

Intelligence collective

L'**intelligence collective** ou de groupe se manifeste par le fait qu'une équipe d'agents coopérants peut résoudre des problèmes plus efficacement que lorsque ces agents travaillent isolément¹. Le concept d'intelligence collective a été mobilisé pour aborder des collectifs d'agents très divers : des insectes vivant en colonies, des équipes d'humains, des robots collaboratifs, bien que dans ce dernier cas il conviendrait plutôt de parler d'intelligence distribuée.

Pour Pierre Lévy, il s'agit d'une « intelligence partout distribuée, sans cesse valorisée, coordonnée en temps réel, qui aboutit à une mobilisation effective des compétences »².

Elle résulte entre autres de la qualité des interactions entre ses membres (ou agents).

L'intelligence collective est étudiée en sociobiologie, en sciences politiques et dans le contexte de l'étude des performances de systèmes socio-techniques, tels que les applications de la production participative³. L'intelligence collective a également été attribuée et étudiée chez les animaux et des organismes aussi simples que les bactéries^{4,5}.

Les principes de l'intelligence collective sont aujourd'hui appliqués en sociologie, en sciences de gestion, en informatique et dans les théories de la communication, notamment dans le but de mieux mobiliser les compétences disponibles au sein d'une équipe, d'une institution⁶.

Principes

Alors que la connaissance des membres d'une communauté est limitée, tout autant que leur perception de l'environnement commun et bien qu'ils n'ont pas conscience de la totalité des éléments pertinents par rapport aux buts, des agents peuvent accomplir des tâches complexes ou trouver des solutions novatrices grâce à différents mécanismes, méthodes..., tel la stigmergie⁷.

Les formes d'intelligence collective sont très diverses selon les types de communauté et les membres qu'elles réunissent. Les groupes humains, en particulier, n'obéissent pas à des règles aussi mécaniques que d'autres collectifs, par exemple les animaux sociaux tels les colonies d'insectes ou les associations de robots coopératifs⁸. S'agissant de collectifs humains, une définition très large a été proposée par Geoff Mulgan dans une série de conférences et de rapports diffusés à partir de 2006⁹ dans son livre *Big Mind: how collective intelligence can change our world* (Princeton, 2017)¹⁰. Il y propose en effet un cadre d'analyse qu'il considère valable pour tout système de pensée, y compris l'intelligence humaine (vue comme le fruit de la coopération entre neurones) et l'intelligence artificielle. Son cadre d'analyse implique de tenir compte des fonctions exercées (observation, prédiction, créativité, jugement, etc.), de boucles d'apprentissage et de formes d'organisation. L'objectif de Mulgan est ni plus ni moins de fournir un moyen d'évaluer, puis



« Personne ne sait tout, tout le monde sait quelque chose »

d'améliorer l'intelligence collective d'une ville, d'une entreprise, d'une ONG ou d'un parlement. Pour cet auteur, le cadre d'analyse apporté par l'intelligence collective peut permettre de renforcer la capacité des structures sociales à répondre aux défis du monde moderne en maximisant les capacités créatives et en minimisant les dimensions destructrices des institutions humaines¹¹.

En l'absence de structure de décision centralisée, l'intelligence collective des systèmes naturels repose sans doute sur des principes d'auto-organisation et d'émergence¹². Les chercheurs qui veulent appliquer ce paradigme de l'intelligence collective aux collectifs de robots collaboratifs dans une perspective bioinspirée ou biomimétique cherchent à tenir compte de ces principes et cherchent à les implémenter¹³.

Dans ce sens, l'intelligence collective peut être lue comme une ingénierie dont le but est de maximiser l'efficacité cognitive d'un groupe humain par exemple en structurant les échanges interpersonnels, en optimisant la composition du groupe ou en utilisant des supports électroniques pour faciliter les échanges¹⁴.

Historique

L'intelligence collective animale est un domaine d'étude scientifique qui connaît un grand développement à partir des années 1980, avec des entomologistes comme Edward Osborne Wilson et Bert Hölldobler qui mettent en évidence l'intelligence collaborative des fourmis¹⁵, ou le neurobiologiste Thomas Dyer Seeley (en) qui écrit sur l'intelligence distribuée chez les abeilles¹⁶. Des travaux sur l'intelligence artificielle distribuée apparaissent également à la même époque.

La recherche sur l'intelligence collective humaine qui se développe au début du ^{xxi}e siècle, s'inspire de ces études, et est popularisée par le best-seller *La Sagesse des foules* publié en 2004 par le journaliste américain James Surowiecki qui rappelle l'expérience emblématique, et largement ignorée jusque-là, de Francis Galton en 1906¹⁷ sur l'estimation correcte du poids d'un bœuf dans une foire anglaise¹⁸.

Intelligence collective humaine

Conditions d'émergence dans des groupes humains

Les chercheurs considèrent que l'intelligence collective apparaît lorsque des connaissances et des compétences locales et distribuées sont coordonnées pour atteindre un objectif collectif (mais pas nécessairement consensuel)¹⁹.

Quatre éléments de base ont été identifiés pour que de l'intelligence collective émerge²⁰ :

- un groupe d'acteurs compétents dans des domaines de connaissances spécifiques ;
- un ensemble de ressources (ressources physiques, informations, connaissances, relations) et de mécanismes d'interaction (par exemple des outils de mind mapping, navigateur de base de données, des supports visuels de discussion visuelle...) à la disposition des acteurs ;
- des précisions sur les objectifs et les résultats que les acteurs doivent atteindre ;
- un moyen d'évaluer l'atteinte des résultats.

