

COMMENT S'Y PRENDRE POUR EXPLIQUER ?

E. Pasquinelli

« Il y a trente ans, la plupart des psychologues, philosophes et psychiatres pensaient que les bébés et les jeunes enfants étaient irrationnels, égocentriques et amoraux. Ils croyaient que les enfants étaient contraints à penser dans le concret, dans l'ici et maintenant — et qu'ils étaient donc incapables d'appréhender la notion de cause à effet, d'imaginer les expériences d'autres personnes, ou encore de se rendre compte des différences entre la réalité et l'imagination. **On a encore tendance à se représenter les enfants comme des adultes défaillants.** Mais dans la dernière trentaine d'années, les scientifiques ont découvert que même les enfants les plus jeunes en savaient bien plus que ce que l'on aurait cru possible. En outre, des études suggèrent que les enfants découvrent le monde qui les entoure de la même manière que les scientifiques — en faisant des expérimentations, en analysant les statistiques et en élaborant des théories intuitives sur les domaines physique, biologique et psychologique. Depuis le début des années 2000, les chercheurs commencent à comprendre les mécanismes computationnels, évolutionnaires et neurologiques sous-jacents qui sous-tendent ces compétences précoces remarquables. Ces découvertes révolutionnaires changent non seulement nos idées sur les bébés, mais nous offrent aussi une nouvelle perspective sur la nature humaine elle-même. » (Gopnik, 2010)

« L'éducation ne consiste ni à écrire sur une ardoise vierge, ni à permettre à la noblesse de l'enfant de s'épanouir. **Il faut plutôt voir l'éducation comme une technologie dont le but est de compenser ce pour quoi l'esprit humain est fondamentalement mauvais.** Les enfants n'ont pas besoin d'aller à l'école pour apprendre à marcher, parler, reconnaître des objets, ou encore se souvenir des personnalités de leurs amis, alors même que ces tâches sont bien plus difficiles que la lecture, les additions, ou encore retenir des dates historiques... » (Pinker, 2002)

Introduction

Ces deux citations semblent aller dans un sens opposé, mais ce n'est pas le cas. La première nous dit que les enfants ont des capacités qu'on ne leur suspectait pas il y a 30 ans. Des capacités de raisonnement qui les rapprochent, dans un sens, des scientifiques. La deuxième nous dit que l'éducation est une technologie qui a pour but de remédier — via des stratégies dédiées — aux limites de notre cognition.

Les deux citations se complètent car, en réalité, notre cognition naturelle, bien que puissante, a des limites, notamment lorsqu'elle se trouve confrontée avec des défis pour lesquels elle n'est pas préparée par son passé évolutif.

Nous allons appliquer cette idée — de capacités naturelles et de limites également naturelles — face à des défis comme celui de produire et de sélectionner des explications de bonne qualité.

En effet, afin de mieux comprendre comment expliquer, il faut d'abord comprendre comment nous nous y prenons, spontanément, pour expliquer.

Nous allons donc commencer par une affirmation qui peut paraître triviale ou excessive selon la signification que nous donnons au mot “expliquer” : expliquer est une activité naturelle...

1. Expliquer : une activité naturelle

Si on se limite à une définition simple et traditionnelle, expliquer équivaut à identifier la cause d'un phénomène. L'activité d'expliquer permet donc de se faire une image de la structure causale du monde qui nous entoure, et ainsi d'en interpréter les phénomènes. Mais cette activité n'est pas limitée aux théories scientifiques. Bien au contraire, dès le plus jeune âge, les enfants font preuve d'une sensibilité pour la recherche de causes (Legare & Lombrozo, 2014, Legare & Clegg, 2015), ils utilisent leur connaissance des causes pour émettre des prédictions, font preuve de la capacité d'inférer des relations de cause à effet à partir de paramètres simples, comme l'ordre temporel de deux événements associés, mais aussi de départager des causes dans des situations ambiguës (Gopnik et al. 2001 ; Schulz & Gopnik, 2004 ; Kushnir & Gopnik, 2007). Depuis les années 1980, en effet, les études en psychologie du développement suggèrent que les enfants, et même les bébés, possèdent la capacité de « percevoir » la causalité.

Voyons quelques exemples.

Exemple 1. On montre à des bébés de 6 mois un petit film dans lequel un carré rouge se met en mouvement jusqu'à arriver à côté d'un carré vert ; à ce moment le carré rouge s'arrête et le vert se met en mouvement sur la même trajectoire que celle suivie par le rouge (les adultes interprètent ce genre de situation comme manifestant une relation causale). Les enfants sont habitués à cet événement (grâce à plusieurs répétitions du petit film). A ce moment, la projection s'inverse (littéralement, le film est joué à

rebours) et donc le carré « pourchassé » devient « pourchassant » : le carré vert touche le rouge et le met en mouvement. Les bébés manifestent leur surprise face à ce renversement de causalité, mais seulement s'il y a eu contact entre les deux carrés (indice de causalité). En effet, deux versions du petit film sont montrées à deux groupes d'enfants pendant la phase d'habituation : dans un cas, le carré vert se met en mouvement immédiatement après le contact avec le rouge ; dans l'autre cas, il y a un délai temporel entre le contact et la mise en mouvement du deuxième carré (une condition, la deuxième, qui détruit la perception causale chez les adultes). L'interprétation que les auteurs donnent de cette expérience est que quand dans la phase d'habituation, il y a un délai, les bébés ne perçoivent pas l'événement comme causal ; ils ne sont donc pas surpris du renversement de causalité lors de la projection du film à rebours (Leslie & Keeble, 1987 ; voir Newman, Choi, Wynn & Scholl, 2008 ; Scholl & Tremoulet, 2000 pour une plus ample discussion concernant la perception de causalité chez les bébés et leur développement¹)

¹ Newman et al. discutent notamment les aspects développementaux de cette perception, et les interprétations qui en sont données. Ils font remarquer que la perception causale, si elle est présente à 6 mois, semble être encore absente à 4, ce qui indique une trajectoire développementale (Cohen et al., 1998 ; Cohen & Amsel, 1998). En outre, des expériences employant des objets plus complexes n'ont pu mettre en évidence cette perception qu'à partir de 10 mois (et pas à 6), ce qui suggère que la perception de la causalité n'est pas un phénomène « tout ou rien ». Cependant, cela ne signifie pas forcément que des capacités « innées » ne puissent avoir une trajectoire développementale et des activateurs différents en raison des circonstances. Newman et al. rapportent aussi d'autres études qui mettent en évidence que la perception de la causalité ne dépend pas uniquement de caractéristiques intrinsèques aux objets en collision (dynamique temporelle, contact, etc.) mais aussi du contexte.

L'idée de perception de la causalité remonte probablement à Albert Michotte, psychologue belge qui, dans les années 1940 (Michotte, 1946), invente un dispositif pour étudier la manière dont les personnes (des adultes dans son cas) raisonnent sur la causalité. Le dispositif ressemble de près à celui qui sera utilisé par la suite pour étudier la perception de la causalité chez les enfants : deux balles, l'une bleue et l'autre rouge, se mettent en mouvement séparément, ensemble ou l'une après l'autre ; lorsque la balle rouge s'approche de la bleue et que celle-ci part dans la direction opposée, la plupart des personnes qui sont invitées à observer et ensuite à décrire ce dispositif font référence à une idée de causalité : la balle rouge a poussé la balle bleue ; la balle bleue bouge parce que la balle rouge l'a poussée. Michotte avait remarqué que les sujets exposés au dispositif ne cessaient pas de « voir » dans le mouvement de la deuxième l'effet de la collision avec la première, même après plusieurs répétitions et après avoir reçu des descriptions alternatives. Il avait interprété ce phénomène comme une forme de « perception », illusoire, de causalité, qui n'aurait pas besoin de connaissances ni de langage pour surgir, mais se manifesterait spontanément et directement — comme la perception d'une couleur ou d'un son ; donc, qui pourrait se manifester dès la première enfance (Michotte, 1946). Au contraire, le psychologue suisse Jean Piaget avait considéré la causalité comme une inférence qui se développe avec l'âge et notamment grâce à l'expérience répétée de produire soi-même des effets à partir d'actions diverses ; à partir de cette base, le développement cognitif de l'enfant lui permettrait de généraliser et d'étendre les inférences de la sphère de ses propres actions et de son corps au reste des relations possibles de cause et d'effet.

