

5 MÉMOIRE À COURT TERME : POURQUOI UNE TELLE LIMITATION ?

La mémoire à court terme des humains est ridiculement faible et explique en partie notre incapacité à traiter de manière fiable de grandes quantités de calculs ou à effectuer des calculs algorithmiques de manière fiable.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

MÉMORISATION EUROPÉENNE

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

MÉMORISATION CHINOISE

Chez un européen la capacité de cette mémoire est généralement de 7 chiffres. Assez curieusement chez les chinois elle est environ de neuf chiffres. L'explication semble tenir au fait que notre cerveau mémorise les séries de chiffres ou de nombres dans une mémoire auditive (ce qui explique d'ailleurs les confusions fréquentes faites entre six et dix dans les tests de mémorisation). La mémoire ne conserve les nombres que pendant deux secondes environ et en conséquence la capacité mnésique est liée à la brièveté du nom des chiffres. Les chiffres chinois sont brefs et peuvent se prononcer en moins d'un quart de seconde ce qui n'est pas le cas des noms des chiffres en français.

Finalement la faiblesse en calcul des humains serait due principalement à cette limitation de la mémoire à court terme que les calculateurs prodiges tentent de contourner en apprenant par cœur de nombreux résultats d'usage fréquent. Ce manque sera peut-être comblé un jour en «branchant» directement sur le cerveau une calculatrice avec un système de mémorisation complémentaire que nous pourrions commander mentalement.

une pression de sélection spécifique sur les individus masculins auxquels était dévolu le rôle de chasseur et qui devaient donc parcourir de grandes étendues à la recherche de leurs proies. Il était vital pour les mâles de posséder de bonnes capacités de navigation sur de longues distances et en particulier ils devaient être en mesure de reconnaître les scènes sous différents angles pour bien retrouver leur chemin. Une seconde hypothèse propose que les réussites supérieures des hommes, dans les tests de rotation mentale, sont dues à la fabrication des outils dont le rôle était préférentiellement confié aux hommes. L'avantage de l'homme aux tests de rotation mentale n'est pas spécifique à notre civilisation occidentale et il a été observé chez les peuples d'Afrique, de Jamaïque, et d'Asie. Chez les rats et certains singes des différences semblables entre mâles et femelles ont été établies, l'explication proposée étant que d'une manière assez générale chez les mammifères, le mâle recherche la nourriture en parcourant de grandes distances et est chargé de guider le groupe lorsqu'il se déplace.

Plus intéressantes encore, des études sur les méthodes utilisées par les hommes et les femmes pour mémoriser et retrouver leur chemin aboutissent à la même conclusion : les femmes utilisent plus facilement des objets ou structures (bâtiments particuliers, arbres, noms de rue, etc.) qu'elles mémorisent et recherchent ensuite pour reconstituer leur chemin, alors que

les hommes ont plutôt tendance à retenir les distances et l'orientation du parcours. Une femme mémorisera sa route en se rappelant «d'abord jusqu'au grand immeuble bleu, puis jusqu'au parc avec des grilles, et enfin jusqu'à la tour surmontée de drapeaux», alors que l'homme notera «tout droit pendant deux cents mètres, puis prendre à gauche et suivre la rue pendant cinq cents mètres jusqu'au carrefour où il faut tourner à droite et suivre la rue environ cent mètres». D'autres tests confirment d'ailleurs que la femme possède une meilleure mémoire pour l'emplacement des objets, que ce soit sur un parcours extérieur ou dans une maison.

Comme pour le calcul numérique, la tâche de refaire à l'envers un chemin parcouru précédemment est facile pour un ordinateur ou un robot qui (en appliquant la méthode masculine) mémoriseront un parcours machine très long. La différence entre l'homme et la machine électronique est la capacité à mémoriser des informations formelles (par exemple une liste de cinquante indications du type «à droite, 50 mètres, à gauche, 20 mètres, etc.») de manière fiable. Très étrangement notre cerveau qui mémorise par ailleurs un nombre considérable d'informations n'est pas capable de retenir de longues listes de données symboliques ou numériques (combien de numéros de téléphones connaissez-vous par cœur?). Notre mémoire fonctionne d'une manière totalement différente de celle d'un ordinateur

et là encore on a du mal à comprendre pourquoi un organe aussi puissant se trouve gêné pour les tâches élémentaires de mémorisation : avec le cerveau humain le proverbe «qui peut le plus peut le moins» être contredit.