En outre, un facteur de succès attesté la capacité des membres du collectif de déduire les états mentaux d'autrui, tels que les croyances ou les sentiments, à partir d'indices subtils²¹. Tant dans le cadre d'études en laboratoire et d'investigations sur le terrain, les chercheurs ont constaté qu'une plus grande participation et

une participation plus égale entre les membres sont associées à une intelligence collective plus élevée^{22, 23}. L'inscription de l'équipe dans une culture de communication non violente favorise une collaboration efficace²⁴.

Selon plusieurs études, l'intelligence collective d'un collectif augmente avec la proportion de femmes, bien que l'optimum implique de conserver un minimum d'hommes^{25, 26, 27, 28}. Ce résultat s'explique par le fait que les femmes facilitent davantage l'échange d'idées et les processus collectifs : en effet, la sensibilité sociale, qui constitue l'un des facteurs déterminants pour l'intelligence sociale d'un groupe, est en moyenne plus élevée chez les femmes que chez les hommes^{27, 29}. Par ailleurs, l'intelligence sociale d'un groupe n'est que faiblement corrélée aux quotients intellectuels de chacun des membres²⁷.

James Surowiecki, propose quant à lui une "recette" de l'intelligence collective suivant quatre facteurs clefs:

1. Diversité d'opinions : plus les approches sont diverses, plus il est probable qu'une bonne ou meilleure solution émerge.
2. Indépendance d'esprit : les opinions de chacun ne doivent pas dépendre des opinions des autres. Le peu d'intelligence des foules serait le résultat du trop peu d'indépendance d'esprit dans ce contexte.
3. Décentralisation : pour assurer un équilibre entre le global et le local, les individus apportent chacun leur savoir spécialisé, tiré d'une connaissance intime d'un aspect du problème à résoudre.
4. Agrégation : un mécanisme de compte objectif, pour réunir les jugements des personnes en un jugement final. (ex: vote à la majorité, estimation de probabilité sur un marché prédictif).

Parmi les méthodes d'intelligence collective, on peut citer la prise de décision par consentement, développée par la sociocratie et reprise par l'holocratie, la méthode des six chapeaux, la théorie U. Une meilleure connaissance du processus créatif, par exemple dans l'alternance des phases de divergence et de convergence, est utile. Elle permet par exemple de mieux alterner les moments de travail individuel et de travail collectif, en faisant aussi varier la composition du groupe¹⁴.

Afin d'anticiper les risques et menaces à un projet, la méthode du pré-mortem permet de minimiser les biais de conformité et donc de récolter des avis souvent plus honnêtes et divers que les méthodes traditionnelles de prospective³⁰. Inspirée des théories systémiques et proposée par le psychologue américain Gary Klein (en), cette méthode demande à un groupe de se projeter dans un futur proche où le projet a échoué. Leur objectif est de fournir les causes possibles de cet échec. En demandant au groupe d'être critique ensemble, et en employant le parti pris de l'échec, on minimise la tendance des individus à l'autocensure et à la "Pensée de groupe", nocive à la bonne prise de décision. Daniel Kahneman décrit le pré-mortem comme une technique de "debiasing" particulièrement efficace du fait qu'elle encourage l'indépendance d'esprit³¹.

L'intelligence collective comme ingénierie

Le centre d'intelligence collective du National Endowment for Science, Technology and the Arts (en) a pour objectif d'aider les organisations à devenir plus intelligentes collectivement et à prendre de meilleures décisions de groupe. Pour ce faire, les chercheurs partent d'une séquence de phases théoriques de la décision, qui débute par l'identification des objectifs pour aller vers la génération d'idées et l'évaluation, puis cherchent à voir comment chaque étape peut être optimisée pour tirer le meilleur parti des compétences de l'équipe et au-delà^{32, 33}.

Le centre d'intelligence collective du Massachusetts Institute of Technology rassemble des scientifiques pour trouver comment des personnes et les dispositifs informatiques peuvent travailler ensemble de manière plus intelligente, et pour aborder des questions scientifiques sous-jacentes à cette question³⁴. Pour ce faire,

les membres se centrent sur plusieurs objectifs : concevoir des systèmes collaboratifs intelligents, étudier l'intelligence collective dans des organisations existantes, concevoir des théories autour de l'intelligence collective.

Intelligence collective et outils numériques

Les développements d'internet sont pointés comme un élément ayant rendu visible les apports de la collaboration dans la génération de solutions pour des problèmes de différentes natures. L'intelligence ne paraît plus située dans le seul esprit des individus isolés mais apparaît en lien à leur capacité d'échanger pour mieux définir des problèmes et y chercher collectivement des solutions³³.

Mulgan donne l'exemple d'une jeune diabétique indienne qui avait développé une première version d'une application mobile destinée à monitorer son niveau d'insuline, puis l'a partagée sur internet. En un temps très court, plus de 400 insiluno-dépendants se sont coordonnés pour améliorer l'application qui a dès lors surpassé en qualité des produits commerciaux. "Chaque individu, organisation ou groupe pourrait mieux se débrouiller s'il faisait appel... à la matière grise d'autres personnes et d'autres machines".

Le NESTA lie très directement intelligence collective et technologies. Cet institut en arrive à considérer que l'intelligence collective est générée lorsqu'un groupe de personnes diverses travaille ensemble, souvent avec l'aide de la technologie, pour mobiliser un éventail accru d'informations, d'idées et de connaissances afin de résoudre un problème. Elle part du principe que l'intelligence est distribuée. Différentes personnes détiennent différents éléments d'information et apportent différentes compétences qui, une fois combinées, donnent une image plus complète d'un problème et de la manière de le résoudre.

