

Reprenons l'exemple du bassin attracteur mentionné précédemment : la vue d'un colley réactive le bassin attracteur colley-Acropole-arc-en-ciel. Si, parce qu'il fait presque nuit ou que l'animal est passé très vite, on croit voir, à la place du colley, un chat qui aurait les mêmes couleurs, un autre bassin attracteur s'active : il est, par exemple, constitué par le souvenir d'un ami qui aime le ski de fond et a un petit garçon et un chat. Ce souvenir ne semblant pas correspondre avec la réalité, la vue de l'animal est maintenue dans le cortex pendant plusieurs secondes. L'information est analysée et un élément décisif, par exemple la taille de l'animal, permet de traiter l'information de façon cognitive et de réaliser l'erreur faite au cours du traitement analogique. Le bassin attracteur correspondant au

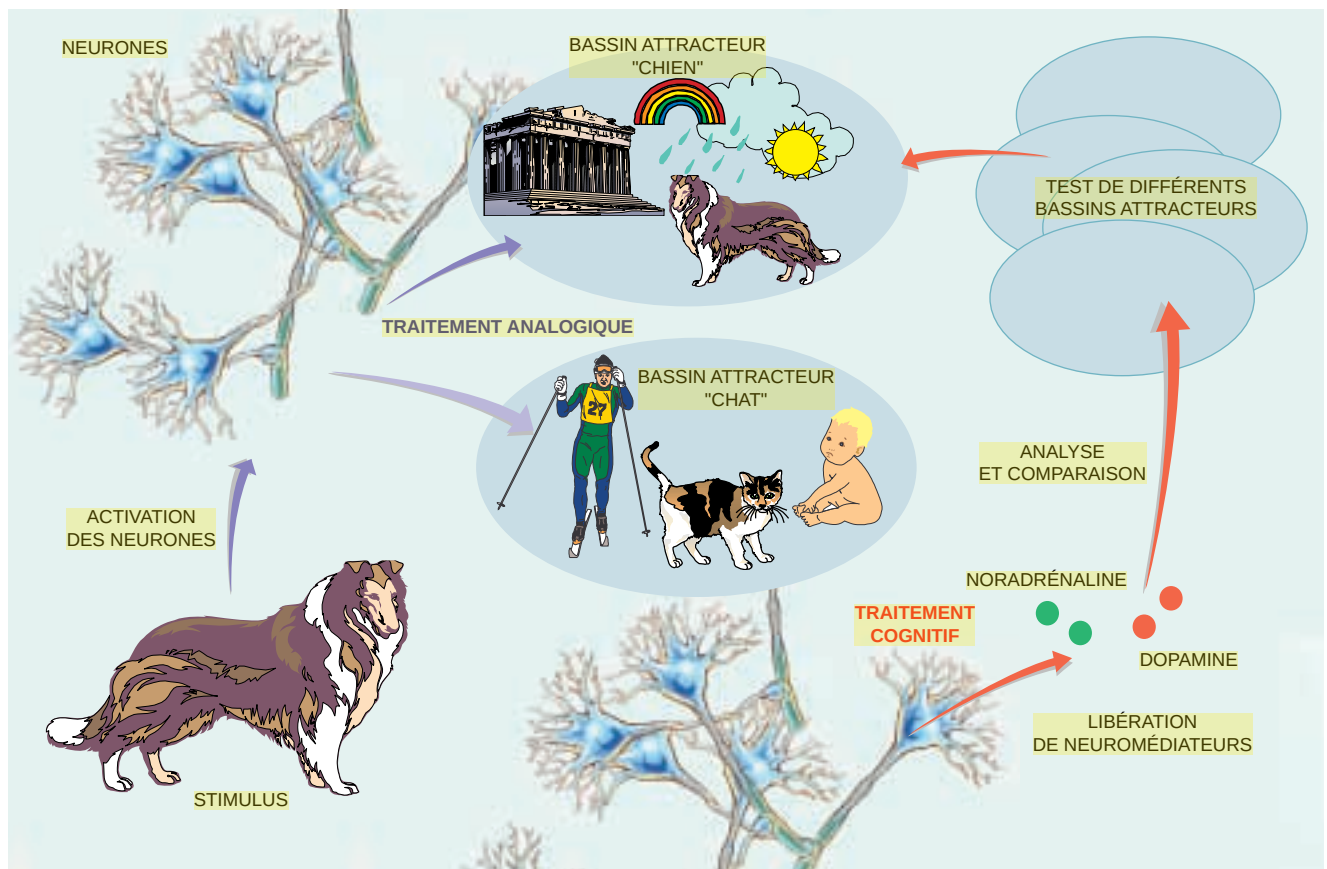
colley est réactivé. Il peut être complété avec des informations liées à la nouvelle réactivation de ce bassin, par exemple le crépuscule. Sinon, un nouveau bassin peut être créé. L'information reste active dans le cortex préfrontal tant qu'une solution jugée satisfaisante n'est pas trouvée.

