

Éclairage scientifique

La curiosité. Un sentiment qui motive à apprendre

Qu'est-ce que la curiosité ?

« La curiosité est un élément fondamental de notre cognition, mais sa fonction biologique, ses mécanismes et ses fondements neuronaux restent mal compris. » (Kidd & Hayden 2015)

La curiosité peut être considérée comme une forme motivation ou de désir d'information, éveillée par des circonstances différentes et impliquée dans les comportements d'exploration, de résolution de problèmes, d'apprentissage. La curiosité va ainsi provoquer un comportement exploratoire chez l'individu. Il s'agit d'un aspect de la cognition animale qui est à la fois très répandu (on le retrouve aussi bien chez l'homme et les vertébrés que chez les vers comme le *C. elegans*, dont le système nerveux ne compte pas plus de 302 neurones, les crabes, les insectes) et, pour le moment, mystérieux.

Paradoxes de la curiosité

Plusieurs paradoxes hantent la curiosité : sa temporalité, son caractère à la fois urgent et passager, ou encore la variété des circonstances externes ou internes pouvant la déclencher. Souvent, ce qui attire notre intérêt au cours de la journée peut perdre son charme peu de temps après.

À l'inverse, nous pouvons nous intéresser et nous engager durablement dans un domaine qui jusqu'alors nous était indifférent. La curiosité peut être active pendant des heures, des jours, voire des années – ou seulement quelques minutes.

La nature des situations susceptibles de réveiller la curiosité est aussi variée. Est-ce plutôt la nouveauté, la complexité, la surprise ou l'incongruité, qui excitent notre curiosité ?

La curiosité peut être suscitée par quelque chose de surprenant ou de nouveau, un événement externe qui nous met dans un état déplaisant, inconfortable, d'incertitude que nous allons chercher à surmonter.

Mais la curiosité peut aussi surgir par elle-même, comme une envie qui pousse à se mettre en quête de quelque chose de nouveau, à explorer, à chercher à connaître ou à en savoir plus, sans un besoin immédiat... Dans ce cas, elle ressemble plus à un désir et à un intérêt qu'à un besoin, et elle ne semble pas, en tout cas, constituer une réaction à une situation externe ou d'un besoin tel que la recherche immédiate de nourriture ou d'autres ressources. Il est avéré que les êtres humains et d'autres animaux se mettent spontanément à la recherche de nouveauté et d'information. Les êtres humains en particulier créent eux-mêmes les situations qui vont leur donner l'occasion de stimuler leur curiosité, ils voyagent, vont dans des musées des sciences, ou s'engagent dans la recherche scientifique...

La curiosité suscite depuis toujours notre intérêt

Dès l'Antiquité, la curiosité a été considérée avec des perspectives contradictoires, ses ingrédients tour à tour prisés et condamnés par les philosophes et les savants.

Ainsi, pour le philosophe Aristote, l'étonnement pousse l'homme à philosopher et à connaître, sans fin utilitaire, mais Plutarque critiquera la curiosité malsaine qui, amenant à s'occuper des défauts ou des secrets des autres, détourne de l'observation de soi et des questions d'intérêt public et des théologiens comme Augustin d'Hippone et Thomas d'Aquin y verront respectivement un péché et un vice.

Ulysse cédant au chant des sirènes — qui promettent la connaissance de toutes les choses terrestres — représente bien, selon Cicéron - les deux côtés, positif et négatif, de la curiosité.

Tracer une histoire des idées sur la curiosité n'est pas aisé, car ce concept n'a jamais été utilisé de manière univoque, et en a croisé d'autres - comme celui de « émerveillement », ou celui d'« investigation ». Ainsi, entre le XVI^e et le XVIII^e siècle, la curiosité est au centre des cabinets de curiosités (ou des merveilles – Wunderkammer, « chambre des merveilles »), mais elle est aussi au centre de la révolution scientifique, pouvant tour à tour en légitimer les efforts ou les entraver. Pour Francis Bacon, figure emblématique de cette révolution, si la curiosité peut mener vers l'apprentissage et la connaissance, elle peut tout autant être futile, servir seulement à satisfaire un appétit, une passion, plutôt qu'un but utile, ou l'exaltation de la raison humaine.

La curiosité fait aussi historiquement partie de la réflexion sur l'éducation des enfants, afin d'établir la place à lui donner. Dans une lettre de Pantagruel à son fils on peut lire : « *Et quant à la congnoissance des faictz de nature, je veulx que tu te y adonne curieusement : qu'il n'y ait mer, rivière ny fontaine, dont tu ne congnoisse les poissons, tous les oyseaulx de l'air, tous les arbres, arbustes et fructices des foretz, toutes les herbes de la terre, tous les métaulx cachéz au ventre des abysmes, les pierreries de tout Orient et Midy, rien ne te soit inconnu.* »

Plus récemment, dans le Nouveau dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire, l'humaniste et pédagogue Ferdinand Buisson cite Fénelon, pour qui la curiosité est « *le premier instinct qui produit l'instruction* ». Mais il adopte aussi la maxime de Mme de Staël (à son tour d'accord avec Rousseau) : « *C'est l'instruction qui fait naître la curiosité. On est curieux à proportion qu'on est instruit.* »

Recherches sur la curiosité

Au-delà des ambiguïtés dans l'usage commun du terme « curiosité », les études scientifiques ont eu du mal à attribuer à ce terme une signification unique et bien distinguée d'autres concepts et fonctions. Plusieurs définitions et classifications de la curiosité ont donc vu le jour en psychologie, et la curiosité a tour à tour été étudiée en relation avec une variété de comportements, tels la recherche d'informations, l'exploration, le jeu, l'apprentissage avec récompense, la recherche de nouveauté...

Cette diversité de définitions est commune dans le cas de domaines de recherche naissants.

En psychologie, la recherche sur différentes typologies de curiosité

William James

En 1890, le psychologue et philosophe américain William James décrit la curiosité comme un instinct, une impulsion à agir, présent chez les vertébrés, excité par tout objet nouveau et suivi par l'exploration et l'approche de cet objet, servant la survie de l'animal.

La curiosité serait aussi une émotion apparentée à la peur, car, bien que menant dans une direction opposée à celle-ci, elle est excitée par des choses semblables (les émotions étant des instincts, en raison de leur capacité de motiver à l'action). James décrit le comportement du petit veau ou du petit agneau qui s'approche et s'éloigne alternativement de l'objet nouveau qu'il est en train d'explorer ; et celui de l'alligator qui fait la même chose avec l'homme assis au bord de l'eau. Cette curiosité instinctive et ayant une utilité pratique immédiate, suscitée par des classes particulières d'objets, serait distincte de celle manifestée par le philosophe (sous forme de merveille métaphysique) et par le scientifique (sous forme de curiosité scientifique).

Selon William James, enfin, la curiosité scientifique n'a pas de fondement utilitaire, son effet n'est pas d'assurer la survie de l'individu, elle n'est pas le fruit de la sélection naturelle. Elle est excitée par le ressenti de lacunes, d'incohérences dans la connaissance, par des énigmes. Les scientifiques contemporains n'adhèrent plus à cette vision, car il existe des raisons de penser que la curiosité comporte des avantages évolutionnaires et donc a de bonnes chances d'être le résultat de la sélection naturelle.

Daniel Berlyne

Par la suite, d'autres psychologues - et notamment Daniel Berlyne - ont maintenu la distinction entre la curiosité comme pulsion vitale excitée par la nouveauté, et la curiosité en tant que recherche persévérante d'une connaissance qui n'a ni valeur pratique ni urgence.

