

N°01

Le 3, 14

 Polytechnique insights

Trois clefs pour prendre
la bonne décision

LE CERVEAU

PENSER, RAISONNER, APPRENDRE

Voix intérieure
et conscience de soi

Comment cultiver
son esprit critique ?

BONUS

Dans le cerveau d'une IA :
de la curiosité à l'autonomie





Clément Boule

Directeur exécutif
de Polytechnique Insights

Penser, raisonner et apprendre sont trois facultés fondamentales de notre cerveau, rendues possibles grâce à sa complexité. Cet organe, fruit de notre évolution, est incontestablement l'objet le plus essentiel de notre boîte à outils. Mais sommes-nous véritablement conscients des capacités qu'il nous offre ? Reste-t-il encore des choses à découvrir sur notre propre façon de réfléchir ou bien notre manière d'appréhender le monde ? Et au-delà, peut-on encore aller plus loin avec les nouvelles technologies ?

« *Faire comprendre le monde à travers la science* » est la raison d'être de Polytechnique Insights. Nous sommes une revue dédiée aux innovations, aux résultats de recherches et à leurs implications socio-économiques : la capacité humaine à penser les faits, à raisonner et à transmettre est au cœur de notre démarche. Il était donc logique pour nous de nous concentrer sur le cerveau pour ce premier numéro du 3,14.

Que vous soyez un lecteur assidu de Polytechnique Insights, ou que vous nous ayez découverts via ce premier magazine, nous vous offrons ici un recueil d'articles rédigés en étroite collaboration avec des chercheurs et experts internationaux des domaines traités.



Polytechnique insights

LA REVUE DE L'INSTITUT POLYTECHNIQUE DE PARIS

[Articles](#)

[Dossiers](#)

[Vidéos](#)

[La newsletter](#)



Comprendre les
grands enjeux,
à travers la science

PENSER

Notre petite voix intérieure est-elle notre conscience ? 4

Hélène Loævenbruck, directrice de recherche au CNRS

« La morale est un produit dérivé de la sélection naturelle » 10

Pierre-Marie Lledo, chercheur au CNRS



RAISONNER

Trois clefs pour prendre la bonne décision 14

Patrice Georget, enseignant-chercheur en psychosociologie à l'École universitaire de Management IAE Caen

Peut-on apprendre à être plus rationnel ? 17

El Mahdi El Mhamdi, professeur adjoint à l'École polytechnique (IP Paris)



APPRENDRE

Comment cultiver son esprit critique ? 21

Céline Schöpfer, doctorante en philosophie à l'Université de Genève, et autres.

BONUS

Dans le cerveau d'une IA : de la curiosité à l'autonomie 24

Pierre-Yves Oudeyer, directeur du laboratoire de recherche FLOWERS de l'ENSTA (IP Paris) et Inria



PENSER



Notre petite voix intérieure est-elle notre conscience ?

11 mai 2022  10 min. de lecture

avec Hélène Løevenbruck

Le langage nous permet de communiquer à autrui nos pensées, nos émotions et nos sentiments. Cette fonction communicative est essentielle.

On parle avec les autres, mais on se parle aussi à soi-même, intérieurement, pour penser, car le langage a aussi une fonction cognitive.

C'est ce qu'avaient déjà perçu les savants égyptiens de l'Ancien Empire et les philosophes grecs de Héraclite à Aristote, en passant par Platon. Puis, Descartes, dans le *Discours de la Méthode*¹ a révélé une troisième fonction essentielle du langage, métacognitive, celle de la reconnaissance du sujet pensant par lui-même : « Je pense donc je suis ».

Le langage a en effet un rôle crucial dans la conscience de soi, qui peut être définie comme la reconnaissance de sa propre existence. Mais la notion cartésienne du soi comme une substance stable et unifiée a été questionnée, car le soi est contingent aux situations, il est dans un mouvement perpétuel.

Les réflexions contemporaines en philosophie, linguistique et sciences cognitives ont permis d'avancer de nouveaux éléments sur cette question de la conscience de soi. On peut considérer qu'elle s'échafaude grâce au langage, à partir d'une conscience de soi dite « minimale » ou primitive, partagée avec certains animaux non-humains².

La conscience de soi élaborée, étendue dans le temps, dite conscience auto-noétique, s'appuierait sur le langage et semble bien, elle, être spécifique à l'être humain.

Langage et conscience de soi

Une conscience de soi minimale, constituée d'expériences perceptives pures, sans médiation par le langage, semble exister chez les nourrissons. La contingence visuo-proprioceptive permet d'associer le mouvement ressenti de son corps avec l'observation de son corps en mouvement. Elle contribuerait, chez le nourrisson, à l'expérience d'un soi différencié, situé dans un lieu, avec un corps ayant des frontières délimitées.

« Grâce au langage, l'enfant peut se représenter soi et autrui. »

La conscience de soi élaborée serait échafaudée sur cette conscience de soi minimale et mettrait en jeu les outils lexicaux et syntaxiques. L'acquisition des pronoms par l'enfant, vers l'âge de deux ans, lui permet de différencier le « je » du « tu » ou le « mien » du « tien ». Elle indique l'émergence consciente du contraste entre soi et autrui chez l'enfant. ▶

« Je me dis que...
Donc, je suis ? »



Hélène Løevenbruck

Neurolinguiste,
directrice de recherche CNRS
et responsable de l'équipe Langage
du Laboratoire de Psychologie et
NeuroCognition à Grenoble

Ensuite, avec l'accroissement du vocabulaire, les démonstratifs, les adverbes, les verbes conjugués, qui organisent les relations spatiales et temporelles, avec soi comme origine (« ceci, ici, maintenant, hier, demain »), l'enfant peut mieux se représenter soi et autrui. Il peut ainsi construire des récits sur ses souvenirs du passé et ses intentions futures.

Tout au long de la vie, par la pratique du langage, l'être humain se crée une identité, ou plutôt une ipsité, un soi étendu dans le temps. Ainsi si, de façon évidente, le langage permet la communication interhumaine, son rôle majeur dans la pensée, d'une part, et dans la conscience autoéotique, d'autre part, a favorisé son intériorisation. En inhibant la production du langage à voix haute, en simulant intérieurement le langage, les êtres humains peuvent secrètement développer leur conscience de soi.

Comme nous l'avons montré au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition à Grenoble, dans une étude de neuroimagerie en IRMf, lors de la production de langage intérieur, les régions cérébrales du langage à voix haute sont activées, ainsi que des régions du cortex préfrontal, impliquées dans l'inhibition⁴.

L'endophasie : notre langage intérieur

La possibilité de s'inhiber et de se parler intérieurement, ce que Georges Saint-Paul a nommé en 1892 « l'endophasie »⁵, semble ainsi fondamentale. En se parlant pour se remémorer des souvenirs, planifier des choses, en imaginer d'autres, ou même pour s'auto-critiquer, nous nous façonnons une conscience de soi étendue dans le temps.

Les liens entre l'endophasie, ou langage intérieur, et la mémoire ont été beaucoup étudiés par les psycholinguistes. Le langage intérieur interagit en particulier avec la mémoire de travail, cette mémoire à court terme qui nous permet de stocker et manipuler des informations temporairement pour accomplir une tâche. Pour retenir un numéro de téléphone ou un code à composer, pour se souvenir d'une liste de courses, on peut se les dire intérieurement, en boucle.

La répétition interne des mots à retenir permet en effet de maintenir temporairement l'information en mémoire.

Ce type de mémoire de travail passe par le son des mots. Cela peut d'ailleurs être vérifié à l'aide d'une expérience répliquée de nombreuses fois, dans laquelle on demande aux participants de retenir une liste de mots⁶. Par exemple :

camp, pied, clou, sol, mur

Ou bien :

doigt, poids, choix, roi, bois

Les mots qui se prononcent de la même façon sont susceptibles d'être confondus, ce qui entraîne un moins bon rappel de la seconde liste par rapport à la première. C'est ce qu'on nomme l'effet de similarité phonologique, un effet qui révèle que les participants utilisent la répétition intérieure des mots pour les retenir.

La mémoire autobiographique peut elle aussi être renforcée par l'endophasie. On peut évoquer des souvenirs, ou se rappeler un évènement passé, en se parlant intérieurement. ▶



Elle s'appuie sur des constructions narratives qui permettent d'organiser les événements de façon cohérente dans le temps, les inscrire dans une histoire personnelle. Les travaux sur le développement de la mémoire chez l'enfant indiquent que dans les deux premières années de vie, les souvenirs autobiographiques sont quasiment absents. Ce serait le développement du langage qui permettrait, plus tard, la structuration des connaissances personnelles et l'établissement de souvenirs autobiographiques organisés dans le temps.

Langage interne et externe : la poule et l'œuf

Quand l'enfant se met-il à parler dans sa tête? Pour le psychologue Lev Vygotski⁷, la parole intérieure est héritée de la parole à voix haute, via un processus graduel d'internalisation qui se déroule pendant l'enfance. Comme Jean Piaget avant lui, Vygotski a observé que l'enfant commence par se parler à voix haute. Dans cette phase, que Vygotski a nommée le « discours privé », l'enfant joue et reproduit seul des situations de dialogue. Puis, petit à petit, l'enfant apprend à inhiber ce comportement, il l'intériorise. Son discours privé deviendrait langage intérieur entre cinq et sept ans.

