

Système nerveux et apprentissage

L'exposé

Marc Jeannerod ¹

Qu'est-ce que l'apprentissage ? L'apprentissage est une propriété qui appartient à de nombreux systèmes vivants. Mais cette propriété n'est pas exclusive : tous les systèmes vivants n'apprennent pas ; des systèmes artificiels, construits par l'homme, sont capables d'apprentissage.

L'apprentissage est le processus par lequel on peut acquérir de nouvelles capacités, de nouvelles connaissances. Il ne consiste pas seulement à mémoriser des informations. C'est un processus intelligent, au sens où il permet d'associer des éléments, de découvrir les relations qui les unissent entre eux, et donc de généraliser une relation apprise dans une situation donnée à d'autres situations similaires. C'est par ce processus que le monde – physique, social – acquiert sa signification.

L'apprentissage est distinct de la mémoire, même si les deux sont indissociables. Un système, vivant ou non, peut être doué de mémoire, tout en étant incapable d'apprentissage. Un disque conserve la mémoire des traces qui ont été imprimées sur lui, mais ne peut rien apprendre. À l'inverse, un système ne peut apprendre s'il ne dispose pas d'une mémoire où stocker les informations acquises par apprentissage.

Apprentissage, comportement et connaissance

Quelle est la part de l'apprentissage dans notre comportement et notre connaissance du monde ? Cette question est celle du rôle de l'apprentissage dans notre adaptation à notre environnement. Dans de nombreuses espèces animales, l'adaptation est le résultat de mécanismes innés, qu'on peut regrouper sous le terme général d'instinct. L'oiseau n'apprend pas à faire un nid, il a dans son génome la forme du nid qui correspond à son espèce. L'environnement comporte des régularités auxquelles une

espèce donnée s'adapte. Certaines espèces ont un comportement remarquablement adapté à leur environnement – pour échapper aux prédateurs, par exemple –, mais cette adaptation est étroite. Si l'environnement se modifie, c'est la sélection naturelle qui joue, avec disparition des individus trop spécialisés et sélection d'une variation mieux adaptée, capable de résister aux nouvelles conditions. Les individus de ces espèces ont de faibles capacités d'apprentissage et la marge de manœuvre de chaque individu est réduite. Dans la logique darwinienne, l'apprentissage est un mode secondaire d'adaptation au monde environnant et à ses changements, qui concerne seulement l'échelle individuelle. Selon cette logique, contrairement à ce que pensait Lamarck, l'acquisition de capacités par apprentissage peut constituer un moteur de l'évolution individuelle, mais pas un moteur de l'évolution des espèces.

Cette distinction entre instinct et apprentissage s'applique-t-elle également à l'être humain ? L'être humain, de ce point de vue, semble échapper à la logique darwinienne. Contrairement à de nombreuses espèces animales, il possède un instinct réduit à des règles fonctionnelles, qui vont lui permettre d'encadrer les notions acquises par apprentissage. L'apprentissage fonctionne donc en raison inverse de l'instinct. Plus une espèce fonctionne avec un instinct développé, moins elle fait appel à l'apprentissage pour survivre. Comme nous allons le voir, l'apprentissage devient le mode adaptatif qui prévaut chez l'être humain. Certains régimes totalitaires ont cru pouvoir utiliser l'apprentissage pour faire évoluer l'espèce humaine, comme le rappelle la parodie d'Aldous Huxley dans *Le meilleur des mondes*. Même si ces régimes avaient eu le temps de tester leurs méthodes, ils n'auraient pu qu'échouer dans leur tentative. On peut en effet modifier les individus par apprentissage ou conditionnement, on peut modifier les sociétés, mais pas les espèces.

(1) Neurophysiologiste, Directeur de l'Institut des Sciences Cognitives (CNRS) jusqu'en 2003, membre de l'Académie des sciences. Conférence donnée le 11 janvier 2005.