BONS TESTS ET BONNES NOTES!

À côté des aptitudes géométriques différentes entre hommes et femmes, un paradoxe étrange a été mis en évidence par plusieurs études : les garçons réussissent mieux les tests d'aptitudes aux mathématiques, alors pourtant que les filles obtiennent en classe de meilleures notes en mathématiques que les garçons (cet avantage des filles est vrai dans presque toutes les disciplines).

Le test SAT-Math (*Scholastic Aptitude Test-Mathematics*) a été utilisé dans un grand nombre d'expériences montrant une différence qui au cours des années se maintient à environ 0,5 écart type (ce qui signifie que l'écart moyen en faveur des garçons est d'environ la moitié de l'écart moyen général, ce qu'on considère comme statistiquement significatif). Ce test qui ne fait appel qu'au savoir faire de base et pose des problèmes que les personnes testées n'ont en général pas traités auparavant ne mesure pas l'apprentissage des concepts mathématiques, mais l'aptitude générale à traiter et à maîtriser des situations formelles.

La discussion sur l'interprétation de ces résultats est intéressante. Certains défendent bien sûr que la supériorité des scores des garçons provient de facteurs éducatifs et sociaux tels que l'attente différente des enseignants et des parents qui dès la plus petite enfance auraient modelé les cerveaux garçons et filles. Une telle interprétation semble cependant devoir être rejetée car elle conduirait aussi à ce que les notes des filles soient moins bonnes que celles des garçons, et à ce qu'une même différence se retrouve dans les tests d'aptitude verbale, ce qui n'est pas le cas. De plus, des études plus détaillées montrent que les filles sont en général meilleures en calcul arithmétique que les garçons qui eux dominent en résolution de problèmes. De telles différences, plus fines, ne sont pas connues des enseignants et des parents, on voit donc mal comment elles pourraient s'expliquer par des «attentes différentes». Par ailleurs, ces différences se retrouvent dans de nombreux groupes culturels et ethniques : au Japon, en Chine, aux USA, en Europe.

Quant à l'explication du fait que les jeunes filles ont de meilleures notes que les garçons y compris en mathématiques où les tests d'aptitude laissent attendre

des résultats inverses on s'interroge toujours. Est-ce que les femmes sont plus organisées et mettent en œuvre de meilleures méthodes de travail? Est-ce simplement qu'elles travaillent plus et sont plus motivées pour obtenir des bonnes notes? Ou encore, réussissent-elles mieux quand elles sont confrontées à des questions qui leur sont familières et dont des cas analogues leur ont déjà été expliqués? Les spécialistes hésitent et ce sera sans doute l'un des objectifs des travaux à venir que de répondre.

Ces précisions outre qu'elles confirment que les différences entre hommes et femme sont profondes, montrent à nouveau que ce qui se passe dans un cerveau qui calcule n'a rien à voir avec ce qui se passe dans un ordinateur qui calcule. Les calculateurs prodiges aussi impressionnants que soient leurs exploits, ont des limites incroyablement inférieures à celles des ordinateurs : sans même évoquer la rapidité des calculs un être humain peut, dans des cas exceptionnels, mémoriser quelques dizaines de milliers de chiffres alors qu'un ordinateur d'aujourd'hui n'a pas de mal à en mémoriser plusieurs milliards.

POURQUOI DONC UNE TELLE ARCHITECTURE?

Notre cerveau est une machine à calcul multi-spécialisée mais pas une machine aux possibilités évolutives nombreuses. Contrairement à ce qui s'est définitivement imposé comme modèle d'architecture des ordinateurs, il n'est pas construit autour d'un mécanisme universel de calcul auquel l'évolution aurait ajouté des modules.

Tous les ordinateurs d'aujourd'hui sont conçus autour d'un noyau de calcul universel qui est utilisé sans cesse pour exécuter les algorithmes du système d'exploitation et des couches plus hautes du logiciel. Le tout est complété de modules ou des puces spécialisées (pour les traitements graphiques par exemple), qui permettent de résoudre plus rapidement certains problèmes rencontrés fréquemment que ne le permettrait la programmation du noyau universel.