Daniel Berlyne distinguait notamment entre quatre formes principales de curiosité :

1. La première forme est la curiosité perceptive qui est excitée par la nouveauté et éteinte par l'habitude, la familiarité.
2. La deuxième est la curiosité épistémique, qui consiste en un désir de connaissance.
3. La troisième est la curiosité spécifique qui, excitée par des questions, des énigmes, décroît et s'éteint lorsque celles-ci reçoivent une réponse satisfaisante ; mais elle peut être stimulée par des

situations qui entrent en conflit avec nos attentes. Il s'agit d'une curiosité qui recherche une information particulière.

4. Enfin, la curiosité distrayante fait entreprendre une recherche de stimulations sans but précis, notamment dans une situation d'ennui.

La recherche en psychologie des années 1950-1960 s'est concentrée surtout sur la curiosité perceptive et en étudiant entre autres les animaux non-humains, notamment les rats (James 1913, Loewenstein 1994, Litman 2005).

La curiosité comme trait de personnalité

Une autre distinction qui a reçu beaucoup d'attention, notamment dans les années 1970-1980, est celle existant entre la curiosité comme état passager, dans lequel n'importe qui peut se trouver à un certain moment de sa vie, et la curiosité en tant que trait de personnalité, c'est-à-dire un état permanent même s'il n'est pas toujours actif, et qui serait plus marqué pour certains individus que pour d'autres.

Même au sein d'une même espèce (d'oiseaux dans ce cas) on peut rencontrer des individus au profil plus ou moins curieux.

Des études expérimentales, menées sur les mésanges charbonnières, semblent indiquer qu'une variation affectant un certain gène peut rendre ces oiseaux plus ou moins « curieux » : plus ou moins portés à explorer des objets (des arbres artificiels dans une pièce), et plus ou moins rapides dans l'exploration de nouveautés absolues (un objet en forme de panthère rose posé dans leur cage) (Fidler et al. 2007).

Les scientifiques recherchent aussi les différences interindividuelles de la curiosité, et les éventuelles bases génétiques de cette dernière. La curiosité humaine pourrait en effet être distribuée de manière non uniforme chez différents individus, et elle pourrait aussi avoir des bases génétiques.

Il y a cependant une autre manière de voir les choses : les mécanismes de la curiosité pourraient être basés sur des compétences variées liées à la métacognition, et donc se développer et être entraînés. Il pourrait donc y avoir des prédispositions qui facilitent la curiosité en général chez certaines personnes, mais il est possible qu'une personne apprenne également à être plus curieuse en général.

Les bases neurobiologiques de la curiosité

Les neurobiologistes recherchent eux aussi les bases de la curiosité - par exemple en relation avec le circuit neuronal de la récompense ou du plaisir, impliqué dans les comportements de recherche et d'exploration avec ou sans motivation externe. Cependant, le circuit de la récompense est impliqué dans une variété d'états mentaux, liés à la motivation, à l'apprentissage, au renforcement des comportements.

Des études d'imagerie cérébrale confirment l'activation du circuit de la récompense en relation avec des situations capables de stimuler ou de réduire l'état de curiosité. Le circuit de la récompense s'active pendant la lecture de questions, et notamment de questions que les individus participant à l'étude jugent intéressantes. Dans ce contexte, on se souvient mieux, à distance de temps, des réponses aux questions qui ont suscité plus de curiosité et d'intérêt. Il pourrait donc y avoir une relation positive entre curiosité et mémoire, et donc entre curiosité et apprentissage (pour un aperçu détaillé sur les études neurobiologiques de la curiosité, voir : Kidd & Hayden 2015, Gruber & Ranganath 2019).

La valeur adaptative de la curiosité

Si, dans certains cas, le goût pour la nouveauté comporte une prise de risque, elle peut également représenter un avantage, notamment dans la situation d'environnements changeants et variables.

Ce goût peut donc avoir été sélectionné, chez différentes espèces animales, pour sa valeur adaptative.

L'évolution de la curiosité (curiosité désintéressée, recherche d'informations per se, de l'apprentissage pour l'apprentissage), est donc plausible d'un point de vue évolutif. Les êtres humains ont probablement évolué dans un environnement naturel et social soumis à des changements rapides, un environnement dans lequel on ne peut pas savoir quelles informations, quelles capacités, quelles compétences pourront se révéler utiles. Dans ces conditions, posséder une motivation pour chercher des informations et pour apprendre peut représenter un avantage en termes adaptatifs.

Si ceci est difficile à démontrer pour le passé, on peut cependant simuler les effets de la curiosité désintéressée sur l'adaptabilité d'agents artificiels (simulations numériques ou robotiques). Ces simulations permettent d'observer ce qui se passe lorsqu'on dote un agent de la motivation à explorer et à apprendre, sans que cet apprentissage soit restreint à un domaine précis.

On remarque alors que la curiosité désintéressée peut représenter un avantage pour l'agent qui la possède, mais pas dans toutes les situations. Elle peut en effet rapidement devenir « futile » et pousser l'agent à mener des explorations inutiles. Pour éviter cet effet de dispersion, il est nécessaire que l'agent sache estimer ses apprentissages, et tout spécialement le gain d'apprentissage obtenu grâce à certaines actions d'exploration, par rapport à d'autres (Gottlieb et al. 2013).

La curiosité reposerait donc sur des compétences métacognitives telles que : savoir estimer l'incertitude liée à une situation (ce que je ne sais pas), savoir produire des hypothèses ou suppositions sur cet inconnu, savoir chercher de nouvelles informations pour réduire l'incertitude, et enfin savoir évaluer la valeur de la nouvelle information (sa capacité à réduire l'incertitude, à améliorer notre compréhension de la situation, à produire un nouvel apprentissage). Il semble possible d'entraîner ces composantes métacognitives de la curiosité (Abdelghani et al. 2023).

Les autres animaux sont-ils curieux ?

Une fois accepté que la curiosité a certains avantages du point de vue adaptatif, notamment car elle pousse à explorer son environnement et que cette exploration peut tôt ou tard se révéler utile par exemple pour trouver de nouvelles sources alimentaires, il est très raisonnable de supposer que les autres animaux soient dotés d'une curiosité épistémique semblable à la nôtre et à celle du scientifique.

Mais plus on parvient à observer les animaux dans leur environnement écologique, plus on peut comprendre dans quelle mesure la curiosité en tant qu'exploration sans un but précis est un comportement privilégié.

En effet la curiosité a des coûts et donc le fait de suivre un instinct qui amène à explorer sans un but précis doit être gagnant pour l'animal et donc par rapport à l'environnement de vie de celui-ci, à sa niche écologique. Ainsi, la curiosité sera favorisée chez des animaux « généralistes » qui n'ont pas une niche écologique très spécifique, mais peuvent en occuper plusieurs, car la curiosité va leur permettre de trouver des ressources qu'ils n'auraient pas trouvés autrement. Une autre contrainte sur la curiosité est celle représentée par les autres capacités cognitives dont un animal est doté. Par exemple, un animal qui est capable de stocker en mémoire des informations sur les lieux apprendra grâce à ses explorations

curieuses où se trouvent certaines ressources. Un animal social pourra prêter attention et donc apprendre en étant curieux du comportement d'autrui. C'est aussi le cas des humains (Byrne 2013) !

La curiosité : une capacité métacognitive ?

Tout comme (Abdelghani et al. 2023, Gottlieb et al. 2013), (Goupil & Proust 2022) proposent de considérer la curiosité comme une composante de la métacognition, entendue, au sens large, comme la capacité à évaluer la pertinence de ses propres états mentaux et la réussite de ses efforts d'apprentissage, dans le but de réguler ses activités cognitives et ses comportements futurs.

En effet, la métacognition ne se réduit pas à ses aspects conceptuels et les enfants très jeunes et plusieurs espèces animales font preuve de sentiments métacognitifs qui guident leurs actions sans pour cela devenir explicites voire verbalisés (Goupil & Kouider 2019).

