

Notes
de didactique
& ergonomie cognitive

par
**Martin
Galilée**

[Concis].
mars 2020

Table des matières

Le conditionnement	3
Apprentissage social	5
Simulations mentales	6
Cognition incarnée	9
Apprendre à compter	11
Ubiquitous embodiment	13
Modèles mentaux	14
Méconceptions	17
S'adapter au modèle	18
Pratiquer	20
Facilité cognitive	21
Conclusion	21



La psychologie cognitive cherche à déterminer comment fonctionne la cognition humaine dans le cas général, comment marche la machine. C'est un peu du *retro-engineering* appliqué à l'humain : devant la complexité et l'intrication des phénomènes, on cherche à en déterminer les lignes directrices.

Je vais présenter ici différentes perspectives qui, à mon sens, s'articulent particulièrement bien pour rendre compte du fonctionnement cognitif humain avec élégance et parcimonie. Elles commencent par les études béhavioristes du début du 20^e siècle, et finissent avec la recherche en cognition incarnée en train de se faire. Un siècle de psychologie nous éclaire pour donner une perspective peut-être finalement très intuitive.

Le conditionnement

Un principe de base régit toutes les entités capables d'apprentissage : répéter ce qui est bon, éviter ce qui est mauvais. Il concerne les humains, les animaux, et également les intelligences artificielles. Il a été mis en lumière par l'américain Skinner dans les années 1930 sous le nom de conditionnement opérant (ci-après, conditionnement), dans le champ de la psychologie nommé le comportementalisme. Ce champ visait à décrire les mécanismes de l'apprentissage et du comportement sans expliquer ce qu'il se passe dans la tête des apprenants, considérée une « boîte noire » inexplorable. Elle l'était,



jusqu'à l'apparition de techniques d'imagerie cérébrale qui ont accompagné un changement de paradigme quelques décennies plus tard.

Répéter ce qui est bon et éviter ce qui est mauvais nécessite une définition opérationnelle de *bon* et de *mauvais*. Le corps humain utilise par exemple les neurotransmetteurs du plaisir et la sensation de douleur. Répéter le plaisir, éviter la douleur. Mais les plaisirs ne sont pas accessibles à l'organisme par sa simple volonté, il faut souvent, pour y accéder, mettre en place un certain comportement. Pour que l'estomac libère un message de plaisir, il faut le remplir ; il faut donc manger. La première fois que ce comportement est mis en place, plaisir est libéré, et le mécanisme du conditionnement augmente la probabilité que ce comportement se répète. L'individu a appris à manger. De la même manière, par la douleur, il peut apprendre à éviter de manger certaines choses, trop dures ou indigestes, et un système conditionné se crée, basé sur la perception d'une chose (une pomme), un comportement associé (manger), et une réponse (de l'estomac : plaisir).

Ce principe simple régit énormément d'apprentissages. Il ne nécessite pas que l'individu comprenne le phénomène ou en ait même conscience. Ainsi, il est très utile pour créer des comportements durables chez les êtres non doués de langage, comme les enfants ou les animaux.

Pour utiliser le conditionnement, il faut en revanche avoir la main sur une récompense ou un punisseur, pour ne les accorder que lorsque le comportement désiré a été mis en place. Mais chez les humains de tous les âges, il existe une récompense qui marche souvent très bien et dont ils n'ont jamais assez : l'attention d'autrui. C'est ainsi que les réseaux sociaux peuvent devenir des obsessions, que des gens peuvent rafraîchir leurs pages plusieurs fois par heure ou par minute pour voir si leur dernière publication obtient des



vues : chaque rafraîchissement est un comportement récompensé par de l'attention sociale comptabilisée en vues, et qui augmente la propension à rafraîchir la page à nouveau. Pour ce qui est des punisseurs, on évite de les utiliser à moins d'être un expert, c'est très dangereux, ils créent beaucoup d'émotions négatives.

Le conditionnement a été étudié en détail et son fonctionnement est connu très précisément. C'est extrêmement intéressant, et il se trouve que j'ai écrit un cours sur le sujet, disponible sur demande. Mais ici, il suffira de résumer ainsi : pour qu'un comportement se reproduise, il faut le valoriser (socialement suffit généralement), et pour qu'un comportement s'arrête, il faut l'ignorer.

Grâce aux règles du conditionnement, on comprend que tout nouveau comportement mis en place par un être ou une personne se verra soit positivement récompensé et sera donc répété, soit sera ignoré ou négativement récompensé et ne sera donc pas répété. Les nouveaux comportements peuvent apparaître aléatoirement, c'est ce qui est fait chez les intelligences artificielles, ou bien par observation d'autrui et répétition : c'est l'apprentissage social.

