

# Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines

de Stanislas Dehaene, Odile Jacob, septembre 2018

Un titre concis, un sous-titre explicite.

Cet ouvrage, très dense, se divise en trois parties et dix chapitres. Dans ce compte rendu, que j'ai voulu fidèle et étoffé, j'ai respecté cette organisation pour vous permettre de vous référer plus facilement à l'œuvre.

## Introduction

Stanislas Dehaene nous raconte d'emblée la rencontre bouleversante qu'il a faite en 2009 et qui a orienté sa recherche scientifique.

A Brasilia, Felipe, un petit garçon de 7 ans, est hospitalisé depuis 3 ans et demi. Suite à un accident il est devenu aveugle et tétraplégique. Il accueille son visiteur en souriant, fier de lui parler des contes qu'il rédige. L'enfant maîtrise aussi 3 langues !

Le neurologue se pose diverses questions : Qu'est-ce qui permet cette extraordinaire résilience du cerveau humain ? Quelles sont les règles qui gouvernent la plasticité cérébrale ? Quels algorithmes l'évolution a-t-elle implantés dans l'homme ?

**Stanislas Dehaene**

**Apprendre !**

**Les talents du cerveau,  
le défi des machines**



Je terminerai ma recension par un commentaire personnel dans lequel je précise les liens nombreux entre les propos de S. Dehaene et la Gestion mentale.

Pour Stanislas Dehaene nous sommes tous des *Homo docens*. Notre caractéristique en tant qu'espèce humaine est notre capacité d'apprendre grâce à la plasticité étonnante du cerveau.

Voilà l'objet de la recherche pluridisciplinaire confirmé : les sciences cognitives, les neurosciences, les recherches en Intelligence Artificielle et en éducation vont s'unir pour

comprendre mieux la part de l'inné et de l'acquis dans notre cerveau, et découvrir les algorithmes du cerveau. Ceci permettra sans doute de les transposer dans les machines, ces nouveaux «réseaux de neurones» qui constituent l'IA. Cependant notre auteur reste persuadé de la supériorité actuelle du cerveau humain grâce surtout à la capacité d'attention et aussi au sommeil consolidateur. Le cerveau d'un bébé est inconsciemment statisticien : ce qui lui permet de multiples apprentissages.

## Première partie : Qu'est-ce qu'apprendre ?

### Chapitre 1 : Comment un réseau de neurones apprend

Apprendre c'est «prendre en soi», c'est transformer les informations extérieures en un jeu de connaissances utiles et exploitables grâce à nos «modèles internes». Nous sommes en effet les héritiers d'une infinie sagesse acquise au cours de l'évolution. Nous avons en nous, dès la naissance, un jeu d'hypothèses abstraites qui s'active lors des entrées sensorielles. Apprendre, c'est ajuster les circuits du cerveau pour s'approprier un domaine pas encore maîtrisé. Par exemple, reconnaître des visages, des objets, des mots, des concepts...

Cette activité implique beaucoup de choses :

- ajuster les paramètres d'un modèle mental, par exemple l'ordre des mots dans une langue ;
- combiner différents paramètres, par exemple pour reconnaître et différencier des objets, des animaux, des concepts... ;
- minimiser ses erreurs : celles-ci permettent de découvrir une **hiérarchie** d'indices appropriés au problème posé (par exemple la reconnaissance vocale exécutée par un smartphone) ;
- explorer l'espace des possibles : introduire une dose de hasard, d'aléatoire, pour permettre une hypothèse et débloquer une situation ;
- optimiser une fonction de récompense en permettant une auto-évaluation ;

- restreindre l'espace de recherche : trop de paramètres nuit à l'abstraction car cela empêche la généralisation qui est la clé de l'apprentissage ;
- projeter des hypothèses a priori : notre cerveau est pétri d'a priori inscrits, grâce à l'évolution, dans notre génome ; ceux-ci favorisent un apprentissage rapide.

## Chapitre 2 : Pourquoi notre cerveau apprend mieux que les machines

Actuellement, notre cerveau va beaucoup plus loin que les machines car il est capable d'explorer, de raisonner, de symboliser, de hiérarchiser ce qu'il perçoit alors que la machine essaie de tout apprendre au même niveau.