Par exemple, jeunes enfants et autres animaux ont le sentiment de ne pas savoir et ceci les pousse à chercher de l'aide à l'extérieur, ou à chercher de nouvelles informations - ce qu'on peut attribuer à la curiosité. Selon cette définition, la curiosité équivaut donc à un sentiment métacognitif qui amène à se mettre en situation d'exploration, en réponse à un autre sentiment métacognitif - celui d'avoir besoin de plus d'informations - et d'une considération - concernant le fait qu'explorer amènera à gagner plus d'informations.

Quel est le rôle de la curiosité dans l'apprentissage ?

La curiosité a un rôle important dans le développement de l'enfant et dans la capacité à apprendre (Jirout & Klahr 2012, Kidd & Hayden 2015) et elle est positivement associée à la réussite scolaire (Shah et al. 2018, von Stumm et al. 2011). Ainsi par exemple, des expériences en neuropsychologie cognitive ont montré qu'éveiller des états de curiosité a un effet positif sur la mémorisation.

Dans une expérience, Kang et al. (2009) ont mesuré le niveau subjectif de curiosité des participants par rapport à des faits divers. Ils ont pu montrer que la curiosité augmente lorsque les participants ont des éléments de connaissance pour répondre aux questions qui leur sont posées, mais manquent de confiance et de certitude à leur égard. Les scientifiques ont aussi mesuré l'activation cérébrale et montré que les états subjectifs de curiosité entretiennent une relation positive avec l'apprentissage - notamment avec l'activation de régions cérébrales impliquées dans la mémoire.

Jepma et al. (2012) ont montré à des sujets des photos floues au contenu ambigu pour piquer la curiosité ; ils ont observé que ceci active le cortex cingulaire antérieur et l'insula antérieure - des régions sensibles aux conditions aversives (mais aussi à bien d'autres choses) ; la résolution de la curiosité a activé les circuits de récompense. Selon l'interprétation donnée, la résolution de la curiosité active donc les structures d'apprentissage et favorise l'apprentissage.

Gruber et collègues (2014) ont mesuré l'activité cérébrale pendant que les sujets répondaient à des questions et évaluaient leur curiosité pour chaque question. On leur montrait également des photographies intercalées de visages neutres et inconnus qui servaient de sonde pour l'apprentissage. Lors d'un test ultérieur, les sujets se sont mieux souvenus des visages montrés lors des essais à forte curiosité que des visages montrés lors des essais à faible curiosité. Ainsi, l'état de curiosité a permis un meilleur apprentissage, même pour les choses pour lesquelles les gens n'étaient pas curieux. La curiosité a entraîné une activité dans le mésencéphale (ce qui implique les régions dopaminergiques) et le *nucleus accumbens* ; la mémoire était corrélée à l'activité du mésencéphale et de l'hippocampe (des mécanismes impliqués également dans les récompenses à motivation extrinsèque).

Néanmoins, et de façon préoccupante, d'autres études suggèrent que la curiosité ne trouve pas sa meilleure expression en milieu scolaire car les enfants posent moins de questions en classe que dans des environnements extra-scolaires (Coie 1974, Engelhard & Monsas 1988, Engel 2015, Post & Walma van der Moren 2018).

Pour le moment, peu d'études ont porté sur la curiosité en milieu scolaire, et notamment sur la capacité à mesurer et à stimuler la curiosité dans le cadre des activités de classe, mais ce domaine de recherche est en développement (Abdelghani et al. 2022, Abdelghani et al. 2023, Abdelghani et al. 2024).

Curiosité, différentiel de connaissances et motivation à apprendre et à explorer

L'approche psychologique plus diffusée aujourd'hui (notamment dans le domaine de l'éducation) est celle basée sur le concept de « différentiel de connaissance » (« *knowledge gap* »), et proposée par le psychologue américain George Loewenstein (1994).

Selon la théorie du « différentiel de connaissance », la curiosité épistémique surgit de l'observation qu'il y a quelque chose qu'on ne sait pas, ce qui provoque le fait de vouloir savoir.

La perception de cet écart entre ce que l'on sait et ce que l'on constate ne pas savoir s'associe à une sensation négative de privation et d'inconfort. Le sujet développe alors une motivation à se mettre en quête d'informations pour combler l'écart. Remplir le « différentiel de connaissance » produit du plaisir, et fait en sorte que, par la suite, on se mette spontanément à la recherche de situations qui pourront susciter un différentiel et produire de nouveau du plaisir.

Ce qui pourrait expliquer pourquoi, dans certains cas, la curiosité « nous tombe dessus » en raison de la perception, plus ou moins consciente, d'un conflit, ambiguïté ou lacune de connaissance ; alors que dans d'autres cas, nous nous mettons volontairement dans la situation où ces conditions vont se produire. Dans cette même approche, la curiosité est considérée comme intrinsèque, non motivée par des raisons stratégiques (comme la recherche de nourriture).

Quelles conséquences pratiques de la théorie du différentiel de connaissances ?

L'idée que la curiosité dépend de la perception d'un « différentiel de connaissance » a des implications pratiques et contre-intuitives.

- Premièrement, si la curiosité dépend de l'existence d'un tel différentiel alors être totalement ignorant n'aide pas à être curieux, au contraire : pour être curieux il faut déjà posséder des connaissances. Pourquoi ? Parce que plus on en connaît d'un domaine, plus il est facile de remarquer si des connaissances manquent et lesquelles. En quelque sorte (et comme cela arrive dans le cas de la perception), les connaissances manquantes font « pop » et attirent notre attention comme un carré rouge sur un tableau blanc. Ainsi, si on connaît les capitales de 47 des 50 États qui composent les États-Unis, on dira : « Il me manque 3 capitales sur 50 ». Et si on en connaît trois, on dira : « Je connais 3 capitales sur 50. » Dans le premier cas, les connaissances manquantes attirent l'attention, pas dans le deuxième.
-
- Dans le cadre de la théorie du différentiel de connaissances proposée par Loewenstein, la motivation augmente à mesure que l'on approche de son objectif. Dans l'exemple des capitales, remplir son manque d'informations paraît un but plus facile à réaliser lorsqu'on connaît 47 capitales que lorsqu'on en connaît trois. Un individu sera d'autant plus curieux s'il pense pouvoir remédier à son manque de connaissance. Cette hypothèse concorde avec l'idée que la curiosité repose sur des capacités métacognitives, et notamment sur la capacité à estimer ses chances de progrès en termes d'apprentissage.
-
- Une implication ultérieure de la théorie, et de l'idée que la curiosité repose sur des bases métacognitives, est que le manque d'informations doit être clairement perceptible par l'individu

pour que celui-ci puisse s'en inquiéter, et que l'impossibilité d'apprécier son ignorance est une barrière à la curiosité. Pour cette raison, ce qui permet de mettre en lumière l'existence d'un manque de connaissances pourrait jouer un rôle positif dans la stimulation de la curiosité. Cela pourrait être le cas de certaines formes d'évaluation ou d'auto-évaluation sans implications de notation.

En résumé, la théorie du différentiel de connaissance implique que la curiosité nécessite des connaissances préalables, qu'il est nécessaire de rendre les apprenants conscients qu'il leur manque des connaissances et que ce manque peut être comblé.

Les prévisions de la théorie du différentiel de connaissances ont été peu testées, mais les expériences qui ont été conduites jusqu'ici ont donné des résultats positifs.

Dans une expérience, Lowenstein et collègues ont demandé à deux groupes d'indiquer quels sont les États au nord, au sud et à l'ouest des États Unis. Les participants du premier groupe reçoivent, après avoir répondu, une information qui corrige ou confirme leurs réponses. Le deuxième groupe ne reçoit aucun retour. On constate que les participants qui ont donné une réponse (juste ou fausse) et qui ont reçu un retour d'information sont plus curieux de chercher de nouvelles informations (quel est l'État le plus à l'est des États-Unis) que les autres (Loewenstein 1994).