Pour *Nature*, l'avantage de connecter les gens est évident lorsqu'il s'agit d'agréger rapidement de grandes quantités d'informations distribuées. Ainsi, des applications efficaces du principe de la production participative sont si nombreuses qu'on aurait de la peine à les recenser³⁵. Peu après le lancement du projet d'astronomie Galaxy Zoo, par exemple, des centaines de milliers de bénévoles ont classé des galaxies à partir d'images collectées par le Sloan Digital Sky Survey, réalisant en à peine six mois ce qui aurait pris des années à une personne travaillant 24 heures sur 24. Cependant, la démonstration de la puissance du collectif est moins évidente lorsqu'il s'agit de prendre une décision compliquée dans la sphère politique par exemple¹⁰.

Dès lors, pour éviter la stupidité qu'on voit chaque jour démontrée par les réseaux sociaux, Mulgan considère que l'énergie des chercheurs en IC doit être focalisée sur l'identification des structures, règles, compétences, outils et normes qui "transforment des groupes fragmentés et conflictuels en quelque chose de plus proche d'une intelligence collective". Hélène Landemore va dans le même sens³⁶. Pour Mulgan, c'est aux institutions publiques de structurer les entités humaines (entreprises, administrations...) dans ce sens, pour Landemore, c'est effectivement une question cruciale.

Mulgan considère qu'un premier moyen simple de développer l'intelligence collective est d'améliorer la façon dont nous conduisons les réunions³⁷. Il préconise des réunions plus courtes assorties d'ordres du jour plus clairs, avec une attribution de tâches définies, d'objectifs bien énoncés et avec une meilleure utilisation de l'espace, de la modération et de supports technologiques simples.



8 recommandations de Geoff Mulgan du NESTA britannique, tirées de son livre "Big Mind"

Intelligence collective et recherche

L'étude de l'intelligence collective a pour objectif de comprendre les conditions qui permettent l'émergence du phénomène, répertorier ses variations et de construire des méthodes et outils pour l'optimiser. La recherche sur le sujet puise dans de nombreuses disciplines, des sciences cognitives, à la psychologie sociale, la science des données, l'informatique et le management. La discipline s'appuie également sur les pratiques innovantes issues des mouvements de démocratie participative.

La cinquième conférence annuelle sur l'intelligence collective, qui s'est tenue en juin 2017 à New York, était axée sur la démocratie³⁶. Des experts en informatique et en sciences sociales se sont réunis pour examiner ce que les institutions démocratiques doivent faire pour mieux exploiter l'intelligence et l'expertise de ceux qu'elles gouvernent. Celle de 2020 a exploré les impacts de la technologie et du big data sur la façon dont les gens se rapprochent pour communiquer, combiner leurs connaissances et accomplir leur travail³⁸.

Sciences cognitives

Les groupes raisonnent mieux que les individus

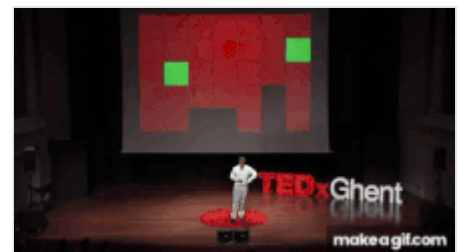
Hugo Mercier, spécialiste du raisonnement à l'institut Jean Nicod, démontre que les groupes peuvent surpasser les individus pour résoudre un problème de logique³⁹. Dans une de ses expériences, on présente le scénario suivant aux participants :

"Paul regarde Linda. Linda regarde Jean. Paul est marié, Jean n'est pas marié. On ne sait pas si Linda est mariée ou non. Est-ce qu'une personne mariée regarde une personne qui ne l'est pas ? Réponses possibles: Oui. Non. On ne peut pas savoir."⁴⁰

Pour arriver à la bonne réponse, les participants doivent examiner l'enchaînement logique de chaque réponse possible. Malgré la simplicité du problème, seul 10% des participants donnent la bonne réponse : Oui, quelqu'un de marié regarde quelqu'un qui ne l'est pas. Hugo Mercier définit le statu quo selon lequel ce taux d'erreur élevé ne serait que la conséquence des limites cognitives du cerveau humain (une mémoire de travail limitée par exemple). Selon lui, le problème provient du fait qu'en raisonnant, la majorité des individus n'examinent pas chaque réponse possible, mais viennent seulement étayer d'arguments la réponse qui leur paraissait a priori intuitivement bonne. Il appelle ce type de biais de confirmation le "my side bias" : la tendance à trouver des arguments en faveur des croyances et intuitions que nous possédons déjà. La raison ne ferait donc que conforter nos intuitions au lieu de les mettre à l'épreuve.

Pour résoudre ce qui semble constituer une faculté de raisonnement paradoxalement biaisée, Hugo Mercier et Dan Sperber proposent que la fonction de la raison est de nature argumentative, et donc sociale. Le raisonnement serait ainsi plus efficace dans un contexte où les individus peuvent interagir et argumenter.

Cette théorie semble se vérifier empiriquement : quand on demande aux participants d'argumenter entre eux, 20 min de discussion suffisent à faire changer le groupe entier d'avis. De nombreuses institutions, telles que l'école, la justice et la science reposent sur l'argumentation pour déterminer ce qui est vrai et juste.



Propagation de la bonne réponse (en vert) à l'énigme de Linda. Plus le temps passe, plus le groupe tend vers la bonne réponse grâce à l'échange d'arguments entre ses membres.

Mercier propose ainsi que "Raisonnement seul ne nous permet pas de savoir si l'on a tort ou raison. Le meilleur moyen est de trouver ceux qui ne partagent pas nos opinions et de leur parler".