Les études en psychologie du développement semblent confirmer que les enfants organisent spontanément le monde en termes de causalité, et que même les bébés possèdent la capacité de « percevoir » la causalité physique sur la base de simples indices. Cette capacité, tout en étant précoce, constitue un “bloc de construction” qui évolue avec l'âge.

La compréhension des causes ne se limite pas au monde inanimé. Prenons un autre exemple. Dans un court film d'animation, les protagonistes sont un petit et un grand triangle, un petit cercle et un carré ouvert sur un côté. Le film a été produit par Fritz Heider et Mary-Ann Simmel en 1944 (Heider & Simmel, 1944). Au début du film, le cercle sort du carré pour se placer dans l'espace où se trouvent les deux triangles. Le grand triangle s'approche du petit cercle, et les deux se déplacent ensemble (contact : cercle qui bouge, grand triangle qui bouge dans la direction du cercle). Le petit triangle s'approche des deux figures, il bouge avec le petit cercle. Le grand cercle s'approche des deux figures, entre en contact avec le petit cercle qui se déplace. Petit triangle et petit cercle se déplacent ensemble vers le carré, jusqu'à y entrer par l'ouverture. En même temps, le grand triangle bouge vers le carré, touche l'entrée, plus petite que sa taille. L'exercice consiste à décrire ce petit film sans jamais utiliser des phrases telles que : le grand triangle s'approche du cercle et le pousse, le petit triangle se met entre le grand triangle et le cercle, le petit triangle et le cercle échappent au grand triangle, le grand triangle ne peut pas entrer dans le carré parce que son entrée est trop étroite pour lui. Mais les choses peuvent aller bien plus loin que cela : une description spontanée du petit dispositif se dote largement d'interprétations qui impliquent non seulement le mouvement et la causalité, mais aussi de bonnes doses de psychologie prêtée à de simples figures géométriques. Le grand triangle est alors en train de harceler le petit cercle, quand le petit triangle part avec son aide jusqu'à ce qu'ils se sauvent dans la maison, où le grand triangle ne peut plus les pourchasser. Et ils vécurent à jamais heureux.

Jusqu'ici, tout a l'air facile, mécanique même : si certains indices sont présents, la perception causale est déclenchée².

Voyons donc comment les enfants — un peu plus grands mais très jeunes tout de même — s'en sortent lorsqu'ils se trouvent aux prises avec des causes multiples ou ambiguës, là où il s'agit de départager entre deux "hypothèses" possibles. Et sans l'aide d'indices de continuité spatiale.

2. L'étude suivante exploite une « machine à bliquets » — un jouet qui produit des sons et des lumières lorsqu'il est activé par les bonnes actions. Les objets qui activent la machine sont appelés des bliquets, et les enfants sont censés identifier les bliquets parmi d'autres objets qui n'ont pas le pouvoir d'activer la machine. Les enfants ne manipulent pas la machine mais sont observateurs des réactions de celle-ci aux actions d'un adulte, qui a à disposition plusieurs objets. Plusieurs expériences ont été réalisées à l'aide de ce dispositif. La question posée est : comment les enfants apprennent-ils de nouvelles relations causales ? Il a été possible de montrer que dès 2 ans, les enfants sont capables d'inférer la bonne cause simplement en observant quels objets parmi d'autres activent la machine. Les enfants observent d'abord un objet jaune qui active la machine ; puis un objet bleu qui n'active pas la machine ; ensuite l'objet jaune et l'objet bleu sont posés en même temps sur la boîte, et ils activent la machine. Quel est le bliquet qui permet

d'activer la machine ? Les enfants font majoritairement la bonne déduction : c'est l'objet jaune qui fait fonctionner la machine à musique (Gopnik, 2012).

La présence de raisonnement causal chez des enfants de cet âge est confirmée par des études conduites à l'aide d'autres dispositifs.

3. Une marionnette-singe renifle des fleurs de différentes couleurs ; devant un pot qui contient une fleur bleue et une fleur rouge elle éternue ; devant un pot qui contient une fleur bleue et une fleur jaune, elle éternue aussi ; mais elle n'éternue pas en présence d'un pot qui contient une fleur rouge et une fleur jaune. La plupart des enfants de 4 ans identifient la fleur bleue comme celle qui provoque l'éternuement (Gopnik & Schulz, 2004).

Un dernier exemple permet de montrer que les enfants d'âge préscolaire (4 ans) sont plus motivés à explorer quand ils ne détiennent pas une bonne explication pour un phénomène observé, donc qu'ils explorent à la recherche d'une explication.

4. (Schulz & Bonawitz, 2007) ont mis en place le dispositif suivant : l'expérimentateur présente aux enfants une boîte jaune avec deux leviers. Il demande à l'enfant d'activer un levier en même temps qu'il active l'autre et cette double action simultanée fait sortir de la boîte un canard et une poupée (situation ambiguë). La procédure est répétée. Dans d'autres conditions, enfant et expérimentateur activent les deux leviers parfois ensemble, parfois pas. Quand ils les activent séparément, l'enfant peut observer que son levier fait sortir le canard, celui activé par l'expérimentateur

² Il existe un débat dans la littérature en psychologie du développement si on doit considérer une telle perception comme un "module cognitif" : une composante de la cognition humaine qui répond à des critères spécifiques, est séparée d'autres composantes cognitives, possède des limites spécifiques, peut être spécifiquement endommagée.

fait sortir la poupée. Ensuite, l'expérimentateur laisse l'enfant seul pendant une minute avec la boîte jaune et une autre boîte rouge. On observe combien de temps l'enfant passe à explorer la première boîte et la deuxième après exposition aux différentes conditions, ambiguë et non ambiguë. Si le temps de jeu est pareil dans tous les cas,

augmente par contre le temps passé à explorer la boîte jaune, celle familière, si l'enfant a été exposé à la condition ambiguë mais pas s'il a été exposé à la condition non ambiguë. Selon les auteurs ce résultat suggère que les enfants sont sensibles à la qualité des preuves à leur disposition pour établir un lien causal.