Apprentissage social

La première démonstration scientifique de l'apprentissage par imitation s'est faite en montrant à un enfant le mauvais exemple, un comportement violent à



l'égard d'une poupée, et en le laissant seul pour voir s'il le reproduisait. En effet, il se mettait à frapper la poupée¹.

L'apprentissage social est très important chez les humains et de nombreux animaux. Il permet de gagner énormément de temps pour l'apprenant, en partant de la base de comportements qui ont déjà été filtrés par le mécanisme du conditionnement chez les pairs. Essentiellement, un comportement mis en place par un pair ne devrait exister que s'il est « bon », sachant que s'il était « mauvais » il aurait été supprimé par le conditionnement. Ainsi un mammifère peut apprendre à choisir sa nourriture en observant ses parents, qui vont très probablement l'orienter vers des choses comestibles.

Pour des jeunes personnes ou des débutants dans n'importe quel domaine, c'est-à-dire des gens ayant un registre de comportements très limité dans une certaine situation, l'observation des pairs est primordiale et va constituer la source de presque tous les comportements. Le conditionnement va ensuite faire le tri de ceux qui restent et ceux qui disparaissent.

Chez les animaux très sociaux et notamment chez les primates, l'apprentissage social peut aller encore plus loin, au sens où les plaisirs perçus par autrui peuvent se transformer en plaisir chez l'observateur. Ainsi, il est possible de soumettre un comportement au filtre du conditionnement simplement en regardant un pair. Cela est dû à la capacité de projection et d'imagination, de *simulation*, de ces animaux et humains.

¹ Albert Bandura, Dorothea Ross et Sheila A. Ross, « Transmission of aggression through imitation of aggressive models », *Journal of Abnormal and Social Psychology*, vol. ou n° 63, 1961, p. 575-582 (DOI 10.1037/h0045925).



Simulations mentales

À partir du milieu des années 1990, on a beaucoup entendu parler des neurones miroirs, ces neurones spécifiques spécialisés dans la réplication des comportements et émotions d'autrui. Ils avaient été mis en évidence par hasard, lorsqu'un chimpanzé de laboratoire au cerveau scanné par une machine s'était « imaginé » lécher une glace que l'expérimentateur mangeait pendant sa pause. La machine avait révélé que les zones de la récompense étaient activées chez ce chimpanzé à ce moment².

Il apparaît aujourd'hui que la simulation mentale est un phénomène généralisé dans la cognition humaine. Nous passons notre temps à interagir mentalement avec notre environnement, à lécher les glaces des autres, attrapper les poignées, pousser les boutons, frapper dans les ballons, etc. Cela se produit à la simple vue des objets, à la vue d'une autre personne faisant l'action, ou lorsque ces objets et actions sont évoqués notamment par la parole. C'est la véritable force de la cognition humaine : être capable d'interagir, hors des contraintes du temps et de l'espace, avec des simulations de morceaux choisis de la réalité. Cela permet non seulement de prédire la conséquence d'un comportement, mais aussi tout bonnement d'inventer le langage, cette manipulation mentale d'objets absents. Mais comment ça marche ?

Les simulations mentales seraient des actions et perceptions presque complètes mais qui ne sortiraient pas du cerveau. Ainsi, s'imaginer attrapper un mug implique les zones du cortex moteur de la même manière que lorsque

² <https://www.scientificamerican.com/article/mirroring-behavior/>



l'on attrape ce mug en vrai, mais le signal s'arrête avant d'atteindre les muscles. Pour les perceptions, les zones perceptives sont activées lors d'une simulation de la même manière que lorsque l'objet est réellement perçu. C'est dans les deux cas une ré-activation d'un signal neuronal activé précédemment, avec évidemment plus ou moins de précision selon l'expertise. Voir un champion de football frapper dans un ballon active mon cortex moteur pour simuler la frappe, mais cette activation ne correspond bien sûr pas précisément au magnifique coup de pied du champion.

Les simulations mentales peuvent émerger à la vue d'une autre personne effectuant une action, par effet social comme décrit plus haut, mais aussi à la vue d'un stimulus qui a, par le passé, servi à une interaction. Ces éléments sont nommés des *affordances* et génèrent des simulations mentales indépendantes du contrôle conscient des individus. Par exemple, une poignée est une affordance qui invite à l'attrapper et génère chez les gens des simulations mentales correspondantes. Dans le design (notamment d'objets didactiques ou de médiation), on peut ainsi vérifier que l'objet créé dispose bien des affordances correspondant à son utilisation, c'est-à-dire des caractéristiques physiques qui invitent à interagir avec lui de la manière supposée. On peut aussi les cacher pour créer un objet énigmatique.