Bassin attracteur erroné

Toutefois, même si le traitement cognitif enrichit le traitement de l'information, notamment en tenant compte du contexte, le résultat obtenu est mémorisé en mode analogique et perd ainsi une partie de sa précision. Ainsi, on décrit aisément les détails de la pièce où l'on se trouve (sur le mode cognitif), mais la description de cette même pièce, lorsqu'on l'a quittée, ne peut être qu'une reconstruction en mode cognitif de ce

qui a été stocké sous forme analogique. En résumé, le traitement des informations dans le système nerveux central se ferait selon deux modes qui se différencient, notamment, par leur vitesse : un traitement rapide, analogique, auquel nous n'avons pas accès, et un traitement plus lent, cognitif, qui, parce que nous avons conscience des informations qu'il traite, semble être caractéristique du fonctionnement du cerveau humain.

Chez l'adulte, au cours de la veille, les deux modes, analogique et cognitif, sont en oscillation permanente. C'est par ces deux modes que le système nerveux central perçoit les informations, leur donne un sens et les mémorise. Selon cette hypothèse, l'intelligence serait l'aptitude d'un animal ou d'une personne à utiliser les capacités de ces deux modes de traitement. Elle dépendrait de trois



2. LORS DE LA RÉCEPTION D'UN STIMULUS, ici la vue d'un chien, un groupe de neurones est activé. L'information est traitée sur un mode analogique rapide (flèche violette, en haut) : le bassin attracteur qui regroupe des informations enregistrées simultanément (sur l'Acropole, après une averse, alors qu'il y avait un arc-en-ciel, j'ai vu un colley) est activé. Ainsi la vue d'un colley évoque l'Acropole ou un arc-en-ciel. Ce traitement requiert, au maximum, 300 millisecondes. Le stimulus active parfois un bassin attracteur erroné (flèche mauve) : par exemple, un ami qui aime le ski de fond a un enfant et un chat. Ce bassin peut être activé par erreur, parce

qu'il fait sombre et que le colley est confondu avec un chat. Parce qu'il y a un conflit entre le stimulus perçu et le bassin attracteur activé, le traitement de l'information est plus long : le traitement cognitif intervient (flèches rouges). Les neurones libèrent des neuromodulateurs (noradrénaline et dopamine). La dopamine maintient le stimulus actif dans le cortex préfrontal : différents bassins attracteurs sont testés jusqu'à ce que le stimulus soit classé dans celui qui semble le plus cohérent, ici le bassin colley-Acropole-arc-en-ciel, ou qu'un nouveau bassin attracteur soit créé, par exemple colley-crêpuscule-vitesse.

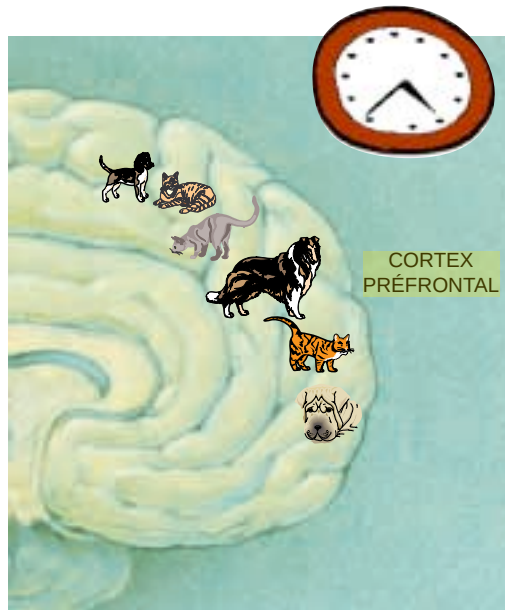
critères : la vitesse et la quantité d'informations qui peuvent être traitées en mode analogique, le temps pendant lequel le mode cognitif peut se maintenir, et les conditions qui contrôlent les oscillations entre le mode analogique et le mode cognitif. Parmi ces trois critères, les deux premiers sont, selon toute vraisemblance, déterminés génétiquement.

Deux critères d'intelligence ?