L'être humain programmé pour apprendre

Il s'agit d'un paradoxe : ce qui est inné chez l'homme, c'est sa capacité à acquérir et à apprendre. On découvre les raisons de ce paradoxe en étudiant le développement du système nerveux de l'homme.

Chez l'homme, le développement du système nerveux s'effectue en grande partie après la naissance, c'est-à-dire au contact du monde extérieur. Une première phase du développement est sous le contrôle du programme génétique : elle consiste à mettre en place les principales connexions entre régions cérébrales, ainsi qu'entre ces régions et la périphérie. Aussitôt après, d'autres processus tout aussi importants vont intervenir. Le plus marquant de ces phénomènes est celui de la mort cellulaire. Notons d'abord qu'il s'agit d'un phénomène normal, atteignant tous les organes au cours de leur développement et donc pas seulement le cerveau. Cette mort neuronale – encore appelée « apoptose » – survenant au cours du développement du cerveau, est bien distincte de la mort cellulaire due à des lésions du système nerveux ou à d'autres phénomènes normaux comme le vieillissement. Dans le cas qui nous intéresse ici, l'apoptose correspond à l'exécution d'un programme génétique, lié à l'expression de plusieurs gènes, qui aboutit à sculpter la forme définitive du système, à ajuster le volume des connexions. Dans le cerveau humain, la mort neuronale commence au cours de la gestation et se poursuit longtemps après la naissance, au moins pendant la première année de la vie.

À partir de ce stade de développement, le déterminisme génétique commence à se relâcher. Si l'établissement des connexions entre les régions du cortex est bien sous la dépendance d'un programme préétabli, leur volume, leur degré de perméabilité, en un mot, leur importance fonctionnelle, sont largement influencés par l'usage qui en est fait, en particulier au début de la vie. Les facteurs génétiques qui créent la forme des connexions communes à tous les individus ne résument donc pas tout le développement du cerveau. Au contraire, il existe, dans le cadre du codage génétique des connexions, un vaste espace indéterminé, réceptif aux influences multiples qui proviennent de l'extérieur. Le degré de maturation du système nerveux à la naissance est différent selon les espèces. Alors que chez le singe macaque, le poids du cerveau à la naissance atteint 75 % de son poids à l'âge adulte, chez l'humain, en revanche, le poids du cerveau à la naissance ne représente que 30 % de son poids adulte. L'avantage de cette situation est que la poursuite du développement du cerveau humain se fait à l'air libre, au contact des stimulations du monde extérieur. Dès les premières semaines de la vie extra-utérine, les organes des sens (rétine, cochlée, etc.) deviennent fonctionnels et permettent à cette intense stimulation d'influencer le développement et le volume des connexions. D'autres espèces, dont les petits sont également très immatures à la naissance, les souris, par exemple, ne bénéficient pas de cet avantage du fait du développement très lent de leurs organes des sens : chacun a remarqué que le souriceau n'ouvre pas les yeux avant le huitième jour post-natal, ce qui, dans

la vie d'une souris, représente une durée importante. C'est ce choix évolutif qui permet à l'espèce humaine de bénéficier, au cours de la première année, d'une immersion dans l'environnement alors que la maturation cérébrale se poursuit à un rythme accéléré : après la naissance, le cerveau humain continue en effet à croître au rythme de la croissance fœtale pour atteindre 60 % du poids adulte à la fin de la première année.

Après la naissance, le réseau topographique mis en place au cours de l'embryogenèse, stabilisé par la mort neuronale et l'élimination de connexions, commence à fonctionner sous l'influence de facteurs extérieurs. Ce fonctionnement entraîne une nouvelle phase de modelage des connexions qui aboutit à la constitution du cerveau adulte.