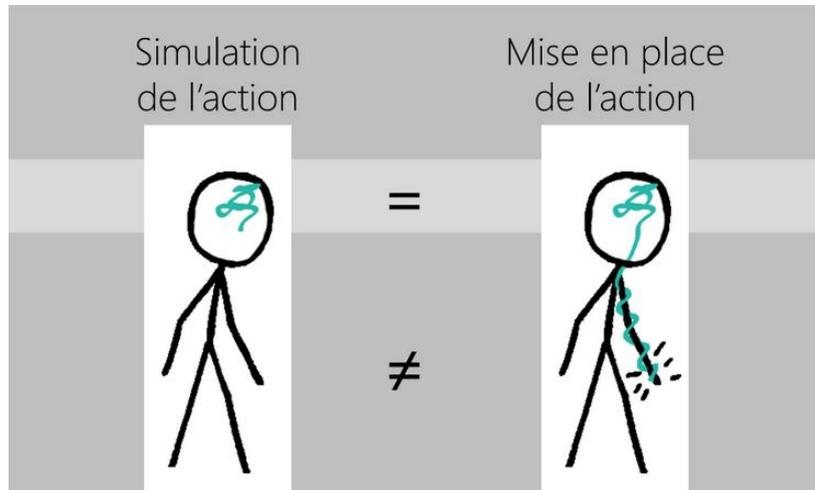


Figure 1. Cette représentation résume l'idée des simulations mentales motrices : l'activation dans les cerveau est essentiellement la même entre simulation et réalisation de l'action, mais elle ne descend pas dans le corps dans le cas de la simulation.

Ce que révèlent les simulations mentales, c'est que le fonctionnement de l'esprit humain n'est pas celui d'une machine, d'un ordinateur, d'un manipulateur de concepts logiques et abstraits. Les théories des années 1970-1980, largement influencées par le développement des ordinateurs, ces « machines intelligentes », avaient en effet donné lieu à des modèles très abstraits et analytiques du fonctionnement mental humain. Aujourd'hui, avec la découverte des simulations mentales, la cognition humaine retrouve son ancrage dans le corps : on parle de cognition incarnée ou *embodied cognition*.

Cognition incarnée

« La théorie de la cognition incarnée, ou *embodied cognition*, est un courant théorique qui s'est développé depuis une trentaine d'années notamment en opposition



à la conception cognitiviste de la pensée humaine, dominante depuis l'avènement des sciences cognitives dans les années 1950. Influencé par l'essor de l'intelligence artificielle, de la linguistique générative, et de la logique formelle, le cognitivisme modélise la cognition en référence à la métaphore de l'ordinateur. La cognition dite "centrale" (mémoire, raisonnement, compréhension...) y est décrite comme un ensemble de manipulations de symboles abstraits et amodaux. Ces systèmes perceptifs et moteurs ne lui servant que de périphériques d'entrée et de sortie, ils sont donc peu importants pour en décrire le fonctionnement (par ex., Fodor, 1986). De son côté, la cognition incarnée prend sa source dans la théorie de l'évolution, et en particulier dans l'idée que nous descendons de créatures dont le système nerveux était dédié essentiellement aux traitements perceptifs et moteurs permettant d'interagir avec l'environnement immédiat. Cette idée a notamment deux conséquences (Wilson, 2002). Premièrement, la cognition n'est plus vue sous l'angle du traitement d'information, mais plutôt comme ayant pour visée de supporter l'action. En effet, la pression sélective favorisant les comportements les plus efficaces et adaptés à la survie, l'intérêt de développer un appareil cognitif aurait été avant tout de répondre à ces besoins. Deuxièmement, au lieu de s'être développée de manière centralisée et totalement distincte des modules sensoriels et moteurs, la cognition prendrait ses racines dans les systèmes sensorimoteurs, ces derniers devenant essentiels pour la décrire. La cognition ne serait donc plus abstraite et amodale, mais plutôt essentiellement sensorimotrice. Pour résumer, la cognition incarnée considère que l'esprit doit être compris dans le contexte de son corps (le "contexte sensorimoteur"), et de l'interaction de ce dernier avec l'environnement. »³

De nombreuses études montrent en effet que le corps influence la pensée, qui était jusqu'alors considérée abstraite. Ainsi, si l'on demande à des personnes d'estimer à quelle distance, en mètres, se trouve un arbre au loin, ils