Intelligence collective animale

L'intelligence collective s'observe principalement chez les insectes sociaux (fourmis, termites et abeilles)^{41,42}, et les autres animaux sociaux, notamment ceux se déplaçant en formation (oiseaux migrateurs, bancs de poissons) ou chassant en meute (loups, hyènes, lionnes).

L'étude des modes de collaboration animale bénéficie de possibilités de modélisation apportées par l'informatique, tout comme les travaux d'intelligence artificielle collaborative bénéficient des apports des études sur les collectifs animaux⁴².

Oiseaux migrateurs : optimisation de l'énergie

Les oiseaux migrateurs doivent parcourir de très longues distances, dans des conditions parfois difficiles. Ainsi, il est important pour eux d'optimiser leur déplacement du point de vue de l'énergie dépensée. Les ois sauvages adoptent des formations en V qui leur permettent d'étendre leur distance de vol de près de 70 %, car chaque oiseau prend l'aspiration de son prédécesseur, comme le font les cyclistes.

Le prix à payer est une perte en vitesse, puisqu'un individu seul vole en moyenne 24 % plus vite qu'une volée.

Fourmis : résolution de problèmes

Les fourmis, comme d'autres insectes sociaux, présentent des caractéristiques particulières : [réf. souhaitée]

- un registre comportemental limité,
- des capacités cognitives telles que chaque individu ne peut s'appuyer sur une connaissance de l'état de la collectivité et du milieu pour agir dans le sens nécessaire pour garantir un bon fonctionnement de la colonie,
- des facultés de communication avancées par le biais des phéromones, favorisant des interactions multiples.

La colonie dans son ensemble est un système complexe stable et auto-régulé capable de s'adapter très facilement aux variations environnementales les plus imprévisibles, mais aussi et surtout de résoudre des problèmes, sans contrôle externe ou mécanisme de coordination central, de manière totalement distribuée.



Les fourmis sont des animaux eusociaux.

Division des tâches

Les fourmis, ainsi que les abeilles, les termites ou les guêpes, ont la faculté de répartir dynamiquement les tâches en fonction des besoins de la colonie et ce, de manière totalement distribuée, sans aucun contrôle central.

Chez les fourmis, le signe le plus ostensible d'une répartition effective des tâches au sein de la colonie est l'existence de castes, qui peuvent être de deux types : morphologiques et comportementales.

Termites et auto-assemblage, auto-organisation

Les termites, grâce à leur « intelligence collective » via des processus collaboratifs simples, sont capables de s'auto-assembler ^[précision nécessaire]. Une caractéristique fréquente de l'intelligence collective est l'utilisation du substrat pour "communiquer" entre individus. C'est ce qui s'appelle la stigmergie. Par exemple, un termite n'échange pas directement des informations avec les autres termites, mais la modification apportée à la termitière va modifier le comportement des autres individus.

Domaines spécifiques

Intelligence collective au sein d'une organisation

Lorsque la communauté envisagée est une organisation, typiquement une entreprise, une collectivité locale, ou une association, l'intelligence collective⁴³ peut être envisagée comme un état d'esprit dans la façon de conduire les projets ou mettre en réflexion l'organisation sur son propre fonctionnement. Ce changement d'état d'esprit passe avant l'utilisation d'outils de facilitation ou d'outils informatiques qui ne peuvent être qu'au service du processus.

Intelligence collective mondiale

Lorsque la communauté d'intérêt est constituée par toute la population mondiale, comme c'est le cas sur des questions globales comme le réchauffement climatique, la paix dans le monde ou la gestion du Covid19, il y a lieu de mettre en place des mécanismes de régulation. C'est l'objectif poursuivi lors des sommets de la Terre ou d'autres réunions du même genre par les organisations participantes (ONU, Unesco, OMS, etc.).

L'espace collaboratif est ici constitué par la toile mondiale. Mais, si l'on recherche un développement équitable, il ne faut pas surestimer ses possibilités en raison du biais introduit par les écarts d'équipement entre les pays les plus développés et les moins avancés, qui apparaît clairement sur une carte faisant apparaître le nombre d'internautes par millier d'habitants dans le monde (voir article Internet). L'intelligence collective sur Internet est ainsi limitée par le moindre équipement Internet des pays les moins avancés (voir Internet en Afrique)⁴⁴.

Intérêts indirects de l'étude et de la modélisation des fonctionnements collectifs animaux

Des études interdisciplinaire faisant appel à la modélisation des comportements collectifs d'animaux commencent à révéler les principes sous-jacents de la prise de décision collective dans les groupes d'animaux, en démontrant comment les interactions sociales, l'état individuel, les modifications de l'environnement et les processus d'amplification et de filtrage de l'information peuvent jouer un rôle dans l'établissement de la réponse adaptative du collectif⁴⁵. Il semblerait que d'importants points communs existent avec ce qu'on sait des processus neuronaux et que l'on pourrait apprendre beaucoup en considérant le comportement collectif des animaux dans le cadre des sciences cognitives⁴⁵.

À un certain niveau de description, la prise de décision collective telle qu'elle semble opérer chez des collectifs d'animaux présente en effet de fortes similarités avec des caractéristiques essentielles des mécanismes de prise de décision au sein du cerveau⁴⁶. Bien que de nombreux détails diffèrent, cela incite à renforcer les échanges entre les chercheurs qui s'intéressent au comportement collectif des animaux d'une part et ceux qui travaillent dans le domaine des sciences cognitives d'autre part.