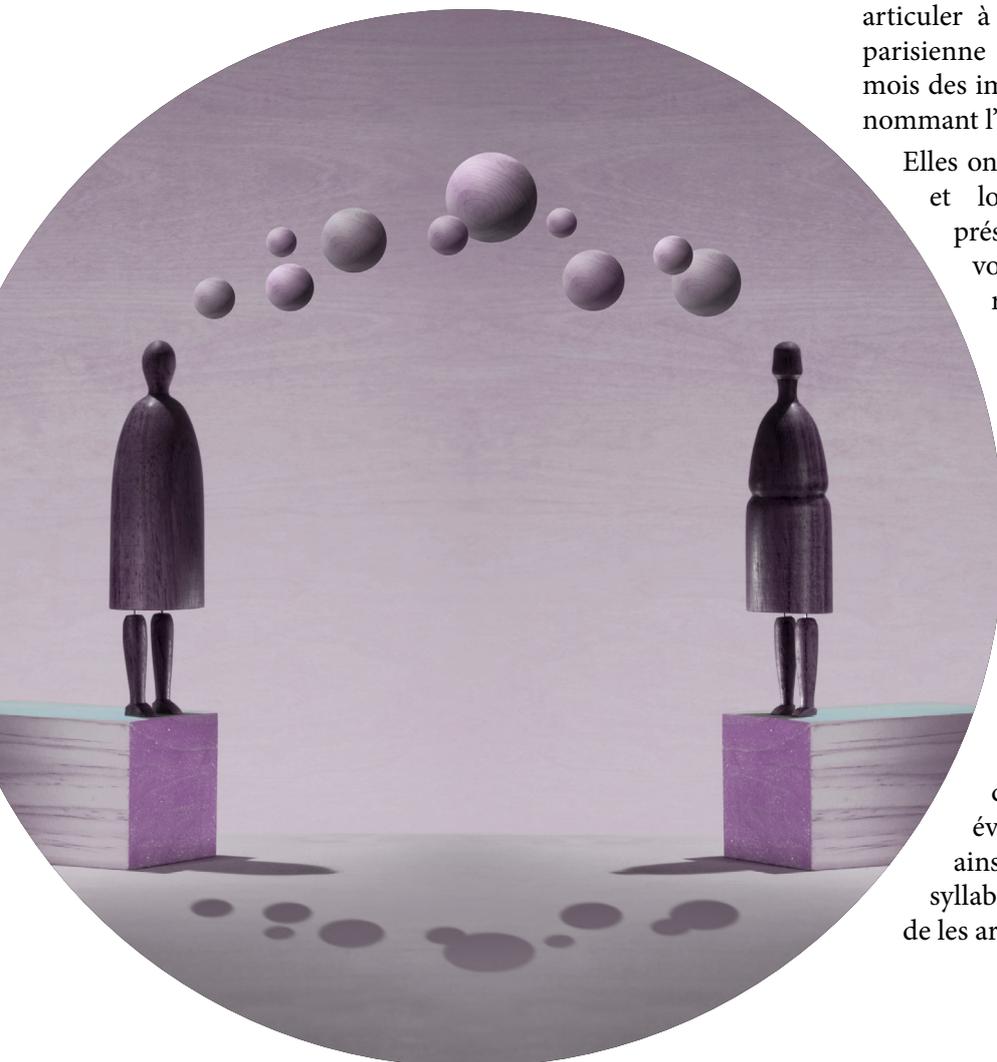
Des études de psychologie expérimentale récentes confirment l'hypothèse que l'enfant peut se parler intérieurement dès cet âge. Une expérience classique est le jeu de la Tour de Hanoï. Si pendant qu'il effectue la tâche, on empêche l'enfant de se parler dans sa tête, en lui faisant répéter à voix haute « ba ba ba ba », on observe que ses performances diminuent. Ceci suggère que l'enfant est capable d'utiliser la parole intérieure pour planifier ses actions dès l'âge d'environ cinq ans⁸. Il est plus difficile de savoir si le langage intérieur est utilisé par les enfants dans ce type de tâches à des âges plus précoces, car leur baisse de performance peut simplement être liée à des difficultés de concentration ou de raisonnement.

« Nous pouvons, dès 20 mois, évoquer intérieurement le son des mots, sans être capables de les articuler à voix haute. »

Toutefois, certaines recherches récentes, notamment celles dirigées par Sharon Peperkamp à Paris⁹, suggèrent que les nourrissons seraient capables d'évoquer intérieurement le son de certains mots dès l'âge de vingt mois, avant d'être capables de les articuler à voix haute. Les chercheuses de l'équipe parisienne ont présenté à des nourrissons de vingt mois des images d'objets ou d'animaux, puis une voix nommant l'image.

Elles ont utilisé des mots courts (comme « chat ») et longs (comme « toboggan »). Après la présentation de l'image et du son, l'enfant voyait deux cases vides à l'écran. Puis l'image remplissait une des cases : la case gauche pour les mots courts et la case droite pour les mots longs.

Cette étape était répétée plusieurs fois jusqu'à ce que le nourrisson comprenne la règle implicite : mots courts à gauche, mots longs à droite. Après cette étape de familiarisation, les chercheuses présentaient une image sans le son, par exemple un escargot. Elles ont observé que les nourrissons anticipaient et regardaient du côté droit avant même que l'escargot remplisse la case de droite. Cette expérience suggère que les nourrissons de vingt mois peuvent évoquer intérieurement le son des mots et ainsi catégoriser les mots comme mono- ou trisyllabiques, alors qu'ils sont encore incapables de les articuler à voix haute. ▶



Le développement de certaines formes de langage intérieur pourrait ainsi précéder, voire être déterminant dans le développement du langage oral. La question reste ouverte. S'agit-il d'associations automatiques entre une image et une trace sonore mnésique ou de véritables phénomènes de production de parole intérieure ?

Pensons-nous tous de la même manière ?

Une fois le lien établi entre le langage — en particulier interne — et la pensée ainsi que la conscience de soi, on peut se demander si une privation de cet outil ne se répercuterait pas sur les fonctions cognitives et métacognitives. Dans certains cas d'aphasie non fluente — perte partielle ou complète de la capacité à s'exprimer à voix haute résultant de lésions cérébrales — la parole interne est elle aussi atteinte. On observe alors souvent aussi des troubles cognitifs et mnésiques. Cependant, ces troubles ne sont pas forcément dus au déficit de parole intérieure, les lésions cérébrales pouvant elles-mêmes affecter différentes opérations cognitives.

Un autre élément de réponse peut se trouver dans les études sur les personnes qui, dans l'enfance, se sont mis à parler tardivement : les parleurs tardifs ou *late-talkers*. Est-ce que, chez ces personnes, des concepts ont pu émerger et être manipulés mentalement, avec un langage peu développé ? Un cas célèbre est celui d'Albert Einstein, qui aurait présenté un retard de langage dans l'enfance. Le mathématicien Jacques Hadamard a recueilli son témoignage sur son fonctionnement cognitif¹⁰.

À la question posée sur les images mentales ou les formes de « mots intérieurs » qu'il emploie pour réfléchir, Albert Einstein répond : « *Les mots et le langage, écrits ou parlés, ne semblent pas jouer le moindre rôle dans le mécanisme de ma pensée. Les entités psychiques qui servent d'éléments à la pensée sont certains signes ou des images plus ou moins claires, qui peuvent "à volonté" être reproduits et combinés* ».

« On peut envisager que la pensée puisse, non seulement se passer du langage mais aussi d'image visuelle et de toute sensation physique. »

Ainsi l'utilisation du langage pour Einstein arrive seulement à « un second stade », celui dans lequel il doit « traduire » sa pensée en mots pour autrui. On ne sait pas si ce mode de pensée non verbale a un lien causal avec le fait qu'il s'est mis à parler tardivement, mais cela révèle qu'une forme de pensée conceptuelle peut se dérouler sans langage.

On peut même envisager que la pensée puisse, parfois, chez certains individus, non seulement se passer du langage mais aussi d'image visuelle et de toute sensation physique.

En effet, des recherches récentes en sciences cognitives révèlent que les représentations mentales sont parfois amodales, abstraites.

Penser sans image et sans son

La nature des représentations mentales est depuis longtemps l'objet de débats, entre les tenants de la cognition incarnée, ou somatosensorielle, et les défenseurs de la conception mentaliste abstraite. Ces débats ont été ravivés récemment par la mise en évidence de formes d'imagerie mentale atypiques. En 2010, le neurologue Adam Zeman et son équipe ont rapporté le cas d'un patient ayant perdu la capacité d'imagerie visuelle volontaire après une angioplastie¹¹.

Son déficit de visualisation mentale n'était accompagné d'aucun trouble de la reconnaissance visuelle, ni d'aucune autre perturbation. ▶

« Peut-on avoir accès aux mots sans leur son, ni leur graphie, ni leur signe ? »

Il pouvait par exemple parfaitement décrire sa ville, mais se disait incapable de la visualiser dans sa tête. L'article de Zeman a eu un grand retentissement médiatique et de nombreuses personnes se sont spontanément déclarées comme privées d'imagerie visuelle depuis leur naissance. Des enquêtes ont alors révélé qu'une proportion non négligeable de la population générale semble ne pas avoir, de façon innée, d'imagerie mentale visuelle volontaire. En 2015, Zeman et son équipe ont donc introduit le terme « d'aphantasie », du grec φαντασία (« imagination »), pour décrire cette absence spécifique d'imagerie mentale¹². Il est aussi apparu que l'incapacité à créer volontairement des images mentales peut s'étendre à d'autres modalités : les sons, les odeurs, les goûts, le toucher. Il n'existe pas encore de test objectif pour savoir si on a une aphantasie ou pas, mais quelques expériences récentes semblent prometteuses.

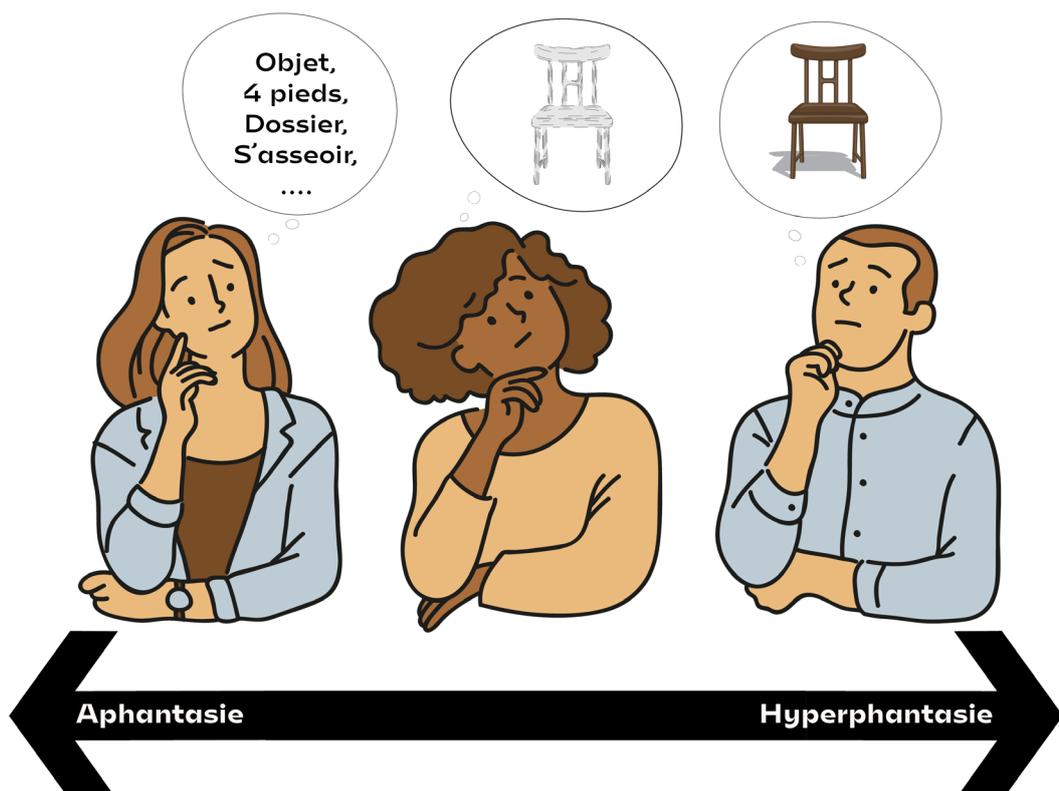
Par exemple, des chercheurs ont montré que les biais d'amorçage par l'imagerie mentale qu'on observe habituellement lors de la présentation de stimuli visuels ambigus n'étaient pas présents chez les personnes qui s'auto-déclarent comme présentant une aphantasie. Par ailleurs, des études de neuro-imagerie ont révélé des schémas d'activation neuronale modulés par l'intensité de l'imagerie visuelle individuelle. Pris ensemble, ces résultats suggèrent que l'aphantasie pourrait être une absence réelle de percepts sensoriels lors de la représentation mentale.