³ Cognition incarnée : un point de vue sur les représentations spatiales. Léo Dutriaux et Valérie Gyselinck, *L'Année psychologique* 2016/3 (Vol. 116), pages 419 à 465



estimeront une plus grande distance s'ils portent un lourd sac à dos que s'ils n'en portent pas⁴. Le calcul de la distance ne se fait donc pas qu'avec les yeux, comme un géomètre le ferait, mais aussi avec le corps. On peut supposer qu'une simulation mentale de la marche jusqu'à cet arbre, impliquant le cortex moteur, est prise en compte dans l'estimation de la distance. Une autre étude⁵ a montré qu'un produit publicitaire était plus attractif s'il était placé dans un contenant avec la poignée à droite pour des droitiers et à gauche pour les gauchers, parce que cette orientation permettait d'augmenter les simulations mentales de l'attrapper. Plus encore, si l'on occupe la main droite d'un droitier, il devient davantage sensible à la publicité avec la poignée à gauche car il ne peut plus simuler attrapper le mug avec la main droite puisque son cortex est bloqué sur le maintien de ce qu'il a déjà en main. Dans mes études, j'ai montré qu'une page web immersive imitant les propriétés spatiales du monde réel permettait de mieux s'orienter dans la page et retrouver des contenus, car elle permettait à l'utilisateur, grâce aux indices spatiaux, de générer des simulations de mouvement. J'ai aussi montré, après d'autres auteurs, que la perceptions des grandeurs numériques, des quantités, n'est pas un concept abstrait comme pour un ordinateur mais est liée à des représentations mentales visuelles et spatiales, essentiellement des simulations mentales d'empilements et d'alignements.

⁴ Proffitt, D. R., Stefanucci, J., Banton, T., and Epstein, W. (2003). The role of effort in perceiving distance. *Psychol. Sci.* 14, 106–112. doi: 10.1111/1467-9280.t01-1-01427

⁵ Tucker, M., and Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.* 24, 830–846. doi: 10.1037/0096-1523.24.3.830



Apprendre à compter

Comme le montre l'exemple des nombres, les simulations mentales sont capables de générer de la cognition très abstraite. Le processus de raffinement des simulations mentales a été étudié notamment chez les enfants apprenant à compter. Initialement, on leur apprend à lever un doigt pour chaque mot prononcé d'une suite abstraite : un, deux, trois, ... *Deux* n'est ainsi que le mot que l'on dit après *un* et avant *trois*. Connaître par cœur la liste de ces mots abstraits est un exercice que les enfants adorent pratiquer. Ils répètent la liste très vite, sans se demander combien de quoi ils comptent. Ils répètent une liste, presque une chanson, de même qu'ils apprennent l'alphabet. En associant un mot à chaque objet compté, ils peuvent arrêter leur compte verbal sur le dernier objet et simplement répéter le dernier mot : « Sept ! Il y en a sept ! » Ce que je cherche à souligner, c'est qu'il s'agit uniquement d'un comportement basé sur des actions dans le monde réel, il n'y a pas besoin d'une compréhension abstraite du concept *sept*.

Progressivement, les apprenants vont remplacer le lever de leurs doigts et la prononciation à voix haute par la simulation mentale du lever de doigt et la simulation mentale du compte. Ils vont apprendre à compter dans leur tête. Mais ils utilisent tout de même les régions cérébrales liées à la parole et au contrôle moteur des doigts. Ainsi même des adultes voient leurs performances de calcul mental baisser si l'on recrute leurs mains pour une action qui vient parasiter leur capacité à calculer sur leurs « doigts mentaux »⁶.

⁶ « The importance of such embodied finger-based representations of number magnitude is further illustrated by findings suggesting that blind children (Crollen et al., 2011) and even children with amputated hands and forearms (Poeck, 1964) use their (phantom) hands and fingers as external quantifiers. » Moeller K, Martignon L, Wessolowski S, Engel J and Nuerk H-C (2011) Effects of finger



Au fur et à mesure de l'éducation, des stratégies vont être enseignées aux enfants d'abord dans le monde réel, puis vont être internalisées par des simulations. On leur apprend d'autres phrases toutes faites à répéter comme des mantras, « six-fois-six-trente-six », « trois-fois-neuf-vingt-sept », qu'ils sauront simuler mentalement au besoin des calculs futurs. Il s'agit ici d'une simulation mentale de la parole. On leur apprend aussi à poser les additions sur papier, pour traiter séparément les dizaines des unités, et ils apprendront à simuler cette stratégie mentalement, se libérant du papier tant que leur mémoire visuelle de travail leur permet de garder en tête les retenues et les chiffres déjà résolus. Il ne s'agit dans tous les cas que d'écrire sans les mains, de parler sans la bouche. La différence entre l'adulte qui compte mentalement et l'enfant qui compte sur ses doigts est quantitative, mais pas qualitative. Ils font la même chose, en s'appuyant plus ou moins sur le monde physique selon leur expertise à simuler.