Une complexité optimale

L'idée que l'enfant recherche un niveau optimal ou intermédiaire d'incertitude est cohérent avec un ensemble de théories qui cherchent à rendre compte du fait que dans leur exploration du monde, et dans leur construction des premières connaissances, les enfants vont rencontrer à la fois des stimuli familiers et nouveaux.

Ces théories soutiennent que les enfants préféreront le stimuli présentant une complexité optimale : ni trop nouveau ni identiques à ce qu'ils connaissent déjà, ni trop simples à traiter (vu le manque de nouveauté) ni trop complexes (voir Kinney & Kagan 1976, Dember & Earl 1957, Berlyne 1960), mais d'un niveau intermédiaire de complexité.

Des résultats récents de la recherche *"suggèrent que les nourrissons décident implicitement de diriger leur attention afin de maintenir des taux intermédiaires d'absorption d'informations. Cette stratégie attentionnelle les empêche probablement de gaspiller leurs ressources cognitives sur des événements trop prévisibles ou trop complexes, ce qui les aide à maximiser leur potentiel d'apprentissage."* (Kidd & Hayden 2015)

Les bébés orientent en effet leur attention sur les objets qui les entourent en raison de la familiarité et de la richesse informationnelle de ces derniers : ils ont tendance à observer plus des objets qui sont moins familiers et qui sont dans un entre deux au niveau de la facilité d'élaborer les informations les concernant (pas trop faciles, pas trop difficiles non plus) (voir Goupil & Proust 2022 mais aussi Kidd et al. 2012 pour une revue de la littérature).

Ces études ouvrent plusieurs pistes à la réflexion pédagogique : d'un côté, pour le développement d'instruments de mesure qui permettent d'évaluer avec plus de précision l'impact des actions éducatives, notamment sur la curiosité ; de l'autre, pour le développement d'actions éducatives, en sciences mais pas seulement, potentiellement efficaces pour susciter et éventuellement accroître la curiosité, comme l'introduction d'incertitude.

Mais pour cela, il est aussi important de mieux comprendre ce qui éveille, stimule et maintient la curiosité des enfants. En effet, il ne suffit pas de dire que les enfants ont besoin d'un niveau intermédiaire ou optimal d'incertitude pour que leur curiosité soit déclenchée, car il faut arriver à identifier plus précisément les actions à mettre en place pour atteindre ce niveau.

Des mesures pour évaluer le degré optimal d'incertitude

En s'inspirant de la théorie du différentiel de connaissance, un groupe de chercheurs a développé des dispositifs qui permettent d'évaluer la curiosité des enfants d'âge préscolaire et scolaire, ainsi que son évolution (Jirout & Klahr 2012). La curiosité est opérationnalisée dans ce dispositif en relation avec le choix d'exploration que les enfants font quand ils sont confrontés avec des options qui fournissent plus ou moins d'informations. Les enfants sont considérés plus curieux lorsqu'ils font le choix d'explorer dans des situations avec plus grande incertitude (moins d'informations fournies). De façon générale, le dispositif met en évidence le fait que les enfants d'âge préscolaire et scolaire préfèrent des situations intermédiaires d'incertitude (comparées à des situations d'incertitude et de certitude absolues), mais aussi qu'ils présentent des différences interindividuelles en termes de curiosité.

Voici comment est structuré le dispositif de la curiosité développé par Jamie Jirout et David Klahr (Jirout & Klahr 2011, 2012) : les enfants observent des images, par exemple des maisons, et pour chaque maison ils reçoivent une certaine quantité d'informations : ils savent ce qu'ils vont trouver dans la première, car ils peuvent le voir en regardant à travers la fenêtre ; ils savent quel genre d'objets ils peuvent trouver dans la deuxième, car une liste d'objets possibles est affichée sur la porte ; mais ils n'ont aucune idée de ce qu'ils pourront trouver en ouvrant la porte de la troisième. Ils doivent décider laquelle des trois portes ils préfèrent ouvrir. Les enfants entre 4 et 6 ans privilégient la situation intermédiaire, celle où certaines informations sont fournies mais pas toutes.

Une variante du dispositif permet une mesure plus fine du niveau de curiosité, défini, de manière opérationnelle, comme le seuil minimal d'incertitude qui amène l'enfant à explorer son environnement pour en extraire de nouvelles informations, et réduire ainsi l'incertitude. L'action d'exploration se déroule à l'ordinateur, ce qui permet d'enregistrer les réponses et de personnaliser l'outil pour chaque enfant. Le contexte de l'exploration est celui d'un sous-marin avec différents hublots fermés. Pour chaque hublot, l'enfant a la possibilité de découvrir un poisson parmi ceux qui se cachent derrière les hublots. Dans la situation de certitude, l'enfant sait que le poisson qu'il verra en ouvrant le hublot est celui qui est dessiné dans la barre latérale. Dans la situation d'incertitude absolue, aucun poisson n'est dessiné. Dans les situations intermédiaires, l'enfant sait que le poisson derrière le hublot est un parmi plusieurs (2 à 6) possibilités. L'enfant opère des choix successifs que l'ordinateur prend en compte pour lui proposer un nouveau choix. Progressivement, l'enfant est amené à choisir entre des situations d'incertitude de plus en plus semblables. Le degré d'incertitude étant variable et ajusté à l'enfant, on peut identifier lequel est plus susceptible de l'intéresser. Il est ainsi possible de dessiner un profil de curiosité pour chaque enfant et d'évaluer comment il évolue dans le temps avec l'apprentissage et l'éducation.

L'utilisation de ce dispositif avec des enfants d'âge préscolaire et scolaire n'a pas montré de rapport entre niveau de curiosité et âge. En revanche, le niveau de curiosité a pu être mis en relation (positive) avec la motivation, la persévérance, l'attitude envers l'apprentissage. Les enfants identifiés par le dispositif comme étant les plus curieux montrent aussi une tendance à poser plus de questions sur des arguments scientifiques ainsi qu'une meilleure capacité à distinguer les questions qui peuvent les aider à résoudre un problème et les questions inutiles (voir aussi Gordon et al. 2015, Van Schijndel et al. 2018).

Des interventions pour augmenter la curiosité

Deux conditions pour stimuler la curiosité dans la classe

Jirout et al. (2022) font l'hypothèse que promouvoir continuellement la curiosité pendant l'enseignement, de manière positive, pourrait aider les élèves à « oser » être plus curieux, au sens de préférer des situations avec un plus grand degré d'incertitude. L'objectif n'est donc pas celui de multiplier les situations dans lesquelles les enfants se lancent dans des explorations, mais plutôt celui de rendre plus attrayantes des situations de grande incertitude et de donner à l'élève l'envie d'explorer celles-ci plutôt que d'autres, plus certaines.

(Jirout et al. 2018, Jirout et al. 2022) ont proposé un dispositif éducatif appelé "The curiosity in Classroom framework (CiC).

« Le cadre CiC suggère deux façons dont l'enseignement peut promouvoir la curiosité : (1) en aidant les élèves à reconnaître l'incertitude et à s'y sentir plus à l'aise (initier ou susciter la curiosité), et (2) en aidant les enfants à apprendre à rechercher des informations pour résoudre leur curiosité (promouvoir un comportement curieux, c'est-à-dire l'exploration et la recherche d'informations). Le cadre CiC illustre la manière dont le langage pédagogique utilisé par les enseignants pour présenter le contenu et les activités d'apprentissage peut promouvoir ou supprimer la curiosité. » (Jirout et al. 2022). Ainsi, l'enseignant favorise les sentiments de curiosité, les comportements exploratoires, en

- laissant aux élèves l'opportunité de poser des questions, de penser,
- donnant l'exemple de réactions positives à l'incertitude,
- proposant des manières de générer de nouvelles questions,
- faisant des liens entre ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas,
- encourageant les idées alternatives,
- donnant l'opportunité aux élèves d'explorer,
- donnant un appui et un aide à la recherche d'informations,
- ayant une attitude positive envers les questions des élèves.