Au Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition à Grenoble, nous avons lancé une vaste étude en ligne sur ce sujet en juillet 2021. L'étude est encore en cours, elle peut se faire en anglais ou en français^{13,14}.

Elle comporte des questionnaires sur les représentations et l'imagerie mentales et un test perceptif audio. Nous avons recruté nos participants de façon très large et en ciblant les réseaux de personnes concernées par l'aphantasie. À ce jour, sur environ 1 000 participants, nous avons déjà recensé 200 personnes dont les réponses aux questionnaires laissent envisager une aphantasie.

Parmi celles-ci, certaines rapportent qu'elles peuvent se parler intérieurement, mais que leur langage intérieur n'est pas sonore : ce sont juste des mots, pas de sensation de voix, pas d'intonation, pas non plus d'image visuelle des mots écrits ou des gestes (de la langue des signes). ▶

Pouvez-vous imaginer une chaise ?



À l'inverse, notre enquête a révélé que certaines personnes ont une hyperphantasie verbale auditive, c'est-à-dire une capacité à générer des verbalisations intérieures très sonores, intenses et très clairement ressenties sensoriellement¹⁵.

Le langage intérieur sans sensation auditive ni visuelle, l'aphantasie verbale auditive et visuelle, représente un défi pour les théories actuelles de la cognition et du langage. Peut-on avoir accès aux mots sans leur son, ni leur graphie, ni leur signe ? Les recherches en psycholinguistique suggèrent qu'il existe un niveau de représentation, le lemme, dans lequel on a accès à certaines caractéristiques du mot, sans avoir précisément en tête la forme phonologique, sonore.

« L'aphantasie est une absence réelle de percepts sensoriels lors de la représentation mentale. »

C'est le phénomène du mot sur le bout de la langue.

On se souvient parfois de certains détails du mot que l'on cherche, le nombre de syllabes, la consonne par laquelle il commence, sans pour autant être capable de se le dire en entier et donc d'en simuler mentalement le son.

À l'autre extrême, l'hyperphantasie, la capacité d'entendre des voix dans sa tête aussi clairement que dans la réalité, pose la question de la limite entre imagerie mentale et hallucination. Comment ne pas confondre la voix imaginée avec une voix effectivement perçue ?

Certains travaux semblent postuler que l'aphantasie est un trouble, mais les recherches récentes suggèrent plutôt qu'il s'agit d'un mode opératoire, un fonctionnement mental particulier, atypique. La question reste ouverte. Tout comme celle de savoir si l'hyperphantasie est un avantage ou un inconvénient, notamment lorsque les reminiscences ou les sensations imaginées deviennent

trop intenses. Il existe encore peu de recherches sur les conséquences des formes atypiques d'imagerie mentale.

On peut supposer que les personnes avec aphantasie traitent l'information de manière plus sémantique, factuelle ou descriptive, alors que les personnes qui présentent une hyperphantasie s'engageraient dans un traitement plus détaillé sur le plan sensoriel. La pratique du langage intérieur chez ces deux populations atypiques donne probablement lieu à des représentations de soi elles-mêmes très différentes et on peut faire l'hypothèse que la conscience de soi se construit de façon elle-même extrêmement variée. Il est donc important de continuer d'explorer la diversité des formes du langage intérieur et de sonder le plus grand nombre d'individus. ■

Propos recueillis par Pablo Andres

Pour aller plus loin sur le sujet du langage intérieur :

- « Qui dit "Je" en moi ? » Son ouvrage à paraître chez Denoël en mai 2022 : *Le mystère des voix intérieures*.
- Son impromptu scientifique, un spectacle créé avec le comédien Mickaël Chouquet du groupe n+1, Les ateliers du spectacle : *Des voix dans la tête*.
- Une enquête en ligne sur l'imagerie mentale et le langage intérieur¹³ est en cours.

[1] René Descartes, *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences, plus la dioptrique, les météores et la géométrie*, 1637. <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bd6t53723485/f9.item>

[2] Gordon G. Gallup, « Chimpanzees: self-recognition », *Science*, vol. 167, no 3914, 2 janvier 1970, p. 86-87 (PMID 4982211, DOI 10.1126/science.167.3914.86)

[3] <https://pnc.univ-grenoble-alpes.fr/recherche/projets-en-cours-0/innerspeech>

[4] R. Grandchamp, L. Rapin, M. Perrone-Bertolotti, C. Pichat, C. Haldin, E. Cousin, J.-P. Lachaux, M. Dohen, P. Perrier, M. Garnier, M. Baciú et H. Løevenbruck, « The ConDialInt Model: Condensation, Dialogality, and Intentionality Dimensions of Inner Speech Within a Hierarchical Predictive Control Framework », *Frontiers in Psychology*, vol. 10, 2019.

[5] Georges Saint-Paul (1892), *Essais sur le langage intérieur*, A. Storck, Lyon.

[6] Conrad, R. & Hull, A. J. [1964]. Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, 55, 429-432.

[7] Vygotski, L. S. (1934/1997), *Pensée et langage*, Trad. française Française Sève. La Dispute, Paris.

[8] Lidstone, J. S.; Meins, E. & Fernyhough, C. (2010). The roles of private speech and inner speech in planning during middle childhood: Evidence from a dual task paradigm. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107, 438-451.

[9] Ngon, C. & Peperkamp, S. (2016). What infants know about the unsaid: Phonological categorization in the absence of auditory input. *Cognition*, 152, 53-60.

[10] Hadamard Jacques [1945]. An essay on the psychology of invention in the mathematical field, Princeton University Press, Princeton (N.J.), 1945. Trad. fr. par Jaqueline Hadamard, *Essai sur la psychologie de l'invention dans le domaine mathématique*, Gauthier-Villars, Paris, 1975.

[11] Zeman, A. Z., Della Sala, S., Torrens, L. A., Gountouna, V.-E., McGonigle D. J et Logie R. H. [2010]. Loss of Imagery Phenomenology with Intact Visuo-Spatial Task Performance: A Case of "Blind Imagination", *Neuropsychologia*, vol. 48.

[12] Zeman A, Dewar M, Della Sala S. Lives without imagery - Congenital aphantasia. *Cortex*. 2015 Dec;73:378-80. doi: 10.1016/j.cortex.2015.05.019. Epub 2015 Jun 3. PMID: 26115582.

[13] Enquête en ligne sur l'imagerie mentale et l'aphantasie : <https://enquetes-screen.msh-alpes.fr/index.php/927978?lang=fr>

[14] <https://pnc.univ-grenoble-alpes.fr/recherche/projets-en-cours-0/aphantasie-lpnc>

[15] Huson N., Vanbuckhave C., Pesci T., Pasturel L., Faber L., Guyader N., Løevenbruck H., Chauvin a. [2022]. Exploring properties of mental imagery and hallucinations in a nonclinical population. Fourth annual meeting of the Early Career Hallucination Research group, Grenoble, 21-22 April 2022.

La morale, un produit dérivé de la sélection naturelle ?

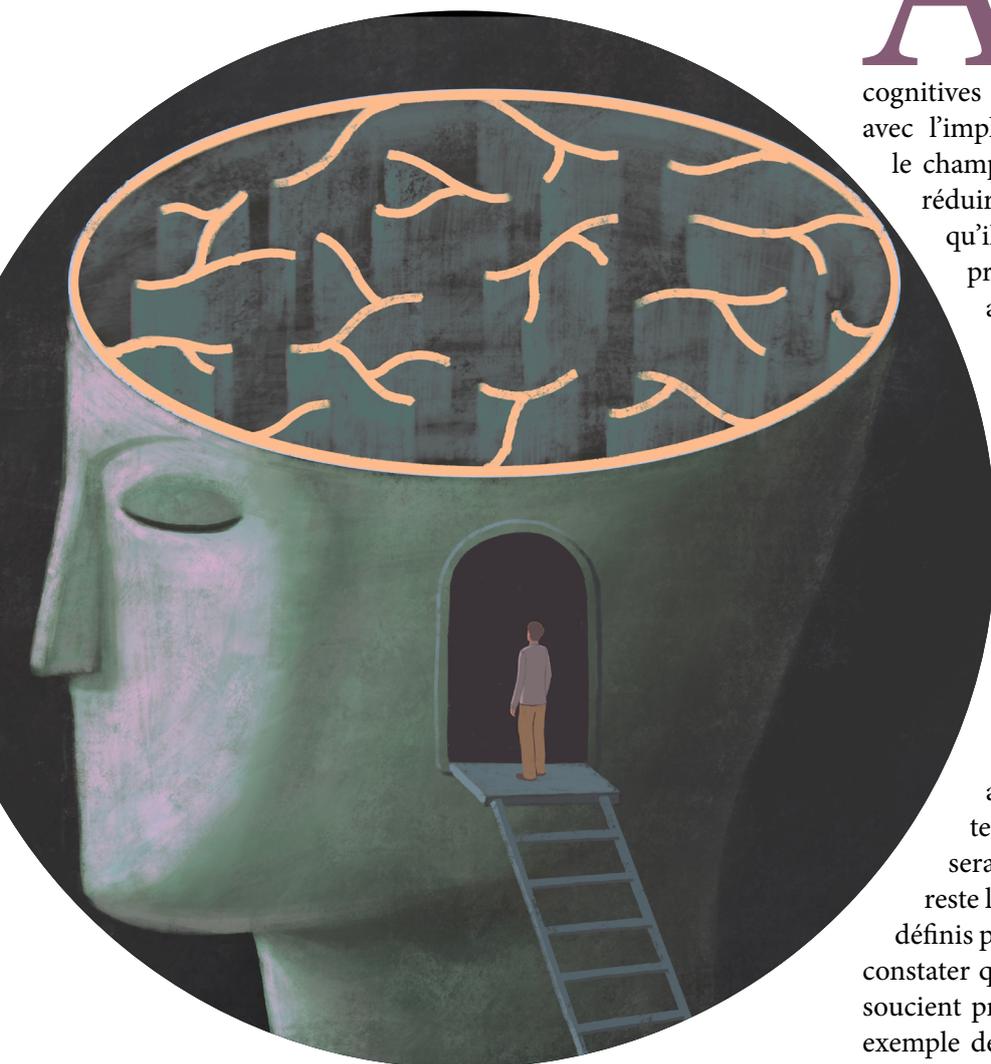
08 mars 2022 👁 5 min. de lecture

Pierre-Marie Lledo

À priori, morale et sciences sont deux disciplines si distinctes qu'il serait inconvenant de confondre leur rôle et compétences respectives. Pourtant, les découvertes récentes des neurosciences cognitives montrent que cette frontière est poreuse, avec l'implication possible des neurosciences dans le champ de la philosophie morale. Mais peut-on réduire l'humain à cet organe informe et grisâtre qu'il possède entre ses deux oreilles ? Est-il le produit de l'activité de son cerveau ? Pour les adeptes de rationalités scientifiques, il ne fait aucun doute que le soi psychologique, social ou moral s'effectue à travers des opérations permises par des circuits cérébraux¹. Selon ce point de vue, il existerait une interprétation naturaliste de la morale que nous allons tenter d'exposer.

