanche plus spontanée et régulière en AF. L'interaction Age x Condition x Bloc est significative, $F(12,416) = 23.56$, $p < .00001$ ainsi que sa composante trilineaire, $F(1,104) = 167.27$, $p < .00001$.

Deux analyses de variance complémentaires, une par condition, de plan Age x Bloc (4 x 5) avec mesures répétées sur le dernier facteur ont été menées sur les données transformées (Z de Fisher). Les résultats sont fournis par le tableau 28. Dans les deux conditions, l'interaction Age x Bloc est significative mais elle ne l'est pas dans les mêmes proportions. En effet, en condition AF, l'interaction Age x Bloc est significative, $F(12,208) = 5.05$, $p < .00001$, sa composante bilinéaire l'est également, $F(1,52) = 20.25$, $p < .00001$. En condition AS, l'interaction Age x Bloc, $F(12,208) = 25.17$, $p < .00001$ est également significative et sa composante bilinéaire, $F(1,52) = 160.99$, $p < .00001$. L'effet de l'interaction est plus fort en condition AS qu'en AF : le F de la composante bilinéaire de l'interaction Age x Bloc est 6 fois plus fort en condition AS qu'en condition AF.

16. Discussion

Notre préoccupation était de connaître les processus cognitifs impliqués lorsque aucune fonction ne peut être exploitée entre indice et critère. Pour cela, nous avons comparé deux situations impliquant les mêmes indices reliés à une variable, soit de manière fonctionnelle (linéaire-positive), soit de manière aléatoire. Nous savons que les participants assument que toutes les relations sont directes et que les deux indices jouent un rôle équivalent (égalité de poids). Par conséquent, cette expérience a permis d'observer, dans le cas de la situation où les indices étaient

Tableau 28.

Expérience 2. Apprentissage. Analyse de variance complémentaire des résultats obtenus pour la mesure de ra en fonction de l'âge et selon chacune des conditions.

<i>Source</i>	d. l.	AF			AS		
		Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>	Carré Moyen	<i>F</i>	<i>p</i>
Age (A)	3	14.34	95.73	.00001	20.04	46.74	.00001
Linéaire	1	42.25	282.08	.00001	49.15	114.61	.00001
Bloc (B)	4	8.61	154.73	.00001	15.48	165.84	.00001
Linéaire	1	33.61	473.25	.00001	59.73	432.57	.00001
A x B	12	0.281	5.05	.00001	2.35	25.17	.00001
Bilinéaire	1	1.44	20.25	.0001	22.23	160.99	.00001

reliés au critère de manière aléatoire, le passage d'une stratégie fonctionnelle à une stratégie associative.

Nous avons fait l'hypothèse d'une interaction Age x Condition x Bloc au niveau des mesures du *CME* et de r_a . Cette hypothèse n'était que la traduction, dans le cadre d'une situation d'apprentissage, de l'hypothèse classique d'interaction Age x Difficulté. D'une part, elle traduisait l'idée selon laquelle les performances des personnes âgées seraient plus faibles que celles des personnes plus jeunes dans la condition d'apprentissage où seule une stratégie associative conduit à la réussite (AS) tandis que les différences liées à l'âge seraient beaucoup plus ténues dans la condition où une stratégie fonctionnelle est possible (AF). D'autre part, elle traduit l'idée que les différences entre les personnes jeunes et âgées devraient être encore plus prononcées en fin d'apprentissage (bloc 5) qu'en début d'apprentissage (bloc 1) dans la situation où l'on s'attend aux différences d'âge les plus importantes, la condition AS.

Une première hypothèse concernait la condition AF où une stratégie fonctionnelle est utilisable. Etant donné que la structure de la tâche (relation indices-critère linéaire-positif, règle de combinaison additive des indices) correspondait aux hypothèses *a priori* des participants quel que soit leur âge, nous nous attendions à des performances élevées pour tous les groupes d'âge dès le bloc 1 (sans rétroaction). Dès le bloc 1 des valeurs faibles de *CME* et des valeurs élevées de r_a ont été effectivement observées. Comme nous l'attendions, les performances initiales sont légèrement plus faibles pour les personnes âgées que pour les plus jeunes en raison de l'absence de rétroaction. Même si la représentation de la tâche des personnes très âgées est globalement correcte, l'absence de rétroaction ne permet pas la phase d'évaluation rendant critiques les phases de planification et

d'exécution. Ces résultats correspondent à ceux de Chasseigne et *al.*, 1997 (expérience 1) et à ceux de notre expérience 1. Dès que les participants sont confortés dans leur représentation fonctionnelle de la tâche par les rétroactions (blocs 2 à 5), la performance augmente.

Une seconde hypothèse concernait la condition AS où seule une stratégie associative était utilisable. Etant donné que les hypothèses *a priori* des participants ne correspondaient pas à la structure de la tâche (aucune relation fonctionnelle), nous nous attendions à des performances faibles pour tous les participants lors du bloc 1. Pour tous les groupes de participants des valeurs élevées de *CME* et des valeurs faibles de r_a ont effectivement été observées. Lors de l'apprentissage (bloc 2 à 5), aucune correspondance ne pouvant être établie entre les propriétés abstraites des ensembles de variables impliquées, la stratégie associative était la seule stratégie à utiliser. Dans ces conditions, les personnes âgées étaient à leur désavantage vis à vis des participants plus jeunes. Comme nous l'attendions, une relative stabilité des valeurs de *CME* et de r_a pour ces personnes a contrasté avec une diminution progressive des valeurs de *CME* et à une augmentation corrélative des valeurs de r_a pour les participants les plus jeunes. Ces résultats reflètent la faible capacité de mémoire de travail des personnes âgées.

Pour répondre à notre préoccupation initiale lorsque aucune fonction n'est utilisable dans le cadre d'une situation d'apprentissage avec indices multiples, les personnes âgées ont de moins bonnes performances que les participants plus jeunes. En dehors du fait que leur faible capacité de la mémoire de travail limite le stockage d'un nombre important d'associations, leur faible flexibilité de fonctionnement ne leur permet pas, ou beaucoup moins que les jeunes, le passage d'une stratégie fonctionnelle à une stratégie associative d'apprentissage.

3^{ème} partie

Conclusion

Chapitre 5

Discussion générale – projet de recherche

17. Discussion relative aux expériences 1 et 2

Notre objectif était d'étudier l'évolution des processus cognitifs impliqués dans l'abstraction et l'adaptation aux relations complexes de l'environnement de l'adulte jeune à l'adulte âgé.