Plusieurs modèles existent qui cherchent à expliquer les capacités causales des jeunes enfants. Deux modèles considèrent, respectivement, les capacités causales comme innées (une forme de sensibilité à certains indices, comme le suggère le terme « perception de causalité »), ou comme apprises (par association, en vertu de la répétition d'expériences semblables). Un troisième modèle s'est inspiré d'un outil mathématique pour le calcul des probabilités *a posteriori*, introduit au xvii^e siècle par le mathématicien anglais Thomas Bayes. Selon le modèle « bayésien », le cerveau de l'enfant utilise ses connaissances préalables pour calculer, de façon non consciente, la probabilité qu'une variable joue un rôle causal dans les événements en cours d'observation. Cette description vaudrait aussi pour le cerveau des scientifiques de profession. L'enfant et le scientifique se ressembleraient dans l'utilisation implicite qu'ils font de leurs connaissances préalables pour donner du sens au présent. Le modèle bayésien n'exclut pas que le cerveau soit doté de capacités innées, et notamment qu'il possède une sensibilité aux régularités statistiques présentes dans l'environnement, sensibilité qui le prédisposerait aussi à apprendre par association. (Voir : Gopnik & Wellman, 2012)

Extraction de régularités, généralisation à partir de petits échantillons d'exemples

Plusieurs études montrent aussi que l'extraction de régularités statistiques nous accompagne durant toute notre vie, et ce depuis le plus jeune âge de manière implicite, non consciente. La sensibilité aux régularités statistiques se manifeste tôt, chez le bébé, par la surprise face à des événements improbables. Elle nous permet d'isoler, dans un flux de stimuli, les associations et les configurations qui surviennent plus fréquemment que d'autres.

L'extraction de régularités se fait à partir de petits échantillons : les bébés n'ont pas besoin d'un nombre incalculable d'observations avant de se dire : je tiens un pattern, il se passe quelque chose de significatif qui va me permettre de réguler mon comportement.

Ceci est vrai aussi des scientifiques, naturellement. Ces derniers prêtent cependant une attention particulière au fait de ne pas choisir sélectivement leur échantillon, à l'extraire de façon aléatoire de la population générale, autrement leurs observations ne seraient pas généralisables. Les enfants aussi sont sensibles au fait qu'un événement est représentatif d'un échantillon ou pas.

Encore une fois, en exemples et en études :

1. *L'étude suivante concerne des bébés âgés de 8 mois. On leur montre des balles de ping-pong dans une boîte : la plupart sont blanches, avec quelques balles rouges. L'expérimentateur, les yeux fermés et prétendant agir au hasard, sort cinq balles de la boîte : quatre sont rouges et une blanche. Il recommence et sort de*

nouveau cinq balles : en majorité blanches. On remarque que les bébés regardent avec plus d'attention l'événement improbable, comme s'ils avaient effectué, implicitement, un calcul des probabilités (Xu & Garcia, 2008).

2. *Une expérience ultérieure montre que l'enfant réagit à la fois en statisticien et en psychologue. Un adulte demande à un enfant de 20 mois de choisir une grenouille ou un canard se trouvant sur la table et de la lui donner. Si l'adulte a donné précédemment à l'enfant quatre canards et une grenouille en les sortant d'une boîte qui contient surtout des grenouilles, alors l'enfant lui donnera un canard (l'adulte préfère les canards, semble-t-il se dire) ; si l'adulte a sorti de la même boîte quatre grenouilles et un canard, alors l'enfant donnera indifféremment grenouille ou canard. Ainsi, les enfants semblent être capables de raisonner sur des statistiques et de tenir compte en même temps des préférences des adultes, telles qu'ils peuvent les déduire de leurs actions dans des circonstances données (Kushnir, Xu & Wellman, 2010).*

Nous allons garder en tête ces exemples et retenir notamment ces deux concepts : dès le plus jeune âge nous sommes capables d'extraire une interprétation causale à partir d'un nombre restreint d'indices indirects, et de généraliser à partir d'un petit échantillon d'exemples en prenant en compte la composition de l'échantillon. Tout cela nous permet de donner, sur la base de très peu d'observations, des explications causales aux phénomènes que nous observons et

de nous faire des attentes sur le comportement ou la composition de ce qui peuple notre environnement.

2. Limites des explications naturelles

Après un si beau départ... comment s'expliquer les phénomènes courants de mécompréhension des sciences, les résistances à des explications pourtant largement acceptées par la communauté scientifique, le fait que nous prenons pour vraies des explications douteuses, et les laissons circuler librement ? Comment en somme expliquer notre manque d'esprit critique ?

Avant de chercher à donner une réponse à cette question — en fait plusieurs réponses possibles — il sera utile de redimensionner le problème.

Il n'y a aucun doute que nous commettons des erreurs, et même des erreurs systématiques dans nos explications. Comme nos systèmes perceptifs, nos systèmes cognitifs dédiés aux explications peuvent produire des déviations assez spectaculaires par rapport aux explications attendues, pour ainsi dire "scientifiques". Cependant, au quotidien nous nous en sortons plutôt bien ! (Gigerenzer, 2008; Barkow, Tooby, Cosmides, 1992) Erreurs et déviations frappent notre curiosité et notre imagination bien plus que les succès que

nous essuyons au quotidien, on pourrait dire minute par minute.

Notre méfiance envers la science doit — elle aussi — être remise à sa juste place. Si les mouvements anti-vaccination, les conspirationnismes terre-platistes, les contestations de la théorie de l'évolution, ou les positions climato-sceptiques font tant de bruit, c'est au fond parce qu'elles constituent des prises de positions minoritaires (Pew Research Center, 2019 a, b).

Néanmoins, 40 % de citoyens Américains détiennent une vision créationniste de l'origine de l'Homme. Ce pourcentage est en baisse. Mais ce n'est pas rien. Et si 71 % des citoyens américains sont convaincus du rôle de l'Homme sur le réchauffement climatique en cours, ceci veut dire que... 29 % ne le pense pas. Les conséquences de certaines mécompréhensions ou incompréhensions de la science peuvent être dangereuses, même si elles ne touchent qu'une minorité de la population, voilà pourquoi il est nécessaire de se les expliquer et de chercher à y faire face, entre autres via les moyens de l'éducation publique (Gallup Analytics, 2017).

Revenons donc à la question de ce qui se passe quand nous avons du mal à adopter les "bonnes explications".

Des explications possibles à nos difficultés avec les explications

Nous sommes dès le plus jeunes âges des « machines à intuitions ». A partir de quelques observations, nous pouvons généraliser rapidement et inconsciemment une explication pour les phénomènes auxquels nous sommes confrontés. La plupart du temps, ces explications intuitives nous sont très utiles.

Mais parfois, nos intuitions précoces et nos apprentissages par l'expérience entrent en conflit avec les “bonnes explications”.

Le titre d'un récent livre signé par Andrew Shtulman, du Department of Cognitive science à Occidental College, Los Angeles, porte un titre assez explicite : “Science blind. How our intuitive theories about the world are so often wrong” (Shtulman, 2017). Dans le livre nous retrouvons de nombreux exemples connus — et dénoncés par plusieurs psychologues cognitifs et éducateurs — d'erreurs scientifiques communs. Ce qu'on appelle des “préconceptions” ou conceptions naïves — mais cette fois dans un sens négatif, donc : méconceptions. De telles méconceptions concernent aussi bien le domaine physique — composition de la matière, énergie, mouvement, gravité, la forme de la Terre, la structure du Système solaire — que le domaine biologique — hérédité, diversité du vivant, adaptation, santé et maladie, ... Ou psychologique : nous avons des conceptions parfois erronées concernant nos capacités d'attention, de mémoire, de connaissance, de compréhension (pour cela, voir par exemple : Chabris & Simons, 2010 ; Sloman & Fernbach, 2017).

Une caractéristique clé des méconceptions — qui permettrait du moins en théorie de les distinguer de simples incompréhensions ou manque d'explications disponibles — est leur résistance au changement et aux arguments considérés — du moins en théorie — à même de convaincre. Ainsi, même exposés à des preuves contraires, les méconceptions résistent, ou alors elles refont surface à distance de temps, en situation de charge cognitive (fatigue, stress, inattention), dans des contextes plus détendus où l'on ne pense pas à chercher la “bonne réponse” scientifiquement correcte, dans des choix pratiques de la vie de tous les jours. Au point qu'un domaine de recherche en éducation et psychologie est né autour du “changement conceptuel” ou comment expliquer la difficulté d'abandonner des concepts faibles (d'un point de vue explicatif) en faveur de concepts épistémologiquement plus corrects (Vosniadou, 2009).