Même si cette notion peut heurter, l'intelligence a un caractère génétique. Ne pas le reconnaître reviendrait à admettre que les différences entre les aptitudes du singe et celles de l'homme sont d'origine culturelle. Si des différences génétiques existent entre espèces, elles se manifestent aussi au sein d'une même espèce : on sait que certains enfants ont des performances intellectuelles nettement supérieures à la moyenne des enfants du même âge. Le rôle de la génétique dans l'expression de ces performances semble si bien établi qu'une association spécialisée dans la détection de ces « surdoués » assure que la présence d'un de ces enfants dans une famille indique qu'un ou plusieurs des ascendants ont aussi cette caractéristique. Où se situent les différences génétiques de ces enfants surdoués ?

Bien que la quantité d'informations que peut stocker le mode analogique dépende du nombre de neurones, il est peu probable que cela suffise à expliquer la différence des performances. D'ailleurs, le cerveau d'Einstein ne contenait pas plus de neurones que la moyenne ! Le nombre de connexions, qui est évidemment en relation directe avec le nombre de neurones, ne semble pas être non plus une piste intéressante.

En revanche, le temps durant lequel une information reste active (et qu'elle est donc traitée en mode cognitif) et la quantité d'informations que peut traiter le système en mode analogique pendant ce temps semblent déterminants. Ces variables dépendraient notamment des caractéristiques électriques des neurones, c'est-à-dire des propriétés de leurs canaux ioniques, des structures qui commandent le passage des ions d'un côté de la membrane neuronale à l'autre. Les durées d'ou-



3. LA QUANTITÉ D'INFORMATIONS qui peuvent être simultanément activées dans le cortex préfrontal et le temps que peut durer cette activation seraient deux «facteurs d'intelligence».

verture de ces canaux, qui se mesurent en fractions de milliseconde, déterminent la fonctionnalité de l'ensemble. La structure des protéines qui constituent ces canaux ou la membrane qui les entoure déterminerait la quantité de informations traitées et la qualité de leur traitement. Or, la constitution de ces protéines peut varier légèrement d'une personne à l'autre : les protéines ne perdent pas leur fonction, mais d'infimes différences dans leur structure tridimensionnelle peuvent avoir des conséquences quantifiables sur le fonctionnement des canaux ioniques.

Selon cette hypothèse, le troisième «facteur de l'intelligence» repose sur le rythme des oscillations entre le mode analogique et le mode cognitif. Soit un groupe de neurones associé à un bassin attracteur ; quand un stimulus active cet «essaim» de neurones, il déclenche un traitement analogique (rapide). Les neurones qui interviennent sont ceux qui libèrent des neuromédiateurs, notamment le GABA ou le glutamate, lesquels assurent la transformation d'un signal chimique en un signal électrique.

Au contraire, quand le groupe de neurones n'est pas associé à un bassin attracteur ou qu'il active un bassin erroné, un traitement cognitif de l'information se déclenche dans le cortex préfrontal ; les neurones qui réagissent aux stimuli (et à leur contenu affectif) y libèrent des neuromodulateurs. Contrairement aux neuromé-

diateurs, les neuromodulateurs, telles la noradrénaline et la dopamine, «modulent» les signaux électriques. La dopamine assure le maintien du stimulus actif dans le cortex préfrontal, le temps que l'information soit traitée et qu'un bassin attracteur cohérent avec les diverses informations reçues ou déjà mémorisées soit trouvé ou créé ; la noradrénaline fait cesser ce traitement. Quand le maintien de l'information dans le cortex préfrontal a été suffisamment long pour qu'un bassin ait été créé, le stimulus déclenchant est traité sur le mode analogique. Le traitement cognitif a donné lieu à une modification du stock analogique.

Le cortex préfrontal fonctionne «normalement» pour des quantités bien définies de neuromodulateurs ; quand ces quantités sont modifiées, en particulier par l'émotion, le fonctionnement est perturbé. C'est sans doute pour cette raison qu'un peu d'anxiété augmente parfois les facultés cognitives, mais qu'un stress trop fort interdit toute possibilité de concentration.

Si la nature des informations stockées dépend de l'environnement culturel, le traitement cognitif – et, par conséquent, les modifications du stock analogique – dépend beaucoup des conditions affectives et des motivations. Selon ce modèle, on comprend pourquoi des enfants objectivement surdoués sont parfois en échec scolaire : un enseignement inadapté, parce que trop facile, élimine toute motivation.

Entre l'inné et l'acquis, l'intelligence rassemble les extrêmes : bien qu'elle soit déterminée génétiquement, son expression dépend de l'environnement culturel et de la situation affective.

Jean-Pol TASSIN, neurobiologiste au Collège de France, est directeur de recherches à l'INSERM.

J.J. HOPFIELD, *Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 79, pp. 2554-2558, 1982.

J.-P. TASSIN, *Ontogenèse du fonctionnement psychique : de l'analogique au cognitif*, in *Le bébé dans tous ses états*, sous la direction de R. Frydman et M. Szegez, Odile Jacob, 1997.