Lors de notre première expérience, nous avons montré que les personnes âgées sont capables d'apprendre des relations curvilinéaires. Leurs performances se sont avérées légèrement moins bonnes que celles de personnes plus jeunes mais les différences n'ont été que quantitatives.

Lors de notre première expérience nous avons également montré que les capacités d'extrapolation mises en évidence chez des participants jeunes à partir de relations fonctionnelles linéaire-positive, linéaire-négative et curvilinéaires à un indice, pouvait se généraliser aux personnes âgées. Nous avons également observé des différences liées à l'âge seulement quantitatives. Les capacités d'extrapolation des personnes âgées sont donc qualitativement similaires à celles des jeunes adultes. Cette conclusion s'applique particulièrement au cas d'une relation directe, linéaire et positive.

La deuxième expérience impliquait l'association de deux indices à une variable à prédire. Dans la condition simple où un apprentissage de fonction (directe) et de

règle de combinaison des indices (additive) – stratégie fonctionnelle- était possible, tous les groupes d'âge ont été également performants ; un apprentissage fonctionnel complété d'un apprentissage de règle de combinaison des indices a été effectué. Dans la condition où aucune fonction ne liait indices et variable à prédire, seules les personnes jeunes et d'âge mûr ont eu des performances élevées. Ces personnes ont utilisé une stratégie associative ce qui n'a pas été le cas pour les personnes âgées, où du moins une telle stratégie n'a pas réussi.

Finalement, le fonctionnement étudié lors de la première expérience – passage d'un fonctionnement en relation directe à celui d'un fonctionnement en relation inverse ou curvilinéaire- serait flexible chez les personnes âgées comme chez les adultes plus jeunes dans le cas où deux ensembles (un indice ; un critère) serait à mettre en relation. Celui étudié lors de la deuxième expérience – passage d'une stratégie fonctionnelle à une stratégie associative- ne se ferait pas (ou peu) chez les personnes âgées, en raison de leur moindre flexibilité, et compte tenu de leur faible capacité de mémoire de travail qui limite le nombre stockable d'associations.

18. Projet de recherche

18.1. Vieillesse cognitive, Apprentissage probabiliste et détection des indices non pertinents¹¹

Dans l'objectif d'approfondir nos travaux, nous envisageons d'étudier l'effet de l'âge sur l'apprentissage de relations probabilistes en présence d'indices non pertinents. Plusieurs recherches ont montré que les personnes âgées ont plus de difficultés que les personnes plus jeunes à ignorer les informations non valides dans

¹¹ Pour une première introduction, se référer à: Chasseigne (1996, expériences 3 et 4).

une grande variété de tâches (Balota et *al.*, 2000 ; Duchek et *al.*, 1995 ; Hasher et Zacks, 1988 ; Hasher, et *al.*, 1999 ; Stolzfus et *al.*, 1996 ; Zacks et Hasher, 1997 ; Zacks et *al.*, 2000 ; Zacks et *al.*, 1996). L'étude de Lewandowsky et *al.* (2002) dans la lignée des travaux de DeLosh et *al.* (1997), a permis d'observer que les personnes jeunes pouvaient elle-même éprouver des difficultés à inhiber un indice contextuel lorsque celui-ci n'était pas pertinent. Notons que Schul (1993) permet d'expliquer ce résultat par le fait que les participants concernés par cette difficulté ont été confortés dans leurs suppositions lors de l'apprentissage, ce qui a nuit à la détection d'indices non pertinents. Une seule exception a pu être observée en présence d'une relation fonctionnelle linéaire-positive, réputée correspondre à l'hypothèse par défaut émise par les participants dans ce type de tâche. Dans cette situation, la performance des participants dépend uniquement de la représentation préexistante par défaut, linéaire-positive, et la personne n'est plus sensible à la distraction.

Nous souhaitons prolonger nos travaux et les connaissances établies dans ce domaine en observant comment se comportent les personnes âgées dans des situations impliquant une activité d'inhibition, coûteuse en ressources cognitives.

Selon Klayman (1988), lorsqu'une tâche d'apprentissage fonctionnel comporte un ensemble d'indices non pertinents, la principale source d'apprentissage est la découverte des indices valides et la connaissance de la direction de leurs effets. Dans toutes les études où des indices non pertinents sont impliqués, le fait d'ignorer le fonctionnement de tels indicateurs apparaît comme un processus actif. En d'autres termes, l'inhibition est consommatrice de ressources cognitives (Engle, Conway, Tuholski, et Shisler, 1995). Supposons que la tâche d'apprentissage comporte quatre indices A, B, C et D présentés sous forme de barres verticales de

hauteur variable. Supposons que les indices A et D soient reliés positivement au critère et que les indices B et C n'aient aucune validité. Supposons enfin que la valeur prise par le critère pour chaque configuration d'indices soit communiquée au participant après chaque estimation. Lors de l'examen de la première configuration d'indices, et sans aucune autre information, le participant va assumer que toutes les relations sont directes et que les quatre indices jouent un rôle équivalent (égalité de poids). C'est ce qu'ont mis en évidence Brehmer (1974, 1994) chez des adultes jeunes et Chasseigne et *al.* (1997, 1999, 2002, 2004) chez les personnes âgées. La différence entre l'inférence émise par le participant et la valeur prise par le critère va conduire le participant à émettre des doutes concernant la validité de sa stratégie de traitement de l'information. Il peut notamment se demander si tous les indices sont à prendre en considération. Le test de cette hypothèse implique une augmentation de la charge en mémoire de travail. Outre les informations relatives aux indices pertinents, le participant doit conserver en mémoire des informations supplémentaires relatives à la non-pertinence des indices non valides tout au long du processus d'apprentissage (Arbuthnott, 1995). De plus, la connaissance de la valeur prise par le critère ne lui permet que de prendre conscience de l'inadéquation partielle de sa stratégie. Elle ne le contraint pas à la modifier en quelque sens que ce soit. S'il veut que ses estimations soient plus ajustées lors des essais suivants, le participant est contraint de modifier sa stratégie consciemment. Ceci implique un acte volontaire de sa part et suppose un certain effort. Il s'agit là d'une activité que l'on peut considérer comme tombant dans la catégorie des traitements auto-initiés (Craik, 1986, 1994).