- Voici ce qui manque encore à l'Intelligence Artificielle et que le jeune enfant possède déjà :
  - » l'apprentissage des **concepts abstraits** qui demande une analyse consciente et intelligente et qui apparaît dès l'apprentissage des lettres de l'alphabet sous leurs différentes formes ;
  - » la **vitesse** d'apprentissage. « *Machines are data hungry, but humans are data efficient* » : nous tirons le meilleur parti de la moindre donnée, alors que les machines exigent entre vingt et mille fois plus de données ;
  - » l'apprentissage **social** : en quelques mots, nous pouvons partager notre savoir avec d'autres. Pour l'instant cette capacité est hors de portée des réseaux de neurones ;
  - » l'apprentissage en **un seul essai** : intégrer une nouvelle information instantanément au sein d'un réseau de connaissances ; par exemple, un nouveau verbe est intégré immédiatement dans tout le système de règles et de symboles ;
  - » l'apprentissage de **règles systématiques**, formulées dans le langage de la pensée, que ce soit en grammaire ou en mathématiques. Notre cerveau est capable de conceptualiser l'infini avec un nombre fini de neurones. Il va très vite vers l'abstraction et cette capacité est essentiellement humaine ;
- » la **composition** des connaissances : notre cerveau est beaucoup plus flexible que les machines. Il est capable de recombinaison nos nouvelles connaissances avec d'autres. Nous disposons d'un jeu de symboles qui se combinent selon une syntaxe complexe et arborescente. Descartes avait déjà pressenti, au 17<sup>ème</sup> siècle, cette supériorité que nous offre « la raison, instrument universel » !
- Apprendre, c'est **inférer la grammaire** d'un domaine : nous essayons en permanence de tirer d'une situation particulière des conclusions de haut niveau qu'en retour nous mettons à l'épreuve de nouvelles observations. C'est la « **bénédictio de l'abstraction** ». C'est le cas, dès l'âge de deux ou trois ans, pour l'apprentissage des mots comme « papillon » ou « couleur », mais aussi « penser », « croire », « je », « odeur », etc. Notre cerveau n'est pas une ardoise vierge. A douze mois, l'enfant a déjà enregistré inconsciemment un contexte grammatical (par exemple l'article le ou la vient devant un nom) et il sait qu'il y a un mot pour chaque chose. Dès la naissance, notre cerveau est un immense modèle génératif, massivement structuré, capable d'imaginer des myriades de règles ou de structures hypothétiques mais qui se contraignent progressivement à ne produire que celles qui s'ajustent à la réalité.
- Apprendre, c'est **raisonner en bon statisticien**. Notre cerveau se comporte comme un scientifique en herbe qui calcule en permanence les probabilités. Il fait des prédictions et élimine celles que l'expérience invalide. Cette stratégie est devenue le pilier de l'apprentissage par ordinateur. Elle a été utilisée par Turing pour décrypter le code « Enigma » des nazis. Dans notre cerveau, il y a des « **signaux descendants** » qui sont comme des nuages d'hypothèses a priori. Nous les héritons de l'évolution de notre espèce tout au long des millénaires écoulés. Ces signaux rencontrent des « **messages ascendants** » issus du monde extérieur, acquisition **a posteriori**.

Tout savoir s'appuie sur ces deux éléments : l'inné – de vastes espaces d'hypothèses a priori – et l'acquis – des règles d'apprentissage découvertes au fur et à mesure durant toute notre vie.

La deuxième partie éclaire cette navigation entre les deux.

## Deuxième partie : Comment notre cerveau apprend

Le débat entre l'inné et l'acquis est vieux comme le monde. Dans *La République* Platon affirmait « **Au-dedans de son âme, chacun possède la puissance du savoir, ainsi que l'organe au moyen duquel chacun acquiert l'instruction** » (- 380 av. J.C. !). La science récente confirme cette double importance, celle de l'inné, suivie de celle de l'acquis. Apprendre nécessite une double architecture : une immense quantité de modèles génératifs internes et des algorithmes efficaces pour les ajuster à la réalité.