Au-delà de l'opposition entre inné et acquis

On voit donc que l'opposition classique entre « inné » et « acquis » doit être complètement réexaminée à la lumière de ces données des neurosciences. Le débat est sans doute toujours d'actualité, mais il a changé de niveau. On se rappelle que les philosophes s'opposent sur l'origine des connaissances que possède chaque individu. Pour les empiristes, comme John Locke, l'organisme est une cire vierge à la naissance. Il ne sait rien, il doit tout apprendre par expérience et éducation. Pour les nativistes, comme René Descartes ou Emmanuel Kant, au contraire, l'individu possède en naissant des idées innées, qui font partie de son patrimoine, en quelque sorte.

La conception moderne emprunte aux deux conceptions classiques, en faisant la part des mécanismes génétiques et de l'épigenèse. La psychologie cognitive a beaucoup insisté sur ce qu'on appelle l'état initial du nouveau-né. Le nouveau-né possède en effet des dispositions innées, un stock minimal de dispositions pour faire face à l'environnement perceptif, linguistique, inter-personnel. Ces dispositions constituent un ensemble de règles qui permettent l'apprentissage ; c'est en ce sens que l'être humain est programmé pour apprendre. En utilisant ces règles simples, l'enfant parvient à organiser le monde qui l'entoure et à acquérir ses connaissances sur le monde.

Paradoxalement, cette forme minimale d'instinct permet l'apprentissage. Prenons l'exemple de l'apprentissage du langage. Le cerveau humain est un cerveau parlant. Il possède en naissant une disposition, la faculté de langage, qui permet d'acquérir rapidement la langue naturelle à laquelle l'enfant est exposé : la capacité à segmenter les sons, puis la capacité à utiliser la grammaire universelle, commune à toutes les langues. Tout le reste, le vocabulaire, la pragmatique, etc., s'apprend. Le cerveau du singe, à la différence de celui de l'homme, n'est pas un cerveau parlant. Il ne possède pas ces dispositions de base et doit tout apprendre. Un chimpanzé peut arriver à utiliser des signes pour communiquer et même parvenir à un certain degré de généralisation, mais au prix d'un apprentissage intensif, après des milliers de répétitions.

Ces apprentissages précoces sont facilités au cours de périodes sensibles du développement, où les influences extérieures s'exercent sur le réseau nerveux. L'information pertinente doit arriver au moment où le réseau est le plus réceptif pour pouvoir se fixer de manière durable. Si l'information fait défaut à ce moment là, la capacité correspondante sera plus difficile à acquérir. Ce mécanisme est démontré pour certaines acquisitions de « bas niveau » (la vision binoculaire, par exemple), et il est soupçonné pour des acquisitions plus complexes dans le domaine psychologique, comme l'établissement des relations inter-individuelles.

Systeme nerveux et apprentissage

Le cerveau adulte se modifie au cours du temps. Ce qui se modifie, ce n'est pas la structure générale des connexions, qui reste inchangée ; en revanche, la capacité de ces connexions à transmettre de l'information, leur débit, en quelque sorte, varie considérablement en fonction de l'activité du réseau auquel elles appartiennent : ce phénomène fondamental est connu sous le nom de « plasticité neuronale ». La densité des connexions à l'intérieur du cerveau est telle qu'on estime qu'un neurone donné est connecté, au delà de quelques synapses, avec pratiquement tous les autres. De synapse en neurone et de neurone en synapse se produit une formidable amplification des connexions. Pour que la circulation de l'information au sein de cet ensemble se fasse de manière ordonnée et non au hasard, il est donc important que des trajets ou des circuits se dessinent et se forment peu à peu en fonction des besoins. La théorie qui tente d'expliquer cette canalisation de l'information date du courant des années 1940, par le canadien D.O. Hebb. Selon cette théorie, les synapses du cerveau sont façonnées par un processus de croissance qui dépend du taux d'information qui les traverse. Si une synapse appartient à un circuit souvent utilisé, elle tend à augmenter de volume, sa perméabilité devient plus grande et son efficacité augmente. À l'inverse, une synapse peu utilisée tend à devenir moins efficace. La théorie de l'efficacité synaptique permet donc d'expliquer le modelage progressif d'un cerveau sous l'influence de l'expérience de l'individu qui le porte jusqu'à pouvoir, en principe, rendre compte des caractéristiques et des particularités individuelles de chaque cerveau. L'apprentissage représente bien un mécanisme d'individuation qui fait de chaque cerveau un objet unique en dépit de son appartenance à un modèle commun.