Compte tenu (a) de la réduction des capacités de la mémoire de travail liée au vieillissement, conséquence directe du ralentissement du traitement de

l'information, (b) de la difficulté éprouvée par les personnes âgées à traiter correctement toute l'information disponible dans toutes les situations qui requièrent une importante capacité de mémoire de travail et (c) de la grande difficulté qu'ont les adultes âgés à mettre en place des activités auto-initiées, il est probable que les personnes âgées seront moins capables que les plus jeunes d'apprendre une tâche qui requiert de telles activités. En d'autres termes, les personnes âgées auront des performances quasi équivalentes à celles d'adultes jeunes à chaque fois que la structure de la tâche impliquera une représentation préexistante (relations toutes directes, égalité de poids). Ce ne serait plus le cas si une nouvelle représentation, telle la non prise en compte du fonctionnement d'indices, était nécessaire (Light, 1991 ; Chasseigne et Mullet, 2001). Toutefois, étant donné les données de Chasseigne et *al.* (2004) et les résultats de notre expérience 1, les personnes âgées ne devraient pas éprouver de grandes difficultés si la tâche ne nécessitait la prise en compte que d'un seul indice, c'est-à-dire dans une condition sans nécessité d'intégration d'informations.

18.2. Méthode

Le dispositif impliquerait des participants issus de quatre groupes d'âge (20-35 ; 45-55 ; 65-75 et 76-90 ans) répartis aléatoirement dans les cases d'un plan 4 (Age) x 4 (Condition). Dans chaque condition, 4 indices seraient présentés sous forme de barres à hauteur variable. Les quatre conditions impliqueraient quatre, trois, deux ou un seul indice pertinents sur les quatre présentés. Un tel dispositif permettrait de tester, outre l'effet de la simple présence de stimuli distracteurs, l'effet de l'augmentation du nombre de ces stimuli.

Le matériel serait constitué de 5 blocs de 30 fiches cartonnées comportant 4 indices sous forme de barres verticales de hauteur variable.

18.3. Résultats attendus

Les paramètres calculés seront les paramètres classiquement utilisés pour l'analyse des résultats d'une expérience d'apprentissage probabiliste avec indices multiples (Cooksey, 1996, Hammond et Stewart, 2001): l'utilisation des indices (r_i , j), la connaissance de la tâche (G), le contrôle (R_s) et la précision (r_a).

Nous nous attendons premièrement à ce que les utilisations d'indices soient comparables quelle que soit la condition et le groupe d'âge pour les blocs initiaux.

Deuxièmement, nous nous attendons à des utilisations d'indices comparables entre jeunes et âgés dans la condition à toutes relations directes et en conséquence, à ce que le paramètre de la connaissance de la tâche prenne des valeurs élevées pour les trois groupes d'âge.

Troisièmement, nous nous attendons à ce que les personnes âgées ne parviennent pas à apprendre à inhiber l'utilisation initiale des indices non pertinents dans les deux conditions à deux et trois indices pertinents, la tâche étant plus complexe à apprendre étant celle à deux indices non pertinents.

Quatrièmement, la situation à un seul indice pertinent ne nécessitant pas d'intégration d'informations, nous nous attendons à ce que les performances des personnes âgées soient peu différentes de celles des jeunes adultes et des adultes d'âge mûr.

Références

- Ackerman, P. L., & Woltz, D. J. (1994). Determinants of learning and performance in a associative memory/substitution task: Task constraints, individual differences, volition, and motivation. *Journal of Educational Psychology, 86*, 487-515.
- Adelman, L. (1981). The influence of formal, substantive, and contextual task properties on the relative effectiveness of different forms of feedback in multiple-cue probability learning tasks. *Organizational Behavior and Human Performance, 27*, 423-442.
- American Psychological Association. (2001). Award for distinguished scientific contributions : Alan D. Baddeley. *American Psychologist, 56*, 849-864.
- Anderson, N. H. (1996). *A functional theory of cognition*. Mahwah: Erlbaum.
- Anderson, V., Levin, H. S., & Jacobs, R. (2002). Executive functions after frontal lobe injury: A developmental perspective. In D. T. Stuss & R. T. Knight (Eds.). *Principles of frontal lobe function* (pp. 504-527). Oxford: Oxford University Press.
- Arbuthnott, C. (1995). Inhibitory mechanisms in cognition: Phenomena and models. *Current Psychology of Cognition, 14*, 3-45.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working Memory*, Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1992). *La mémoire humaine: théorie et pratique*, Presses Universitaires de Grenoble.
- Baddeley, A. D. (2000). "The episodic buffer: A new component for working memory?", *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 417-423.

- Baddeley, A. D., & Wilson, B. (1986). Amnesia, autobiographical memory, and confabulation. In D. C. Rubin (Ed.), *“Autobiographical memory”* (pp. 225-252). New York : Cambridge University Press.
- Baddeley, A. D., & Wilson, B. (1988). Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain and cognition*, 7, 212-230.
- Balota, D. A., Dolan, P. O., & Duchek, J. M. (2000). Memory changes in healthy young and older adults. In F. I. M. Craik et E. Tulving (Eds.), *The Oxford Handbook of Memory* (pp. 395-410). Oxford: Oxford University Press.
- Battig, W. F. (1968). Paired-associate learning. In T. R. Dixon et D. L. Horton (Eds.). *Verbal behavior and general behavior theory*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Bott, L., & Heit, E. (2004). Nonmonotonic Extrapolation in Function Learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 1, 38-50.
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The ideal problem solver*. New York : W. H. Freeman.
- Brehmer, B. (1971). Subjects' ability to use functional rules. *Psychonomic Science*, 24, 259-260.
- Brehmer, B. (1973). Single-cue probability learning as a function of the sign and magnitude of the correlation between cue and criterion. *Organizational Behavior and Human Performances*, 9, 377-395.
- Brehmer, B. (1974). Hypotheses about relations between scaled variables in the learning of probabilistic inference tasks. *Organizational Behavior and human Performance*, 11, 1-27.
- Brehmer, B. (1976). Learning complex rules in probabilistic learning inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 20, 193-210.