Ubiquitous embodiment

Quelques exercices permettent de se rendre compte à quel point la pensée humaine est ancrée dans le corps et le monde physique ou sa simulation. Si l'on demande « laquelle est plus au nord, de Madrid ou de Rome ? », il y a fort à parier que la plupart des personnes tenteront de se représenter (simulation visuelle) une carte de l'Europe méditerranéenne et de déterminer laquelle des deux villes est la plus proche du bord supérieur de la carte. Si l'on cherche à résoudre un problème de roues dentées, en demandant dans quel sens tournera la dernière roue d'un système complexe, les personnes tentant de

counting on numerical development – the opposing views of neurocognition and mathematics education. *Front. Psychology* 2:328. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00328



résoudre le problème mimeront avec leurs mains le sens de rotation des roues, l'une après l'autre, jusqu'à arriver à la dernière⁷. La méthode analytique consisterait à assigner à la première un sens (horaire/antihoraire) et à compter si le nombre de roues du système est pair ou impair... Mais la cognition humaine se fait spontanément par simulations et manipulations physiques du monde.

Lakoff et Johnson ont publié en 1980 un livre de psycho-linguistique fascinant sur les métaphores dans le langage (*Metaphors we live by*). Ils montrent que la communication et la pensée sont basées sur des métaphores, raffinées au fil des siècles par les cultures, qui sont toutes initialement basées sur des interactions physiques du corps avec son environnement, et que ces métaphores portent encore un certain sens corporel et physique qui oriente notre compréhension du monde.

Le fonctionnement intellectuel par simulations mentales plutôt que par manipulation de l'environnement est tellement promulgué par l'éducation scolaire que l'on en vient à oublier qu'il n'est qu'une construction, un raffinement, une expertise. Ainsi, les psychologues cognitifs sont passés à côté de la cognition incarnée durant des décennies, percevant l'esprit humain comme un froid calculateur de symboles abstraits plutôt que comme un simulateur perpétuel. On retrouve aujourd'hui des idées comme le *cognitive offloading*, qui décrit la stratégie d'utiliser le monde réel pour limiter l'effort mental, alors que cette stratégie est finalement la plus naturelle et la moins complexe ! Ainsi on observe que des joueurs de Tetris préfèrent tourner leurs pièces dans le jeu plutôt que dans leur tête pour voir où ils pourront les placer. Ils s'épargnent ainsi l'effort de devoir simuler mentalement ces

⁷ Alibali, M. W. (2005). Gesture in spatial cognition: Expressing, communicating, and thinking about spatial information. *Spatial cognition and computation*, 5(4), 307-331.



rotations⁸. De même, prendre des notes sur papier est une bonne méthode de *cognitive offloading* pour éviter de prendre des notes mentales.

Modèles mentaux

L'observation du monde réel (ou l'observation de représentations créées pour les apprenants) permet de créer mentalement des modèles fonctionnels, des simulations, à partir desquelles peuvent être tirées des observations réalisées entièrement mentalement. On appelle ces observations des « déductions », mais bien souvent elles ne sont pas le fruit d'un raisonnement philosophique formel mais la conclusion de l'observation d'un modèle mental. De fait, la réflexion basée sur les syllogismes classiques est loin d'être intuitive, malgré sa clarté en termes de logique. C'est que l'esprit humain ne fonctionne pas spontanément ainsi.

On retrouve les modèles mentaux, souvent visuels et spatiaux, dans toutes les sciences et tous les domaines enseignés aux élèves : cycle de l'eau, mappemonde Mercator, orbites des planètes du système solaire, cycle des jours de la semaine... Ces représentations seront utilisées plus tard mentalement, peut-être pour toute la vie, par les élèves. Par-dessus ces modèles, on leur enseigne aussi des méthodes de manipulation, comme poser les additions, déterminer des angles ou mesurer des distances.

Les modèles ont souvent des similarités avec le monde réel, mais ils ont également toujours des limites. L'exemple le plus parlant est celui du modèle du globe terrestre : on explique aux enfants qu'ils vivent sur une Terre ronde,

⁸ Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive science*, 18(4), 513-549.



alors que leur expérience leur montre qu'elle est plate. Ces deux modèles trouvent des moyens temporaires de cohabiter, en tirant des conclusions qui lient les deux, ou même en utilisant deux modèles différents selon le cas. Comme on le voit dans la représentation des différents modèles de Terre observés chez des enfants, dans la figure 2, il peut y avoir une double représentation (*Dual Earth*) chez la même personne, ou bien une représentation aménagée (*Flattened Sphere*) correspondant à cette logique : la Terre est ronde, mais ici c'est plat et je tiens debout, j'habite donc sur le dessus, qui est aplati.