Activité neuronale et apprentissage

Les phénomènes d'apprentissage peuvent s'observer directement par l'enregistrement de l'activité de neurones en laboratoire. On constate que la même excitation appliquée à l'entrée du circuit n'a pas le même effet sur un neurone donné de ce circuit selon qu'elle est appliquée pour la première fois ou qu'elle a été répétée de nombreuses fois. Les modifications du potentiel de membrane de ce neurone provoquées par l'excitation seront, selon les cas, diminuées ou augmentées. Prenons comme premier exemple un apprentissage très simple qui peut être

étudié sur un mollusque, la limace de mer ou aplysie. L'intérêt d'utiliser cet animal pour la démonstration, c'est qu'il est possible d'exporter une partie de son système nerveux hors de l'organisme et de le maintenir en survie artificielle pendant un temps suffisamment long. Lorsqu'on applique une stimulation de faible intensité sur le siphon d'une aplysie, l'animal réagit par une rétraction de son siphon. Si la stimulation est répétée plusieurs fois de suite, le réflexe de rétraction diminue progressivement pour finalement disparaître (apprentissage par habituation). Reprise sur le système nerveux isolé d'une aplysie, l'expérience donne les mêmes résultats : la stimulation du nerf provenant du siphon provoque au début l'apparition de potentiels d'action dans les neurones qui contrôlent les muscles du siphon, les motoneurones. Si la stimulation est répétée, les potentiels d'action disparaissent et laissent place à une faible modification du potentiel de membrane qui finit par disparaître à son tour. Cet apprentissage par habituation se fait par une diminution progressive du nombre de vésicules synaptiques – et donc de la quantité de neurotransmetteurs sécrétée – dans les terminaisons pré-synaptiques connectées aux motoneurones. Cet exemple démontre donc que la réponse d'un circuit n'est pas fixe, mais peut varier en fonction des circonstances. En l'occurrence, la répétition hors contexte de la même excitation provoque rapidement une diminution de la transmission synaptique. Cette diminution peut ensuite persister pendant plusieurs jours.

Le second exemple est, au contraire, celui d'une facilitation de l'activité neuronale produite par une stimulation répétée. Cet exemple est en relation directe avec l'apprentissage d'une activité motrice telle que nous pouvons l'observer couramment sur nous-mêmes. Imaginons une expérience simple où un sujet doit apprendre, avec sa main droite, à pianoter une séquence de notes sur un piano. La première fois, il fait de nombreuses erreurs puis, au fil des répétitions, il apprend à reproduire la séquence de mieux en mieux. On mesure, au début de l'expérience, l'excitabilité de la zone du cortex moteur du côté gauche, qui contrôle l'exécution des mouvements des doigts de la main droite. Cette mesure s'effectue au moyen d'une très brève stimulation électrique appliquée à travers la boîte crânienne : on peut ainsi évaluer la quantité de courant nécessaire pour provoquer la contraction d'un muscle de la main. Lorsqu'on répète cette mesure à la fin de l'entraînement, on constate que le seuil nécessaire pour obtenir la contraction du muscle s'est abaissé et que la zone du cortex où la stimulation est efficace s'est étendue. On en déduit que l'utilisation répétée et intensive d'une zone du cortex cérébral y provoque des modifications synaptiques : les synapses agrandissent leur aire de contact, leur perméabilité augmente, la conduction nerveuse y est plus rapide.

D'autres travaux sur des préparations plus simples montrent que l'apprentissage influence l'ensemble de la chaîne métabolique mise en jeu dans le fonctionnement des neurones concernés : leur activité répétée déclenche une augmentation de l'expression des gènes contrôlant la fabrication de protéines nécessaires à ce fonctionnement.