## Chapitre 3 : Le savoir invisible : les étonnantes intuitions des bébés

Les progrès méthodologiques des sciences cognitives permettent de mettre en évidence la **base des données** avec laquelle un bébé vient au monde :

- Le concept d'objet : le cerveau connaît les lois de la physique – la loi de la gravité par exemple : le bébé l'expérimente en laissant tomber un objet et s'étonne quand elle est enfreinte.
- Le sens du nombre, qu'il reconnaît à la vue (images ou objets) ou à l'ouïe (sons). Cette possibilité est présente aussi chez beaucoup d'animaux (même chez le poussin...). Cette compétence innée de l'évolution est attestée par des cellules

spécifiques. L'objet et le nombre sont des « primitives » de la pensée.

- L'intuition des probabilités : le cerveau possède un calculateur probabiliste qui permet – même au bébé – d'établir un raisonnement implicite, basé sur les probabilités. Ceci a été attesté par un jeu avec des boules de couleur.
- La connaissance des animaux et des personnes : le bébé fait la différence entre un objet, d'une part, et un animal ou une personne d'autre part. Vers dix mois il attribue déjà une personnalité à chaque personne (gentil/méchant).
- La perception des visages : très précoce, innée, mais vite améliorée par l'acquis.
- Le don des langues : au troisième trimestre de la grossesse, le fœtus entend et se familiarise avec sa langue maternelle. Le cerveau du bébé analyse le langage **avant** de parler : il fait le tri des phonèmes utiles à sa langue. Vers vingt mois, il enregistre que le déterminant précède un nom, tandis qu'un pronom précède le verbe. Cette capacité de découvrir les phonèmes, la prosodie, le vocabulaire et la syntaxe est spécifique à notre espèce humaine : elle est instinctive.

## Chapitre 4 : Naissance d'un cerveau

« *L'enfant naît avec un cerveau **inachevé** et non pas, comme le postulat de l'ancienne pédagogie l'affirmait, avec un cerveau **inoccupé*** » (Gaston Bachelard, *La philosophie du non*, 1940). L'imagerie cérébrale magnétique (IRM) montre clairement l'organisation précoce du cerveau. Presque tous les circuits sont présents dès la naissance.

- On a pu observer (avec beaucoup de précautions) sur un bébé normal de deux mois ce qui se passe dans son cerveau lorsqu'il entend des phrases. Ce sont les mêmes régions du cerveau que chez l'adulte qui sont activées :
  1. cortex auditif
  2. région auditive secondaire
  3. avant du lobe temporal
  4. aire de Brocaet c'est la même hiérarchie dans l'hémisphère gauche des grandes régions cognitives :
  1. phonologique
  2. lexicale
  3. syntaxique
  4. sémantique.
- Dès la naissance, on découvre dans le cerveau du bébé une sorte « d'autoroute du langage » (dans l'hémisphère gauche). C'est un réseau qui se construit durant le 3<sup>ème</sup> trimestre de la grossesse, réseau croisé de connexions nerveuses propre à l'homme qui se raffine par la suite. Notre génome contient tous les détails du plan de notre corps, de même le cerveau se subdivise en plusieurs dizaines de régions spécialisées. Vers 28 semaines, le cerveau du fœtus se plisse et vers 35 semaines apparaît l'asymétrie caractéristique de la région temporale qui abrite les aires du langage.

- Notre cerveau s'auto-organise : certains circuits se stabilisent et d'autres vont dégénérer. Notre cerveau se dote assez rapidement d'un module mental pour la navigation spatiale, sorte de GPS... caractérisé par des neurones hexagonaux (NB Ceci a été observé chez un petit rat grâce à des électrodes, mais il est probable que cela se produit aussi chez le bébé).

Cette auto-organisation diffère radicalement de l'approche actuelle de l'Intelligence Artificielle fondée sur le big data (millions de données). Quelques informaticiens tentent de copier cette auto-organisation.

Toutes ces recherches montrent le pouvoir des gènes et de l'auto-organisation dans la mise en place du cerveau humain. Nous héritons d'un jeu de « primitives » parmi lesquelles nous pourrions sélectionner les plus aptes à représenter les situations et les concepts que nous devons apprendre.

## Chapitre 5 : La part de l'acquis

L'acquis, l'autre face de la médaille.

Grâce à l'emploi du microscope au début du 20<sup>ème</sup> siècle, on a pu spéculer sur l'organisation du cerveau. Santiago Ramón y Cajal (prix Nobel de médecine en 1904) découvre les cellules disjointes que sont les neurones et leurs branchements, les dendrites, ainsi que la direction de l'influx. Il a l'audace de tracer les circuits du cortex.

