

AVRIL 2022

**CONCOURS INGÉNIEURS STATISTICIENS ÉCONOMISTES CYCLE LONG /
ANALYSTES STATISTICIENS**

ISE cycle long / AS

**CONTRACTION DE TEXTE
(Durée de l'épreuve : 3 heures)**

Le texte ci-après est tiré du livre de Stanislas Dehaene : « Apprendre ! Les talents du cerveau, le défi des machines », paru aux éditions Odile Jacob en septembre 2018.

Il doit être résumé en 250 mots (plus ou moins 10%). Vous indiquerez en fin de copie le nombre de mots utilisés.

Il sera tenu compte de l'orthographe, de la ponctuation et de la présentation de votre écrit.

Pourquoi l'apprentissage ?

Pourquoi devons-nous apprendre ? L'existence même de la faculté d'apprentissage pose question. Ne vaudrait-il pas mieux que nos enfants sachent parler et réfléchir dès le premier jour, telle Athéna dont la légende dit qu'elle sortit toute armée et casquée du crâne de Zeus, en poussant son cri de guerre ? Pourquoi ne naissons-nous pas pré-câblés, avec un logiciel préprogrammé et doté de toutes les connaissances nécessaires à notre survie ? Dans la lutte pour la vie que décrit Darwin, un animal qui naîtrait mature, avec plus de savoir que les autres, ne devrait-il pas finir par l'emporter ? Pourquoi l'évolution a-t-elle donc inventé l'apprentissage ?

Ma réponse est simple : le pré-câblage complet du cerveau n'est ni possible ni souhaitable. Impossible vraiment ? Oui, car si notre ADN devait spécifier tous les détails de nos connaissances, il n'aurait simplement pas la capacité de stockage nécessaire [...] Le génome humain se réduit à 750 mégaoctets – le contenu d'un CD-ROM ou d'une petite clé USB ! Et ce calcul ne tient même pas compte des nombreuses redondances qui parsèment notre ADN.

A partir de cette modeste somme d'informations héritées des millions d'années d'évolution, notre génome, initialement confiné à une seule cellule, l'ovule fécondé, parvient à organiser l'ensemble du corps – chaque molécule de chacune des cellules de notre foie, de nos reins, de nos muscles, et bien sûr de notre cerveau : 86 milliards de neurones, 1 000 milliers de milliards de connexions... Comment pourrait-il les définir une par une ? [...]

Pré-câbler un cerveau humain dans tous ses détails serait rigoureusement impossible, c'est pourquoi l'apprentissage doit prolonger l'œuvre des gènes.

Ce simple argument comptable, toutefois, ne suffit pas à expliquer pourquoi l'apprentissage est universellement répandu dans le monde animal. En effet, même des organismes simples et dépourvus de cortex, comme le ver de terre, la mouche drosophile ou le concombre de mer, apprennent bon nombre de leurs comportements. Prenez le petit ver qu'on appelle « nématode », ou *C. elegans*, et qui est rapidement devenu une star de laboratoire. Cet organisme est incroyablement pré-câblé : la plupart des individus comprennent exactement 959 cellules dont 302 neurones, dont toutes les connexions sont connues et reproductibles. Et pourtant, il apprend. Les chercheurs le considéraient initialement comme une sorte d'automate tout juste capable de ramper en avant ou en arrière, mais ils se sont ensuite aperçus qu'il possédait au moins deux formes d'apprentissage : par habituation et par association.

L'habituation signifie que l'organisme s'habitue à la présence répétée d'une stimulation (par exemple une molécule dans l'eau) et finit par ne plus y répondre. L'association, quant à elle, consiste à découvrir et à retenir en mémoire quels aspects de l'environnement prédisent les sources de nourriture ou de danger. Le ver nématode s'avère être un champion de l'association, capable de se souvenir que tel goût, telle odeur ou telle température ont été associées par le passé à de la nourriture (des bactéries) ou à des molécules repoussantes (l'odeur de l'ail) et d'utiliser cette information pour choisir son chemin dans son environnement.

Avec son petit nombre de neurones, le nématode aurait très bien pu être pré-câblé. S'il ne l'est pas, c'est parce qu'il est avantageux, pour sa survie, de s'adapter aux conditions spécifiques dans lesquelles il naît. Même des organismes génétiquement identiques ne naissent pas forcément dans le même environnement. Tous ont intérêt à s'adapter rapidement à des conditions fondamentalement imprévisibles. La sélection naturelle, qui est l'algorithme découvert par Darwin, parvient certes à adapter chaque organisme à sa niche écologique, mais elle le fait avec une lenteur affligeante : il faut que des générations meurent, faute d'être adaptées, avant qu'une mutation favorable puisse augmenter la survie. La faculté d'apprentissage, elle, agit bien plus vite : elle modifie le comportement en quelques minutes. Et c'est ce qui fait tout l'intérêt de l'apprentissage : s'adapter, le plus vite possible, à des conditions imprévisibles.