L'enseignant évite d'associer un sentiment négatif à l'incertitude et de décourager l'exploration. Des descriptions détaillées des modalités verbales et non verbales d'incarner le CiC sont fournies dans l'article (Jirout et al. 2022). Cependant, cette recherche se trouve encore à un état initial et elle n'a pas fait l'objet d'une évaluation permettant de montrer l'éventuel impact de ce genre de stratégies sur la curiosité des élèves, et la manière optimale d'administrer ce type d'intervention.

La juste attitude des adultes

Un facteur qui peut influencer la curiosité des enfants est l'attitude des adultes qui les entourent, et notamment le fait que ces derniers assument ou non une attitude « pédagogique ». Par attitude pédagogique, on entend ici l'attitude de quelqu'un qui peut et veut transmettre des connaissances à l'enfant. Les enfants sont sensibles à cette attitude et ils savent la distinguer de celle d'un adulte qui ne leur communiquerait qu'une information incomplète. Ils sont aussi sensibles à la compétence de l'adulte, et tendent à supposer que si un adulte compétent leur enseigne comment utiliser un jouet, alors il n'y a rien d'autre à découvrir. L'attitude pédagogique des adultes peut alors réduire la curiosité des enfants et leur envie d'explorer et de découvrir par eux-mêmes.

Des chercheurs ont testé les réactions d'enfants, d'un âge moyen de 4 ans, à différentes situations pédagogiques. Dans la première situation, un adulte explique le fonctionnement d'un objet. Dans la deuxième situation, l'adulte propose à l'enfant de lui expliquer le fonctionnement de l'objet, il commence à le faire, mais il est obligé de partir avant d'avoir terminé son explication. Dans la troisième situation, l'adulte dit à l'enfant qu'il ne sait pas comment faire fonctionner un objet, et se met à le trafiquer. Que font les enfants dans ces trois cas, une fois qu'ils sont laissés seuls avec l'objet ? Les résultats indiquent que les enfants de la première situation explorent moins longtemps l'objet, que la variété des actions d'exploration qu'ils mettent en place est moindre, et que la découverte des fonctionnalités de l'objet est plus limitée par rapport aux enfants des deux autres groupes. (Schulz et al. 2007)

Il semble donc possible d'influencer la curiosité des enfants d'âge scolaire, en adoptant une attitude qui laisse les enfants découvrir par eux-mêmes mais après avoir rendu intéressants, par des explications partielles, les objets qu'ils ont à leur disposition.

Trouver du plaisir dans la réussite

Un modèle ultérieur de la curiosité suggère que l'exploration dictée par curiosité est maintenue par des heuristiques à la fois évaluatives et prédictives qui définissent une sorte de niche de progression (Oudeyer & Smith 2016). En accord avec la théorie du différentiel de connaissances, ce modèle représente la curiosité comme un mécanisme de motivation épistémique qui pousse un organisme à explorer des activités dans le but premier d'obtenir des informations (par opposition à la recherche d'informations dans le but d'atteindre un objectif externe comme trouver de la nourriture ou un abri). Ce comportement amène progressivement à réduire les incertitudes et à améliorer le contrôle sur l'environnement.

C'est alors ce progrès dans l'apprentissage qui, puisqu'il cause plaisir et récompense, maintient la curiosité. L'exploration serait donc *engagée* si le sujet identifie un manque d'information ou de connaissances, et *maintenue* si ce manque de connaissances semble pouvoir être comblé (si l'individu mesure concrètement du progrès, quel que soit le niveau de l'erreur) et si les explorations amènent un bénéfice en termes de progression dans les connaissances.

Deux facteurs cognitifs clés de la curiosité sont donc :

- la capacité de reconnaître un manque de connaissance (la prise de conscience de *knowledge gaps*. Cette capacité d'ordre métacognitif peut être entravée par l'illusion de connaissance, ou tendance à surestimer son niveau de connaissance et donc à ne pas prendre

conscience des informations ou connaissances qui manquent encore et qui sont à acquérir. Elle peut également être entravée par une attitude négative envers l'incertitude ;

- l'expérience positive du bénéfice obtenu par l'exploration qui amène à gagner de nouvelles connaissances. Si l'exploration n'amène pas de bénéfices, celle-ci est cessée.

Ce modèle invite à réfléchir sur l'importance :

- d'accompagner les enfants à reconnaître leur manque de connaissances,
- de proposer des situations d'exploration où les enfants ont de bonnes chances de trouver des réponses à leurs questions,
- de leur donner la possibilité de mesurer leur progression grâce à l'exploration, afin de gagner une récompense motivante qui aide maintenir active leur curiosité et attitude exploratrice (Luciw et al. 2013, Ten et al. 2016 et Oudeyer et al. 2016).

Récemment, des recherches ont expérimenté le recours à des agents artificiels sociaux en tant que « modèles » de curiosité, et testé l'hypothèse qu'ils pourraient susciter par émulation des comportements curieux chez les enfants (Ceha et al. 2019).

Un robot social a ainsi été programmé pour poser des questions et réfléchir à voix haute sur les thèmes d'un cours de sciences, afin de vérifier si les enfants sont tentés de l'imiter (Ceha et al. 2019). Les élèves ont réagi en adoptant ces mêmes stratégies.

Abdelghani et al. (2023a) ont utilisé des agents conversationnels virtuels pour permettre aux élèves (classes de CM1) de prendre conscience de leur *knowledge gap* et de formuler des « questions curieuses », en les assistant avec des aides linguistiques et sémantiques. L'autoréflexion sur ses propres connaissances et compétences, encouragée et guidée par les agents, a donné des résultats encourageants sur le petit échantillon examiné : plus les élèves sont poussés à l'autoréflexion, plus ils posent des questions curieuses, plus ils explorent différentes informations et progressent.

Abdelghani et al. (2023b) ont également testé la possibilité de se servir d'IA génératives pour produire de façon plus efficiente les aides linguistiques qui amènent les élèves à poser des questions appropriées et curieuses.

Des indications pour créer des environnements d'apprentissage favorables à la curiosité

Les connaissances actuelles justifient l'hypothèse que certains environnements d'apprentissage sont plus, d'autres moins, favorables à la curiosité (Jirout 2020). Les conditions suivantes pourraient agir au détriment de la curiosité :

- des environnements où la connaissance est systématiquement donnée par l'enseignant, sans donner aucune place à l'incertitude et à l'envie d'en savoir plus de la part des élèves ;

- des environnements où la motivation extrinsèque (notes) est privilégiée et où le plaisir de gagner une nouvelle connaissance n'est pas suscité ;
- l'exploration dépourvue de toute connaissance préalable, d'assistance, de guidage permettant de structurer l'exploration et d'augmenter ses chances de succès ;
- des environnement où l'enfant se sent peu sûr de lui, jugé et n'ose donc se tromper.