Il est possible, par des méthodes de coloration de ces protéines, de déterminer la localisation anatomique des neurones dont l'activité est ainsi augmentée. La plasticité synaptique survenant au cours de l'apprentissage, au cours du développement comme à l'état adulte, sculpte le cerveau de chacun d'entre nous. L'éducation, l'expérience, l'entraînement font de chaque cerveau une œuvre unique.

Notons que l'apprentissage peut être réalisé dans les systèmes artificiels : les lois de Hebb ont été appliquées à des systèmes artificiels, basés sur le principe des réseaux connexionnistes. On les appelle les réseaux neuromimétiques, dans la mesure où leur structure est copiée sur celle des réseaux biologiques, avec notamment le concept de poids synaptique. L'apprentissage des machines (machine learning) est un apprentissage par répétition, puis reconnaissance : « si telle entrée, exécuter telle consigne ».

Ces données sur les mécanismes nerveux de l'apprentissage posent une importante et intrigante question : l'espace synaptique est-il fini ? Auquel cas, il existerait une saturation prévisible des mécanismes d'apprentissage ? Ou au contraire, est-il illimité ?

Les modalités d'apprentissage

Apprendre, nous l'avons vu, consiste à extraire des régularités de l'environnement et à les appliquer ensuite aux situations nouvelles. On n'apprend pas à répondre à toutes les situations possibles, mais on devient capable de répondre à ces situations en généralisant à partir de la situation apprise. Apprendre un jeu consiste d'abord à apprendre les règles du jeu, puis à les appliquer au bon moment : le joueur de foot qui court très vite, le joueur de bridge qui peut mettre en mémoire toutes les cartes, ne sont pas forcément de bons joueurs. Un autre exemple est celui de l'apprentissage du jeu d'échecs : la connaissance de quelques règles simples permet de jouer en généralisant ces règles aux situations nouvelles. Cet apprentissage permet rapidement de jouer avec des coups d'avance. Il faut connaître les règles et savoir les appliquer. C'est toute la différence entre apprendre bêtement et apprendre intelligemment.

L'apprentissage consiste à donner de la signification à des choses ou des situations qui n'en ont pas sur le plan biologique, comme les feux rouges et les feux verts. Les modèles utilisés pour étudier l'apprentissage, sont donc des modèles d'apprentissage par association plus que par accumulation. Le plus connu est le modèle de Pavlov d'apprentissage par conditionnement. Pavlov, pour permettre à ses chiens de donner une signification à un stimulus arbitraire (la sonnerie), l'associait à un stimulus inconditionnel (la nourriture). La vue ou l'odeur de la nourriture agissait comme un renforcement positif qui permettait à l'animal d'établir un lien avec le stimulus conditionnel. Le renforcement intervient aussi dans d'autres formes de conditionnement plus écologiques

(conditionnement opérant), où l'association a lieu si la situation a provoqué un effet favorable.

Neurosciences et éducation

Peut-on généraliser le modèle du conditionnement à toutes les formes d'apprentissage ? Ce principe semble sous-jacent à l'éducation dans de nombreuses sociétés qui utilisent le renforcement positif sous la forme de récompenses et le renforcement négatif sous la forme de punitions. Un conditionnement opérant peut se créer par des associations fortuites, du type « faire plaisir aux parents », qui produisent des effets favorables et qui stabilisent le comportement qui a abouti à ce résultat. C'est le problème de la motivation, du « *drive* » comme disent les anglo-saxons : pourquoi apprend-on ? Pour connaître, pour être meilleur que les autres, par curiosité, etc.