- Brehmer, B. (1979). Effect on practice on utilization of nonlinear rules in inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 20, 141-149.
- Brehmer, B. (1994). The psychology of linear judgment models. *Acta Psychologica*, 87, 137-154.
- Brehmer, B., Alm, H., & Warg, L. E. (1985). Learning and hypothesis testing in probabilistic inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 26, 305-313.
- Brehmer, B., Kuylenstierna, J., & Liljergren, J. (1974). Effect of function form and cue validity on the subject's hypotheses in probabilistic inference tasks. *Organizational Behavior and Human Performance*, 11, 338-354.
- Brehmer, B., & Lindberg, L. A. (1970). The relation between cue dependency and cue validity in single-cue probability learning with scaled cue and criterion variable. *Organizational Behavior and Human Performance*, 5, 542-554.
- Brehmer, B., & Svensson, C. (1976). Learning to use functional rules in inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 17, 313-319.
- Brooks, J. O. 3rd., Friedman, L., & Yesavage, J. A. (2003). Use of an external mnemonic to augment the efficacy of an internal mnemonic in older adults. *Psychogeriatrics*, 15 (1), 59-67.
- Burgess, P. W. (1997). Theory and methodology in executive function research. In P. Rabbitt (Ed.) *"Methodology of frontal and executive functions"* (pp. 81-112). UK : Psychology Press.
- Burgess, P. W., & Shallice, T. (1996). Bizarre responses, rule detection and frontal lobe lesions. *Cortex*, 32, 241-259.
- Busemeyer, J., Byun, E., DeLosh, E., & McDaniel, M. (1997). Function learning based on experience with input-output pairs by humans and artificial neural networks. In K. Lambert et D. Shanks (Eds), *Knowledge, Concepts and categories*. Hove: Psychology Press. 405-437.

- Bussemeyer, J., McDaniel, M. A., & Byun, E. (1997). The abstraction of intervening concepts from experience with multiple input-multiple-output causal environment. *Cognitive Psychology*, 32, 1-48.
- Butterfield, E. C., & Albertson, L. R. (1995). On making cognitive theory more general and developmentally pertinent. In F. Weinert et W. Schneider (Eds). *Research on memory development* (pp. 73-99). Hillside, N.J. : Lawrence Erlbaum Associates.
- Butterfield, E. C., & Belmont, J. M. (1977). Assessing and improving the executive cognitive functions of mentally retarded people. In I. Bialer et M. Sternlicht (Eds), *Psychological issues in mental retardation* (pp. 277-318). New York : Psychological Dimensions.
- Byun, E. (1995). *Interaction between prior knowledge and type of nonlinear relationship on function learning*. PhD dissertation, Psychology Dept., Purdue University.
- Canestrari, R. E. Jr. (1963). Paced and self-paced learning in young and elderly adults. *Journal of Gerontology*, 18, 165-168.
- Carroll, J. D. (1963). *Functional learning: The learning of continuous functional mappings relating stimulus and response continua*. (ETS RB 63-26). Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Cerella, J. (1990). Aging and the information processing rate. In Birren, J. E., et Schaie, K. W. (Eds), *Handbook of the psychology of aging* (pp. 201-221). 3rd edition. New York: Academic Press.
- Cerella, J., & Hale, S. (1994). The rise and fall in information-processing rates over the life span. *Acta Psychologica*, 86, 109-197.

- Chasseigne, G., (1996). *Viellissement cognitif et apprentissage probabiliste: le cas des relations inverses et des indices non pertinents*. Thèse de doctorat, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Section: Sciences de la Vie et de la Terre.
- Chasseigne, G., Grau, S., Mullet, E., & Cama, V. (1999). How do elderly people cope with uncertainty in a learning task? *Acta Psychologica*, *103*, 229-238.
- Chasseigne, G., Lafon, P., & Mullet, E. (2002). Aging and Rule Learning: The Case of the Multiplicative Law. *American Journal of Psychology*, *115*, 315-330.
- Chasseigne, G., Ligneau, C., Grau, S., Le Gall, A., Roque, M., & Mullet, E. (2004). Aging and Probabilistic Learning in Single- and Multiple-cue Tasks. *Experimental Aging Research*, *30* (1), 23-45.
- Chasseigne, G., & Mullet, E. (2001). Contribution of brunswikian functionalism to the study of aging. In Hammond, K. R., & Stewart, T. R. (Eds.), *The Essential Brunswick: Beginnings, Explications, Applications*. Oxford University Press, 423-426.
- Chasseigne, G., Mullet, E., & Stewart, T. (1997). Aging and Probability Learning: The case of Inverse Relations. *Acta Psychologica*, *97*, 235-252.
- Cohen, G. (1988). Age differences in memory for texts: Production deficiency or processing limitations? In L. L. Light & D. M. Burke (Eds.), *Language, memory, and aging*, New York, Cambridge University Press, 171-190.
- Cooksey, R. W. (1996). *Judgment analysis: Theory, methods, and application*. San Diego: Academic Press.
- Craik, F. I. M. (1986). A functional account of age differences in memory. In F. Klix & H. Hagendorf (Eds.), *Human memory and cognitive capabilities: Mechanisms and performances*. Amsterdam: North Holland.
- Craik, F. I. M. (1994). Memory changes in normal aging. *Current Directions in Psychological Science*, *3*, 155-158.

- Craik, F. I. M., & Salthouse, T. A. (2000). *The Handbook of Aging and Cognition*. (2^{nde} édition). Erlbaum, Hillsdale, New Jersey.
- Crawford, S. & Channon, S. (2002). Dissociation between performance on abstract tests of executive function and problem solving in real-life-type situations in normal aging. *Aging and Mental Health*, 6, 12-21.
- Crum, R. M., Anthony, J. C., Bassett, S. S., & Folstein, M. F. (1993). Population-based norms for the Mini-Mental State Examination by age and educational level. *Journal of American Medical Association*, 269, 2386-2391.
- Deane, D. H., Hammond, K. R., & Summers, D. A. (1972). Acquisition and application of knowledge in complex inference tasks. *Journal of Experimental Psychology*, 92, 20-26.
- DeLosh, E. L. (1995). *Hypothesis testing in the learning of functional concepts*. Masters thesis, Psychology Dept, Purdue University.
- DeLosh, E. L., Busemeyer, J. R., & McDaniel, M. A. (1997). Extrapolation: the sine qua non for abstraction in function learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 968-986.
- Doherty, M. E., & Balzer, W. K. (1988). Cognitive feedback. In Brehmer, B., & Joyce, C. R. B. (Eds.), *Human Judgment: The SJT View*. North-Holland, Amsterdam.
- Duchek, J. M., Balota, D. A., Faust, M. E., & Ferraro, F. R. (1995). Inhibitory processes in young and older adults in a picture-word task. *Aging and Cognition*, 2, 156-167.
- Dunlosky, J., & Connor, L. (1997). Age difference in the allocation of study time account for age differences in memory performance. *Memory et Cognition*, 25 (5), 691-700.