Les conditions suivantes pourraient agir en faveur de la curiosité :

- faire de la place pour le questionnement des élèves, à la fois en posant des questions, pour que les s'efforcent à trouver la réponse, et en encourageant le fait de poser des questions ;
- mettre en place de modalités d'évaluation qui permettent à l'élève de bien identifier ce qu'il connaît et ce qu'il ne connaît pas encore ;
-
- fournir des connaissances qui permettent à l'enfant de partir d'une base afin de se poser des questions ;
-
- mettre l'enfant en condition de faire des erreurs, de priser l'exploration plus que le résultat, en fournissant aussi des modèles (l'enseignant ou l'adulte qui ne sait pas, qui doit faire une recherche pour savoir) ;
-
- mettre l'enfant en condition de réussir, et d'en avoir le sentiment avant de s'engager dans l'action exploratoire, grâce à une structuration appropriée de la situation d'exploration ;
-
- mettre en condition l'enfant d'évaluer sa progression.

Quel est le rôle de la curiosité pour la pensée scientifique ?

La psychologue Jamie Jirout a proposé trois rôles pour la curiosité dans le développement de ce type de pensée :

- motiver un comportement de recherche d'informations, et plus en général donner une motivation à apprendre, une motivation qui contraste l'ennui, voire une motivation pour s'intéresser dans le futur à la science ;
- conduire à des questions qui permettent de focaliser l'intérêt de l'enfant sur un sujet en particulier et qui donc le rendent plus efficace pour apprendre sur ce sujet ;
- permettre de réactiver et utiliser connaissances antérieures liées à la nouvelle question et de cette manière favoriser un apprentissage plus approfondi.

Une étude longitudinale qui a suivi 118 enfants de la naissance à l'âge adulte suggère qu'il existe une corrélation positive entre curiosité scientifique à l'enfance et motivation et réussite en sciences, et de ces dernières avec l'intérêt à poursuivre sur des carrières scientifiques, les capacités et la motivation pour la science en fin de lycée (traités comme une variable unique) (Gottfried et al. 2016).

Les enquêteurs ont mesuré :

- la stimulation de la curiosité, l'exposition à des expériences nouvelles, l'invitation à poser des questions, fréquentation de lieux de science avant l'âge de 8 ans,
- la motivation intrinsèque pour la science apprise à l'école mesurée à 9, 10 et 13 ans (une période de la vie considérée comme étant centrale pour le choix des métiers de la science à l'âge adulte),
- la réussite dans les matières scientifiques entre 9 et 11 ans et
- les choix de préférences et la réussite dans des cours scientifiques avancés à la fin du lycée,
- l'indication d'intention pour des études supérieures dans le domaine des sciences.

Quelles conséquences à long terme pourrait avoir le fait de maintenir vivante la curiosité scientifique ?

La curiosité scientifique pourrait en outre aider à dépasser la tendance à se retrancher derrière des positions à priori, propres à des regroupements sociaux ou politiques, en relation avec des questions scientifiques « chaudes » (polarisantes) telles que le changement climatique ou la vaccination.

Alors qu'ils étaient en train d'étudier la relation du public à des documentaires scientifiques, dans le but d'en augmenter l'appel, des chercheurs de l'Université de Yale se sont aperçus que les personnes qui avaient un plus grand intérêt pour ce genre de produits étaient aussi moins susceptibles de faire preuve de « raisonnements politiquement motivés ». Par exemple, ils étaient plus ouverts face à des preuves scientifiques, même si celles-ci étaient en contradiction avec la vision adoptée par leur propre groupement politique, et plus motivés à la recherche de nouvelles preuves. Ils étaient en outre moins polarisés par rapport à d'autres participants adhérant aux mêmes positions politiques, mais faisant preuve de moins de curiosité scientifique (Kahan et al. 2017).

Ce résultat est pour le moment isolé et s'il mérite intérêt, il ne peut pas être considéré comme solidement établi.

Par ailleurs, l'idée défendue par les chercheurs de ce laboratoire, selon laquelle la littérature scientifique (posséder plus de connaissances en sciences) pourrait augmenter la polarisation idéologique autour de questions scientifiques d'intérêt public telles que le changement climatique, n'a pas pu être répliquée par d'autres laboratoires. Elle reste donc à l'étude mais ne devrait pas être utilisée comme un résultat établi).

Références

Synthèses

- Gottlieb, J., & Oudeyer, P. Y. (2018). Towards a neuroscience of active sampling and curiosity. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(12), 758-770.
- Kidd, C. & Hayden, B. (2015). The psychology and neuroscience of curiosity. *Neuron*, 88, 449-460.
- Oudeyer, P. Y., Gottlieb, J., & Lopes, M. (2016). Intrinsic motivation, curiosity, and learning: Theory and applications in educational technologies. *Progress in brain research*, 229, 257-284.

Livres

- Aristote. Premier livre de la Métaphysique
- Ciceéon. De finibus bonorum et malorum.
- Plutarque. De la curiosité.
- Augustin. Confessions.
- Thomas d'Aquin. Summa Theologica.
- Francis Bacon (1605). The advancement of learning.
- Thomas Hobbes (1651). Leviathan.
- David Hume (1748). An enquiry concerning human understanding.
- Rabelais (1523). Pantagruel.
- Ferdinand de Buisson (1911). Nouveau Dictionnaire de pédagogie et d'instruction primaire publié sous la direction de Ferdinand de Buisson.
- Ball, P. (2013). *Curiosity: how science became interested in everything*. University of Chicago Press.
- Gordon, G. (Ed.). (2018). *The new science of curiosity*. Nova Science Publishers, Incorporated.

Articles

- Abdelghani, R., Oudeyer, P. Y., Law, E., de Vulpillières, C., & Sauzéon, H. (2022). Conversational agents for fostering curiosity-driven learning in children. *International Journal of Human-Computer Studies*, 167, 102887.
- Abdelghani, R., Law, E., Desvaux, C., Oudeyer, P. Y., & Sauzéon, H. (2023). Interactive environments for training children's curiosity through the practice of metacognitive skills: a pilot study. In *Proceedings of the 22nd Annual ACM Interaction Design and Children Conference* (pp. 495-501).
- Abdelghani, R., Wang, Y. H., Yuan, X., Wang, T., Lucas, P., Sauzéon, H., & Oudeyer, P. Y. (2024). GPT-3-driven pedagogical agents to train children's curious question-asking skills. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 34(2), 483-518.
- Begus, K., & Southgate, V. (2018). Curious learners: How infants' motivation to learn shapes and is shaped by infants' interactions with the social world. In *Active learning from infancy to childhood* (pp. 13-37). Springer, Cham.
- Berlyne, D. E. (1950). Novelty and curiosity as determinants of exploratory behaviour. *British Journal of Psychology*, 41(1), 68.
- Berlyne, D. (1954). A theory of human curiosity. *British Journal of Psychology*, 45, 180-191.
- Berlyne, D. E. (1962). Uncertainty and epistemic curiosity. *British Journal of Psychology*, 53(1), 27-34.
- Berlyne, D. (1966). Curiosity and exploration. *Science*, 153, 25-33.
- Bonawitz, E.B., et al. (2011). The double-edged sword of pedagogy. *Cognition*, 120, 322-330.