Les psychologues qui étudient le changement conceptuel, ne sont pas nécessairement d'accord sur la nature du processus en cause : certains le décrivent comme un changement au niveau des catégories auxquelles les objets sont assignés, d'autres l'ont vu comme une révision de présupposés qui permettent de comprendre ou expliquer les phénomènes, mais pendant une période a dominé l'idée qu'il s'agirait d'une restructuration qui fait en quelque sorte disparaître les connaissances préalables (Vosniadou, 2009).

Cette vision a changé.

Dans une étude Shtulman et Valcarcel

(2012) ont montré que les préconceptions erronées ne disparaissent pas quand les nouveaux concepts — corrects — sont acquis, mais restent en quelque sorte dans l'attente de pouvoir sortir. Elles ne sont pas juste résistantes, elles sont là pour rester. Certes nous pouvons acquérir les connaissances scientifiques et les maîtriser de manière experte, sans commettre d'erreur dans leur application. Il suffirait cependant de faire monter la pression pour voir apparaître des effets des méconceptions. Ex., on demande à des étudiants en psychologie d'évaluer rapidement si une série d'affirmations sont vraies ou fausses. On s'aperçoit que les étudiants commettent plus d'erreurs et emploient plus de temps dans le cas d'affirmations qui sont en conflit avec des préconceptions connues que dans le cas d'affirmations sans conflit. Les nouvelles connaissances suppriment donc les méconceptions, sans les supplanter

réellement (voir aussi : Potvin & Cyr, 2017).

L'existence même de méconceptions résistantes devient une preuve à l'encontre d'une vision du mental — du cerveau — comme d'une *tabula rasa* que l'expérience nourrirait progressivement et de manière cumulative. "Des décennies de recherche en psychologie cognitive, en psychologie du développement et en éducation scientifique ont dissipé le mythe selon lequel les étudiants entrent dans la classe de sciences en tant que « vases vides » prêts à être remplis de connaissances. Au lieu de cela, ils entrent avec de riches théories pré-pédagogiques des phénomènes pertinents au domaine, qui interfèrent souvent avec l'apprentissage (Carey, 2000; Keil, 2011; Vosniadou, 1994)." (Shtulman & Valcarcel, 2012).

Des intuitions concernant les objets physiques, les entités biologiques, la psychologie...

En plus de leur sensibilité aux causes et aux régularités, les enfants mais aussi les adultes semblent posséder des systèmes de connaissances de base qui les prédisposent à apprendre dans des domaines particuliers, à élaborer des lois générales et à développer des attentes concernant les objets, les agents, les quantités numériques, les espaces et la géométrie, le monde physique et biologique (Spelke & Kinzler 2007). Ils ont des intuitions sur ces différentes typologies et sur la manière dont ils se comportent — et devraient se comporter. Loin d'être des boîtes vides à remplir progressivement, le cerveau des enfants est donc déjà une boîte à outils assez bien dotée pour donner des explications "domaine-spécifiques". Ensuite, au cours des années scolaires, la compréhension du monde naturel se développe, les outils pour servir cette compréhension s'affinent. Mais cette compréhension a encore une fois des bases précoces et naturelles.

Par exemple, les enfants, et même les nourrissons, ne regardent pas le monde physique et le monde biologique de la même manière (Carey 1985, Keil 2007). Les enfants font la distinction entre les objets animés et les objets inanimés sur la base des lois fondamentales du mouvement et de l'observation que les agents effectuent des mouvements auto-initiés (Luo & Baillargeon, 2005).

Ils identifient la croissance comme un trait commun aux animaux et aux plantes et ont des idées sur les caractéristiques fondamentales des organismes vivants — par exemple, les animaux ont « quelque chose à l'intérieur ». Les enfants attribuent une essence aux organismes vivants : pour les enfants, les organismes vivants sont ce qu'ils sont parce qu'ils ont quelque chose en eux qui les fait se comporter comme ils le font. L'essence est transmise au sein d'une même espèce — par exemple, un cochon adopté par des vaches se comportera toujours comme un cochon, il ne meuglera pas et n'aimera pas l'herbe comme les parents adoptifs (Gelman 2003, 2004).

Les enfants attribuent également une forme particulière de télologie aux organismes : à la différence des artefacts, les organismes vivants ne sont pas conçus avec une fonction, mais leurs parties ont des fonctions (maintien de la vie, par exemple) et les explications télologiques sont préférées aux explications mécaniques. Par exemple, pour les enfants d'âge préscolaire, les plantes sont vertes parce qu'être vert est "bon" pour les plantes, mais les émeraudes sont vertes car elles contiennent de minuscules parties vertes (Kail, 1992).

Une sorte de puissance vitale maintient les processus vitaux en marche et il faut de la nourriture pour que la force vitale soit vitale (Hatano & Inagaki 1994, 2006, 2013).

Or, des explications vitalistes de ce genre pourraient gêner la compréhension du rôle des germes dans la maladie et, partant, réduire la capacité à adopter les bonnes pratiques. L'essentialisme aide à penser la similarité au sein d'une espèce et l'hérédité, mais peut entraver la compréhension de la variation en tant que composante fondamentale de la théorie darwinienne de la sélection naturelle basée sur la variation génétique. Au contraire, le téléo-vitalisme peut favoriser les explications lamarckianes, à travers l'idée d'organes qui s'adaptent pour maintenir la vie (Bloom & Weisberg 2007, Kelemen; Shtulman, 2018). (Voir aussi : Gopnik et al. 1999 ; Gopnik & Schulz, 2007)

Le rôle de l'expérience

Les enfants utilisent des analogies entre l'homme et d'autres organismes vivants et ont tendance à attribuer les caractéristiques du premier à ce dernier. Néanmoins, il est maintenant largement admis que la compréhension naïve de la biologie est précoce et séparée de la psychologie naïve — les enfants n'exportent pas leurs observations sur le comportement des êtres humains envers le reste de la biologie, mais ont une compréhension spécifique de celle-ci en tant que domaine propre de la nature. « Cette acquisition précoce de la biologie naïve n'est pas surprenante du point de vue de l'évolution ; la survie des premiers humains nécessitait une certaine connaissance des animaux et des plantes en tant qu'aliments potentiels, ainsi que des connaissances sur les fonctions corporelles et la santé pour se protéger. » (Inagaki & Hatano, 2006).

Il semblerait ainsi que les enfants et les adultes, même en l'absence de formation scientifique formelle, appliquent au monde biologique des taxonomies qui partagent d'importantes similitudes avec celles adoptées par les scientifiques. « Il existe des preuves de principes universels de la biologie folklorique trans-théoriques, transculturels, spécifiques à un domaine et complexes. Dans toutes les sociétés, les populations classent la biodiversité locale en taxonomies dont le niveau fondamental est celui des « espèces génératives », c'est-à-dire le niveau du chêne et du merle. Dans aucun autre domaine naturel de la compréhension humaine, il ne semble exister de division aussi unique et fondamentale de la réalité en groupes mutuellement exclusifs. » (Atran et al 2001) Cette biologie naïve ou folklorique, constitue un fondement naturel de l'enseignement scientifique et du développement de concepts et de théories biologiques plus de prédispositions naturelles et cerner leurs effets sur l'acquisition de concepts scientifiques.