Ainsi, la modélisation informatique de ce qui se passe dans des comportements de regroupement chez des animaux sociaux atteste que plusieurs modes stables de comportement collectif peuvent apparaître sur la base d'exactly les mêmes formes d'interactions examinées au niveau individuel⁴⁷. Ce principe est strictement analogue à la multistabilité qu'on observe pour les systèmes neuronaux, dans lesquels de multiples états collectifs (attracteurs) coexistent pour la même valeur des paramètres du système et ce sans changer le réseau neuronal⁴⁸. Cette multistabilité des systèmes neuronaux joue sans doute un rôle pour la mémorisation et dans la reconnaissance des patterns temporels⁴⁸. Dès lors, l'étude du comportement coordonné d'animaux évolués peut servir de source d'inspiration directe pour concevoir des systèmes artificiels collectifs comme des groupes de robots autonomes ou des algorithmes de recherche informatique massivement parallèles⁴⁹.

Limites de l'intelligence collective dans les sociétés humaines

De nombreux cas de défaillances sont connus en ce domaine. Par exemple :

- les décisions de groupe, où les membres n'osent pas dire ce qu'ils pensent ;
- l'acceptation passive d'un état de fait dont l'individu se doute qu'il mène à une catastrophe (ex : navette spatiale Challenger) ;
- les discussions sur les choix et les conséquences des décisions souvent confuses et ne menant à rien ;
- l'avis des experts sans conséquence face à l'opinion d'un groupe dont les individus se trompent ;
- ou au contraire les participants acceptant sans réflexion l'avis d'experts ;
- les votes démocratiques qui portent un dictateur à la tête de l'État ;
- les représentations collectives qui norment les comportements au détriment d'une classe ou d'une autre (conduisant par exemple à un taux de suicide très élevé chez les femmes en Chine⁵⁰).

L'intelligence collective est ainsi limitée par des effets de groupe (conformisme, crainte, fermeture, absence de procédure, homogénéité idéologique), au point que l'individu seul peut parfaitement être plus intelligent que tout un groupe car, il conserve mieux sa pensée critique seul que sous l'influence du groupe. À noter d'ailleurs que la notion d'intelligence s'applique aux facultés cognitives, voire émotionnelles, d'un individu. L'application de cette notion à un groupe ne peut avoir le même sens, car il est impossible de dire où émergeraient des facultés de représentation, de création et d'apprentissage supérieures à celles des individus isolés. Selon Christian Morel, il est ainsi, en général, impossible à un groupe de rédiger un « document d'information clair et pertinent » (in *Prend-on de meilleures décisions à plusieurs ?*, *Sciences humaines*, mars 2006⁵¹), ce qui exprimerait le fait que la notion de représentation collective est vague, voire inconsistante.

Notes et références

1. (en) Sandro M. Reia, André C. Amado et José F. Fontanari, « Agent-based models of collective intelligence », *Physics of Life Reviews*, physics of Mind, vol. 31, 1^{er} décembre 2019, p. 320–331 (ISSN 1571-0645 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1571-0645>), DOI 10.1016/j.plrev.2018.10.004 (<https://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2018.10.004>), lire

- en ligne (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571064519300065>), consulté le 7 avril 2021)
2. Pierre Lévy, *L' intelligence collective : pour une anthropologie du cyberspace*, Pierre Lévy. p. 29.
 3. Shweta Suran, Vishwajeet Pattanaik et Dirk Draheim, « Frameworks for Collective Intelligence: A Systematic Literature Review », *ACM Computing Surveys*, vol. 53, n° 1, 5 février 2020, p. 14:1–14:36 (DOI [10.1145/3368986](https://doi.org/10.1145/3368986) (<https://doi.org/10.1145/3368986>))
 4. Ngoc Thanh Nguyen, *Transactions on Computational Collective Intelligence III*, Springer, 25 juillet 2011, 63, 69 (ISBN 978-3-642-19967-7, lire en ligne (<https://books.google.com/book?id=RUxv25JFTkkC&pg=PA63>))
 5. (en) Eshel Ben-Jacob, « Learning from Bacteria about Natural Information Processing », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 1178, n° 1, 2009, p. 78–90 (ISSN 1749-6632 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1749-6632>), DOI [10.1111/j.1749-6632.2009.05022.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05022.x) (<https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.05022.x>), lire en ligne (<https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.2009.05022.x>), consulté le 8 avril 2021)
 6. (en) Giustina Secundo, John Dumay, Giovanni Schiuma et Giuseppina Passiante, « Managing intellectual capital through a collective intelligence approach: An integrated framework for universities », *Journal of Intellectual Capital*, vol. 17, n° 2, 11 avril 2016, p. 298–319 (ISSN 1469-1930 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1469-1930>), DOI [10.1108/JIC-05-2015-0046](https://doi.org/10.1108/JIC-05-2015-0046) (<https://doi.org/10.1108/JIC-05-2015-0046>), lire en ligne (<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/JIC-05-2015-0046/full/html>), consulté le 8 avril 2021)
 7. (en) S. S. Gunasekaran, M. S. Ahmad, A. Tang et S. A. Mostafa, « The Collective Intelligence concept: A literature review from the behavioral and cognitive perspective », *2016 2nd International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics (ISAMSR)*, août 2016, p. 154–159 (DOI [10.1109/ISAMSR.2016.7810020](https://doi.org/10.1109/ISAMSR.2016.7810020) (<https://doi.org/10.1109/ISAMSR.2016.7810020>), lire en ligne (<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7810020/>), consulté le 19 janvier 2019).
 8. (en) Ngoc Thanh Nguyen, *Transactions on Computational Collective Intelligence III*, Springer Science & Business Media, 31 mars 2011 (ISBN 978-3-642-19967-7, lire en ligne (https://books.google.fr/books?id=RUxv25JFTkkC&pg=PA63&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false))
 9. (en) Tom Saunders & Geoff Mulgan, « Governing with Collective Intelligence (<https://www.nesta.org.uk/report/governing-with-collective-intelligence/>) », sur *nesta*, janvier 2007 (consulté le 7 avril 2021)
 10. Geoff Mulgan, *Big mind : how collective intelligence can change our world*, 2018 (ISBN 978-0-691-17079-4 et 0-691-17079-7, OCLC 1011597729 (<https://worldcat.org/fr/title/1011597729>), lire en ligne (<https://www.worldcat.org/oclc/1011597729>))
 11. Geoff Mulgan, *The locust and the bee : predators and creators in capitalism's future*, Princeton University Press, 2013 (ISBN 978-0-691-14696-6, 0-691-14696-9 et 978-1-4008-4665-8, OCLC 799251734 (<https://worldcat.org/fr/title/799251734>), lire en ligne (<https://www.worldcat.org/oclc/799251734>))
 12. Eshel Ben-Jacob, Inon Cohen et Herbert Levine, « Cooperative self-organization of microorganisms », *Advances in Physics*, vol. 49, n° 4, 1^{er} juin 2000, p. 395–554 (ISSN 0001-8732 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0001-8732>), DOI [10.1080/000187300405228](https://doi.org/10.1080/000187300405228) (<https://doi.org/10.1080/000187300405228>), lire en ligne (<https://doi.org/10.1080/000187300405228>), consulté le 8 avril 2021)
 13. Mataric, M. J. (1993, April). Designing emergent behaviors: From local interactions to collective intelligence. In *Proceedings of the Second International Conference on Simulation of Adaptive Behavior* (pp. 432-441).