Aujourd'hui les neurones peuvent être visualisés avec précision. On y discerne les dendrites et les synapses, points de connexion entre deux neurones. L'apprentissage modifie tous ces éléments : la présence, le nombre, la force des synapses, la taille et le nombre des dendrites et des axones et même l'isolation des axones par une gaine de myéline qui détermine la vitesse de transmission de l'influx nerveux.

La synapse est devenue l'unité de calcul du système nerveux. Notre cerveau en contient mille millions de milliards ! Le message électrique devient un message chimique pour redevenir électrique. La modification permanente des synapses est le reflet de ce que nous apprenons. Par exemple, le jeu du pianiste ou la récitation d'un poème correspond à une partition neuronale. Pour l'établir, nous avons un réseau de neurotransmetteurs, par exemple la dopamine pour tout ce que nous aimons ou l'acétylcholine pour retenir les moments importants (par exemple, nous nous souvenons tous de ce que nous faisons le 11 septembre 2001).

- Se souvenir, c'est rejouer dans son cerveau les décharges neuronales associées à une expérience passée. La mémoire est donc partout dans notre cerveau. On distingue
  1. la mémoire de travail (à court terme)
  2. la mémoire épisodique (moments de notre vie quotidienne)
  3. la mémoire sémantique (déplacement des souvenirs pendant la nuit vers une autre région du cortex)
  4. la mémoire procédurale (répétition d'un geste pour le rendre automatique : vélo, violon, etc.).

- Avec un surcroît d'apprentissage, le cortex se modifie et la force de ses connexions augmente. Les autoroutes du cerveau s'améliorent au fur et à mesure qu'on les utilise. La gaine de myéline qui entoure les axones les isole de mieux en mieux, quand on répète l'apprentissage, et cela permet de transmettre les informations à une vitesse supérieure. La recherche est en cours dans ce domaine.
- La nutrition est un élément-clé de l'apprentissage. La consommation énergétique du cerveau d'un jeune enfant est énorme ! Il lui faut du glucose, de l'oxygène, des vitamines, du fer, etc. La carence d'un élément, comme la thiamine, peut causer des dégâts neurologiques graves. De même l'alcoolisme de la mère pendant la grossesse peut provoquer des défauts physiques chez le fœtus.
- Dans notre cerveau les contraintes génétiques dominent et la plasticité agit uniquement au sein d'étroites contraintes.
- Il existe des « périodes sensibles » pour la plasticité. Dans certaines parties du cerveau, la plasticité n'est présente que pendant un temps limité qu'on appelle période sensible. La petite enfance se caractérise par un bouillonnement de plasticité synaptique ! Le cortex visuel est hyperactif jusqu'à deux ans. Les aires corticales auditives jusque trois ou quatre ans. Le cortex préfrontal de cinq à dix ans. La période sensible pour les langues est la toute petite enfance : jusqu'à un an les bébés sont les champions de la phonologie. Le cortex auditif reste très actif jusqu'à la fin de la puberté. Après il est plus difficile d'apprendre une nouvelle langue.
- Cette fermeture progressive de la plasticité synaptique intervient probablement parce que le coût énergétique est important. Elle apparaît d'abord dans les zones sensorielles puis dans les zones corticales.
- En 1989, à Bucarest, après le régime de Ceaucescu on a pu combler un déficit cognitif et émotionnel important chez des orphelins. Cette résilience a pu être totale dans la mesure où le bébé a été adopté avant l'âge de vingt mois ! Après, le traumatisme n'est plus réversible.

## Chapitre 6 : Recyclez votre cerveau

Comment l'éducation joue-t-elle avec la plasticité cérébrale précoce ?