Science et Morale

Très tôt, la philosophie entreprit d'en donner une définition selon laquelle la morale vise à définir la finalité de nos actions pour en déduire des conduites à tenir. En d'autres termes, morale et bonheur seraient liés puisque si la finalité de l'existence reste le bonheur, les moyens d'y parvenir seraient définis par la morale. Il n'est donc pas surprenant de constater que dans toutes les cultures, les humains se soucient profondément de la moralité, en créant par exemple des institutions comme les tribunaux, pour s'assurer que soient appliquées, à tous, les normes sociales. ▶



Les recherches en neurosciences cognitives commencent à révéler l'identité des circuits cérébraux impliqués dans ces jugements moraux. On découvre que les systèmes d'apprentissage de la récompense, d'évaluation des risques, de compréhension de l'état mental d'autrui sont à la manœuvre. Cependant, s'ils semblent fondamentaux pour générer un jugement moral, leur degré de participation varie selon des différences individuelles en matière d'empathie, de bienveillance, ou de sensibilité plus ou moins grande à l'injustice. Pour le dire autrement, face à la morale, chaque individu possède un seuil de sensibilité qui lui est propre. À l'extrémité de ce spectre, des perturbations du circuit de la prise de décision sociale génèrent des comportements immoraux comme ceux des psychopathes.

Sapiens, une espèce en quête de justice

Tout membre de sociétés humaines, aussi diverses qu'elles peuvent paraître, montre une profonde préoccupation pour les questions de moralité, de justice et d'équité². Les humains se distinguent des autres espèces par leur propension à produire des organisations culturelles afin que des normes sociales soient respectées, y compris des institutions conçues pour évaluer l'acceptabilité de comportements d'individus et attribuer des punitions appropriées à ceux qui violent des normes particulières³.

« La morale facilite la coopération au sein de grands groupes d'individus. »

Indépendamment de la façon dont la moralité peut être conceptualisée, et s'inscrivant dans la continuité des travaux de Darwin⁴, des chercheurs affirment que le jugement moral est une caractéristique humaine qui facilite la coopération au sein de grands groupes d'individus non apparentés⁵.

En somme, l'humain bénéficie d'une relation à l'autre particulière puisque totalement désintéressée, indépendante d'une relation filiale comme celle qui préside par exemple aux soins portés par la chatte à ses chatons.

L'émergence de cette faculté mentale aurait apporté à Sapiens un avantage adaptatif que l'on mesure aujourd'hui à l'aune du caractère invasif de notre espèce. Comme naguère les mousquetaires aimaient à le répéter⁶, notre espèce est la preuve vivante que s'associer en groupe améliore les chances de survie d'un individu. Ainsi les normes morales fournissent des garanties contre les atteintes à la sécurité ou à la santé, et le renforcement des comportements moraux minimise les comportements criminels et les conflits sociaux. De cette manière, la moralité fait de la société humaine une entreprise viable. ▶



Pierre-Marie Lledo
Directeur de recherche au CNRS,
chef d'unité à l'Institut Pasteur et
membre de l'Académie européenne
des sciences

Être plus moral, c'est vivre plus longtemps

L'exemple de notre longévité, qui dépend étroitement de la qualité des échanges sociaux, le démontre. En cherchant à définir la nature des causes principales du vieillissement, des scientifiques ont analysé des échantillons sanguins prélevés sur des personnes plus ou moins sociables. Ils ont découvert chez les sujets extrêmement sociaux que la taille de leurs télomères protecteurs était plus longue. Lorsqu'ils étudièrent la présence de cellules particulières, dites sénescents⁷, les personnes isolées socialement étaient celles qui accumulaient le plus grand nombre de ces cellules responsables d'événements indésirables comme l'inflammation. En montrant combien la relation avec autrui reste le facteur le plus important pour lutter efficacement contre l'obsolescence programmée d'un individu, la biologie du vieillissement confirme l'importance des rapports sociaux pour la survie de l'espèce. Dit autrement, en ajustant la longévité d'un sujet à l'aune de ses relations sociales vertueuses, nos jugements et comportements moraux sont les garants d'une cohésion sociale.

Un héritage évolutif

Sur un plan évolutif, la moralité apparaît comme une forme extrême de coopération qui exige des individus la suppression de leur propre intérêt ou l'assimilation à celui des autres. L'étude des comportements du primate, ou de l'enfant, montre le caractère conservé de ce trait. Elle indique que la coopération naît d'abord d'une moralité personnelle centrée sur l'individu et ses proches.

Ensuite, comme une sorte d'extension de cette moralité personnelle, c'est une moralité universelle qui émerge. C'est à partir de ce second stade que les individus suivent et appliquent les normes sociales du groupe. La moralité est donc apparue au cours de l'évolution des espèces, en devenant plus complexe, à partir d'un ensemble de compétences et de motivations pour coopérer avec ses familiers dans un premier temps, puis avec tous.

« Les recherches en neurosciences révèlent des circuits cérébraux impliqués dans nos jugements moraux. »

Si les animaux ne raisonnent évidemment pas explicitement sur le bien et le mal, le vice et la vertu, ou le juste et l'injuste, certains présentent des comportements qui semblent intégrer des ébauches de vertus.

De nombreuses espèces coopèrent, aident leurs proches et prennent soin de leur progéniture, et certaines manifestent déjà une aversion pour les inégalités. De même, alors que la socialisation influence le développement moral et explique pourquoi les règles morales peuvent évoluer avec l'espace et le temps, les nourrissons humains entrent dans le monde déjà équipés de cognition et de motivation qui les inclinent à être moraux et prosociaux⁸. Ces prédispositions précoces au comportement prosocial et à l'évaluation socio-morale reflètent des capacités précâblées qui étaient adaptatives pour nos ancêtres. Ce penchant pour la coopération avec des individus non apparentés expliquerait comment notre espèce est devenue comme maître et possesseur de la nature⁹.

En résumé, le sens moral observé chez les humains semble être une conséquence de plusieurs capacités cognitives, exécutives et motivationnelles qui sont les attributs que la sélection naturelle a directement favorisés¹⁰. Des décennies de recherche dans de multiples disciplines, notamment l'économie comportementale, la psychologie du développement et les neurosciences sociales, indiquent que le raisonnement moral découle d'une prise de décision sociale complexe et implique des processus à la fois inconscients et délibérés qui reposent sur plusieurs dimensions partiellement distinctes, notamment la compréhension de l'intention, l'aversion

pour le mal, le codage des récompenses et des valeurs, le fonctionnement exécutif et l'apprentissage des règles¹¹. En somme, les décisions morales humaines sont régies à la fois par des attentes statistiques (basées sur des fréquences observées), des inférences bayésiennes sur ce que les autres feront, et par des croyances normatives sur ce que les autres devraient faire. ■

[1] Le grand paradoxe pour Sapiens est de posséder un cerveau dont la fonction essentielle est de garantir son individualité tout en favorisant les interactions sociales pour former un collectif homogène.

[2] Decety J et Yoder KJ (2017). The emerging social neuroscience of justice motivation. *Trends in Cognitive Sciences*, 21(1), 6–14.

[3] Buckholtz JW et Marois R (2012). The roots of modern justice: cognitive and neural foundations of social norms and their enforcement. *Nature Neuroscience*, 15(5), 655–661.

[4] Darwin C (1871). *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (Vol. 1). London, UK.

[5] Tomasello M et Vaish A (2013). Origins of Human Cooperation and Morality. *Annual Review of Psychology*, 64, 231–255.

[6] Un pour tous, tous pour un, d'origine latine et actuelle devise de la Suisse, cette expression a été popularisée par les Trois Mousquetaires, d'Alexandre Dumas.

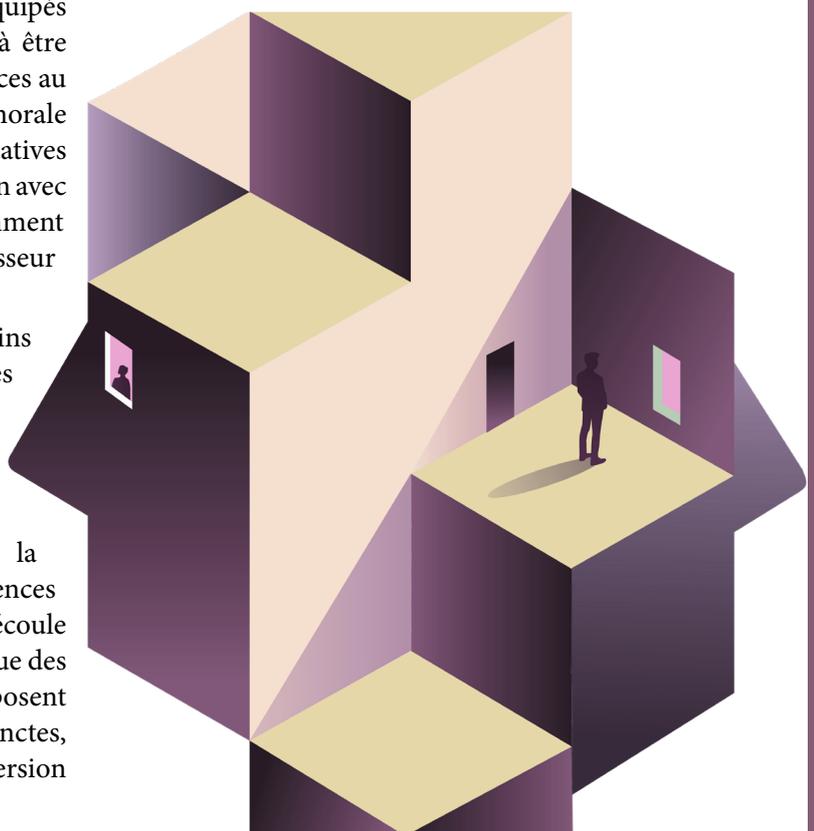
[7] La sénescence est le processus de vieillissement biologique qui se traduit par un arrêt irréversible du cycle cellulaire aboutissant à la mort de la cellule. Au bout d'un certain nombre de divisions, les cellules finissent par ne plus se reproduire et meurent.

[8] Hamlin JK (2015). The infantile origins of our moral brains In Decety J & Wheatley T (Eds.), *The Moral Brain: A Multidisciplinary Perspective* (pp. 105–122). Cambridge, MA: MIT Press.

[9] Cf. Leçon inaugurale Homo sapiens, une espèce invasive Jean-Jacques Hublin du 13 janvier 2022.

[10] Yoder KJ et Decety J (2018). The Neuroscience of morality and social decision-making, *Psychol Crime Law*. 24(3), 279–295.

[11] Decety J et Cowell JM (2017). Interpersonal harm aversion as a necessary foundation for morality: A developmental neuroscience perspective. *Development and Psychopathology*, 1–12; Krueger F et Hoffman M (2016). The emerging neuroscience of third-party punishment. *Trends in Neurosciences*, 39(8), 499–501.