- Engle, R. W., Conway, A. R. A., Tuholski, S. W., & Shisler, R. J. (1995). A resource account of inhibition. *Psychological Science*, *6*, 122-125.
- Erikson, M. A., & Kruschke, J. K. (1998). Rules and exemplars in category learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *127*, 107-140.
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). Mini-Mental State: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189-198.
- Greller, M. M., & Simpson, P. (1999). In search of late career: A review of contemporary social science research applicable to understanding of late career. *Human Resource management Review*, *9*, 309-347.
- Guigon, E. (2004). Interpolation and Extrapolation in Human Behavior and Neural Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*, 3, 382-389.
- Halford, G. S., Wilson, W. H., & Phillips, S. (1998). Processing capacity defined by relational complexity: Implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. *Behavioral and Brain Sciences*, *21*, 803-864.
- Hammond, K. R., & Stewart, T. R. (2001). *The Essential Brunswick : Beginnings, explications, applications*. Oxford : Oxford University Press.
- Harnishfeger, K. K., & Bjorklund, D. F. (1993). The ontogeny of inhibition mechanisms: A renewed approach to cognitive development. In M. L. Howe & R. Pasnak (Eds.) *Emerging themes in cognitive development: Vol I; Foundations* (pp. 28-49). New York: Springer-Verlag.
- Hasher, L. & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension and aging: A review and a new view. In Bower, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and motivation (Vol. 22)*, San Diego: Academic Press.

- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In D. Gopher & A. Koriat, *Attention and performance, Vol. 7*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hershey, D. A. (1995). Influence of age and gender on estimates of long-term financial growth functions. *Aging and Cognition, 2*, 231-250.
- Hershey, D. A. & Wilson, J. A. (1997). Age differences in performance awareness on a complex financial decision-making task. *Experimental Aging Research, 23*, 257-273.
- Hertzog, C., & Hulstsch, D. F. (2000). Metacognition in adulthood and aging. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.). *The Handbook of Aging and Cognition* (2nd édition). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kausler, D. H. (1989). Comments on aging memory and its everyday operations. In L. W. Poon, D. C. Rubin, & B. A. Wilson (Eds.), *Everyday cognition in adulthood and late life*. New York: Cambridge University Press.
- Kausler, D. H. (1994). *Learning and Memory in Normal Aging*. San Diego: Academic Press.
- Kausler, D. H. & Puckett, J. M. (1980). Frequency judgments and correlated cognitive abilities in young and elderly adults. *Journal of gerontology, 35*, 376-382.
- Kim, S. & Hasher, L. (2005). The attraction effect in decision making: superior performance by older adults. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology: Section A, 58, 1*, 120-133.
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology, 55*, 352-358.
- Klayman, J. (1988). Cue discovery in probabilistic environments: uncertainty and experimentation. *Learning, Memory and Cognition, 14*, 317-330.

- Knez, I. (1991). Interaction of data and hypotheses in probabilistic inference tasks: Rejection of the hypothesis sampling model? *Scandinavian Journal of Psychology*, 32, 57-69.
- Knez, I. (1992a). Estimation of the hypothesis hierarchy in probabilistic inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 33, 47-55.
- Knez, I. (1992b). Subjects' inferential performance and the interaction of data hypotheses in probabilistic inference tasks. *Scandinavian Journal of Psychology*, 33, 56-67.
- Koele, P. (1980). The influence of labelled stimuli on nonlinear multiple-cue probability learning. *Organizational Behavior and Human Performance*, 26, 22-31.
- Koh, K., & Meyer, D. E. (1991). Function learning: Induction of continuous stimulus-response relations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, et Cognition*, 17, 811-836.
- Kovalchik, S., Camerer, C. F., Grether, D. M., Plott, C. R., & Allman, J. M. (2004). Aging and decision making: a broad comparative study of decision behavior in neurologically healthy elderly and young individuals. *Journal of Economic Behavior and Organisation* (sous presse).
- Kray, J., Li, Z. H. L., & Lindenberger, U. (2002). Age-related changes in task-switching components: The role of task uncertainty. *Brain and Cognition*, 49, 363-381.
- Kray, J., & Lindenberger, U. (2000). Adult age differences in task switching. *Psychology and Aging*, 15, 126-147.
- Kruschke, J. K. (1992). ALCOVE: An exemplar-based connectionist model of category learning. *Psychological Review*, 99, 22-44.

- Lafon, P., Chasseigne, G. & Mullet, E. (2004). Functional Learning Among children, Adolescent and Young adults. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88, 4, 334-347.
- Léoni, V., Mullet, E., & Chasseigne, G. (2002). Aging and intuitive physics. *Acta Psychologica*, 11, 1, 29-43.
- Levin, H. S., Goldstein, F. C., Williams, D. H., & Eisenberg, H. M. (1991). The contributions of frontal lobe lesions to the neurobehavioral outcome of closed head injury. In H. S. Levin, H. M. Eisenberg, & L. B. Benton (Eds.) (pp. 381-397). Frontal lobe function and dysfunction. Oxford : Oxford University Press.
- Lewandowsky, S. Kalish, M., & Ngang, S. K. (2002). Simplified learning in complex situations: Knowledge partitioning in function learning. *Journal of Experimental Psychology: General*, 131, 163-193.
- Lewandowsky, S. & Kirsner, K. (2000). Knowledge partitioning: Context-dependent use of expertise. *Memory et Cognition*, 28, 295-305.
- Lezak, M. D. (1993). Newer contributions to the neuropsychological assessment of executive functions. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 8, 24-31.
- Light, L. L. (1991). Aging and memory: Four hypotheses in search of data. *Annual Review of Psychology*, 42, 333-376.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man (2nd edition)*. New York: Basic Books. (publication originale publiée en 1962).
- Lyon, G. R. & Krasnegor, N. A. (1999). *Attention, Memory and Executive Function*. Paul H. Brookes Publishing Co. (seconde édition), The Maple press Compagny, York, Pennsylvania.
- McDowd, J. M., & Craik, F. I. M. (1988). Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, 267-280.