- Toute acquisition culturelle nouvelle s'appuie sur une architecture neuronale préexistante. L'éducation doit composer avec ces contraintes matérielles. **Le recyclage neuronal** (reconvertir nos neurones vers autre chose) est possible en peu de temps, par simple apprentissage, sans modification génétique. Mais il faut tenir compte du fait que chaque région du cerveau a sa dynamique propre et impose ses contraintes : dimension linéaire, bidimensionnelle ou arborescente...
- **Les mathématiques** recyclent les **circuits du nombre**. Nous avons dans notre cerveau une représentation innée des quantités numériques. Le calcul mental s'appuie sur cette représentation pour l'étendre et la raffiner. En progressant en mathématiques, nous ne cessons de raffiner le code neural du même circuit cérébral. Les grands mathématiciens aveugles utilisent les mêmes circuits des lobes pariétaux et frontaux que ceux d'un mathématicien voyant, ce qui atteste de la préexistence de ce circuit consacré au nombre, en dehors de l'expérience sensorielle. La recherche au sujet de ce recyclage neuronal est en cours...
- **La lecture** recycle les circuits de la **vision** et du **langage parlé**. Pour lire, nous faisons un recyclage neuronal : nous employons des aires cérébrales consacrées à la vision pour les réorienter vers les aires du langage parlé. Automatiser la lecture, c'est fluidifier la relation directe entre les lettres vues et les sons du langage. Ceci se fait au détriment d'autres capacités comme, par exemple, celle de la reconnaissance des visages (meilleure chez les analphabètes !). Les difficultés en lecture (dys-, etc.) se marquent dans le cortex occipito-temporal gauche. Le cortex de la petite enfance est labile : c'est la bonne période pour l'apprentissage de la lecture !
- De même en ce qui concerne la **lecture musicale**, il est prouvé qu'un musicien double la surface de son cortex visuel dédié aux portées. Il bouscule ainsi l'organisation de l'aire visuelle consacrée à la forme des mots. Même phénomène chez les mathématiciens de haut vol : les équations enregistrées réduisent l'aire corticale consacrée à la reconnaissance des visages !
- Le cerveau de l'enfant est à la fois structuré et plastique. Pour l'apprentissage, les interventions les plus précoces sont les plus efficaces. L'école, les parents, la famille jouent un rôle essentiel. L'épanouissement du cerveau de l'enfant passe par l'**enrichissement de son environnement**. La relation personnelle à l'enfant est fondamentale.

## Troisième partie : Les 4 piliers de l'apprentissage

La plasticité du cerveau est importante pour l'apprentissage mais, en plus, l'homme dispose d'astuces supplémentaires : 4 piliers que sont l'attention, la curiosité ou engagement actif, le retour sur l'erreur et la consolidation.

## Chapitre 7 : L'attention

Grâce à l'attention, le cerveau sélectionne l'information, l'amplifie, la canalise et l'approfondit. Dans l'enseignement, il faut apprendre à faire attention et en IA l'attention est nécessaire pour atteindre la rapidité.

## Quand ?

Nous faisons attention en cas de danger ou d'émotion. Chez l'homme, ce sont les mêmes circuits cérébraux qui sont concernés par l'alerte et la motivation. Les jeux vidéo qui impliquent une question de vie ou de mort prouvent la capacité de concentration des jeunes !

## A quoi ?

Il faut sélectionner dans le chaos perceptif ce à quoi nous voulons faire attention : il faut filtrer, choisir, rejeter, sélectionner. Notre attention est limitée et doit choisir son objet.

## Comment ?

Nous disposons d'un «contrôle exécutif», sorte de supervision corticale très perfectionnée. Ce contrôle exécutif est lié à la mémoire de travail, qui est en quelque sorte le routeur du cerveau : il règle le déroulement des opérations lentes et successives.

Nous sommes incapables de faire deux tâches à la fois, sauf si l'une est devenue automatique. Se concentrer, c'est donc donner priorité à une tâche précise. Ce contrôle exécutif se développe lentement pendant l'enfance et l'adolescence. Il peut être accéléré par l'entraînement et l'éducation. Il faut diversifier les apprentissages pour généraliser l'amélioration du contrôle exécutif. L'entraînement précoce de la mémoire de travail est important et doit se faire dès la maternelle.

« L'attention partagée » est fondamentale. Notre espèce se caractérise par l'aspect social de l'apprentissage. Ce qu'une personne découvre bénéficie à tout le groupe. « *Je fais attention si tu fais attention* » est un grand principe à respecter déjà avec le bébé. Le contact oculaire est une condition de l'apprentissage. Les parents et les enseignants doivent en tenir compte. Enseigner, c'est faire attention à l'attention de l'autre.