A wooden ladder leans against a wall with a grid pattern. The background is a warm, golden-brown color. The word "RAISONNER" is written in a white, serif font across the center of the image.

RAISONNER

3 clefs pour prendre la bonne décision

23 septembre 2021  5 min. de lecture

Patrice Georget

La prise de décision est l'une des dix compétences psychosociales répertoriées par l'Organisation mondiale de la Santé (OMS), définie comme la capacité d'un individu à répondre efficacement aux exigences et aux épreuves de la vie quotidienne. Classiquement, les neurosciences distinguent trois étapes dans la prise de décision¹ : la formation des préférences, l'exécution et l'observation de l'action et enfin l'expérience du résultat. Il est possible d'identifier et de contourner quelques pièges de chacune de ces étapes en étant attentif à trois duels psychologiques majeurs.

« Parfois, les décisions intuitives s'avèrent d'une pertinence redoutable »



Patrice Georget
Enseignant-chercheur en psychosociologie à l'École universitaire de Management IAE Caen

1 HEURISTIQUE VS SYSTÉMATIQUE

« La décision que l'on va prendre : vais-je bien faire ? »

Décider consiste à gérer le duel entre les deux vitesses auxquelles valse notre pensée : le fameux système 1 (rapide et de moindre effort, intuitif et heuristique) vs le système 2 (lent et systématique, logique et délibéré)². L'un et l'autre ont leurs avantages (rapidité, facilité, fiabilité, pertinence) et leurs inconvénients (biais, bruit, coût, fatigue), source de nombreux débats scientifiques contemporains. Ce qui est en jeu dans la gestion de ce duel est le processus fondamental d'inhibition³, c'est-à-dire réussir, lorsqu'il le faut, à suspendre le jugement hâtif, les routines prêtes à l'emploi, les heuristiques consensuelles et les pentes naturelles des biais cognitifs, autrement dit savoir ne pas agir.

Il est plus difficile d'inhiber les routines que de libérer le discernement. Cela s'enseigne, s'apprend et s'entraîne : décider avec discernement consiste à bien mesurer et peser le duel entre les deux vitesses de l'esprit qui animent nos choix^{4,5}, sachant que parfois les décisions intuitives s'avèrent d'une pertinence redoutable⁶. ▶

Application

Voici une consigne sur laquelle vous devez prendre une décision : « Jouer au loto de façon à gagner le maximum d'argent ». Prenez une minute pour placer cinq numéros sur une grille de 1 à 49 et réfléchissez au duel qui s'opère en vous, de manière probablement non-consciente. En règle générale nous mobilisons le système 1 pour jouer au loto, en utilisant, par exemple, l'heuristique de disponibilité des numéros fétiches (dates de naissances de nos proches) ou encore le biais de représentation du hasard (qui en substance corréle hasard à dispersion) et nous amène à jouer des nombres disséminés, pour « bien jouer au hasard⁷ » ! Or il se trouve que tout un chacun utilise les mêmes heuristiques et biais, aussi lorsqu'on observe des grilles de joueurs de loto on s'aperçoit d'une part qu'il y a une saturation des choix entre 1 et 31 (les dates de naissances) et d'autre part qu'il y a très peu de séries. Or les gains sont à partager parmi les gagnants. Pour respecter la consigne (optimiser le gain) il faut faire ce que les autres ne font pas : jouer au-dessus de 31, et des séries, car peu le font, et donc en cas de tirage réussi on n'a pas à partager ! On le voit dans cet exemple, « bien jouer » au loto consiste à inhiber la pente naturelle de ses heuristiques et ses biais et donc à faire l'effort de lutter contre soi. Il en va de même pour la majorité de nos prises de décision quotidiennes.

2 PERSÉVÉRANCE VS PERSÉVÉRATION

« La décision que l'on a prise sans en connaître les effets : ai-je bien fait ? »

Plus l'investissement en temps, en énergie ou en moyens (humains, financiers, etc.) aura été important, plus forte sera la volonté de légitimer la décision prise. Mais jusqu'où peut-on persévérer au point de ne plus être objectif, ne plus voir les faits ni entendre les arguments qui manifestement remettent en cause le fait de garder le cap ? S'il est bon et valorisé socialement d'être persévérant, il est important de pouvoir identifier la poursuite quasi-obsessionnelle d'une action contre toute raison objective^{8,9}.

Une fois la décision prise, la logique implacable des « coûts irrécupérables » s'installe, avec son lot de biais cognitifs bien connus mais dont on a du mal à se départir : confirmation d'hypothèse (je cherche les arguments qui confirment ma décision, et uniquement ces arguments), statu quo (s'il n'y a pas de raison de changer, alors pourquoi changer ?), aversion à la perte (changer et risquer de perdre à cause du changement est psychologiquement insupportable).

Difficile de se prémunir de cela seul, puisque bien souvent nous n'avons qu'une faible conscience de nos propres biais cognitifs. D'où la nécessité de contre-mesures qui permettent, en amont, d'éviter ces pièges. Par exemple, en s'assurant que les personnes qui prennent les décisions ne soient pas les mêmes que celles qui évaluent les effets et donc la poursuite ou non de la décision prise. C'est pour ces raisons, par exemple, que les nouveaux présidents qui arrivent au pouvoir peuvent plus aisément arrêter des processus engagés vingt ans auparavant et dont tout un chacun savait pourtant l'inefficacité... ▶

Application

Le dilemme du Monty Hall¹⁰ illustre bien ce piège décisionnel. Vous avez devant vous trois gobelets opaques A, B et C. Sous l'un d'eux on a caché, par exemple, un billet de 50 €, rien sous les deux autres. Vous devez choisir un gobelet avec pour objectif de gagner les 50 €. Vous optez, disons, pour le gobelet A. L'animateur retourne alors l'un des deux gobelets restants, dont il est certain qu'il ne contient pas les 50 €, par exemple B. Puis, on vous propose une nouvelle fois de choisir : maintenir le choix initial (A), ou bien prendre le gobelet qui reste (C). Que faites-vous ? L'écrasante majorité des participants décide de conserver le choix initial (A), estimant qu'il n'y a pas de raison de changer. Or, pour optimiser le gain il faut nécessairement changer car le gobelet qui reste (C) a la même probabilité que celui retourné (B). Il est remarquable de réaliser cette expérience en groupe et de constater d'une part à quel point les arguments des participants reflètent les biais cognitifs précités, et d'autre part à quel point les positions minoritaires divergentes (changer le gobelet) sont occultées du débat par la majorité qui soutient férocement que changer n'a aucune pertinence.



STRATÉGIE
"je garde"

A choisi, A gardé ▶ Perd
B choisi, B gardé ▶ Perd
C choisi, C gardé ▶ Gagne

STRATÉGIE
"je change"

A choisi, change pour C ▶ Gagne
B choisi, change pour C ▶ Gagne
C choisi, change pour A ou B ▶ Perd

3 ENQUÊTEUR OU AVOCAT ?

« La décision dont on mesure les effets : ai-je eu raison ? »

Notre esprit est particulièrement habile à reconstruire les séquences du passé en attribuant des causes internes (compétence, effort) à nos succès et des causes externes (difficulté, environnement) à nos échecs. Le biais rétrospectif est l'ennemi des débriefings et de retours d'expériences fiables puisqu'une fois les effets d'une décision connus, sa fonction consiste à nous donner le sentiment d'avoir toujours su en amont ce qui allait se passer. Il agit comme un contrôle de l'incertitude a posteriori : « *c'était évident, je le savais* ».

D'une certaine manière on devient un avocat qui cherche à disculper ou à inculper les accusés d'une mauvaise décision, ce qui entraîne une recherche des coupables et des responsables qui « *savaient mais n'ont rien dit* ». La crise sanitaire que nous avons traversée a révélé que la chasse aux sorcières se met en place rapidement. Pour éviter ce piège, tant pour soi que pour autrui, il est important de consigner un maximum d'éléments lors de la prise de décisions. Et ainsi permettre a posteriori un véritable travail d'enquêteur, dans le but d'améliorer nos prises de décisions futures, afin d'éviter que l'avocat qui sommeille en nous construise une « *fiction fake news* » dans notre cinéma intérieur¹¹. ■

[1] Philippe Allain (2013). La prise de décision : aspects théoriques, neuro-anatomie et évaluation. *Revue de neuropsychologie*, 5(2), 69–81.

[2] Daniel Kahneman (2012). *Système 1 Système 2. Les deux vitesses de la pensée*. Paris, Flammarion.

[3] Alain Berthoz (2020). *L'inhibition créatrice*. Paris, Odile Jacob.

[4] Shane Frederick (2005). Cognitive reflection and decision making. *Journal of Economic Perspectives*, 19 (4), 25–42.

[5] Olivier Houdé & Grégoire Borst (2018). *Le cerveau et les apprentissages*. Paris, Nathan.

[6] Gerd Gigerenzer (2009). *Le génie de l'intuition*. Paris, Belfond.

[7] Marcus Du Sautoy (2014). *Le mystère des nombres*. Folio Essai.

[8] Barry Staw (1976). « Knee-deep in the big muddy: A study of escalating commitment to a chosen course of action », *Organizational Behavior and Human Performance*, 16 (1), pp. 27–44.

[9] Ansel, D. (2005). Incertitude et escalade d'engagement. Quand coopérer devient risqué. *Les Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 65, 3–12.

[10] Gérald Bronner (2007). *L'empire de l'erreur. Eléments de sociologie cognitive*. Paris, PUF.

[11] Lionel Naccache (2020). *Le cinéma intérieur. Projection privée au cœur de la conscience*. Paris, Odile Jacob.

Peut-on apprendre à être plus rationnel ?

23 juin 2021  6 min. de lecture

El Mahdi El Mhamdi

De toutes les caractéristiques humaines, la rationalité est sans doute celle que nous chérissons le plus, car nous la considérons comme une distinction essentielle entre nous et les autres animaux. Cependant, elle s'accompagne souvent d'un excès de confiance en nous, notre intuition, notre instinct et le bon sens... Autant d'éléments qui vont à l'encontre de la rationalité. En outre, personne ne naît en étant parfaitement rationnel. C'est donc la société, par l'accumulation de connaissances, qui dote les individus de la faculté de penser objectivement. Ainsi, l'avenir de notre capacité à résoudre collectivement des problèmes passera inévitablement par l'augmentation du nombre de citoyens aptes à utiliser des stratégies de réflexion externe comme la logique et la méthode scientifique.

Une première étape possible pourrait consister à corriger l'impression selon laquelle notre ère technologique est trop avancée pour que des profanes participent aux débats. Après tout, l'ère informatique n'a pas été initiée par des ingénieurs essayant d'inventer un gadget, mais plutôt par un groupe de philosophes qui réfléchissaient littéralement à la pensée. C'est la crise fondamentale de la logique à la fin du XIX^e siècle qui a conduit des philosophes et des mathématiciens à questionner le « traitement de l'information ». Ce faisant, ils ont trouvé des failles utiles dans la logique, et posé les bonnes questions auxquelles Kurt Gödel, Alan Turing, Alonzo Church et d'autres allaient répondre, posant ainsi les bases de l'ordinateur portable et du smartphone¹.