La recherche en sciences cognitives nous sensibilise également au rôle de l'expérience directe et du cadre culturel dans le développement de notre compréhension de la réalité, ex. dans la compréhension populaire du vivant.

Des anthropologues cognitifs tels que Scott Atran et Douglas Medin ont comparé la cognition biologique des jeunes enfants et des adultes de différentes cultures. Ils ont souligné le fait que la recherche en psychologie tend à échantillonner des populations « proches » des principaux laboratoires de recherche. Cela pourrait représenter un échantillon particulièrement biaisé pour l'étude de la biologie populaire, car les populations vivant en milieu urbain sont susceptibles d'être confrontées à un contact médiocre et à des échanges culturels limités sur le monde biologique — en dehors du contact avec d'autres êtres humains (Medin & Atran, 2004). En fait, les équipes de recherche d'Atran et de Medin ont remarqué ce qui suit : alors que les enfants citadins des États-Unis ont tendance à raisonner de manière anthropocentrique sur le monde biologique jusqu'à 7-10 ans (et à évoluer progressivement vers un modèle plus correct), les enfants Yukatek Maya et Indiens Menominee ne montrent pas les mêmes parti pris. Ces derniers, en particulier, considèrent l'homme comme un animal parmi d'autres. Des études antérieures avaient montré que les étudiants américains avaient tendance à analyser la biodiversité non pas au niveau des espèces génératives (comme prévu) mais à un niveau supérieur : plutôt que d'utiliser préférentiellement des catégories telles que truite, robin, érable, ils avaient tendance à adopter des catégories plus génératives, telles que poisson, oiseau, arbre. Des études ultérieures confirment que les citoyens citadins (étudiants euro-américains des collèges et universités) pourraient subir une dévolution des connaissances en biologie traditionnelle, ce qui est en corrélation avec une expérience appauvrie de la nature : tout en reconnaissant que le niveau génératif est le niveau de base des inférences, leurs inférences sont entravées par un manque de familiarité avec les différentes espèces et de noms pour les étiqueter. En pratique, ils ont tendance à identifier les espèces d'arbres et d'oiseaux uniquement comme des arbres et des oiseaux.

Ces observations suggèrent que l'expérience directe du monde biologique et l'exposition culturelle (langage, discours, interaction avec les adultes) ont un impact sur le type de vision naïve que les adultes vont développer. En dépit de la prédisposition universelle à développer une forme de connaissance biologique "naturelle", l'expérience et la culture peuvent faire la différence dans la capacité d'identifier, et donc de tirer des conclusions, sur la biodiversité.

La cognition en société

Parfois — face au choix d'adhérer ou de ne pas adhérer à une idée, à une explication — nous nous jouons aussi notre appartenance à un groupe social, notre identité culturelle, nos idéologies politiques et économiques. Les explications de la science peuvent alors entrer en conflit avec quelque chose qui n'est pas d'ordre épistémique (Kahan, 2015 ; van der Linden, 2015). Lorsque nous collectons socialement nos informations, la vérité n'est pas, en effet, le seul facteur en jeu. Nous pouvons accepter les informations comme vraies parce que nous nous sentons jugés par d'autres par notre "dissensus" (Corriveau & Harris 2010, Haun & Tomasello 2011), ou parce que l'adhésion à une idée nous permet également de rejoindre un groupe social donné (Cialdini & Goldstein 2004). Lorsque l'appartenance au groupe est en jeu, il devient plus difficile de juger les idées et les sources d'informations de

manière froide et impartiale. Divisez une classe, une colonie de vacances ou encore des participants à une expérience en deux groupes. Donnez à l'un des groupes des maillots rouges, et à l'autre des maillots bleus. Après seulement quelques interactions, un participant portant un maillot bleu montre déjà une tendance à aider un autre bleu plus facilement qu'un rouge, et juge un participant bleu comme étant en moyenne plus sympathique et intelligent que les autres... (Tajfel 1970). Lorsque nous appartenons à un groupe, des liens sont établis et le risque d'être exclus du groupe modifie notre comportement. Par conséquent, l'échange d'informations n'est plus neutre, il n'est plus l'équivalent d'une simple transmission de connaissances.

Soumis à cette influence sociale, notre façon de penser, de communiquer devient plus vulnérable.

Vous êtes dans une salle d'attente avec d'autres personnes, disons 7. L'attente est prolongée et l'une d'entre elles offre à chacun un petit jeu. Sur une carte est dessinée une ligne. La tâche consiste à estimer sa longueur en la comparant avec trois autres lignes. Cela ne prend qu'un instant pour avoir la bonne réponse. Facile ! Mais puisque vous êtes le dernier dans l'ordre du discours et que vous devez attendre votre tour, vous réalisez que votre réponse n'atteint pas le consensus, voire qu'elle est carrément minoritaire... Pourtant, il n'y a pas de piège, la réponse est évidente. Le moment venu, changerez-vous votre réponse ? Aussi surprenant que cela puisse vous paraître, un nombre important de personnes est tenté de se conformer à l'opinion de la majorité, même si elles sont convaincues de la réponse (Asch, 1952).

Un peu d'esprit critique³

Parfois nous avons du mal à jauger la qualité des preuves à l'appui des explications qui nous sont données. Nous n'arrivons pas alors à calibrer correctement notre confiance dans les explications disponibles. Nous manquons en quelque sorte d'esprit critique, du moins d'un esprit critique avancé.

Nous pouvons en effet définir l'esprit critique comme l'ensemble de mécanismes qui permettent d'évaluer la qualité d'une information (affirmation, explication, ...) et de doser correctement la confiance qu'on lui accorde.

Le résultat de l'exercice de l'esprit critique est donc une confiance bien calibrée envers les informations auxquelles on est confronté. Une évaluation pertinente de la qualité réelle de l'information en question (ses contenus et ses sources) devrait favoriser la construction d'une opinion ou d'une décision plus correcte (Groupe WP1-EEC, 2019). En bref, l'esprit critique peut nous permettre de trouver ou de privilégier de « bonnes explications ».

Souvent on entend parler d'esprit critique comme d'un objectif à atteindre, un idéal, une forme nouvelle à donner à la pensée humaine, grâce à un effort éducatif. Peut-être même comme un objectif trop idéal, non atteignable en soi, un cap à tenir. Or, notre discussion initiale concernant le caractère naturel des activités d'explication devrait nous pousser à chercher si dans le fonctionnement

normal, naturel de l'esprit humain il n'y aurait pas déjà des germes — voire des blocs de construction, un kit de départ — de l'esprit critique.

C'est le cas. Notre longue histoire évolutive nous a dotés de capacités remarquables de production de connaissances, certes, mais aussi de la capacité d'apprendre par les autres, d'utiliser leurs conseils. Ces capacités nous sont très utiles au quotidien.

Par exemple, en suivant le conseil de quelqu'un d'autre de ne pas manger un aliment en particulier, on peut éviter le risque d'empoisonnement. Nous pouvons facilement imaginer nos ancêtres échanger des informations sur de nouvelles baies ou champignons : ceux qui pouvaient compter sur les autres ont eu une vie plus facile et plus sûre. Cependant, pour que les informations fournies par d'autres soient utiles, il est nécessaire de s'assurer que l'informateur ne ment pas et qu'il en sait plus que nous. À moins de pouvoir compter sur des mécanismes qui aident à sélectionner des informateurs experts et bienveillants, la collecte d'informations auprès d'autres sources pourrait représenter une nouvelle forme de risque. Il est raisonnable de supposer que les humains — qui comptent beaucoup sur des informations de seconde main — ont, au cours de leur évolution, développé des mécanismes consacrés à la détection des menteurs et des informateurs experts — comme dans l'histoire des baies ou des champignons.