## Chapitre 8 : L'engagement actif

- On n'apprend bien que si on voit le but à atteindre et qu'on est d'accord avec cet objectif. L'engagement actif est essentiel pour l'apprentissage. Un organisme passif n'apprend pas.
- La difficulté de la chose à apprendre n'est pas un obstacle. Si on a dû faire un effort cognitif, la rétention sera meilleure.
- L'enseignant est là pour fournir un environnement d'apprentissage progressif, structuré et explicite pour guider l'élève vers la connaissance. Méfions-nous de la pure « pédagogie de la découverte ». C'est un mythe éducatif qui peut entraîner lenteur et superficialité. De plus, tous les enfants sont capables d'adopter la même stratégie quand elle se révèle efficace.
- La curiosité appartient à la biologie de l'homme neuronal. Elle est une force qui nous pousse à explorer. Quand nous découvrons une nouvelle information, la dopamine nous récompense. La curiosité de l'homme est épistémique : elle vise tous les domaines, même les plus abstraits. Rire de ses erreurs est une émotion sociale qui peut augmenter la curiosité !
- Notre curiosité évolue entre la monotonie du trop simple et l'écueil du trop complexe et recherche des domaines nou-

veaux et accessibles. L'enfant, conscient qu'il ne sait pas certaines choses et qui demande de l'aide, fait preuve de métacognition.

- L'école tue parfois la curiosité
  - » par un manque de stimulation appropriée qui peut susciter l'ennui pour les plus doués et le découragement pour les plus faibles ;
  - » par une organisation trop rigide ; il faut encourager au contraire les initiatives, les questions, les exposés des élèves ;
  - » en encourageant le mode réceptif plutôt que le mode actif.

Le mieux est une pédagogie structurée qui laisse de la place à la créativité.

## Chapitre 9 : Le retour sur erreur

Si elle est suivie d'un bon feed-back, l'erreur constitue une opportunité d'apprentissage.

- Depuis les débuts de la vie, la surprise gouverne les apprentissages de l'homme comme ceux de l'animal. La surprise est provoquée par le décalage entre la prédiction et la réalité. Elle nous conduit à ajuster nos modèles du monde.
- Prédire, détecter l'erreur, se corriger, voilà un schéma fondamental d'un apprentissage efficace.
- L'apprentissage supervisé consiste à fournir à l'élève un retour sur l'erreur rapide et détaillé. Ce retour doit être le plus neutre et le plus informatif possible (soyons attentifs à l'affectivité des élèves).
- La note constitue un piètre feed-back. Quand elle est sèche et sans commentaire, elle atteint le système émotionnel du cerveau. Elle peut conduire à l'impuissance, au complexe d'infériorité, voire à la culpabilité et abolit ainsi les capacités. Au contraire, l'état d'esprit progressiviste (tous les enfants peuvent progresser) influence positivement l'apprentissage. « *Une fois la peur d'apprendre vaincue, les élèves sont insatiables* » nous dit Daniel Pennac, ce cancre devenu prof !
- Trois bons conseils :
  1. S'engager activement : l'élève hasarde une réponse, génère une hypothèse ; le professeur lui donne une information non punitive ; la correction est possible.
  2. Se tester pour mieux apprendre : le test nous permet de nous froter au réel. Il est aussi important que le cours. Il est notre « métamémoire », il nous assure que ce que nous voulons retenir n'est pas simplement bloqué dans la mémoire de travail qui disparaît trop vite.
  3. Espacer les apprentissages : 15 minutes chaque jour de la semaine sont bien plus efficaces que 120 minutes la veille d'un contrôle. La mémorisation sera plus profonde. Un intervalle de 24 heures pour une même leçon est idéal car le sommeil consolide la rétention. Des intervalles croissants assurent une mémoire à plus long terme. La mémoire doit être tournée vers le futur. Les révisions doivent être fréquentes et cumulatives.

## Chapitre 10 : La consolidation

Consolider, c'est passer d'un traitement lent, conscient, avec effort, à un fonctionnement rapide, inconscient, automatique. Au départ d'un apprentissage beaucoup de ressources cérébrales sont convoquées. Avec la pratique, un circuit spécialisé se met en place et libère le cortex pour d'autres tâches. C'est vrai pour la lecture, l'arithmétique, la musique, la conduite d'un véhicule, etc.