14. (en) Paul B. Paulus, Jonali Baruah et Jared B. Kenworthy, « Enhancing Collaborative Ideation in Organizations », *Frontiers in Psychology*, vol. 9, 2018 (ISSN 1664-1078 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1664-1078>), PMID 30405501 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30405501>), PMCID PMC6204394 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6204394>), DOI 10.3389/fpsyg.2018.02024 (<https://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02024>), lire en ligne (<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02024/full>), consulté le 11 avril 2021)
15. (en) Edward O. Wilson & Bert Hölldobler, « Sex differences in cooperative silk-spinning by weaver ant larvae », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, vol. 77, n° 4, 1980, p. 2343-2347 (lire en ligne (<https://europepmc.org/backend/ptpmcrender.fcgi?accid=PMC348711&blobtype=pdf>)).
16. (en) Peter Corning, *Holistic Darwinism. Synergy, Cybernetics, and the Bioeconomics of Evolution*, University of Chicago Press, p. 38-54.
17. (en) Francis Galton, « Vox Populi », *Nature*, vol. 75, 7 mars 1907, p. 450-451.
18. Mehdi Moussaïd, *Foulescopie. Ce que la foule dit de nous*, Humensis, 2019, p. 189.
19. Mulgan, G., Mateos-Garcia, J., Marston, L. and Westlake, S. (2012), "Draft discussion paper on collective intelligence", Nesta report, Plough Place, London
20. André Boder, « Collective intelligence: a keystone in knowledge management », *Journal of Knowledge Management*, vol. 10, n° 1, 1^{er} janvier 2006, p. 81–93 (ISSN 1367-3270 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1367-3270>), DOI 10.1108/13673270610650120 (<https://dx.doi.org/10.1108/13673270610650120>), lire en ligne (<https://doi.org/10.1108/13673270610650120>), consulté le 7 avril 2021)
21. (en) David Engel, Anita Williams Woolley, Lisa X. Jing et Christopher F. Chabris, « Reading the Mind in the Eyes or Reading between the Lines? Theory of Mind Predicts Collective Intelligence Equally Well Online and Face-To-Face », *PLOS ONE*, vol. 9, n° 12, 16 décembre 2014, e115212 (ISSN 1932-6203 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1932-6203>), PMID 25514387 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25514387>), PMCID PMC4267836 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4267836>), DOI 10.1371/journal.pone.0115212 (<https://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0115212>), lire en ligne (<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0115212>), consulté le 11 avril 2021)
22. Woolley AW, Aggarwal I, Malone TW. Collective intelligence and group performance. *Curr Dir Psychol Sci.* 2015;24(6):420-424.
23. Antoine Henry, « Intelligence collective, entreprise libérée et organisation des connaissances : la problématique de la " transition énergétique " », *Actes du colloque de l'International Society for Knowledge Organization (ISKO)*, Paris, France, juin 2017 (HAL Hal-02054317 (<https://hal.science/Hal-02054317>), lire en ligne (<http://www.isko-france.asso.fr/colloque2017/en/paper-6/>), consulté le 28 avril 2019)
24. Anne-Claire Museux, Serge Dumont, Emmanuelle Careau et Élise Milot, « Improving interprofessional collaboration: The effect of training in nonviolent communication », *Social Work in Health Care*, vol. 55, n° 6, 2 juillet 2016, p. 427–439 (ISSN 0098-1389 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0098-1389>), PMID 27116417 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27116417>), DOI 10.1080/00981389.2016.1164270 (<https://dx.doi.org/10.1080/00981389.2016.1164270>), lire en ligne (<https://doi.org/10.1080/00981389.2016.1164270>), consulté le 11 avril 2021)
25. (en) Anita Williams Woolley, Christopher F. Chabris, Alex Pentland et Nada Hashmi, « Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups », *Science*, vol. 330, n° 6004, 29 octobre 2010, p. 686–688 (ISSN 0036-8075 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0036-8075>) et 1095-9203 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1095-9203>), DOI 10.1126/science.1193147 (<https://dx.doi.org/10.1126/science.1193147>))
26. Servan-Schreiber 2018