Une telle hypothèse pourrait être traitée comme une simple histoire évolutive, si les mécanismes qui remplissent la fonction d'évaluation des informateurs et du contenu de l'information n'étaient pas

³ Cette partie est fortement inspirée du travail mené par la Fondation *La main à la pâte* et le Groupe WP1 du Projet ANR Eduquer l'esprit critique. Certaines parties sont reprises d'un rapport intermédiaire produit dans le cadre de ce dernier projet, d'autres des kits d'initiation à l'enseignement de l'esprit critique produits par la Fondation *La main à la pâte*.

présents chez l'homme, et ceci dès la petite enfance.

1. *Dans une expérience, les jeunes enfants regardent deux vidéos. Dans chaque vidéo, un adulte différent nomme un certain nombre d'objets ou leurs fonctions. Tous les objets sont connus des enfants, sauf un. Pour l'objet inconnu, deux adultes donnent des noms différents. Par exemple, l'adulte A appelle l'objet "snegg", l'autre "hoog". On demande ensuite aux enfants : Quel est le nom de l'objet "inconnu" ? L'enfant fréquente l'adulte A (il s'agit de la maîtresse de sa classe), tandis que l'adulte B est un enseignant d'une autre école. Résultat : les enfants âgés de 3 à 5 ans manifestent une préférence pour l'adulte bien connu : l'adulte A s'ils appartiennent à l'école A, l'adulte B s'ils appartiennent à l'école B. Conclusion : les enfants ne choisissent pas leurs informateurs au hasard, mais ont recours à un indice, celui de la familiarité, pour faire leur choix. Mais la familiarité n'est pas tout.*

2. *Dans une autre expérience menée auprès d'enfants âgés de 3 à 4 ans, les deux informateurs (que l'enfant ne connaît pas) doivent d'abord nommer les objets communs connus de l'enfant. Un des deux adultes fait plusieurs erreurs en nommant les objets (par exemple, il appelle « une balle » une tasse). Les enfants doivent maintenant choisir à qui demander le nom d'un objet inconnu. Les résultats de l'expérience montrent que les préférences vont à l'adulte qui ne se trompe pas avec les objets connus : si les deux adultes donnent des noms différents pour le même objet inconnu, les enfants ont tendance à choisir le nom fourni par l'adulte le mieux informé. Les enfants*

orientent donc leurs choix en fonction des compétences démontrées par l'adulte et suivent l'adulte le plus compétent.

3. *Une troisième expérience permet de comparer les effets de la familiarité avec ceux de la précision. Dans ce cas, l'informateur connu est également le moins précis. Pour les enfants de 3 ans, la familiarité l'emporte sur la compétence et les erreurs ne les ébranlent pas. Au contraire, pour les enfants de 5 ans, être correct devient un indice de fiabilité plus important que la familiarité.*

Les enfants sont non seulement sensibles aux compétences spécifiques de l'adulte, qui sait comment nommer correctement les objets courants, mais ils ont également tendance à préférer les adultes présentant des compétences génériques, telles que l'utilisation d'une grammaire correcte.

4. *Enfin, un quatrième groupe d'expériences montre que les jeunes enfants sont sensibles aux signaux sociaux lorsqu'ils choisissent de les informer — et sont plutôt conformistes sur le plan culturel. Par exemple, les enfants semblent préférer les adultes avec un accent autochtone plutôt que les adultes avec un accent étranger ainsi que les adultes qui obtiennent un consensus public par rapport aux adultes qui soulèvent la dissidence (Harris & Corriveau 2011). Dans l'une de ces expériences, les enfants sont confrontés à un cas de désaccord entre deux adultes, dont l'un reçoit l'approbation d'autres adultes et l'autre non. Lorsqu'ils doivent choisir entre des informations contradictoires fournies par les deux, ils ont tendance à choisir l'adulte le plus populaire.*

Les enfants à partir de 3 ans utilisent donc des critères qui leur permettent de choisir un informateur parmi d'autres de manière non aléatoire (Harris, 2012). Le recours à des critères n'est pas nécessairement explicite et, bien au contraire, il fonctionne de manière heuristique — silencieuse, rapide, implicite. (Sperber et al. 2010) ont développé une théorie — la théorie de la vigilance épistémique — qui prend en compte ces données et d'autres pour tracer le profil d'un module cognitif dédié à optimiser notre communication grâce au filtrage des informations.

Un point important de la théorie de la vigilance épistémique est que les critères naturels que nous utilisons pour évaluer la qualité de l'information fournie par les autres peuvent être plus ou moins sophistiqués et exigeants en termes cognitifs.

En fait, si nous voulions être très sélectifs, nous devrions mettre en place des critères

plus coûteux, qui évaluent la confiance en s'adaptant aux circonstances : par exemple en reconnaissant qu'une même personne puisse être compétente ou ignorante selon le domaine en question. Mais nous ne sommes pas toujours capables ou disposés à payer le coût de ces critères.

La vigilance épistémique naturelle n'est pas infaillible. En particulier dans le cas de situations complexes ou inhabituelles — telles qu'un contexte social plus large, comparé à celui qui a vu nos capacités évoluer ; ou dans le cas de contextes et de contenus qui sont le produit de notre longue et complexe évolution culturelle, tels que des institutions, des artefacts, des connaissances hautement spécialisées — les solutions disponibles ne peuvent pas fonctionner correctement (Sperber et al., 2010). Pire encore, nos mécanismes de vigilance peuvent nous amener à commettre des erreurs.

Penchons-nous sur un exemple concret. En 2007, l'Institut des sciences et de la médecine de l'Oregon lance le projet de pétition pour le réchauffement climatique. La pétition dénie le diagnostic partagé par une vaste majorité de climatologues, à savoir que les activités anthropiques ont un impact sur le climat et que le réchauffement de la planète représente une menace majeure pour l'humanité à différents niveaux. Plus de 30000 scientifiques ont signé la pétition. Comment devrions-nous interpréter cette information ? Le fait que des milliers de personnes aient souscrit à la pétition suscite très probablement une réaction favorable, notamment parce que ces personnes sont en l'occurrence des scientifiques ; de plus, la pétition est émise par un institut scientifique, ce qui représente un autre critère d'expertise, donc de confiance, en matière de faits scientifiques. Mais est-il vraiment pertinent de se fier à cette source ? Outre le fait que l'Oregon Institute n'est pas une institution scientifique reconnue, les 30000 signatures et plus n'impliquent pas une réelle expertise. Les scientifiques de la pétition ne sont pas experts dans le domaine du changement climatique. Or, la science est devenue un domaine extrêmement spécialisé, et être scientifique ne veut pas dire qu'on peut aussi bien être expert en biologie moléculaire, physique des hautes énergies, phénomènes météorologiques... Il faut posséder une connaissance suffisamment approfondie de la science en tant qu'institution pour se demander si l'expertise affichée est réelle. La connaissance de la science et de ses organismes est donc un critère avancé pour jauger l'information en question.

L'existence de mécanismes naturels de vigilance épistémique et l'identification de leurs limites a des conséquences importantes pour l'esprit critique.

La première est une conséquence optimiste : nous ne sommes pas aussi crédules que nous le pensons, nous ne sommes pas des "idiots critiques" face aux informations qui nous viennent d'autrui. Cette première conséquence impose de s'interroger sur la nature des fake news, de la "persuasion", etc. (Mercier 2017, 2020).