C'est pourquoi l'évolution a inventé la faculté d'apprendre. Au fil des générations, elle a découvert qu'il était utile de laisser certains paramètres de l'organisme libres de se modifier pour mieux s'ajuster aux aspects les plus changeants de son environnement. Certains aspects de la physique du monde sont strictement invariables : la gravitation est universelle, la propagation de la lumière ou des sons dans l'air ne change pas du jour au lendemain, et c'est pourquoi nous n'avons – Dieu merci ! – pas besoin d'apprendre à faire pousser nos oreilles, nos yeux, ou les labyrinthes de notre système vestibulaire qui mesurent l'accélération de notre corps : toutes ces propriétés de notre corps et de notre cerveau sont codées génétiquement. Par contre, l'espacement de nos yeux, le poids et la longueur de nos membres, la hauteur de notre voix varient, et c'est pourquoi notre cerveau doit les apprendre. Notre pensée est le résultat d'un compromis : énormément d'inné (toutes les grandes catégories intuitives à l'aide

desquelles nous subdivisons le monde en images, sons, mouvements, objets, animaux, personnes, causes...), mais encore plus d'acquis qui raffine ces compétences précoces.

Notre espèce a fait de l'apprentissage sa spécialité. Dans notre cerveau, des milliards de paramètres sont libres de s'adapter à notre milieu, notre langue, notre culture, nos parents, notre nourriture... Ces paramètres sont choisis avec soin : au sein de notre cerveau, l'évolution a défini avec précision, quels circuits sont pré-câblés et lesquels sont ouverts à l'environnement. Dans notre espèce, la part d'apprentissage est particulièrement vaste, car notre enfance se prolonge pendant de longues années. Par le biais du langage et des mathématiques, nos espaces d'hypothèses se démultiplient en une combinatoire potentiellement infinie – même s'ils s'appuient toujours sur des fondations fixes et invariables, héritées de notre évolution.

Homo docens

S'il fallait résumer d'un mot le talent particulier de notre espèce, je retiendrais donc le verbe « apprendre ». Plus que des *Homo sapiens*, nous sommes des *Homo docens* –car ce que nous savons du monde ne nous a pas été donné : nous l'avons appris de notre environnement ou de notre entourage. Aucun autre animal n'a su, comme nous, découvrir les secrets du monde naturel. Grâce à l'extraordinaire flexibilité de ses apprentissages, notre espèce est parvenue à quitter sa savane natale pour traverser déserts, montagnes, océans, et, en quelques milliers d'années seulement, conquérir les îles les plus lointaines, les grottes les plus profondes, les banquises les plus glaciales, et jusqu'à la Lune. Depuis la conquête du feu et la fabrication des outils jusqu'à l'invention de l'agriculture, de la navigation ou de la fission atomique, l'histoire de l'humanité n'est que constante réinvention. A la source de tous ces triomphes, un seul secret : l'extraordinaire faculté de notre cerveau à formuler des hypothèses et à les sélectionner pour transformer certaines d'entre elles en connaissances solides sur notre environnement.

Cette remarquable capacité d'apprentissage, l'humanité a découvert qu'elle pouvait encore l'augmenter grâce à une institution : l'école. La pédagogie active est l'apanage de notre espèce : aucun autre animal ne prend le temps d'enseigner de nouveaux talents à ses enfants, activement, en prêtant attention à leurs difficultés et à leurs erreurs. L'invention de l'école, en systématisant l'instruction informelle présente dans toutes les sociétés humaines, a décuplé notre potentiel cérébral. Nous avons compris qu'il fallait profiter de cette exubérante plasticité du cerveau de l'enfant pour lui inculquer un maximum d'informations et de talents. Au fil des siècles, notre système scolaire n'a cessé de progresser en efficacité, commençant toujours plus tôt, dès la maternelle, et se prolongeant pendant une quinzaine d'années, voire plus : un nombre toujours croissant de cerveaux bénéficient d'un enseignement supérieur, à l'université, véritable raffinerie neuronales où nos circuits cérébraux acquièrent leurs meilleurs talents.