Cet exposé débouche sur des questions et propose quelques pistes nouvelles pour comprendre certains des obstacles que rencontre l'éducateur : comment interpréter les troubles de l'attention chez l'enfant ? Peut-on améliorer la mémoire ? Comment développer la motivation ? Peut-on guérir la dyslexie, un problème qui semble concerner près de 10 % de la population scolaire ? Bien que les interprétations fondées sur l'anatomie du cortex cérébral restent encore très fragiles, elles justifient l'utilisation de méthodes de rééducation. La neuro-imagerie fournit de nombreux exemples de l'influence de l'apprentissage intensif sur les zones corticales concernées ; on pense bien sûr à l'expansion de la zone contrôlant les mouvements des doigts chez les pianistes, exemple évoqué plus haut.

Ce problème de l'influence de l'environnement sur les réseaux nerveux et sur les processus cognitifs qui en dépendent ouvre aussi sur le problème dit de « l'intelligence ». On connaît l'intensité du débat sur ce sujet délicat entre tous. Pour les uns, l'intelligence est un processus global, déterminant l'aptitude à résoudre des tâches complexes, indépendant de tout savoir ou de toute acquisition ; c'est donc un produit de la biologie, et non un artefact social. Pour d'autres, plus nuancés, l'intelligence n'est pas une mais multiple, et se traduit par des profils individuels, chacun possédant en quelque sorte sa propre forme d'intelligence. Les enfants dits surdoués, par exemple, présentent souvent des aptitudes précoces et remarquables dans certains domaines (mathématiques, musique...), mais peuvent avoir de graves lacunes dans le domaine du langage ou de l'établissement des liens sociaux. D'autres, enfin, adoptent une position résolument ouverte. Ils rejettent l'attitude conservatrice de ceux qui minimisent le rôle de l'environnement dans le développement cognitif, attitude qui conduit au fatalisme éducatif. Tout indique, au contraire, que le cerveau est façonné par l'apport extérieur au cours du développement individuel et que l'expression génétique elle-même dépend en grande partie des stimulations de l'environnement.

Les échanges

Est-ce que ce sont des accidents biologiques qui ont fait que chez l'homme le cerveau s'est développé de cette façon ? (1)

Comment imaginer l'apparition des capacités cognitives chez l'homme à partir d'un cerveau qui a grossi pour arriver à l'état actuel ? Chaque paléontologue, à commencer par Yves Coppens, a son idée sur la façon dont ont émergé les capacités cognitives chez l'homme. Des facteurs sont très simples à observer : pourquoi le cerveau humain est-il si petit à la naissance par rapport à la taille du cerveau adulte ? Une réponse évidente tient à la capacité des bassins des femmes lors de l'accouchement ; avec la station debout, la taille du bassin a été limitée ; il a donc fallu que la naissance ait lieu avant que le crâne soit trop gros. Plusieurs pensent que c'est un accident de l'évolution, avec un processus d'apprentissage au contact du monde extérieur après la naissance, qui a favorisé l'apparition des capacités cognitives telles que nous les connaissons..

Lors du tsunami, les éléphants se seraient comportés d'une façon beaucoup plus pertinente que les êtres humains... ?

Il est possible qu'on retombe, là, dans les phénomènes d'instincts. Il se peut que les animaux aient une sensibilité à un certain nombre de signaux, qui déclenchent chez eux des comportements adaptés. On a comparé cela aux phobies... de l'araignée, du serpent... Il est vrai que, parfois, araignées, serpents peuvent être dangereux. Il se pourrait qu'on ait des restes d'instincts qu'on retrouve beaucoup plus développés chez l'animal.

L'apprentissage est-il le propre de l'homme ?

Non ! L'homme a une capacité particulière qui joue un rôle très important dans son éducation, son adaptation au monde. Mais tous les animaux font preuve d'apprentissages, même très sophistiqués..

Y a-t-il des facteurs qui inhibent ou au contraire rendent plus faciles les apprentissages ?