La deuxième est une conséquence pratique pour l'éducation : nous pouvons extraire des indications sur le genre de connaissances à acquérir pour outiller son esprit critique et le rendre plus sophistiqué dans l'évaluation de l'information de seconde main. Il s'agira notamment de :

- Outiller l'évaluation des sources d'information, via des stratégies et des critères de jugement adaptés. Il s'agit par exemple de se doter de stratégies pour identifier l'origine d'une information, de critères pour jauger correctement l'expertise tout en tenant compte du fait que certains indices spontanément utilisés peuvent prendre une valeur différente dans des nouveaux contextes (réputation

et prestige pouvant être façonnés par les nouveaux médias ou manipulés, voir encadré sur la pétition de l'Oregon contre le climat).

- Acquérir des critères plus sophistiqués ou plus appropriés pour évaluer les contenus de l'information : des critères pour évaluer plus correctement les preuves ; des critères pour comprendre comment la connaissance est produite.

Nous n'avons pas besoin d'inventer ces critères à partir de zéro, car nous les retrouvons encore une fois dans notre boîte à outils, mais cette fois-ci, ils sont le produit de notre évolution culturelle plutôt que naturelle.

En tant qu'espèce, nous avons historiquement inventé et perfectionné un grand nombre d'artefacts — institutions, pratiques, savoirs — dont le rôle est de réduire les risques de propagation de fausses idées et de permettre une meilleure évaluation de l'information, ainsi que des contenus. Parmi ces artefacts, la science représente un cas exemplaire d'externalisation et de potentialisation des compétences naturelles de la vigilance épistémique et de la calibration de la confiance (Sperber et al. 2010 ; Carruthers et al., 2002).

Des outils pour aider à calibrer sa confiance

Dans les années 1990, le domaine de la médecine a vu naître un outil permettant d'évaluer rapidement la qualité des preuves disponibles en faveur d'une certaine intervention: la « pyramide de preuves » (Sackett et al. 1992 ; Guyatt et al. 1993). La position sur la pyramide dépend du fait que les preuves à l'appui d'une assertion donnée résultent de méthodes permettant de contrôler les biais connus et inconnus. Ainsi, à la base de la pyramide, nous trouvons des preuves non expérimentales, non observationnelles, à savoir : des opinions d'experts basées sur des connaissances générales. Au sommet de la pyramide, nous trouvons des méta-analyses de multiples études conduites selon les méthodes expérimentales les plus rigoureuses. Les auteurs de la pyramide ont toujours précisé que ce qui importait, c'était non pas de rejeter les « preuves de faible qualité », mais de prendre conscience, tout en prenant une décision, du type de preuve à l'appui de la décision. Garder cela à l'esprit devrait aider à prendre la meilleure décision possible compte tenu des circonstances, c'est-à-dire : la décision qui repose sur les meilleures preuves disponibles. Garder à l'esprit la qualité des preuves disponibles nous aide également à nous caler sur notre confiance et à être plus ou moins prêt — et à juste titre — à changer d'avis ou à rechercher des alternatives et de meilleures preuves.

Plus récemment, les climatologues ont ressenti le besoin de communiquer en toute transparence le niveau de confiance associé à chaque affirmation contenue dans les rapports périodiques produits par le GIEC depuis 2003 (GIEC, 2010). Le niveau de confiance est basé sur deux paramètres. Premièrement, la qualité des preuves à l'appui de l'affirmation — combien d'études existent, quel type d'études, leur qualité, c'est-à-dire l'incertitude associée à leurs méthodes. Deuxièmement, la convergence des résultats. En combinant leur jugement sur la qualité des preuves et celui sur l'accord, les scientifiques peuvent ainsi déclarer leur niveau de confiance de manière normalisée — même si elle n'est pas strictement objective et quantifiée.

La pyramide des preuves et la grille de confiance sont les contreparties « passives » des stratégies actives qui constituent ce que l'on appelle souvent la « méthode scientifique ». Ils représentent des exemples d'artefacts inventés par la science afin d'objectiver et d'évaluer facilement la qualité épistémique d'informations et de calibrer la confiance des scientifiques en fonction de leur évaluation.

Nous pouvons nous en inspirer pour tirer meilleur parti de notre esprit critique naturel, en l'outillant pour mieux calibrer notre confiance.

Conclusion : Esprit critique et société

Nous avons passé en revue un exemple de mécanismes qui nous rendent capables à la fois de produire et d'évaluer des explications qui nous seraient données. Ces mécanismes ont des limites — bien qu'ils soient assez puissants, joints à notre apprentissage par l'expérience pour nous permettre de nous en sortir dans des situations quotidiennes.

Les limites que nous avons décrites — explications naïves parfois incorrectes et difficiles à corriger, susceptibilité d'évaluer les informations et donc les explications sur la base de critères parfois simplistes, génériques, à bas coût, susceptibilité de mal calibrer la confiance qu'on devrait porter à nos intuitions — nous fournissent autant d'indications pédagogiques pour intervenir sur le terrain de l'éducation et outiller nos capacités naturelles. L'objectif est celui de nous rendre plus à même d'évaluer les informations en notre possession à la fois pour produire des explications plus correctes et pour mieux jauger les explications qui nous sont fournies par autrui.

Se limiter à ces considérations d'ordre individuel serait cependant oublier que nous vivons dans une société où la division du travail intellectuel permet à certains individus de se spécialiser dans la production de connaissances et dans la vérification des informations (Bronner, 2013 ; Origgi, 2017).

Nous faisons donc appel à une conception distribuée de cognition (Hutchins, 1995, 1995) à appliquer à l'esprit critique.

L'esprit critique avancé — outillé, éduqué — comporte la capacité d'exploiter le travail d'évaluation de l'information produit par les autres dans le cadre de leurs activités spécialisées. Paradoxalement donc, l'esprit critique consiste aussi à savoir déléguer une partie du travail d'évaluation à des individus ou structures sociales reconnus comme étant plus compétents, notamment en vertu de leur base de connaissances et des méthodes employées pour les produire et évaluer.

La science, avec ses mécanismes d'évaluation des preuves et ses structures institutionnelles de validation des sources (peer reviewing, revues, etc.), est un cas exemplaire de démarche qui sélectionne les connaissances validées selon des principes méthodologiques explicites et rigoureux. Exercer son esprit critique signifie donc savoir déférer à la science et à ses explications (Sperber et al., 2010).

Mais pour cela, il est nécessaire de comprendre les méthodes et critères de celle-ci.

Il ne s'agit pas de signer un contrat de confiance en blanc, mais de faire confiance à bon escient (Oreskes, 2019) — comme la discussion concernant la vigilance épistémique nous l'a montré.