Le sommeil joue un rôle-clé dans cette consolidation. Il permet de transférer l'apprentissage dans un compartiment plus profond de la mémoire. Le cerveau endormi revit les épisodes de la veille. L'activité neuronale de l'hippocampe et du cortex en

témoigne. Ce qu'on a entraîné pendant la journée est consolidé pendant la nuit. Ce rôle du sommeil fait aussi l'objet de recherches : comment prévoir une phase de sommeil pour les machines intelligentes ? Sans doute l'activité cérébrale pendant la nuit travaille-t-elle d'une manière inversée par rapport à l'activité cérébrale diurne... Peut-être le sommeil démultiplie-t-il notre potentiel.

Le sommeil est important dès les premiers mois et pendant toute la croissance. Les troubles de l'attention sont peut-être liés au problème du sommeil. On sait aussi que la réorganisation des réseaux neuronaux et hormonaux des adolescents modifie leur cycle veille/sommeil. Il faudrait tenir compte de leur envie de se coucher et de se lever tard en décalant légèrement les horaires scolaires.

## Conclusion

Il faut réconcilier l'éducation et les neurosciences. «La pédagogie est comme la médecine : un art, mais qui s'appuie – ou devrait s'appuyer – sur des connaissances scientifiques précises» (Piaget, La pédagogie moderne, 1949).

L'auteur dans cette conclusion rappelle les idées-clés de son

ouvrage, nous livre 13 maximes pour l'épanouissement de l'enfant et termine en insistant sur l'importance des quatre piliers développés dans la 3<sup>ème</sup> partie.

Il souhaite bien sûr une alliance étroite entre les enseignants, les parents et les scientifiques.

## Commentaires

A la suite de cette longue synthèse de l'ouvrage de Stanislas Dehaene, je me permets de vous livrer quelques commentaires personnels. Je ne vous étonnerai pas si je vous dis que cette lecture a été un exercice ardu... En effet, la matière exposée est complexe : Stanislas Dehaene est à la pointe de la recherche en France en psychologie cognitive et en neurologie. Membre de l'Académie des sciences, il préside le Conseil scientifique de l'Education nationale et a déjà publié plusieurs ouvrages de vulgarisation exigeante.

Cet ouvrage-ci fait état des recherches actuelles en neurologie, dans les sciences de l'éducation et aussi en informatique pour ce qui concerne l'Intelligence Artificielle (ou les «réseaux de neurones»).

Si son ouvrage fait état des recherches actuelles, l'auteur retrace de temps à autre le parcours historique des recherches scientifiques. Il rend ainsi hommage à maints hommes de science dont Bayès et Laplace au 18<sup>ème</sup> siècle, pères des algorithmes bayésiens (IA).

Cette lecture complexe est facilitée par de nombreux facteurs :

- Le point de départ touchant : la rencontre avec le petit Felipe (cf. Introduction) nous révèle d'emblée l'importance humaine de toutes ces recherches.
- L'organisation très claire en trois parties et dix chapitres. Très habilement l'auteur crée un lien entre les parties et les chapitres en établissant un petit résumé de la précédente à chaque nouvelle étape et en annonçant la suivante. C'est digne d'un thriller...
- Les schémas en couleurs accompagnés d'un texte très précis permettent d'intégrer les découvertes scientifiques.

- Le style recourt volontiers à la métaphore, ce qui crée une respiration dans la lecture. A titre d'exemple, je vous cite celle de la page 155 à propos du cerveau du bébé : « *A la naissance, le cortex ressemble à un bois après le passage d'un ouragan, couvert seulement de quelques troncs d'arbres dénudés. Dans les six premiers mois de vie, véritable printemps du cerveau, branchements et ramifications se multiplient jusqu'à former un fourré inextricable.* »

- Enfin, l'auteur établit également des ponts entre science et philosophie et ses citations nous le rappellent. Il convoque Platon, Descartes, Bachelard, Pennac et bien d'autres pour étayer son exposé.

En établissant cette synthèse, j'ai voulu rester très proche du texte afin de ne pas trahir les propos de l'auteur. J'ai souvent repris littéralement ses explications et respecté le fil de l'œuvre pour faciliter votre retour à celle-ci.