- Brooks, G., Yang, H., & Köhler, S. (2021). Feeling-of-knowing experiences breed curiosity. *Memory*, 29(2), 153-167.
- Burda, Y., Edwards, H., Pathak, D., Storkey, A., Darrell, T., & Efros, A. A. (2018). Large-scale study of curiosity-driven learning. arXiv preprint arXiv:1808.04355.
- Byrne, R. W. (2013). Animal curiosity. *Current Biology*, 23(11), R469-R470.
- Ceha, J., Chhibber, N., Goh, J., McDonald, C., Oudeyer, P. Y., Kulić, D. et Law, E. (2019, May). Expression of curiosity in social robots. Design, perception, and effects on behaviour. *Proceedings of the 2019 CHI conference on human factors in computing systems*, p. 1-12
- Cervera, R. L., Wang, M. Z., & Hayden, B. Y. (2020). Systems neuroscience of curiosity. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 48-55.
- Clement, B. (2018). Adaptive personalization of pedagogical sequences using machine learning. Thèse de doctorat en informatique, Université de Bordeaux.
- Coie, J. D. (1974). An evaluation of the cross-situational stability of children's curiosity 1. *Journal of Personality*, 42(1), 93-116.
- Collins, R. P., Litman, J. A., & Spielberger, C. D. (2004). The measurement of perceptual curiosity. *Personality and individual differences*, 36(5), 1127-1141.
- Cook C, Goodman ND, Schulz LE. Where science starts: Spontaneous experiments in preschoolers' exploratory play. *Cognition*. 2011;120:341–349.
- Dember WN, Earl RW. Analysis of Exploratory, Manipulatory, and Curiosity Behaviors. *Psychological Review*. 1957;64:91–96.
- Dubey, R., & Griffiths, T. L. (2020). Reconciling novelty and complexity through a rational analysis of curiosity. *Psychological Review*, 127(3), 455.
- Dubey, R., Mehta, H., & Lombrozo, T. (2021). Curiosity is contagious: A social influence intervention to induce curiosity. *Cognitive science*, 45(2), e12937.
- Dubey, R., Griffiths, T., & Lombrozo, T. (2019). If it's important, then I am curious: A value intervention to induce curiosity. In *CogSci* (pp. 282-288).
- Engel S. Children's Need to Know: Curiosity in Schools. *Harvard Educational Review*. 2011;81(4):625–645.
- Engel, S. (2015). *The hungry mind: The origins of curiosity in childhood*. Harvard University Press.
- Engelhard Jr, G., & Monsaas, J. A. (1988). Grade level, gender, and school-related curiosity in urban elementary schools. *The Journal of Educational Research*, 82(1), 22-26.
- Fidler, A. E., van Oers, K., Drent, P. J., Kuhn, S., Mueller, J. C., & Kempenaers, B. (2007). Drd4 gene polymorphisms are associated with personality variation in a passerine bird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1619), 1685-1691.
- Golman, R., & Loewenstein, G. (2015). Curiosity, information gaps, and the utility of knowledge. *Information Gaps, and the Utility of Knowledge (April 16, 2015)*, 96-135
- Gottfried, A. E., Preston, K. S. J., Gottfried, A. W., Oliver, P. H., Delany, D. E., & Ibrahim, S. M. (2016). Pathways from parental stimulation of children's curiosity to high school science course accomplishments and science career interest and skill. *International Journal of Science Education*, 38(12), 1972-1995.
- Gottlieb, J., Oudeyer, P. Y., Lopes, M., & Baranes, A. (2013). Information-seeking, curiosity, and attention: computational and neural mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, 17(11), 585-593.
- Gottlieb, J., & Oudeyer, P. Y. (2018). Towards a neuroscience of active sampling and curiosity. *Nature Reviews Neuroscience*, 19(12), 758-770.
- Goupil, L., & Kouider, S. (2019). Developing a reflective mind: From core metacognition to explicit self-reflection. *Current Directions in Psychological Science*, 28(4), 403-408.
- Goupil, L., & Proust, J. (2023). Curiosity as a metacognitive feeling. *Cognition*, 231, 105325.
- Gruber, M.J. et al. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron*, 84, 486-496.

- Gruber, M. J., & Ranganath, C. (2019). How curiosity enhances hippocampus-dependent memory: the prediction, appraisal, curiosity, and exploration (PACE) framework. *Trends in cognitive sciences*, 23(12), 1014-1025.
- Gureckis TM, Markant DB. Self-Directed Learning: A Cognitive and Computational Perspective. *Perspectives on Psychological Science*. 2012;7(5):464–481
- Gweon, H., et al. (2014). Sins of omission: children selectively explore when teachers are under-informative. *Cognition*, 132, 335-341.
- Gruber, M. J., & Ranganath, C. (2019). How curiosity enhances hippocampus-dependent memory: The prediction, appraisal, curiosity, and exploration (PACE) framework. *Trends in cognitive sciences*, 23(12), 1014-1025.
- Harty H, Beall D. Toward the Development of a Children's Science Curiosity Measure. *Journal of Research in Science Teaching*. 1984;21(4):425–436.
- Hidi, S. E., & Renninger, K. A. (2019). Interest development and its relation to curiosity: needed neuroscientific research. *Educational Psychology Review*, 31(4), 833-852.
- Hsee, C. K., & Ruan, B. (2016). The Pandora effect: The power and peril of curiosity. *Psychological science*, 27(5), 659-666.
- James, W. (1899). *Talks to teachers on psychology*. Henry Holt & Company.
- James, W. (1899). *The principles of psychology*. Henry Holt & Company.
- Jepma, M., Verdonschot, R. G., Van Steenbergen, H., Rombouts, S. A., & Nieuwenhuis, S. (2012). Neural mechanisms underlying the induction and relief of perceptual curiosity. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 6, 5.
- Jirout, J. J. (2020). Supporting Early Scientific Thinking Through Curiosity. *Frontiers in Psychology*, 11.
- Jirout, J., & Klahr, D. (2011). Children's Question Asking and Curiosity: A Training Study. *Society for Research on Educational Effectiveness*.
- Jirout, J., & Klahr, D. (2012). Children's scientific curiosity: In search of an operational definition of an elusive concept. *Developmental review*, 32(2), 125-160.
- Jirout, J. J., Vitiello, V. E., & Zumbunn, S. K. (2018). Curiosity in schools. *The new science of curiosity*, 1(1), 243-266.
- Jirout, J., & Klahr, D. (2020). Questions—And Some Answers—About Young Children's Questions. *Journal of Cognition and Development*, 21(5), 729-753
- Jirout, J. J., Zumbunn, S., Evans, N. S., & Vitiello, V. E. (2022). Development and Testing of the Curiosity in Classrooms Framework and Coding Protocol. *Frontiers in psychology*, 13, 875161.
- Kahan, D. M., Landrum, A., Carpenter, K., Helft, L., & Hall Jamieson, K. (2017). Science curiosity and political information processing. *Political Psychology*, 38, 179-199.
- Kahan, D. M., & Corbin, J. C. (2016). A note on the perverse effects of actively open-minded thinking on climate-change polarization. *Research & Politics*, 3(4), 2053168016676705.
- Kang, M. J., Hsu, M., Krajbich, I. M., Loewenstein, G., McClure, S. M., Wang, J. T. Y., & Camerer, C. F. (2009). The wick in the candle of learning: Epistemic curiosity activates reward circuitry and enhances memory. *Psychological science*, 20(8), 963-973.
- Klahr, D., Zimmerman, C., & Jirout, J. (2011). Educational interventions to advance children's scientific thinking. *Science*, 333(6045), 971-975.
- Kidd, C. et al. (2012). The goldilocks effect. *PLOS ONE*, 7, e36399.
- Kinney DK, Kagan J. Infant attention to auditory discrepancy. *Child Development*. 1976;47:155–164
- Kashdan, T. B., & Fincham, F. D. (2004). Facilitating curiosity: A social and self-regulatory perspective for scientifically based interventions. *Positive psychology in practice*, 482-503.
- Kreidler, S., Zigler, E., & Kreidler, H. (1975). The nature of curiosity in children. *Journal of school psychology*, 13(3), 185-200.
- Landrum, A., Hilgard, J., Akin, H., Li, N., & Kahan, D. (2016). Measuring Interest in Science: The Science Curiosity Scale. In *CogSci*.