Aujourd'hui, l'Education Nationale peut être considérée comme le principal accélérateur de notre cerveau. Sa place de choix, parmi les tout premiers postes de dépenses de l'Etat, se justifie aisément : sans elle, nos circuits corticaux resteraient des diamants bruts. La complexité de nos sociétés contemporaines ne doit son existence qu'aux multiples améliorations que l'éducation a apportées à notre cortex : lecture, écriture, algèbre, musique, sens du temps et de l'espace, raffinement de la mémoire... Sait-on, par exemple, que la

capacité de mémoire immédiate d'un analphabète, le nombre de syllabes ou de chiffres qu'il peut répéter, est près de deux fois plus faible que celle d'une personne scolarisée ?

Apprendre à apprendre

L'éducation démultiplie les facultés déjà considérables de notre cerveau –mais pourrait-elle faire mieux encore ? A l'école, à l'université et au travail, contraints de nous adapter toujours plus vite, nous jonglons avec nos algorithmes cérébraux d'apprentissage. Cependant nous le faisons d'une façon intuitive, sans avoir jamais appris à apprendre. Personne ne nous a expliqué les règles qui font que notre cerveau mémorise et comprend, ou, au contraire, oublie et se trompe. C'est dommage, car les données abondent. Un excellent site anglais, l'Education Endowment Fund (EEF) recense les interventions pédagogiques qui marchent. Et l'une des plus efficaces est la métacognition, c'est-à-dire le fait de mieux connaître son propre fonctionnement cognitif. Savoir apprendre est l'un des plus importants facteurs de réussite scolaire.

Au cours des trente dernières années, d'importants progrès ont été réalisés dans la compréhension des principes fondamentaux de la plasticité cérébrale et de l'apprentissage. Le fonctionnement de la mémoire, le rôle de l'attention, l'importance du sommeil sont autant de découvertes riches de conséquences pour chacun d'entre nous. Lorsque vous refermerez ce livre, j'espère que vous en saurez beaucoup plus sur vos propres processus d'apprentissage. Il me paraît fondamental que chaque enfant, que chaque adulte prenne la pleine mesure du potentiel de son propre cerveau et aussi, bien sûr, de ses limites. Les sciences cognitives contemporaines, par la dissection systématique qu'elles pratiquent de nos algorithmes mentaux et de leurs mécanismes cérébraux, revisitent le célèbre adage socratique « Connais-toi toi-même ». Aujourd'hui, il ne s'agit plus de pratiquer l'introspection, mais de mieux connaître la subtile mécanique neuronale qui engendre nos pensées, afin de mieux la maîtriser et de la mettre au service de nos goûts et de nos besoins.

Et je pense aussi, bien entendu, aux professionnels de l'apprentissage que sont les enseignants. Je suis profondément convaincu qu'on ne peut pas enseigner convenablement sans posséder, implicitement ou explicitement, un modèle mental de ce qui se passe dans la tête de l'enfant : quelles sont ses intuitions, correctes ou erronées, quelles sont les étapes par lesquelles il doit passer pour progresser, et quel facteur l'aide à développer ses compétences. [...]

Quatre mécanismes essentiels modulent massivement notre capacité d'apprendre.

En premier vient l'attention : un ensemble de circuits neuronaux qui sélectionnent, amplifient et propagent les signaux auxquels nous accordons de l'importance – et multiplie par cent ou par mille leur représentation en mémoire.

En deuxième, l'engagement actif : un organisme passif n'apprend pratiquement rien, car l'acte d'apprendre exige que le cerveau génère activement des hypothèses, avec curiosité.

Troisième volet, et complément naturel de l'engagement actif : les signaux d'erreur et de surprise. Ce sont eux qui, en se propageant dans tout le cerveau, viennent corriger nos modèles mentaux, éliminer les hypothèses inappropriées et stabiliser les plus justes.

Enfin, quatrième facteur, la consolidation : au fil du temps, notre cerveau compile ce qu'il a acquis et le transfère en mémoire à long terme, afin de libérer les ressources pour d'autres apprentissages. La répétition joue un rôle essentiel dans cette consolidation, et même le sommeil, sans être une période d'inaction, constitue un moment privilégié au cours duquel le cerveau se répète et recode les acquis de la journée.

Ces facteurs sont universels : bébé, enfant ou adulte, quel que soit notre âge, ils continuent d'exercer leur pouvoir sur notre capacité d'apprendre. C'est pourquoi nous devons apprendre à les maîtriser. Dans la conclusion, je reviendrai sur les conséquences pratiques de ces avancées scientifiques. Changer nos pratiques, à l'école, en famille ou au bureau n'est pas forcément aussi compliqué qu'on le pense. Des idées très simples, sur le jeu, le plaisir, la curiosité, la socialisation, la concentration ou encore le sommeil, peuvent augmenter encore ce qui est déjà le plus grand talent de notre cerveau : apprendre.