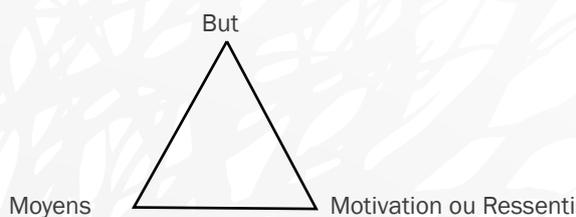
**Apprendre**, le titre m'a immédiatement interpellée car c'est notre premier souci en tant qu'enseignant : que chacun puisse évoluer dans l'apprentissage. Les liens que j'ai pu établir avec la Gestion mentale sont nombreux. Stanislas Dehaene est lui aussi convaincu que le rôle principal de l'enseignant est « d'apprendre à apprendre » à ses élèves pour les mener vers l'autonomie. On retrouve dans sa «conception progressiviste » de l'élève l'affirmation souvent répétée d'Antoine de La Garanderie : « Tous les enfants peuvent réussir ». Les deux auteurs (AdLG et SD) insistent sur l'importance de la relation confiante et personnelle que l'enseignant (ou le parent) doit créer avec l'enfant. Tous les deux se passionnent pour les premiers mois et années de l'enfant si déterminants pour l'apprentissage. AdLG a consacré un ouvrage aux « *Grands projets de nos pe-*

tits » et dans Apprendre SD s'attache à nous décrire l'évolution du cortex dans les premiers mois et années de la vie et son impact sur l'acte d'apprendre. Tous deux reconnaissent l'importance de la « métacognition », sorte d'évaluation personnelle. Elle peut apparaître très vite chez l'enfant grâce à l'imagination et elle favorise l'apprentissage. La notion de projet est davantage présente chez AdLG.

C'est bien entendu dans la 3<sup>ème</sup> partie de Apprendre, intitulée Les 4 piliers de l'apprentissage, que les liens avec la Gestion mentale sont les plus évidents.

En ce qui concerne l'**attention**, la description de Stanislas Dehaene est avant tout neuronale. L'apport d'Antoine de La Garanderie dans ce domaine est plus pédagogique. Il décrit le « comment faire » qui va permettre la concentration grâce au projet d'attention et au recours aux deux langues mentales (V et A) que semble négliger tout à fait S. Dehaene, persuadé que tous les enfants ont les mêmes processus d'apprentissage.

J'ai établi un rapprochement entre le 2<sup>ème</sup> pilier – l'engagement actif – et la motivation que nous essayons de favoriser en Gestion mentale en établissant avec l'élève le fameux triangle du projet :



Rendre l'élève conscient, de manière très précise, des buts et des moyens de l'apprentissage doit lui permettre de dégager une motivation (ce que SD appelle l'engagement actif). Celle-ci peut aboutir à une satisfaction personnelle – le plaisir d'apprendre ! – que notre auteur scientifique justifie par la production de dopamine dans notre cerveau. Intéressant...

Le 3<sup>ème</sup> pilier, le retour sur l'erreur, est lui aussi très important. L'article de Luc Fauville, *Penser, c'est oser se tromper* dans ce numéro corrobore l'aspect positif que peut revêtir l'erreur. AdLG insiste sur la manière d'évaluer un élève. La cote doit toujours s'accompagner d'un commentaire du professeur. Celui-ci devrait toujours souligner, pour commencer, un aspect positif du travail et ensuite indiquer où se situe l'erreur et comment y remédier. A ces conditions, l'erreur peut devenir un levier !

Dans cette même partie, S. Dehaene insiste sur l'espacement des apprentissages et sur le fait que la mémoire est tournée non vers le passé mais vers l'avenir. Dans la description du geste mental de mémorisation, A. de La Garanderie insiste très fort sur le projet d'imaginaire d'avenir préalable à toute mémorisation solide. Il montre très bien que ce geste unit passé et futur. Lui aussi affirme que l'espacement des apprentissages les consolide.

Que de résonances entre cette conclusion et la pratique décrite par Virginie Matthews dans ce numéro !

Lecture ardue mais passionnante et qui ne peut que renforcer notre confiance dans la Gestion mentale...<sup>1</sup>

Mimie de Volder



<sup>1</sup> Pour tout ceci, n'hésitez pas à consulter aussi YouTube.