L'environnement affectif compte ; tous les éducateurs le savent. Un enfant qui n'apprend pas, ce n'est pas forcément un enfant rétif à l'apprentissage, c'est un enfant qui, sur le plan affectif, n'a pas un développement optimal. Il y a certainement des interactions. Dans le dressage, l'animal apprend parce que c'est intéressant parce qu'il y a une récompense derrière. Pour Freud, la curiosité serait, chez l'enfant, un des grands motifs de l'apprentissage. Les enfants, comme les chatons, cherchent à tout essayer, tout faire bouger. Finalement, si l'envie d'apprendre est une motivation considérable, le désir d'apprendre demeure en partie mystérieux.

Qu'en est-il de l'apprentissage à l'âge adulte ? Comment rendre l'apprentissage plus efficace ?

Ce sont les mêmes facteurs que chez l'enfant. Il n'y a pas vraiment de différences entre eux. Comment faciliter l'apprentissage pour le rendre plus efficace ? Des aspects ont été mis en évidence, par exemple, le fait qu'une stimulation provoquée par une méthode active est plus efficace que si elle a été présentée de manière passive. Partout il faut être interactif, c'est cela qui permet aux gens d'être intéressés et d'apprendre mieux. Mais est-ce que le fait d'être actif ne renforcerait pas simplement l'attention ? Dans ce cas, ce qui favoriserait l'apprentissage, ce ne serait pas le fait d'être actif, mais d'être attentif. L'activité, en elle-même, ne favoriserait pas forcément l'apprentissage. Par exemple, les enfants hyper-actifs sont inattentifs et ont du mal à apprendre.

(1) Tant les questions retenues que les réponses sont très résumées.

Des études ont aussi montré que l'apprentissage est fait de phases d'acquisition puis de rétention : je reconnais ce que j'ai appris et, dans une deuxième séance, l'acquisition semble beaucoup plus rapide parce que j'ai retenu. On a constaté que le sommeil était essentiel pour une bonne rétention. Les enfants, qui apprennent beaucoup de choses, dorment plus que les adultes ; ce serait lié au fait qu'ils ont besoin de cette phase du sommeil pour consolider des apprentissages. Michel Jouvet a étudié les mécanismes du sommeil : des capteurs sont fabriqués par des neurones et vont, sans doute, consolider les phénomènes synaptiques qui se sont produits au moment de la phase d'apprentissage. Cette conclusion est assez intéressante, sans qu'on mette le doigt précisément sur ce qui favorise cette consolidation. Mais cela paraît être un fait.

| **L'apprentissage par les cinq sens ?**

Effectivement, on apprend par les organes des sens. Par exemple, on apprend des goûts, on peut devenir un spécialiste des goûts.. de même pour les odeurs, les couleurs. Un tapissier d'Aubusson était capable de distinguer 60 ou 80 sortes de bleus. On peut donc faire travailler son système sensoriel et acquérir une véritable expertise.

| **Les dispositions à apprendre ? les personnes douées ? ...**

C'est une question pour laquelle je n'ai pas de réponse. Des gens présentent des dispositions, ce qui leur permet d'être très rapidement excellents en maths, en musique... À partir de là se sont développées les théories des idées innées, et finalement l'eugénisme : ces dons allaient se transmettre à d'autres individus. Dans les années 1870, un cousin de Darwin a créé un système de financement pour favoriser les gens qui avaient des dons. Comme par hasard, ces gens étaient de la haute société anglaise... Est-ce que le fait d'avoir des parents qui sont musiciens va accélérer l'apprentissage de la musique ? C'est toute la question de la relation entre l'inné et l'acquis. Or, on n'a jamais tous les éléments sur ce qui fait que tel individu a un don. Cette question est très difficile à résoudre. De plus sur le plan biologique, dans le développement des individus, il y a des asynchronismes – liés à des problèmes de croissance, à des poussées de testostérone... – qui font qu'un enfant va présenter, à un moment donné, une capacité supérieure aux autres, mais, ensuite, il va être rattrapé par les autres. Sur ces questions nous manquons d'études objectives.

| **L'émotion n'est-elle pas un moyen de rentrer dans l'apprentissage ?**

Il y a une relation forte entre émotion et apprentissage et, plus encore, entre émotion et mémoire. On mémorise d'autant mieux des informations acquises dans un fort contexte émotionnel. Par exemple, beaucoup de gens d'un certain âge se rappellent le moment précis où ils ont appris la mort du Président Kennedy. À l'inverse, un stress grave produit très souvent ce qu'on appelle l'amnésie post-stress : on oublie, par exemple, les circonstances qui ont précédé un accident.