- Miller, P. M. (1971). Do labels mislead? A multiple cue study, within the framework of Brunswick's probabilistic functionalism. *Organizational Behavior and Human performance*, 6, 480-500.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks : A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Monge, R. H. (1971). Studies of verbal learning from the college years through middle age. *Journal of gerontology*, 26, 324-329.
- Muchinsky, P. M., & Dudycha, A. L. (1974). The influence of a suppresser variable and labelled stimuli on MCPL. *Organizational Behavior and Human Performance*, 12, 429-444.
- Muchinsky, P. M., & Dudycha, A. L. (1975). Human inference behavior in abstract and meaningful environments. *Organizational Behavior and Human Performance*, 13, 377-391.
- Mullet, E., & Cheminat, Y. (1995). Estimation of exponential expressions by school students. *Contemporary Educational Psychology*, 20, 451-456.
- Muñoz-Sastre, M. T., & Mullet, E. (1998). Evolution of the intuitive mastery of the relationship between base, exponent, and number magnitude in high-school students. *Mathematical Cognition*, 4 (1), 67-77.
- Muñoz-Sastre, M. T., Mullet, E., & Sorum, P. (1999). Relationship between cigarette dose and perceived risk of lung cancer. *Preventive Medecine*, 28 (6), 566-571.
- Mutter, S. A., & Williams, T. W. (2004). Aging and the detection of contingency in causal learning. *Psychology and Aging*, 19, 13-26.

- Naylor, J. C., & Clark, R. D. (1968). Intuitive inference strategies in interval learning tasks as a function of magnitude and sign. *Organizational Behavior and Human Performance*, 3, 378-399.
- Naylor, J. C., & Domine, R. K. (1981). Inference based on uncertain data: some experiments on the role of slope magnitude, instruction, and stimulus distribution shape on the learning of contingency relations. *Organizational Behavior and Human Performance*, 27, 1-31.
- Norman, D. & Shallice, T. (1986). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz, & D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation. Advances in research and theory*, 4, 1-18. New York: Plenum Press.
- Park, D. C. (2000). The basic mechanisms accounting for age-related decline in cognitive function. In D. C. Park & N. Schwarz, *Cognitive aging : A primer*. Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Park, D. C., & Gutchess, A. H. (2002). "Aging, cognition and culture: a neuroscientific perspective". *Neurosciences and Biobehavioral Reviews*, 26, 859-867.
- Park, D. C., Polk, T. A., Mikels, J. A., Taylor, S. F., & Marshuetz, C. (2001). Cerebral aging: brain and behavioral models of cognitive function. *Dialogues in clinical Neurosciences*, 3 (3), 151-165.
- Peters, E. Finucane, M. L., MacGregor, D. G., & Slovic, P. (2000). The bearable lightness of aging: Judgment and decision processes in older adults. In National Research Council, (Ed)., *The aging mind: Opportunities in cognitive research* (Appendix C). Washington, DC: National Academic Press.

- Phillips, L. H. (1997). Do “frontal tests” measure executive function ? Issues of assessment and evidence from fluency tests. In P. Rabbitt (Ed.), “*Methodology of frontal and executive function*” (pp. 191-213). UK. Psychology Press.
- Pliske, R. M., & Mutter, S. A. (1996). Age differences in the accuracy of confidence judgments. *Experimental Aging Research*, 22, 199-216.
- Prull, M. W., Gabrielly, J. D. E., & Bunge, S. A. (2000). Age-related changes in memory: A cognitive neurosciences perspective. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.). *The Handbook of aging and cognition* (2nd édition.) (pp. 91-153). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rabbitt, P. (1977). Changes in problem solving ability in old age. In J. E. Birren & K. W. Schaie (Eds.). *Handbook of the psychology of aging*, New York, Van Nostrand Reinhold.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction : methodologies and models in the study of executive function. In P. Rabbitt (Ed.), “*Methodology of frontal and executive functions*” (pp. 1-38). UK. Psychology Press.
- Rogers, W. A., & Gilbert, D. K. (1997). Do performance strategies mediate age-related differences in associative learning? *Psychology and Aging*, 12, 620-633.
- Rogers, W. A., Hertzog, C., & Fisk, A. D. (2000). An individual differences analysis of ability and strategy influences: Age-related differences in associative learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26 (2), 359-394.
- Salthouse, T. A. (1990). Influence of experience on age differences in cognitive functioning. *Humans Factors*, 32, 551-569.
- Salthouse, T. A. (1994). Aging associations: Influence of speed on adult age differences in associative learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 1486-1503.

- Salthouse, T. A. (1996a). General and specific speed mediation of adult age differences in memory. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences*, *51B*, 30-42.
- Salthouse, T. A. (1996b). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, *103*, 403-428.
- Salthouse, T. A. (2000). Pressing issues in cognitive aging. In D. C. Park & N. Schwarz (Eds.), *Cognitive aging: A primer*. Philadelphia PA: Psychology Press.
- Salthouse, T. A. (2005). From description to explanation in cognitive aging. In R. Sternberg, J. Davidson, & J. Pretz (Eds.). *Cognition and intelligence*, NY: Cambridge University Press.
- Sanfey, A. G., & Hastie, R. (2000). Judgment and decision making across the adult life span: A tutorial review of psychological research (pp. 253-273). In D. Park & N. Schwartz, (Eds.), *Cognitive Aging: A primer*. Philadelphia: Psychology Press.
- Sawyer, J. E. (1991). Effects of risk and ambiguity on judgments of contingency relations and behavioral resource allocation decisions. *Organizational Behavior and Human Performance*, *49*, 124-150.
- Scholnick, E. K., & Friedman, S. L. (1993). Planning in context : developmental and situational characteristics. *International Journal of Behavioral Development*, *16*, 145-167.
- Schul, Y. (1993). When warning succeeds: The effect of warning on success in ignoring invalid information. *Journal of Experimental Social Psychology*, *29*, 368-376.
- Shallice, T. (1982). Specific impairments of planning. *Philosophical Transactions of the Royal Society London B298*, 199-209.
- Shallice, T. (1988). *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge, England : Cambridge University Press.