Déduction ou induction

Une autre étape utile pourrait être de considérer la logique et la méthode scientifique à travers deux de leurs composantes les plus importantes : la déduction et l'induction. En d'autres termes, la déduction est la logique « descendante », c'est-à-dire la déduction de la conclusion à partir d'un principe général ou d'une loi. ▶



« Il faut savoir que personne ne naît en étant parfaitement rationnel. »



El Mahdi El Mhamdi

Professeur adjoint à l'École polytechnique (IP Paris) et chercheur chez Google

C'est cette logique qui est à l'œuvre lorsqu'on lance une fusée, que l'on guérit une maladie bien connue ou qu'un juge fait appliquer la loi.

Au contraire, l'induction est une logique « ascendante », c'est-à-dire que la déduction des lois se fait à partir d'observations que l'on tente d'expliquer. Il peut s'agir de décrire la gravité, de découvrir le remède à une nouvelle maladie ou de définir un nouveau principe juridique à laquelle la société devra se conformer. Toutes ces activités requièrent un état d'esprit inductif.

La première à être apparue historiquement est la logique déductive, établie par le biais d'algorithmes. Si, aujourd'hui, ce terme est principalement associé à la technologie, il convient de rappeler qu'il est à l'origine dérivé du nom du penseur Al Khwarazimi. Ce dernier cherchait surtout à aider les juristes en rédigeant, étape par étape, des règles qu'ils pouvaient appliquer pour obtenir des résultats similaires². Loin d'être un instrument destiné à rendre le processus décisionnaire obscur, les algorithmes étaient donc à l'origine un outil de transparence. Nous nous sentirions évidemment plus en sécurité si nous savions que nous serons jugés selon une loi bien définie plutôt que selon l'humeur fluctuante d'un autocrate.

Les processus inductifs sont plus complexes que les démarches déductives. Même si des penseurs médiévaux tels que Ibn Al Haytham (Alhazen), Jabir Ibn Hayan (Geber) et, bien sûr, Galilée ont précocement contribué à formaliser la méthode scientifique que nous utilisons aujourd'hui, nous ne disposons toujours pas d'algorithmes inductifs largement utilisés, comme c'est le cas pour la déduction.

Bayes et Laplace³ ont cependant réalisé d'importantes tentatives pour mettre au point des algorithmes inductifs. Ce dernier a même produit un important mais très méconnu *Essai philosophique sur les probabilités*, des décennies après avoir formalisé les lois des probabilités (sous la forme de cours donnés à l'École normale et à l'École polytechnique alors naissantes). En lisant l'essai de Laplace aujourd'hui, on découvre des idées pionnières sur ce qui peut mal tourner avec l'induction – ce que les psychologues cognitifs modernes appellent les « biais cognitifs ».

Le problème de la déduction

Si l'on y regarde de plus près, de nombreux biais cognitifs sont en fait dus à l'utilisation d'une logique déductive dans des situations où la méthode inductive serait plus appropriée. Le plus courant est le « biais de confirmation » : notre cerveau préfère rechercher des faits qui confirment l'hypothèse qu'il a déjà formulée plutôt que de déployer un effort mental pour la réfuter. Il existe également l'autre extrême (moins courant), le « relativisme excessif », qui consiste à refuser toute interprétation causale, même lorsque les données fournissent une explication plus appropriée que ses alternatives.

Pour compenser les faiblesses de l'esprit humain et mieux utiliser l'induction, les scientifiques ont donc conçu des heuristiques : expériences contrôlées, essais randomisés, statistiques modernes... Bayes et Laplace sont même allés encore plus loin, et nous ont donné un algorithme inductif : l'équation de Bayes. Cette équation peut être utilisée pour montrer que la logique du premier ordre – dans laquelle les déclarations sont soit vraies, soit fausses – est un cas particulier des lois de la probabilité, qui laissent une grande place à l'incertitude. Alors que le langage de la déduction consiste principalement à répondre par un « parce que » prédéfini aux questions commençant par « pourquoi », l'induction rigoureuse exige une analyse plus probabiliste qui ajoute un « combien » pour pondérer chaque cause possible. ▶

Le philosophe Daniel Dennett⁴ décrit ainsi certaines de nos plus grandes révolutions scientifiques et philosophiques comme d'« étranges inversions du raisonnement ». Darwin a inversé la logique selon laquelle des êtres complexes (c'est-à-dire les humains) n'avaient pas nécessairement besoin d'un ancêtre plus complexe pour se développer.

Turing a montré que le traitement complexe de l'information ne nécessitait pas que l'agent (c'est-à-dire l'ordinateur) qui l'effectue soit conscient de quelque chose, et qu'il lui suffisait de disposer de simples instructions logiques. J'aimerais faire valoir que ce que Dennett appelle d'« étranges inversions du raisonnement », sont des passages historiques d'un cadre déductif (et quelque peu créationniste) à un cadre inductif. Plus le problème est complexe, moins le « pourquoi » est utile et plus le « combien » est nécessaire.

L'induction comme outil sociétal

Alors que les scientifiques étaient occupés à concevoir la logique et la méthode scientifique au cours des derniers millénaires, la majeure partie de la société a réalisé les limites de l'esprit déductif qui accompagne soit l'autocratie, dans laquelle un monarque établit la règle, soit la théocratie, dans laquelle Dieu – souvent un bouclier commode pour le monarque –, établit la règle. Cela a mené au développement progressif de la démocratie, qui permet l'agrégation des opinions, donc une meilleure induction collective et, en principe, l'établissement de règles plus efficaces. Cependant, la démocratie repose sur l'espoir qu'une fraction significative de la société est bien informée et agit dans son propre intérêt.

Aujourd'hui, ce postulat est plus menacé que jamais. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité, nous produisons des outils de diffusion de l'information qui ont à la fois la puissance de diffusion de la machine de propagande la plus dystopique et les caractéristiques de personnalisation fine du porte-à-porte – pour le meilleur et pour le pire. Les outils numériques dont nous bénéficions aujourd'hui sont pour la plupart le résultat de l'automatisation de la déduction (par la programmation), qui s'est surtout produite au cours du siècle dernier. Alors que nous entrons dans une nouvelle phase d'automatisation, qui est cette fois-ci axée sur les données, il est important de souligner que, au-delà des gadgets et de la technologie, nous essayons d'automatiser l'induction et, ce faisant, de mieux la comprendre et mieux la pratiquer.

Garder cela à l'esprit quand nous concevons nos cours de *data science* ou que nous communiquons au grand public les avancées de l'intelligence artificielle nous permettrait peut-être de contribuer à produire une nouvelle génération de citoyens, qui ne seraient pas seulement capables de construire ou d'utiliser ces outils, mais qui pourraient aussi prendre part au débat sur l'avenir du raisonnement.

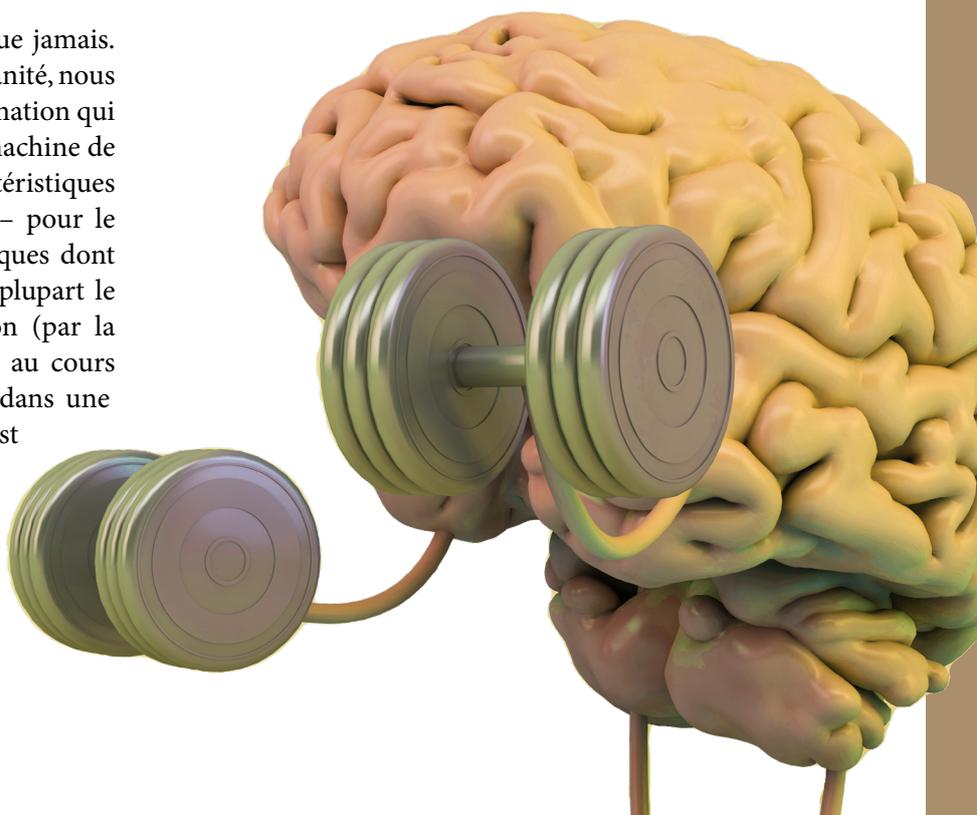
Un débat renforçant l'induction, la déduction, le rapport de notre société à l'information et la prise de décision collective. Un débat ne se laissant pas corrompre par les outils numériques, et ne laissant pas ce que nous chérissons le plus, notre capacité à penser, être automatisée. ■

[1] Il est recommandé de regarder la leçon de Moshe Vardi « D'Aristote à l'iPhone » (donnée à l'Israel Institute for Advanced Studies en 2016, et dont plusieurs versions sont disponibles en ligne).

[2] Il faut également souligner que le livre d'Alkharizmi est écrit en arabe, où le calcul et le jugement sont parfois désignés par le même terme : Hissab. (Le Jour du Jugement, Yawm Al Hissab, dans la tradition coranique, signifie littéralement « le jour du calcul »).

[3] The Equation of Knowledge: From Bayes' Rule to a Unified Philosophy of Science, Lê Nguyễn Hoàng. Chapman and Hall, CRC, 2020.