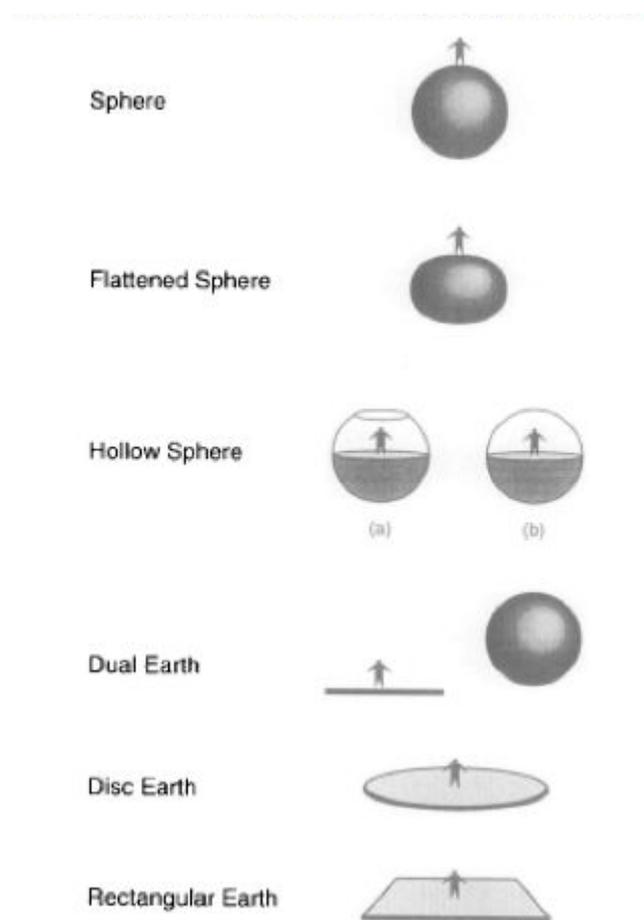


Figure 2. Différents modèles de la Terre d'après des interviews avec des enfants. En bas, les modèles dits naïfs d'une Terre plate, qui viennent spontanément aux enfants avant l'éducation. En haut, le modèle dit correct d'une Terre ronde telle que l'éducation l'enseigne. Entre les deux, les aménagements des enfants. Vosniadou & Brewer, 1992.

Cette logique peut sembler un rien ridicule et infantile, mais elle est en fait présente chez les adultes aussi. Nous nous référons aux modèles pour des utilisations spécifiques, mais pas pour d'autres. Ainsi quand on pense « molécule H_2O », on ne se représente pas les atomes qui la composent comme des nuages d'électrons avec chacun un noyau leur centre. Pour certains même les atomes d'hydrogène sont blancs et celui d'oxygène est rouge... comme à l'école. D'autres exemples révélateurs : une amie de 19 ans me dit un jour en parlant du planisphère que « les pôles ne sont séparés que sur la carte, mais se rejoignent en vrai ». Elle réalise à ses paroles son énormité. Ce qui est fascinant est que l'idée de pôles qui se rejoignent avait survécu durant toute sa scolarité en parallèle du reste de sa compréhension.

Ainsi toute notre compréhension du monde (et des sciences) est basée sur des modèles mentaux plus ou moins conscients sur lesquels nous pouvons réaliser des simulations. Ces modèles sont communiqués directement (souvent visuellement) et volontairement par les enseignants, ou bien sont construits progressivement par les apprenants eux-mêmes. Les exercices scolaires permettent souvent de passer ces modèles au test, de voir s'ils donnent bien les résultats escomptés par l'éducateur, d'en définir les limites, et de souligner les méconceptions.