27. (en) Anita Williams Woolley et Thomas W. Malone (en), « What makes a team smarter? More women », *Harvard Business Review*, n° 89, juin 2011 (lire en ligne (https://www.researchgate.net/publication/51453001_What_makes_a_team_smarter_More_women), consulté le 29 novembre 2018).
28. Christine Marsan, « Le secret de l'intelligence collective ? Les femmes (<https://www.atlantico.fr/decryptage/1963335/le-secret-de-l-intelligence-collective-les-femmes-christine-marsan>) », sur *Atlantico*, 20 janvier 2015 (consulté le 27 novembre 2018).
29. Sébastien Bohler, « Intelligence collective : l'apport des femmes (<https://www.cerveauetpsychologie.fr/sd/psychologie-sociale/intelligence-collective-lapport-des-femmes-10784.php>) », sur *Cerveau&Psycho.fr*, 3 décembre 2010 (consulté le 27 novembre 2018).
30. « Performing a Project Premortem », *Harvard Business Review*, 1^{er} septembre 2007 (ISSN 0017-8012 (<https://portal.issn.org/resource/issn/0017-8012>), lire en ligne (<https://hbr.org/2007/09/performing-a-project-premortem>), consulté le 11 août 2021)
31. « Nobel laureate Daniel Kahneman - Premortem to eliminate thinking biases. (<https://www.youtube.com/watch?v=MzTNMalfyhM>) » (consulté le 11 août 2021)
32. (en) Aleks Berditchevskaia & Camilla Bertoncin, « How to make good group decisions : Simple tips to help organisations become more collectively intelligent (<https://www.nesta.org.uk/report/how-make-good-group-decisions/>) » [PDF], sur *nesta - Centre for Collective Intelligence Design*, avril 2021 (consulté le 12 avril 2021)
33. (en) Beth Simone Noveck, « How to mobilize group intelligence », *Nature*, vol. 551, n° 7682, 28 novembre 2017, p. 561–562 (DOI 10.1038/d41586-017-07524-x (<https://dx.doi.org/10.1038/d41586-017-07524-x>), lire en ligne (<https://www.nature.com/articles/d41586-017-07524-x>), consulté le 8 avril 2021)
34. (en-CA) « Research CCI | MIT Center for Collective Intelligence (<https://cci.mit.edu/research/>) » (consulté le 12 avril 2021)
35. (en) Andrea Guazzini, Daniele Vilone, Camillo Donati et Annalisa Nardi, « Modeling crowdsourcing as collective problem solving », *Scientific Reports*, vol. 5, n° 1, 10 novembre 2015, p. 16557 (ISSN 2045-2322 (<https://portal.issn.org/resource/issn/2045-2322>), DOI 10.1038/srep16557 (<https://dx.doi.org/10.1038/srep16557>), lire en ligne (<https://www.nature.com/articles/srep16557>), consulté le 8 avril 2021)
36. « Hélène Landemore : « Être capable de définir les termes d'un débat, c'est la moitié du pouvoir » (<https://www.humanite.fr/helene-landemore-etre-capable-de-definir-les-termes-dun-debat-cest-la-moitie-du-pouvoir-helene>) », sur *L'Humanité*, 5 janvier 2017 (consulté le 8 avril 2021)
37. Mulgan, G. (2017). 11. Mind-Enhancing Meetings and Environments. In *Big Mind* (pp. 131-144). Princeton University Press.
38. (en) « Collective Intelligence 2020 (<https://ci2020.weebly.com/>) », sur *Collective Intelligence 2020* (consulté le 8 avril 2021)
39. « How and why we reason | Hugo Mercier | TEDxGhentSalon (<https://www.youtube.com/watch?v=xPqbrV02cZ8>) » (consulté le 24 août 2021)
40. Dan Sperber, *The enigma of reason*, 2017 (ISBN 978-0-674-97786-0 et 0-674-97786-6, OCLC 981125493 (<https://worldcat.org/fr/title/981125493>), lire en ligne (<https://www.worldcat.org/oclc/981125493>))
41. « Audrey Dussutour - Éthologiste. L'intelligence n'est pas une question de taille (<https://www.femmesetsciences.fr/la-science-taille-xx-elles/audrey-dussutour---%C3%A9thologiste>) », sur *Femmes & Sciences* (consulté le 8 avril 2021)
42. (en) E. Bonabeau, M. Dorigo et G. Theraulaz, « Inspiration for optimization from social insect behaviour », *Nature*, vol. 406, n° 6791, juillet 2000, p. 39–42 (ISSN 1476-4687 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1476-4687>), DOI 10.1038/35017500 (<https://dx.doi.org/10.1038/35017500>), lire en ligne (<https://www.nature.com/articles/35017500>), consulté le 8 avril 2021)

43. Patrice Fornalik, « L'intelligence collective en entreprise, comment ça marche ? », *Ekilium*, 22 novembre 2016 (lire en ligne (<http://www.ekilium.fr/blog-coaching/entreprises-liberees-et-agilite-organisations/intelligence-collective-en-entreprise-comment-ca-marche/>), consulté le 23 novembre 2016).
44. Sur la fracture numérique entre les pays riches et les pays pauvres, on trouvera une analyse approfondie dans *Le fossé numérique : l'Internet, facteur de nouvelles inégalités ?*, par Elie Michel, 2001.
45. Iain D. Couzin, « Collective cognition in animal groups », *Trends in Cognitive Sciences*, vol. 13, n° 1, janvier 2009, p. 36–43 (ISSN 1364-6613 (<https://portal.issn.org/resource/issn/1364-6613>), DOI 10.1016/j.tics.2008.10.002 (<https://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2008.10.002>), lire en ligne (<https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.10.002>), consulté le 8 avril 2021)
46. Couzin, I.D. (2007) Collective minds. *Nature* 445, 715
47. Couzin, I.D. et al. (2002) Collective memory and spatial sorting in animal groups. *J. Theor. Biol.* 218, 1–11
48. Rabinovich, M.I. et al. (2006) Dynamical principles in neuroscience. *Rev. Mod. Phys.* 78, 1213–1266
49. Bonabeau, E. et al. (1999) *Swarm intelligence: From natural to artificial systems*, Oxford University Press
50. Voir le dossier de *Sciences humaines*, mars 2006.
51. Voir aussi: Christian Morel, *Les Décisions absurdes : Sociologie des erreurs radicales et persistantes*, Paris, Gallimard, 2002.