[4] Dennett a emprunté à Robert MacKenzie Beverley sa critique de « On the origin of species » de Darwin, transformant la critique en une véritable déclaration de soutien





APPRENDRE



Manuel Bächtold
Maître de conférences en
épistémologie et didactique des
sciences à l'Université de Montpellier

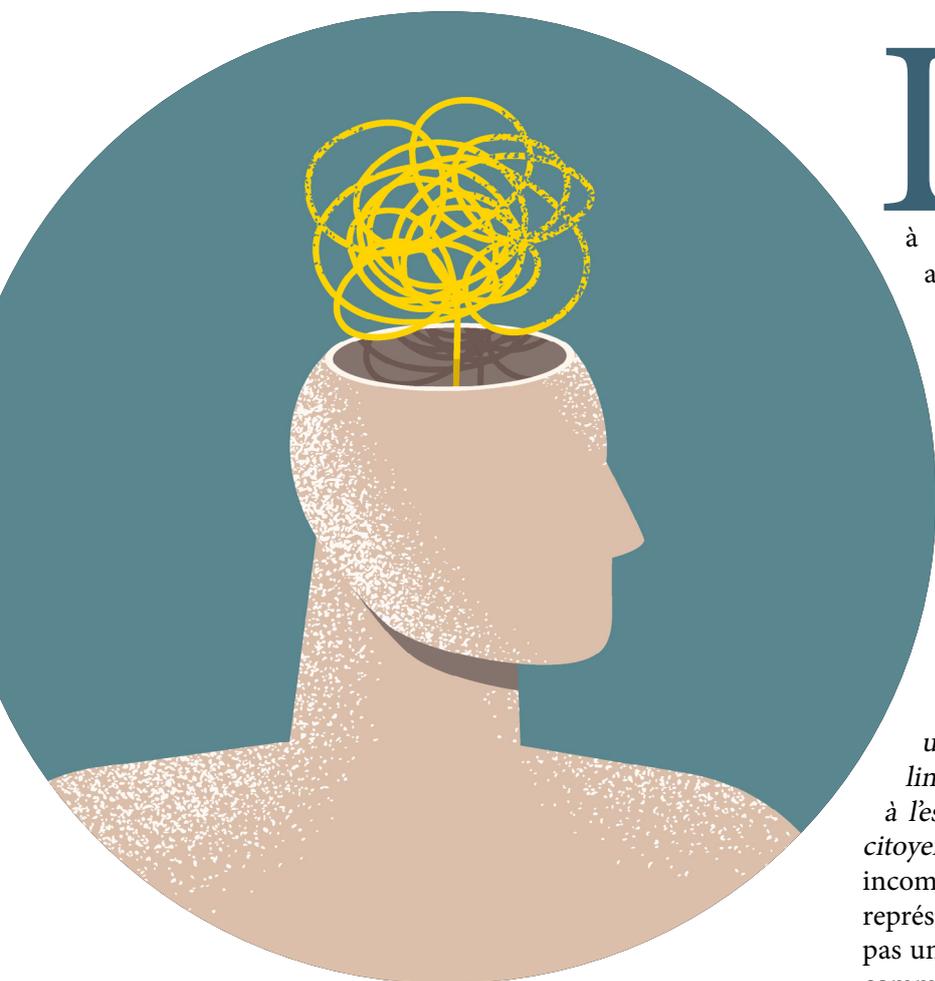


Gwen Pallarès
Maîtresse de conférences en didac-
tique des sciences à l'Université de
Reims Champagne-Ardenne

Comment cultiver son esprit critique ?

06 juillet 2022 👁 6 min. de lecture

avec Manuel Bächtold, Gwen Pallarès,
Céline Schöpfer & Denis Caroti



Depuis une dizaine d'années, l'esprit critique est un sujet qui attire l'attention du corps politique, si bien que le nombre de formations au sein de l'Éducation nationale à destination des enseignants a drastiquement augmenté. Une hypothèse plausible soutenue par Denis Caroti, docteur en philosophie et enseignant-formateur, pour expliquer cet état de fait est la survenue de tragédies comme l'attentat du 13 novembre 2015 au Bataclan. L'esprit critique semble être perçu comme une arme, un outil destiné à lutter contre quelque chose, notamment les théories du complot, les fausses informations ou encore la radicalisation.

Pourtant, comme le précise Gwen Pallarès, maîtresse de conférences en didactique des sciences : « *Percevoir l'esprit critique comme un instrument de lutte contre quelque chose limite considérablement sa portée. L'éducation à l'esprit critique consiste avant tout à former des citoyens émancipés.* » Il semble donc y avoir une incompréhension dans la façon dont nous nous représentons l'esprit critique. L'esprit critique, ce n'est pas une simple capacité qui s'apprend. Du moins, pas comme on apprend à poser une division. ▶



Céline Schöpfer
Doctorante en philosophie à
l'Université de Genève



Denis Caroti
Docteur en philosophie sur la
question de l'esprit critique

La question qui se pose alors est la suivante : qu'est-ce que l'esprit critique et, au-delà de l'apprentissage de compétences, comment peut-on le cultiver ?

Émancipation des citoyens

Du fait de cette simple interrogation, la tâche devient bien plus difficile. Mais il faut bien la surmonter. En effet, comment enseigner quelque chose, si on ne sait même pas ce que c'est ? Dans la littérature, à propos du concept d'esprit critique, il existe trois grands courants : philosophique, psychologique et éducatif. Tous trois ont leurs spécificités. Les philosophes s'intéressent généralement à savoir à quoi ressemblerait le penseur critique idéal. Les psychologues, quant à eux, se tournent vers les processus cognitifs que nous mettons en place pour amorcer une pensée dite critique. Du côté de l'éducation, on se concentre sur des éléments plus pragmatiques tels que des compétences complexes à acquérir comme savoir argumenter et analyser.

« **Faire preuve d'esprit critique nécessite des interactions avec autrui.** »

Néanmoins, ces trois courants ont un objectif commun : « *Les réflexions sur l'esprit critique en philosophie et en psychologie sont généralement tournées vers des objectifs pédagogiques. Il n'y a pas d'un côté les philosophes et les psychologues et de l'autre les pédagogues. Ils œuvrent tous pour un objectif commun à savoir enseigner l'esprit critique* », précise Céline Schöpfer, doctorante en philosophie sur le thème de l'esprit critique et de sa définition à l'université de Genève.

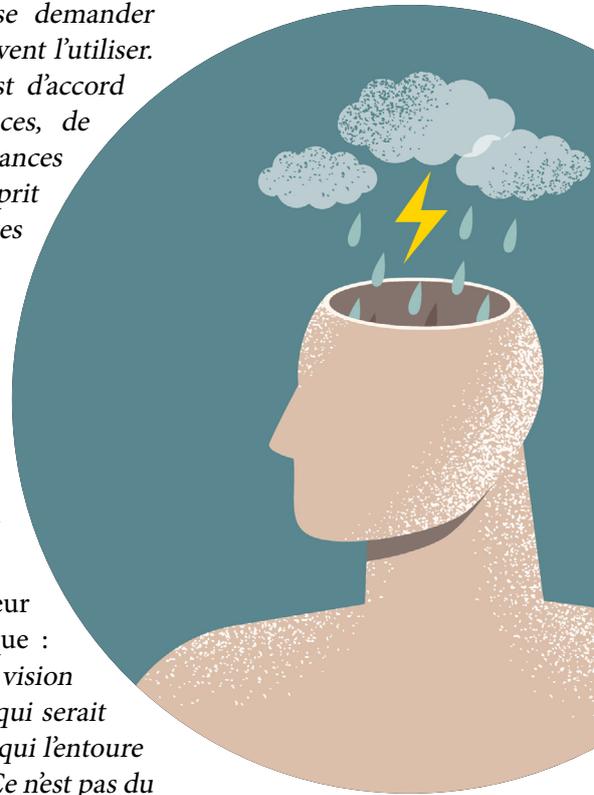
Une définition complexe

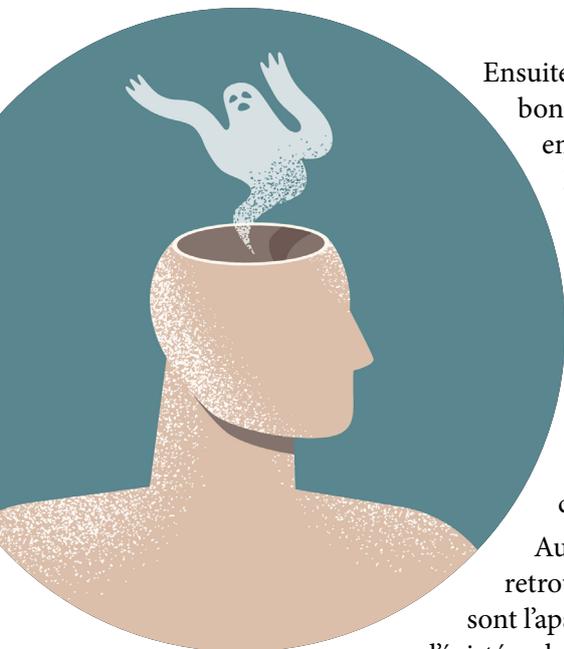
Lorsqu'on veut définir la pensée critique, on se tourne généralement vers le consensus publié en 1989 par Peter Facione et plus de 40 experts sur le sujet¹. Le problème étant que la définition en devient extrêmement longue et perd de son ancrage opérationnel : « *Cette définition est complète et intéressante d'un point de vue philosophique, développe Céline Schöpfer, mais en pratique on peut se demander comment les enseignants peuvent l'utiliser. De plus, si tout le monde est d'accord sur l'existence de compétences, de dispositions et de connaissances nécessaires à l'exercice de l'esprit critique, il n'y a pas de listes précises bien définies.* »

Dans les discours politiques sur le sujet de l'esprit critique, on se concentre généralement sur les compétences et les connaissances. Les dispositions sont peu évoquées, probablement car elles sont difficiles à évaluer.

Pourtant, elles sont l'enjeu majeur de l'éducation à l'esprit critique : « *Nous avons souvent une vision idéaliste du penseur critique qui serait isolé et critique sur le monde qui l'entoure en tout temps et en tout lieu. Ce n'est pas du tout conforme à la réalité. Certains auteurs argumentent pour faire ressortir l'aspect relationnel de l'esprit critique, trop peu évoqué. Faire preuve d'esprit critique est une activité épistémique qui nécessite des interactions avec autrui et qui ne s'enclenche pas automatiquement par le simple fait que nous possédions certaines compétences critiques* » argumente Céline Schöpfer.

Imaginez-vous en présence d'une boîte à outils alors que vous n'êtes absolument pas bricoleur. S'il survient un problème, il faudra déjà l'identifier, ce qui n'est pas une mince affaire. ▶





Ensuite, il faudra utiliser les outils au bon moment et dans le bon contexte en exerçant le bon geste technique.

Dans cette métaphore, les outils sont les compétences critiques. De la même façon que les outils ne vous serviront à rien si vous ne témoignez pas d'intérêt pour le bricolage, les compétences critiques sont absolument inutiles si vous n'êtes pas disposé à les utiliser correctement.

Au sein de ces dispositions, on retrouve les vertus épistémiques qui sont l'apanage d'un champ de recherche : l'épistémologie des vertus. Ce champ part du principe qu'il existe des vertus et des vices épistémiques. Autrement dit, certains traits de caractère sont compris comme étant des qualités (ex. : le courage de se remettre en question) en lien avec la formation de connaissance tandis que d'autres sont compris comme des défauts (ex. : la paresse intellectuelle). L'avantage de cette discipline réside dans le fait que son objet d'étude concerne les personnes, leurs développements, leurs accomplissements. Il est donc similaire au courant éducatif et à l'enseignement de l'esprit critique.