Ce dont on se souvient très mal, ce sont les émotions elles-mêmes : on a le souvenir qu'on a eu peur ou très, mais on n'éprouve plus de peur ou de douleur. L'émotion se fixe seulement comme une information supplémentaire.

| **Comment désapprend-on ? Qu'en est-il des facultés d'oubli ?**

Les phénomènes synaptiques sont persistants. Cela laisse des traces, ce qui permet la mémoire. Lorsqu'on veut retrouver quelque chose, on utilise un processus de rappel, en allant rechercher dans le cerveau les traces, qui sont simplement les circuits constitués par l'apprentissage.

Pour certains, on n'oublie rien. Les traces restent, à moins que les neurones ne meurent et disparaissent : cas extrême des maladies dégénératives du cerveau. Ce serait le rappel qui fonctionnerait mal. On constate qu'il y a des souvenirs qu'on n'arrive pas à retrouver : on sait des noms de personnes, de lieux... les traces existent à un moment donné – cela va revenir –, mais le système de rappel fonctionne mal. Pour les psychanalystes notamment, rien de ce qui s'est passé pendant l'enfance n'est oublié. Le problème est de retrouver les traces.

D'autres pensent que des phénomènes physiologiques auraient tendance, à un moment donné, à effacer des traces. Les souvenirs conservés pendant 60 ans ou plus prouvent que les traces restent très longtemps. Celles qui s'effacent ont souvent été mal consolidées par manque d'attention, de sommeil... La répétition est un facteur de consolidation. Le circuit qui a été facilité par l'apprentissage est maintenu en état s'il y a répétition. C'est un principe bien connu.

| **Où en est-on dans la recherche sur les différents types de mémoire ?**

Il y a plusieurs sortes de mémoire, qui n'ont pas la même vulnérabilité. On peut perdre une forme de mémoire et conserver les autres.

- Certaines mémoires sont conscientes. Avec la **mémoire sémantique**, on peut consciemment essayer de retrouver quelque chose, par exemple le nom de la capitale du Burkina-Fasso. C'est, en quelque sorte, la mémoire des dictionnaires, acquise par apprentissage. Elle peut être stockée sur des supports externes. La mémoire sémantique est très solide, d'autant plus qu'elle est collective.

- **La mémoire auto-biographique** est également consciente, mais, contrairement à la précédente, qui est collective, c'est une mémoire individuelle. Elle persiste très longtemps et pourtant il n'y a pas eu d'apprentissage. C'est dans cette mémoire que les émotions jouent le plus grand rôle. Cette mémoire est la plus fragile. Avec l'âge, on perd la mémoire des faits récents, on garde celle des faits anciens. Les gens atteints de maladies cérébrales perdent cette mémoire.
- **Les mémoires procédurales** —des gestes quotidiens, des sports... — ne sont pas conscientes ; on n'est pas capable de les décrire. Quand on sait faire, on sait faire ; pas besoin de réapprendre. La mémoire procédurale est extrêmement solide. Des personnes qui ont tout perdu, qui ne savent même plus qui elles sont, savent encore tricoter.
- **La mémoire de travail** est transitoire. Elle sert à coder l'information quand elle arrive ; elle la classe ensuite éventuellement dans une mémoire plus durable, sémantique ou autre. Si vous lisez un numéro de téléphone, vous le reprenez en même temps que vous le composez. Certaines personnes ont une mémoire de travail plus longue que d'autres. Des hommes politiques font des phrases extrêmement longues et arrivent à bien les finir.