Méconceptions

Les méconceptions sont des erreurs dans les modèles, ou la méconnaissance de leurs limites, amenant à l'utilisation du mauvais modèle. Une grande part de la pédagogie et de l'éducation, après la proposition de modèles, est d'en identifier les méconceptions chez les apprenants. Le célèbre youtubeur Derek Muller de la chaîne Veritasium en a fait sa méthode pédagogique. Je recommande sa vidéo sur l'origine de la masse des arbres, où il interview des quidam avant d'expliquer la réponse⁹. Derek Muller a écrit une thèse de doctorat sur la pédagogie de la physique, basée sur les méconceptions. Il a montré qu'un enseignement clair et précis donnait l'impression aux apprenants d'avoir tout compris et tout retenu, mais que ce n'était pas le cas. En revanche, leur laisser exprimer leurs méconceptions d'abord pour les corriger ensuite créait plus de confusion et moins de confiance chez les apprenants, mais donnait de meilleurs résultats aux tests. On peut supposer que cette confusion correspond à la remise en question du modèle et au besoin de le transformer. Sans cette étape, les apprenants ont tendance à intégrer les nouvelles connaissances, à tort ou à raison, dans les modèles qu'ils possèdent. Or il faut savoir si l'on en train de compléter et préciser un modèle acquis, de le remettre en question ou d'en proposer un nouveau. Le système éducatif propose ainsi aux élèves de nouveaux modèles les uns sur les autres en permanence, sans forcément leur expliquer que ces modèles ne sont pas compatibles entre eux, ni même sans nécessairement avoir conscience qu'ils ne sont que des modèles. Je pense notamment à l'électricité et à l'énergie que j'ai étudiés dans ma thèse.

⁹ https://youtu.be/2KZb2_vcNTg



S'adapter au modèle

Pour bien enseigner, il faut donc comprendre dans quel monde évolue l'apprenant, quel que soit son âge, pour pouvoir nourrir son modèle mental ou en proposer un autre. Les explications verbales, notamment, nécessitent la possession d'un modèle mental valide chez l'apprenant, sa mise en mouvement mentale, sans support physique, qui requiert de larges ressources cognitives, ainsi que la bonne intégration de l'explication dans ce modèle. De ce fait, selon l'état des modèles mentaux de l'apprenant, la transmission peut mieux se faire de manière expérientielle, par l'observation directe, le toucher et l'action.

Utiliser des supports visuels et moteurs permet ainsi d'éviter d'avoir à simuler mentalement, ce qui simplifie le processus cognitif. De multiples canaux moteurs et sensoriels convergeant dans la même expérience pourraient également augmenter la saillance du phénomène observé et l'enregistrer plus profondément dans le corps. Par exemple, le poids d'un équipement de camping lu sur un site internet s'oublie beaucoup plus vite que ce poids soupesé dans le magasin. Le corps peut ainsi constituer une sorte de ligne directe pour certaines connaissances. Ainsi chez les sportifs, répéter un geste expert sans y penser, c'est-à-dire laisser le corps contrôler le mouvement, donne de meilleurs résultats que de réfléchir à son mouvement¹⁰. Cela fait écho à la tâche d'estimation de la distance de l'arbre avec ou sans sac à dos : c'est bien l'expérience vécue de couvrir une distance à pied qui permet d'estimer la distance (ou au moins l'influence). Ainsi, pour comprendre des

¹⁰ Dijkstra, K., MacMahon, C., and Misirlisoy, M. (2008). The effects of golf expertise and presentation modality on memory for golf and everyday items. *Acta Psychol.* 128, 298-303. doi: 10.1016/j.actpsy.2008.03.001



distances, il serait logique de les parcourir à pied, ou autrement par son propre contrôle moteur, pour les enregistrer corporellement.

L'utilisation du corps n'est cependant pas une absolue nécessité. Les humains sont très visuels, et avec leurs fortes capacités à simuler mentalement, l'expérience physique n'apporte parfois que des bénéfices marginaux. C'est ce qu'une de mes études sur la mémorisation de consommations d'énergie semblait indiquer : allumer plein d'interrupteurs n'élicitait pas une plus grande mémorisation que de tracer une ligne sur du papier. Une action motrice spatiale étant utilisée dans les deux cas, il n'y avait pas de différence fondamentale pour les participants.

Pratiquer

Dans l'enseignement, on cherche à ce que les apprenants acquièrent des connaissances ou un modèle mental et soient capables de s'en servir en autonomie. Il ne suffit donc pas qu'ils soient témoins d'un phénomène et aient la sensation de la comprendre, mais aussi qu'ils soient capables mentalement de le créer à nouveau et de l'observer pour en tirer des conclusions. Il faut donc qu'ils passent le modèle mental par le processus de conditionnement et qu'ils le travaillent, le manipulent et le répètent dans leur tête, peut-être en s'aidant d'abord du monde réel comme support puis en utilisant de plus en plus la simulation mentale.