La pédagogie de l'esprit critique

Pour transmettre compétences, dispositions et vertus épistémiques, un élément clé du succès des enseignants est l'approche explicite : « *Étudier l'histoire des sciences ou faire réaliser des expériences aux élèves ne suffit pas. Il faut absolument être explicite sur des points comme la différence entre les mesures obtenues par chaque groupe lors d'une expérience, donner l'occasion aux élèves de problématiser et de discuter pour qu'ils développent une vision plus critique du fonctionnement des sciences et prennent conscience de certains aspects essentiels (par exemple la distinction entre un modèle théorique et les données empiriques sur lesquelles il s'appuie)* », affirme Manuel Bächtold, maître de conférences en sciences de l'éducation, spécialiste des questions relatives à la didactique de la physique à l'université de Montpellier.

Du côté des vertus, l'enseignant doit tout d'abord être un modèle pour les élèves et se servir d'outils pratiques comme des œuvres fictionnelles pour favoriser l'approche explicite : « *Il ne faut pas hésiter à multiplier les références fictionnelles (romans, séries, films, etc.) pour que les élèves puissent s'identifier à des personnages cultes et que les enseignants puissent discuter de la façon dont les personnages réagissent, toujours dans cet objectif de verbalisation et d'explicitation* », souligne Denis Caroti.

Tout cela s'intègre au sein de stratégies qui visent un but commun : favoriser l'intérêt, la motivation, le désir des élèves à devenir de bons penseurs critiques, c'est-à-dire des penseurs critiques visant l'autonomie intellectuelle. Ces différentes approches et stratégies permettent, selon plusieurs études empiriques, de favoriser le développement des croyances épistémiques vers un stade évaluatiste. La finalité étant l'acquisition de meilleures compétences, de dispositions primordiales et la mise en place d'une argumentation de grande qualité. Malheureusement, la question reste de savoir comment concilier ces éducations aux sciences et à l'esprit critique avec le respect des programmes scolaires. Pour Manuel Bächtold, « *Il existe une tension entre couvrir de manière large un éventail important de savoirs et outiller les élèves en matière de compétences argumentatives, méthodologiques, dispositionnelles et critiques par la pratique régulière du débat. Si l'éventail des connaissances à couvrir est trop important, rares seront les enseignants qui vont s'octroyer le luxe d'organiser des débats en classe.* »

À l'aide de tous ces éléments, on comprend plus largement l'intérêt d'une éducation à l'esprit critique notamment concernant les dispositions pour éviter les écueils tels que le raisonnement motivé ou encore l'absence de prise en compte du contexte et du domaine de validité d'un argument ou d'une connaissance. Il ne faudrait pas, comme le soulève Céline Schöpfer, que l'enseignement à l'esprit critique devienne son propre ennemi. ■

Julien Hernandez

[1] https://www.researchgate.net/publication/242279575_Critical_Thinking_A_Statement_of_Expert_Consensus_for_Purposes_of_Educational_Assessment_and_Instruction

Le cerveau d'une IA : de la curiosité à l'autonomie

18 février 2021 4 min. de lecture

avec Pierre-Yves Oudeyer

Comment mesure-t-on l'intelligence d'une intelligence artificielle ?

Ce n'est pas évident, car le terme d'« intelligence artificielle » est utilisé par le grand public pour désigner les objets développés au sein de ce champ de recherche, comme les logiciels équipés de système d'apprentissage. En fait, l'intelligence artificielle n'est pas une chose, mais un domaine de recherche qui essaie de modéliser certaines fonctions de la pensée humaine comme la mémoire, le raisonnement, l'apprentissage ou le langage. Donc on ne peut pas en mesurer l'intelligence.

« On ne peut pas dire qu'un ver de terre est plus bête qu'un humain »

En plus, la notion d'intelligence n'a pas de sens de manière générale. On ne peut pas dire qu'un ver de terre est plus bête qu'un humain. Chaque être vivant a des caractéristiques comportementales, morphologiques qui sont le résultat d'un processus évolutif lié à son environnement.

Les vers de terre arrivent à trouver de la nourriture dans la terre. Et, dans leur écosystème, les êtres humains entretiennent des échanges sociaux, linguistiques ou culturels avec leurs congénères.

Un ver de terre dans notre écosystème ne saurait pas faire grand-chose et un humain ne ferait pas mieux dans la terre. Les objets technologiques sont aussi développés dans un contexte particulier. On ne peut pas dire des systèmes de reconnaissance vocale des smartphones qu'ils sont bêtes parce qu'ils ne comprennent pas le sens des phrases qu'ils transcrivent. Ils n'ont pas été entraînés pour ça, cela ne fait pas partie de leur écosystème.

Ce logiciel retranscrit et apprend. Ne pourrait-il pas aussi comprendre ?

Fondamentalement le sens que nous associons à une phrase est incarné, il est interprété au regard des expériences sensorielles et motrices de notre corps dans son environnement. Si une machine n'a pas accès à un corps pour interagir physiquement avec notre monde, elle n'a aucune chance d'interpréter des phrases comme nous.

En revanche, on peut entraîner les modèles de langage avec de grosses bases de texte. Ils peuvent alors repérer des régularités statistiques et faire des choses étonnantes, comme répondre à une question simple, en prédisant les structures de phrases associées à un contexte. Ces outils sont très utiles dans le monde industriel, pour les interfaces homme-machine, où cette dernière doit interpréter une instruction en fonction du contexte. Pour faire cela, elle n'a pas forcément besoin de comprendre les phrases comme les humains. ▶



Pierre-Yves Oudeyer
 Directeur du laboratoire de recherche
 FLOWERS de l'ENSTA (IP Paris) et
 Inria

« Le cerveau génère du plaisir lorsqu'il explore de nouvelles activités. »

Chez l'humain, une partie de l'apprentissage est poussé par la curiosité. Peut-on implémenter cela dans un logiciel ?

C'est le cœur des travaux de mon équipe de recherche. Nous étudions les mécanismes de la curiosité, ce que les psychologues appellent la « motivation intrinsèque ». Chez les êtres vivants, ils permettent un apprentissage autonome. Nous développons des modèles algorithmiques de la curiosité afin d'éclairer les mécanismes en jeu, comme l'exploration spontanée. Celle-ci joue un rôle fondamental dans le développement sensoriel, cognitif et moteur des humains.

Nous testons ensuite nos théories auprès de volontaires ou de machines. Nous nous sommes ainsi aperçus que pour explorer efficacement un environnement, un robot doit privilégier les espaces où il progresse le plus, c'est-à-dire ceux où la différence entre sa prédiction et la réalité tend à se réduire. Par exemple, il a intérêt à jouer préférentiellement avec un objet avec lequel il progresse au fil de sa manipulation, plutôt qu'avec ceux qu'il maîtrise immédiatement ou au contraire qu'il n'arrive pas du tout à utiliser.

Nous avons montré de manière théorique que cette stratégie est efficace pour des robots. Savoir si les humains utilisent cette mesure de progrès pour guider leur exploration reste une question ouverte.

Cela pourrait-il expliquer que les humains préfèrent les activités où ils ont des facilités à apprendre ?

Oui. Le mécanisme d'exploration en fonction du progrès entraîne un effet boule de neige : au fil de l'exploration d'une activité, initiée par hasard ou à cause de contingences, on développe certains savoir-faire ou connaissances qui faciliteront l'apprentissage d'autres activités du même genre. Cela va nous encourager à aller dans cette direction. Cet aspect est aussi lié au plaisir que le cerveau génère quand il explore des activités nouvelles et qu'il apprend.

Cette hypothèse fondamentale explique une telle diversité dans des trajectoires d'apprentissage des individus. Pour la confirmer, nous avons comparé les comportements de volontaires adultes à ceux prédits par notre modèle numérique.

Ces analyses ont montré que le progrès d'apprentissage et la mesure de performance de chaque tâche sont des mesures utilisées par les humains pour guider leur exploration, mais de manière différente : la combinaison de ces différences et de l'effet boule de neige mentionné plus haut explique ainsi la diversité des parcours d'apprentissage entre individus.

Ce modèle améliore-t-il les machines ?

Nos théories peuvent parfois être intégrées dans des machines pour les rendre plus flexibles. Mais le comportement d'exploration des humains n'est pas forcément le plus optimal. Par exemple, pour les robots destinés à explorer de manière autonome les fonds océaniques ou la planète Mars, on peut préférer d'autres mécaniques de curiosité, ne serait-ce que pour éviter au maximum que la machine ne fasse des choix dangereux. ▶



Ces outils peuvent-ils aider les humains à mieux apprendre ?

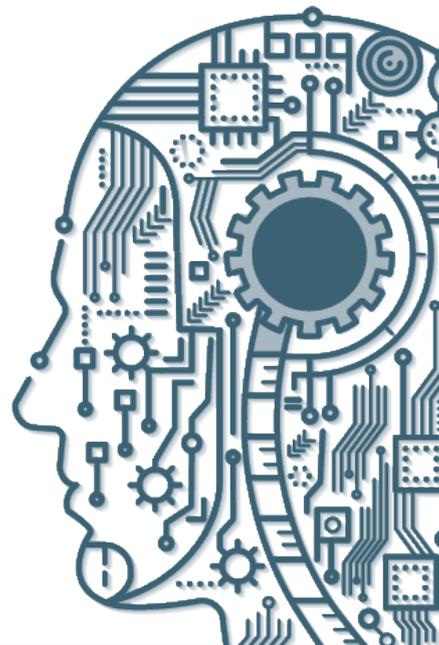
Il y a en effet des applications dans le domaine de l'éducation. Nous avons conçu un logiciel qui personnalise des séquences d'exercices en mathématiques pour des élèves. Il s'agit de proposer à chaque enfant une série qui optimise à la fois son apprentissage et sa motivation. On sait que cette dernière est un facteur d'échec scolaire important. Les dimensions motivationnelles incitent alors à persévérer et à faire des efforts. Grâce à nos modèles de curiosité, nous avons développé des algorithmes qui interagissent avec chaque enfant et proposent des séries d'exercices motivants selon son profil.

Dans un projet précédent, Kidlearn, nous avons montré qu'en moyenne les propositions de notre logiciel faisaient progresser une plus grande diversité d'élèves, y compris ceux avec beaucoup de difficultés ou de facilités, que celles d'un expert en didactique.

Ce gain était associé à un degré de motivation intrinsèque plus élevé. Nous travaillons aujourd'hui avec un consortium d'industriels du domaine des edTech afin de transférer cette approche dans un système numérique éducatif destiné à être utilisé à grande échelle dans les écoles primaires en France (c'est le projet Adaptiv'Maths).

Ma collègue Hélène Sauzéon montre même que ce système facilite l'apprentissage d'enfants souffrant de troubles du développement de type autistique. ■

Propos recueillis par Agnès Vernet



Découvrez tous nos articles sur :

<https://www.polytechnique-insights.com/>