Voir aussi

Sur les autres projets Wikimedia :



Intelligence collective, sur Wikiquote

Articles connexes

- Management agile
- Intelligence collective sur Internet
- Travail collaboratif
- Réseau social d'entreprise
- Cohésion sociale, concept sociologique (conséquence)
- Contenu généré par les utilisateurs
- Eusocialité, nom donné au mode de vie des insectes sociaux tels les abeilles et les fourmis
- Gestion des connaissances
- Métaheuristique,
- Optimisation par essaims particuliers (PSO)
- Système multi-agent (SMA), dans le domaine de l'intelligence artificielle
- Mimétisme | Conformisme | Consensus | Pensée de groupe | Stigmergie
- Intelligence distribuée | Analyse systémique | Comportement émergent | Cognition sociale | Psychologie sociale | Noosphère
- Ayllu, Mita (Inca)

- La fresque du climat

Bibliographie

- Olivier Zara, *Le chef parle toujours en dernier : manifeste de l'intelligence collective* (<http://www.axiopole.com/book/le-chef-parle-toujours-en-dernier>), AXIOPOLE Éditions, 2021
- Didier Anzieu, Jacques-Yves Martin, *La Dynamique des groupes restreints*, Paris, PUF, 2003 (ISBN 2130558879)
- (en) Chris Argyris, Roger Harrison, *Interpersonal Competence and Organizational Effectiveness*, Tavistock Publications, 1962
- Laurence Blésin et Alain Loute, *Nouvelles vulnérabilités, nouvelles formes d'engagement. Critique sociale et intelligence collective*, Europhilosophie Éditions, Bibliothèque de philosophie sociale et politique, 2010
- Michel Crozier, Erhard Friedberg, *L'Acteur et le système*, Paris, éd. du Seuil, 1977
- Jérôme Delacroix, *Les Wikis : Les Espaces de l'intelligence collective*, 2005
- Jean-Christian Fauvet, *L'Elan sociodynamique*, Paris, Éditions d'organisation, 1996
- Joseph Henrich, *L'Intelligence collective*, Les Arènes, 2019
- Olivier Zara, *Le manager paradoxal* (<http://www.axiopole.com/book/le-manager-paradoxa>), AXIOPOLE Éditions, 2016
- Olivier d'Herbemont, *Booster l'intelligence collective*, Paris, Armand Colin, 2012
- Henry Mintzberg, *Structure dynamique des organisations*, Paris, Éditions d'organisation, 1982
- Philippe Labat, *Développer l'intelligence collective*, Vuibert, 2019, (ISBN 978-2711201495) et *Developing collective intelligence*, Lulu.com, 2021, (ISBN 978-1716475948)
- Vincent Lenhardt, *L'Intelligence collective en action*, Person Education France, 2009
- Pierre Lévy, *L'intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, Paris, La Découverte, 1994 (ISBN 2-7071-2693-4).
- Christine Marsan, Marine Simon, Jérôme Lavens, Gauthier Chapelle, Sybille Saint Girons, Thomas Emmanuel Gérard, Éric Julien, *L'Intelligence collective*, Éditions Yves Michel, 2014
- Jean-François Noubel, *Intelligence collective : La Révolution invisible* (<http://diffusion-focusing.org/doc/noubel/intelligence-collective.pdf>) 2004
- Émile Servan-Schreiber, *Supercollectif : la nouvelle puissance de nos intelligences*, Fayard, 2018, 220 p. (lire en ligne (<https://books.google.fr/books?id=RQ1xDwAAQBAJ&dq>)).
- Howard Rheingold, *Foules intelligentes*, Titre original en anglais *Smart Mobs*
- Anaïs Richardin, « La petite révolution de l'intelligence collective » (<https://web.archive.org/web/20220111134138/http://owni.fr/2012/05/04/la-petite-revolution-de-lintelligence-collective/>), sur *OWNI*, 4 mai 2012 (version du 11 janvier 2022 sur *Internet Archive*).
- Toby Segaran, *Programmer pour l'intelligence collective*, 2008 (ISBN 978-2-84177-490-6)
- Olivier Zara, *Le management de l'intelligence collective, vers une nouvelle gouvernance* (<http://www.axiopole.com/book/le-management-de-l-intelligence-collective>), AXIOPOLE Éditions, 3^e édition 2016 (ISBN 978-1530473274)

- Olivier Piazza, Découvrir l'Intelligence Collective, InterEditions, 2018, (ISBN 978-2-7296-1780-6)

Liens externes

- Manifeste de l'intelligence collective (<http://www.excellence-decisionnelle.com/2020/12/06/manifeste-intelligence-collective/>) : l'intelligence collective au service de l'excellence décisionnelle
- Vers l'intelligence collective des équipes de travail : une étude de cas (<https://www.cairn.info/revue-management-et-avenir-2007-4-page-41.htm>)

Ce document provient de « https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Intelligence_collective&oldid=208976407 ».

■