Références

- Asch, S.E. (1952). "Social psychology". Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall.
- Atran, S., Medin, D., & Sousa, P. (2002). Essentialism and folkbiology: Evidence from Brazil. *Journal of Cognition and Culture*, 2(3), 195-223.
- Bronner, G. (2013). *La démocratie des crédules*. Presses universitaires de France.
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13-19.
- Carruthers, P., Stich, S., & Siegal, M. (Eds.). (2002). *The cognitive basis of science*. Cambridge University Press.
- Cialdini, R. B., & Goldstein, N. J. (2004). Social influence: Compliance and conformity. *Annu. Rev. Psychol.*, 55, 591-621.
- Clegg, J. M., & Legare, C. H. (2016). Instrumental and conventional interpretations of behavior are associated with distinct outcomes in early childhood. *Child Development*, 87(2), 527-542.
- Cohen, L. B., & Amsel, G. (1998). Precursors to infants' perception of the causality of a simple event. *Infant behavior and development*, 21(4), 713-731.
- Cohen, L. B., Amsel, G., Redford, M. A., & Casasola, M. (1998). The development of infant causal perception. *Perceptual development: Visual, auditory, and speech perception in infancy*, 167-209.
- Corriveau, K. H., & Harris, P. L. (2010). Preschoolers (sometimes) defer to the majority in making simple perceptual judgments. *Developmental psychology*, 46(2), 437.
- Gelman, S. A. (2003). *The essential child: Origins of essentialism in everyday thought*. Oxford Series in Cognitive Dev.
- Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trends in cognitive sciences*, 8(9), 404-409.
- Gelman, S. A. (2004). Psychological essentialism in children. *Trends in cognitive sciences*, 8(9), 404-409.
- Gigerenzer, G. (2008). *Rationality for mortals: How people cope with uncertainty*. Oxford University Press.
- Gopnik, A. (2010). How babies think. *Scientific American*, 303(1), 76-81.
- Gopnik, A. (2012). Scientific thinking in young children: Theoretical advances, empirical research, and policy implications. *Science*, 337(6102), 1623-1627.
- Gopnik, A., & Schulz, L. (2004). Mechanisms of theory formation in young children. *Trends in cognitive sciences*, 8(8), 371-377.
- Gopnik, A., & Wellman, H. M. (2012). Reconstructing constructivism: Causal models, Bayesian learning mechanisms, and the theory theory. *Psychological bulletin*, 138(6), 1085.
- Gopnik, A., Meltzoff, A. N., & Kuhl, P. K. (1999). *The scientist in the crib: Minds, brains, and how children learn*. William Morrow & Co.
- Gopnik, A., Schulz, L., & Schulz, L. E. (Eds.). (2007). *Causal learning: Psychology, philosophy, and computation*. Oxford University Press.
- Gopnik, A., Sobel, D. M., Schulz, L. E., & Glymour, C. (2001). Causal learning mechanisms in very young children: Two-, three-, and four-year-olds infer causal relations from patterns of variation and covariation. *Developmental psychology*, 37(5), 620.
- Harris, P. L. (2012). *Trusting what you're told: How children learn from others*. Harvard University Press.
- Harris, P. L., & Corriveau, K. H. (2011). Young children's selective trust in informants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366(1567), 1179-1187.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (1994). Young children's naive theory of biology. *Cognition*, 50(1-3), 171-188.
- Hatano, G., & Inagaki, K. (2013). *Young children's thinking about biological world*. Psychology Press.
- Haun, D. B., & Tomasello, M. (2011). Conformity to peer pressure in preschool children. *Child development*, 82(6), 1759-1767.
- Heider, F., & Simmel, M. (1944). An experimental study of apparent behavior. *The American journal of psychology*, 57(2), 243-259.
- Hutchins, E. (1995). How a cockpit remembers its speeds. *Cognitive science*, 19(3), 265-288.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild* (No. 1995). MIT pres
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children's conception of the biological world. *Current Directions in Psychological Science*, 15(4), 177-181.

- Kahan, D. M. (2015). The politically motivated reasoning paradigm, part 1: What politically motivated reasoning is and how to measure it. *Emerging trends in the social and behavioral sciences: An interdisciplinary, searchable, and linkable resource*, 1-16.
- Keil, F. C. (1992). *Concepts, kinds, and cognitive development*. mit Press.
- Keil, F. C. (2007). Biology and beyond: Domain specificity in a broader developmental context. *Human Development*, 50(1), 31-38.
- Kushnir, T., & Gopnik, A. (2007). Conditional probability versus spatial contiguity in causal learning: Preschoolers use new contingency evidence to overcome prior spatial assumptions. *Developmental psychology*, 43(1), 186.
- Kushnir, T., Xu, F., & Wellman, H. M. (2010). Young children use statistical sampling to infer the preferences of other people. *Psychological science*, 21(8), 1134-1140.
- Legare, C. H., & Lombrozo, T. (2014). Selective effects of explanation on learning during early childhood. *Journal of experimental child psychology*, 126, 198-212.
- Leslie, A. M., & Keeble, S. (1987). Do six-month-old infants perceive causality?. *Cognition*, 25(3), 265-288
- Luo, Y., & Baillargeon, R. (2005). Can a self-propelled box have a goal? Psychological reasoning in 5-month-old infants. *Psychological Science*, 16(8), 601-608.
- Medin, D. L., Atran, S., & Atran, D. D. R. S. (Eds.). (1999). *Folkbiology*. Mit Press.
- Mercier, H. (2017). How gullible are we? A review of the evidence from psychology and social science. *Review of General Psychology*, 21(2), 103-122.
- Mercier, H. (2020). *Not born yesterday: The science of who we trust and what we believe*. Princeton University Press.
- Mercier, H., & Sperber, D. (2017). *The enigma of reason*. Harvard University Press.
- Michotte, A. (1946). La perception de la causalité.(Etudes Psychol.), Vol. VI.
- Newman, G. E., Choi, H., Wynn, K., & Scholl, B. J. (2008). The origins of causal perception: Evidence from postdictive processing in infancy. *Cognitive psychology*, 57(3), 262-291.
- Oreskes, N. (2019). *Why Trust Science?* (Vol. 1). Princeton University Press.
- Origgi, G. (2017). *Reputation: What it is and why it Matters*. Princeton University Press.
- Pew Research Center, August 2019, "Trust and Mistrust in Americans' Views of Scientific Experts"
- Pew Research Center, March 2019, "What Americans Know About Science"
- Pinker, S. (2002). *The Blank Slate* (New York: Viking).
- Potvin, P., & Cyr, G. (2017). Toward a durable prevalence of scientific conceptions: Tracking the effects of two interfering misconceptions about buoyancy from preschoolers to science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(9), 1121-1142.
- Scholl, B. J., & Tremoulet, P. D. (2000). Perceptual causality and animacy. *Trends in cognitive sciences*, 4(8), 299-309.
- Schulz, L. E., & Bonawitz, E. B. (2007). Serious fun: preschoolers engage in more exploratory play when evidence is confounded. *Developmental psychology*, 43(4), 1045.
- Schulz, L. E., & Gopnik, A. (2004). Causal learning across domains. *Developmental psychology*, 40(2), 162.
- Shtulman, A. (2017). *Scienceblind: Why our intuitive theories about the world are so often wrong*. Hachette UK.
- Shtulman, A., & Valcarcel, J. (2012). Scientific knowledge suppresses but does not supplant earlier intuitions. *Cognition*, 124(2), 209-215.
- Simons, D. J., & Chabris, C. F. (2010). The invisible gorilla: How our intuitions deceive us.
- Sloman, S., & Fernbach, P. (2018). *The knowledge illusion: Why we never think alone*. Penguin.
- Spelke, E. S., & Kinzler, K. D. (2007). Core knowledge. *Developmental science*, 10(1), 89-96.
- Sperber, D., Clément, F., Heintz, C., Mascaro, O., Mercier, H., Origgi, G., & Wilson, D. (2010). Epistemic vigilance. *Mind & Language*, 25(4), 359-393.
- Tajfel, H. (1970). Experiments in intergroup discrimination. *Scientific American*, 223(5), 96-103.
- Tooby, J., Cosmides, L., & Barkow, J. (1992). The adapted mind. *Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*.
- Van der Linden, S. (2015). The social-psychological determinants of climate change risk perceptions: Towards a comprehensive model. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 112-124.
- Vosniadou, S. (Ed.). (2009). *International handbook of research on conceptual change*. Routledge.
- Xu, F., & Garcia, V. (2008). Intuitive statistics by 8-month-old infants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(13), 5012-5015.