- Langevin, R. (1971). Is curiosity a unitary construct?. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 25(4), 360.
- Inan, I. (2013). *The philosophy of curiosity*. Routledge.
- Langevin, R. (1971). Is curiosity a unitary construct?. *Canadian Journal of Psychology/Revue canadienne de psychologie*, 25(4), 360.
- Lindholm, M. (2018). Promoting curiosity?. *Science & Education*, 27(9-10), 987-1002.
- Liquin, E. G., & Lombrozo, T. (2020). A functional approach to explanation-seeking curiosity. *Cognitive psychology*, 119, 101276.
- Liquin, E., Callaway, F., & Lombrozo, T. (2020). Quantifying Curiosity: A Formal Approach to Dissociating Causes of Curiosity. In *CogSci*.
- Liquin, E. G., & Lombrozo, T. (2020). Explanation-seeking curiosity in childhood. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 14-20.
- Litman, J. A. (2009). Curiosity and metacognition. *Metacognition: New research developments*, 105-116.
- Litman, J. A. (2008). Interest and deprivation factors of epistemic curiosity. *Personality and individual differences*, 44(7), 1585-1595.
- Litman, J. A., & Silvia, P. J. (2006). The latent structure of trait curiosity: Evidence for interest and deprivation curiosity dimensions. *Journal of Personality Assessment*, 86(3), 318-328.
- Litman, J. A., & Spielberger, C. D. (2003). Measuring epistemic curiosity and its diversive and specific components. *Journal of personality assessment*, 80(1), 75-86.
- Litman, J. A., & Jimerson, T. L. (2004). The measurement of curiosity as a feeling of deprivation. *Journal of personality assessment*, 82(2), 147-157.
- Litman, J.A. (2005). The pleasures of learning. *Cognition and emotion*, 19, 6, 793-814.
- Loewenstein, G. (1994). The psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological bulletin*, 116(1), 75
- Markey, A., & Loewenstein, G. (2014). Curiosity. *International handbook of emotions in education*, 228-245.
- Mead, C., Landrum, A., Kahan, D., & Anbar, A. D. (2018). Science curiosity can predict success in science courses. In AGU Fall Meeting Abstracts (Vol. 2018, pp. ED41E-1250).
- Mehta, H., Dubey, R., & Lombrozo, T. (2018). Your liking is my curiosity: a social popularity intervention to induce curiosity. In *CogSci*.
- Metcalfe, J., Schwartz, B. L., & Eich, T. S. (2020). Epistemic curiosity and the region of proximal learning. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 40-47.
- Metcalfe, J., Schwartz, B. L., & Bloom, P. A. (2017). The tip-of-the-tongue state and curiosity. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2(1), 1-8.
- Nowotny, H. (2010). *Insatiable curiosity: innovation in a fragile future*. MIT Press.
- Olson, K., Camp, C., & Fuller, D. (1984). Curiosity and need for cognition. *Psychological Reports*, 54(1), 71-74.
- Oudeyer, P. Y., & Smith, L. B. (2016). How evolution may work through curiosity-driven developmental process. *Topics in Cognitive Science*, 8(2), 492-502.
- Pelz M, Yung A, Kidd C. Quantifying Curiosity and Exploratory Play on Touchscreen Tablets. *Proceedings of the IDC 2015 Workshop on Digital Assessment and Promotion of Children's Curiosity*. 2015
- Pekrun, R. (2019). The murky distinction between curiosity and interest: State of the art and future prospects. *Educational Psychology Review*, 31(4), 905-914.
- Perlovsky, L. I., Bonniot-Cabanac, M. C., & Cabanac, M. (2010, July). Curiosity and pleasure. In The 2010 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) (pp. 1-3). [IEEE](#).
- Penney RK, McCann B. The Children's Reactive Curiosity Scale. *Psychological Reports*. 1964;15:323-334

- Post, T., & van der Molen, J. H. W. (2018). Do children express curiosity at school? Exploring children's experiences of curiosity inside and outside the school context. *Learning, Culture and Social Interaction*, 18, 60-71.
- Reio Jr, T. G., Petrosko, J. M., Wiswell, A. K., & Thongsukmag, J. (2006). The measurement and conceptualization of curiosity. *The Journal of Genetic Psychology*, 167(2), 117-135.
- Shah, P. E., Weeks, H. M., Richards, B., & Kaciroti, N. (2018). Early childhood curiosity and kindergarten reading and math academic achievement. *Pediatric research*, 84(3), 380-386.
- Schulz, L. E., & Bonawitz, E. B. (2007). Serious fun: preschoolers engage in more exploratory play when evidence is confounded. *Developmental psychology*, 43(4), 1045.
- Schmitt, F. F., & Lahroodi, R. (2008). The epistemic value of curiosity. *Educational theory*, 58(2), 125-148.
- Silvia, P. J. (2012). Curiosity and motivation. *The Oxford handbook of human motivation*, 157-166.
- Silvia, P. J. (2017). Curiosity. *The science of interest*, 97-107.
- Spektor-Levy, O., Baruch, Y. K., & Mevarech, Z. (2013). Science and Scientific Curiosity in Pre-school—The teacher's point of view. *International Journal of Science Education*, 35(13), 2226-2253.
- Sivashankar, Y., Fernandes, M., Oudeyer, P. Y., & Sauzéon, H. (2024). The beneficial role of curiosity on route memory in children. *Frontiers in Cognition*, 3, 1346280.
- Spielberger, C. D., & Starr, L. M. (2012). Curiosity and exploratory behavior. In *Motivation: Theory and research* (pp. 231-254). Routledge
- Szumowska, E., & Kruglanski, A. W. (2020). Curiosity as end and means. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 35, 35-39.
- Tor, N., & Gordon, G. (2018). Digital Quantitative Assessment of Question-Asking-Based Exploration. *International Association for Development of the Information Society*.
- van Schijndel, T. J., Jansen, B. R., & Raijmakers, M. E. (2018). Do individual differences in children's curiosity relate to their inquiry-based learning?. *International Journal of Science Education*, 40(9), 996-1015.s
- Valdesolo, P., Shtulman, A., & Baron, A. S. (2017). Science is awe-some: The emotional antecedents of science learning. *Emotion Review*, 9(3), 215-221.
- von Stumm S., Hell B., Chamorro-Premuzic T. (2011). The hungry mind: intellectual curiosity is the third pillar of academic performance. *Perspect. Psychol. Sci.* 6, 574–588. doi: 10.1177
- Wade, S., & Kidd, C. (2019). The role of prior knowledge and curiosity in learning. *Psychonomic bulletin & review*, 26(4), 1377-1387.
- Watson, L., Inan, I., Whitcomb, D., & Yigit, S. (2018). Educating for curiosity. *The moral psychology of curiosity*, 293-309.
- Zion, M. I., & Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4), 162-169.

Auteurs

Elena PASQUINELLI, Anne BERNARD-DELORME

Relecture scientifique

Relecture scientifique par :

Hugo Mercier, chercheur du CNRS, Institut Jean Nicod (ENS-EHESS-CNRS) spécialisé en psychologie cognitive. Il s'intéresse plus particulièrement au raisonnement et à la vigilance épistémique. Sa recherche est d'ordre fondamental et appliqué, visant à mieux comprendre entre autres la propagation des fausses croyances mais également l'influence d'institutions épistémiques comme la science.

Pierre-Yves Oudeyer, directeur de recherche à l'Inria (France), dirige l'équipe de recherche Flowers à l'Inria et à l'Université de Bordeaux, spécialisée dans la modélisation de l'apprentissage dirigé par la curiosité chez l'homme et les machines. Il étudie le rôle de la curiosité dans le développement cognitif, et ses interactions avec l'apprentissage social et le langage. Avec son équipe, il travaille aussi à des applications de ces recherches dans le domaine de l'éducation, visant par exemple à mettre au point des interventions pédagogiques qui stimulent le développement de la curiosité chez l'enfant.

Date de publication

Decembre 2024

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'utilisation commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

www.fondation-lamap.org