- Sheets, C. A., & Miller, M. J. (1974). The effect of cue-criterion function form on multiple cue probability learning. *American Journal of Psychology*, *87*, 629-641.
- Snizek, J. A. (1986). The role of variable labels in cue probability learning tasks. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, *38*, 141-161.
- Snizek, J. A., & Naylor, J. C. (1978). Cue measurement scale and functional hypothesis testing in cue probability learning. *Organizational Behaviour and Human Decision Processes*, *22*, 366-374.
- Span, M. M., Ridderinkhof, K. R., & Van den Molen, M. W. (2004). Age-related changes in the efficiency of cognitive processing across the life span. *Acta Psychologica*, *117*, 155-183.
- Stolzfus, E. R., Hasher, L., & Zacks, R. T. (1996). Working memory and aging: Current status of the inhibitory view. In J. T. E. Richardson, R. W. Engle, L. Hasher, R. H. Logie, E. R. Stoltz & R. T. Zacks, (Eds.), *Working memory and human cognition*. New York: Oxford University Press.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York : Raven Press.
- Summers, S. A., Summers, R. A., & Karkau, V. T. (1969). Judgments based on different functional relations between interacting cues and criterion. *American Journal of Psychology*, *82*, 203-211.
- Surber, C. F. (1987). Formal representations of qualitative and quantitative reversible operations. In J. Bisanz, C. J. Brainerd, & R. Kail (Eds.). *Formal operations in developmental psychology: progress in cognitive development research*. New York: Springer.
- Tentori, K., Osherson, D., Hasher, L., & May, C. (2001). Wisdom and aging: irrational preferences in college students but not older adults. *Cognition*, *81* (3), 87-96.
- Tun, P. A., & Wingfield, A. (1995). Does dividing attention become harder with age? Findings from the divided attention questionnaire. *Aging and Cognition*, *2*, 39-66.

- Treat, N. J., Poon, L. W., & Fozard, J. L. (1981). Age, imagery, and practice in paired-associate learning. *Experimental Aging Research*, 7, 337-342.
- Tuyns, A. J., Péquiot, O. M., & Jensen, G. (1977). Le cancer de l'oesophage en Ille et Vilaine en fonction des niveaux de consommation d'alcool et de tabac: Des risques qui se multiplient. *Bulletin du Cancer*, 64, 45-60.
- Van der Linden, M. (1994). Mémoire de travail et vieillissement. In M. Van der Linden & M. Hupet. *Le vieillissement cognitif* (pp. 37-85). Paris. PUF.
- Van der Linden, M., Seron, X., Le Gall, D., & Andres, P. (1999). *Neuropsychologie des lobes frontaux*. Collection Neuropsychologie, SOLAL, Marseille.
- Verhaeghen, P., & Cerella, J. (2002). Aging, executive control, and attention: a review of meta-analyses. *Neurosciences and biobehavioral Reviews*, 26, 849-857.
- Wagenaar, W. A. (1982). *Misperception of exponential growth and the psychological measurement*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Wagenaar, W. A., & Sagaria, S. D. (1975). Misperception of exponential growth. *Perception & Psychophysics*, 18 (6), 416-422.
- Wagenaar, W. A., & Timmers, H. (1978). Intuitive predictions of growth, in D. F. Burkhardt & W. H. Ittelson, *Environmental Assessment of Socioeconomic Systems*, Plenum press, New-york.
- Walsh, D. A., & Hershey, D. A. (1993). Mental models and the maintenance of complex problem-solving skills in old age. In J. Cerella, J. Rybash, W., Hoyer, & M. L. Commons (Eds.), *Adult information processing: Limits on loss*. New York: Academic Press.
- Waldstein, S. R. (2000). Health effects on cognitive aging. In P. L. Stern & L. L. Carstensen (Eds.), *The Aging mind: opportunities in cognitive research* (pp. 189-217). Washington, DC: National Academy Press.

- Wechsler, D. (1981). *WAIS-R manual*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- West, R., & Craik, F. I. M. (2001). Influence on the efficiency of prospective memory in young and older adults. *Psychology Aging, 16* (4), 682-696.
- Winn, F. J. Jr., Elias, J. W., & Marshall, P. H. (1976). Meaningfulness and inference as factors in paired-associate learning. *Educational Gerontology, 1*, 297-306.
- Zacks, R. T., & Hasher, L. (1997). Cognitive gerontology and attentional inhibition: a reply to Burke and McDowd. *Journal of Gerontology: Psychological Sciences, 52B*, 274-283.
- Zacks, R. T., Hasher, L., & Li, K. Z. H. (2000). Human memory. In F. I. M. Craik & T. A. Salthouse (Eds.), *Handbook of Aging and Cognition, 2nd Ed.* (pp. 293-357). Mahwah, NJ.: Lawrence Erlbaum.
- Zacks, R. T., Radvansky, G., & Hasher, L. (1996). Studies of forgetting in older adults. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition, 22*, 143-156.
- Zaretsky, H., & Halberstam, J. (1968). Effects of aging, brain damage, and associative strength on paired-associate learning and relearning. *Journal of Genetic Psychology, 112*, 149-163.
- Zelazo, P. D., Carter, A., Reznik, J. S., & Frye, D. (1997). Early development of executive function: A problem-solving framework. *Review of General Psychology, 1*, 198-226.
- Zelazo, P. D., Craik, F. I. M., & Booth, L. (2004). Executive function across the life span. *Acta psychologica, 115*, 167-183.
- Zelazo, P. D., Müller, U. Frye, D., & Marcovitch, S. (2003). The development of executive functions in early childhood. *Monograph of the Society for Research in Child and Development, 68*, 3, n° 274, Blackwell publishing. 153 p.

Annexe I

Les travaux de Carroll (1963) ont contribué fortement à alimenter les recherches dans le domaine de la modélisation du processus d'induction mis en œuvre par un participant confronté à une tâche d'apprentissage. Brehmer (1974) s'est, notamment, appuyé sur les travaux de Carroll pour établir son modèle d'apprentissage de fonctions basé sur le test d'hypothèses (*Polynomial Hypothesis Testing Model* (Brehmer, 1974)). Plus récemment, DeLosh et al. (1997) se sont inspirés de ces recherches et de l'étude des capacités d'extrapolation et d'interpolation pour élaborer un nouveau modèle explicatif (*EXAM*) ainsi que le paradigme expérimental de notre recherche.