Il est donc nécessaire, à un certain degré, de réduire l'ergonomie de l'outil didactique pour forcer les apprenants à engager un travail mental. S'ils ne sont que témoins, ils ne pourront pas « apprendre », au sens où ils ne pratiqueront pas le modèle mentalement, ce qui les empêchera de s'en servir à



l'avenir. Ils doivent être acteurs de l'apprentissage. Avec le point de vue des simulations de modèles mentaux grâce aux mécanismes de la cognition incarnée, tout apprentissage consiste à pratiquer et répéter une action, physiquement ou mentalement. Il s'agit d'un entraînement. Il n'y a pas d'apprentissage « abstrait ». Apprendre par cœur consiste à répéter des séquences verbales, comprendre un modèle consiste à répéter les réactions du modèle face aux situations où on le place, etc.

Facilité cognitive

Un mécanisme fondamental – et fascinant – de la cognition humaine tend à nous induire en erreur dans les tâches d'apprentissage. D'après le principe de la *facilité cognitive*, toute opération facile pour le système cognitif est également considérée plus familière et plus agréable. Ce principe a des conséquences très larges sur le fonctionnement cognitif humain, mais dans le cas de l'apprentissage, il donne l'illusion que des tâches faciles, comme suivre un modèle sur une animation ou une vidéo, implique une bonne connaissance. Or, ce n'est pas vrai. La connaissance ne vient que lorsque l'individu a été forcé de re-crée et répéter mentalement le modèle étudié. Simplement le voir à l'écran ne permet pas de le mémoriser. En revanche, cela donne l'impression de maîtriser le sujet car le traitement cognitif est aisé, il suffit de se laisser porter.



Conclusion

Ainsi les apprenants doivent être acteurs de leur apprentissage. Au départ, il convient de leur fournir des modèles les plus tangibles possible pour qu'il puissent mettre le pied à l'étrier. Lorsqu'ils acquièrent une certaine aise avec la manipulation du modèle, il faut retirer des éléments tangibles pour leur faire manipuler davantage d'éléments mentalement, jusqu'à fondre complètement le modèle dans la cognition et donc lui permettre d'exister en-dehors de tout support matériel. Essentiellement, apprendre est donc intégrer en soi-même des morceaux du monde physique et des modèles simplifiés qui le décrivent, et ce pour tous les apprenants et quel que soit leur âge.

Ainsi, si les théories sous-jacentes ne sont pas nécessairement les mêmes, d'autres perspectives ont proposé un ancrage physique et tangible à l'enseignement et à la didactique. C'est le cas de l'éducation populaire, où la manipulation et l'essai sans enseignement magistral tiennent une place centrale (notamment chez les Petits Débrouillards, en sciences), et aussi d'approches dites *alternatives* de l'éducation qui font grand usage de manipulables et d'interactions physiques plutôt que de discours descendants.

Durant des décennies, Jean Piaget a été la référence concernant le développement cognitif des enfants. Il a notamment cherché à mettre au jour des stades de développement cognitif accompagnés de la compréhension de phénomènes du monde, tel que la permanence des objets : si je passe ma main devant un objet puis que je l'enlève, je dois m'attendre à ce que l'objet soit



toujours là. Mais avec de nouvelles techniques expérimentales, les résultats de Piaget sont remis en cause, et son découpage en stades tombe en désuétude¹¹.

On peut voir les enfants comme différents des adultes simplement parce qu'ils sont novices sur presque tous les plans. Leur développement se fait donc, grâce aux mécanismes du conditionnement, par observation puis essais et erreurs, avec renforcement des succès. On peut retrouver leur difficulté à contrôler précisément leur membres si l'on s'essaie à des mouvements inhabituels, par exemple en se brossant les dents avec sa main non-dominante. On peut revivre leurs difficultés à s'approprier les contraintes du monde physique si l'on se retrouve dans un environnement très exotique, comme des astronautes s'initiant à l'apesanteur. Même la logique du monde, le bon sens qui nous semble évident, s'apprend par l'expérience, et les environnements qui nous sont peu familiers comme, encore une fois, l'espace, les orbites, etc, sont très mal compris du grand public. Nous sommes habitués à ce qu'il y ait un *haut* et un *bas* et des frottements qui s'opposent au mouvement.

Dans la perspective présentée ici, l'âge et les stades de développement ne sont que des guides généraux, mais le fonctionnement cognitif est le même chez tous les individus, dicté par les règles simples du conditionnement, de l'apprentissage social, de la cognition incarnée, des modèles mentaux simulés et de la facilité cognitive.

¹¹ Olivier Houdé, La psychologie de l'enfant, quarante ans après Piaget, revue *Sciences Humaines*, été 2006.

https://www.scienceshumaines.com/amp/la-psychologie-de-l-enfant-quarante-ans-apres-piaget_fr_14714.html