En effet, pour DeLosh et al. (1997) l'extrapolation est la condition *sine qua non* de l'abstraction en apprentissage de fonction. Dans ce but, les auteurs ont développé un paradigme expérimental permettant de tester les performances d'un modèle qu'ils ont construit (*EXAM*), comparé à d'autres modèles explicatifs du processus d'induction en apprentissage (fonctionnel et associatif) existants. Deux de ces modèles, inspirés des travaux de Carroll (1963), avaient été spécialement développés pour expliquer l'évolution de l'apprentissage de différents types de fonctions. Il s'agissait tout d'abord du modèle, *polynomial hypothesis-testing model*, élaboré par Brehmer (1974) ainsi que du modèle plus récent, *log-polynomial adaptive-regression model*, créé par Koh et Meyer (1991) pour étudier l'interpolation. Un troisième modèle, *ALM*, proposé par Busemeyer et al. (1997) ainsi que par Busemeyer, McDaniel et Byun (1997), s'inspire du modèle *ALCOVE* développé par Kruschke (1992) qui ne s'appliquait qu'à des tâches d'apprentissage associatif. Busemeyer et al. (1997) ont étendu les fonctionnalités de ce modèle de

sorte que la généralisation des stimulus-réponse incorporée permette quelques extrapolations. Le dernier modèle testé est celui des auteurs, *EXAM*, basé sur la même hypothèse d'un apprentissage associatif qu'*ALM*, mais qui intègre également un processus d'apprentissage basé sur une règle capable d'extrapolation et d'interpolation linéaires. Pour mettre au point ce modèle, les auteurs se sont particulièrement intéressés aux résultats des recherches de Waganaar et Sagaria (1975), abordés précédemment. En effet, une tendance à l'extrapolation linéaire avait été observée même en présence de fonctions exponentielles. Ils se sont également inspirés, non seulement du paradigme de Carroll (1963) mais, également, des conclusions de l'auteur précisant que les participants produisent des réponses entretenant une relation continue avec les stimuli même lorsque les couples de stimulus-réponse à apprendre sont liés aléatoirement.

Annexe II

Expérience 1. Consigne commune d'apprentissage :

« Vous devez apprendre la relation qui existe entre la hauteur de la barre et le temps qu'il fait. Vous observerez la hauteur de la barre et ferrez vos prévisions. Vous donnerez une valeur chiffrée (un chiffre ou un nombre). Plus elle est élevée, plus il fait beau. Moins elle est élevée, moins il fait beau. Vous retournerez la carte ensuite et lirez le chiffre ou le nombre qui indique la valeur exacte qu'il fallait donner. Ce sera un peu difficile au début mais progressivement vous apprendrez comment ça marche. »

Expérience 1. Consigne commune de test :

« Maintenant que vous avez bien appris la démarche, je vous demande de faire des prévisions pour des hauteurs de barres que vous n'avez pas encore rencontrées. Vous ne retournez pas les cartes, il n'y a rien derrière. »

Expérience 2. Consigne commune d'apprentissage :

« Le jeu consiste à apprendre à prévoir des valeurs chiffrées correspondant à des couples de mots. Pour cela, je vous donnerai des cartons comme celui-ci. Je ne vous donnerai pas la bonne réponse pour le premier bloc de cartes, il s'agira d'un bloc de familiarisation. La tâche peut vous paraître difficile au début mais vous apprendrez progressivement au fil des essais. »

Annexe III

Liste des mots utilisés pour tester le niveau de vocabulaire des participants lors des deux expériences :

La cotation employée est effectuée selon les critères définis par Wechsler (1981)

Bol

Instruire

Arracher

Sanction

Bienfait

Evasif

Monopole

Pédant

Apologie

Anachorète

UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE-ARDENNE
Ecole doctorale Sciences de l'Homme et de la Société

Céline Musielak-Mersak

**VIEILLISSEMENT COGNITIF, APPRENTISSAGE FONCTIONNEL ET
 EXTRAPOLATION**

L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet du vieillissement sur les processus cognitifs impliqués dans l'abstraction et l'adaptation aux relations complexes de l'environnement. Un total de 208 personnes (âgées de 18-25, 40-50, 65-75 et 76-90 ans) ont participé à cette étude. Dans l'expérience 1, l'apprentissage de fonctions curvilinéaires (en forme de U et de U-inversé) est comparé à celui de fonctions linéaires (directe et inverse). Un test d'extrapolation permet d'évaluer la qualité de l'abstraction selon la fonction apprise. Les résultats montrent que les personnes âgées conservent leurs capacités d'extrapolation, tout particulièrement lorsque la fonction est directe. Les différences liées à l'âge ne sont que quantitatives. Ces performances peuvent s'interpréter dans le cadre théorique des fonctions exécutives. L'expérience 2 permet d'observer l'impact de l'âge sur le passage d'une stratégie d'apprentissage fonctionnelle à une stratégie associative. Les résultats témoignent des difficultés éprouvées par les personnes âgées lorsque aucune fonction ne peut être exploitée pour relier les variables. La flexibilité et la capacité de mémoire de travail des personnes âgées seraient insuffisantes pour leur permettre un passage réussi entre les deux stratégies. Un projet est présenté. Il permettrait d'étudier l'effet de l'âge sur l'apprentissage de relations probabilistes en présence d'indices non pertinents.

Mots-clés : Vieillessement Cognitif, Apprentissage Fonctionnel, Apprentissage Associatif, Extrapolation, Fonctions Exécutives, Mémoire de Travail.

AGING, FUNCTIONAL LEARNING AND EXTRAPOLATION

The aim of the present study is to examine the effect of aging on abstraction and adjustment to the complex relationships of the environment. A total of 208 individuals (aged 18-25, 40-50, 65-75, 76-90 years old) participated in this study. In experiment 1, the learning of curvilinear functions (U-shaped and Inverse U-shaped functions) is compared with the learning of linear functions (direct and inverse functions). An extrapolation test is conducted to examine abstraction. Results show that extrapolation capacities are preserved in the elderly, especially when the relation between cue and criterion is a direct one. Age related differences are only quantitative. The results can be interpreted within the theoretical framework of executive functions. Experiment 2 is aimed at examining the effects of aging on shifting from a functional strategy of learning to an associative strategy of learning. Results show difficulties in older people when no function can be used to associate variables. It seems that, in the elderly, the lack of flexibility and the reduction of working memory capacity prevent the shifting between the two strategies. A project is presented. It is aimed at examining the effect of aging on multiple-cue probability learning tasks with non pertinent cues.

Keywords : Cognitive Aging, Functional Learning, Associative Learning, Extrapolation, Executive Functions, Working Memory.