Le parallélisme (c'est-à-dire l'exécution simultanée de plusieurs opérations de calculs en des endroits différents d'une machine) qu'on évoque souvent comme différence essentielle entre le fonctionnement du cerveau et celui de nos ordinateurs n'est en fait ni absent de nos machines, ni toujours présent dans le cerveau. En effet, dans presque tous les ordinateurs actuels, des formes plus ou moins complexes de parallélismes sont dorénavant utilisées : plusieurs processeurs peuvent être présents et travailler simul-

tanément ; dans le fonctionnement de base des microprocesseurs récents certaines formes de parallélisme dans le traitement des données sont implantées. Il est certain que cette parallélisation à tous les niveaux des ordinateurs va se poursuivre. En revanche, dans le cerveau en train de calculer, des séquences bien précises d'activations cérébrales ont été observées (à l'aide de dispositifs d'électrodes placées à la surface du crâne qui permettent de suivre zone par zone les diverses parties du cerveau en activité) et l'on sait donc maintenant que dans le cerveau le traitement de certains problèmes se fait séquentiellement et non pas en parallèle.

Bien sûr les millions d'années de l'évolution ont optimisé les performances des modules du cerveau au point qu'on ne sait pas aujourd'hui les imiter, ni concevoir d'assemblages artificiels aux propriétés équivalentes, mais cette organisation, figée, est inapte à mener des traitements informationnels élémentaires (calculs, mémorisations, réception/émission de signaux). Ce *défaut d'architecture* que rien n'explique vraiment a de nombreuses conséquences désagréables et navrantes comme notre incapacité à mémoriser un agenda et à vérifier de tête nos comptes bancaires courants, nos difficultés à retrouver un chemin compliqué, à optimiser une route en regardant une carte, à mesurer le temps avec précision, et bien sûr l'impossibilité à percevoir un signal et à le convertir sous forme sonore comme le fait un téléphone mobile, etc. Toutes ces choses qui nous seraient si utiles dans le monde actuel et que nous n'obtenons qu'en nous adjoignant une multitude de machines qui encombrant nos poches, nos cartables, nos voitures et nos maisons, sont hors de portée de l'évolution possible de notre système nerveux.

Avec des composants aussi nombreux et performants que le sont les neurones la construction d'un noyau universel de calcul ne présente en théorie pourtant aucune difficulté. Son ajout, même à titre de module supplémentaire, sans changer le reste de l'organisation du cerveau, donnerait une plasticité et une capacité adaptative formidable au cerveau : nous ne comprenons pas pourquoi l'évolution n'a pas choisi cette option?

Tout cela semblerait provocateur (comment peut-on se permettre de discuter les choix de l'évolution!), mais la question est sérieuse. Il faut s'interroger : pourquoi nous sommes si mauvais pour mener les tâches les plus élémentaires du traitement de l'information? Il n'y a rien de nécessaire à cela et notre cerveau est aujourd'hui un handicapé de la société de l'information car rien en lui ne le pré-

parait au monde numérique et informationnel qui s'est imposé, et il ne s'y adapte que difficilement à coup d'appendices artificiels astreignants.

Ce mystère est sans doute de la même nature que l'absence dans le monde des êtres vivants de roues ou d'hélices à axe, d'engrenages, de chaînes de transmission, de moteurs à explosion : les choses les plus simples de la mécanique que nous avons découvertes et apprises à maîtriser quand nous avons conçu les premières machines artificielles sont absentes du monde vivant. L'évolution a suivi d'autres chemins élaborant un autre ensemble de solutions mécaniques et chimiques. Cet univers de la mécanique naturelle est parfois infiniment plus complexe et plus performant que celui que nous avons inventé – nous ne savons parfois pas l'imiter ni même le comprendre (voir l'article sur *Le vol des insectes*, août 2001) –, mais parfois il est moins complexe et moins performant – aucun oiseau ne dépasse la vitesse du son, et aucun n'a la capacité de transporter des masses aussi lourdes que celles confiées à nos avions-cargos. La situation concernant le traitement de l'information et le calcul est identique : ce qui nous est apparu comme le plus simple, ce que nous avons su faire dès les premières machines à traiter l'information, la nature ne l'a pas fait préférant emprunter d'autres voies que nous ne comprenons aujourd'hui que très imparfaitement et qui nous étonnent aussi bien par leurs réussites (par exemple notre système visuel) que par leurs échecs qui nous condamnent à être d'exécrables calculateurs.

Stanislas DEHAENE, *La bosse des maths*, Éditions Odile Jacob, Paris 1997.

Stanislas DEHAENE, *Comment notre cerveau calcule-t-il?* in *Pour la science*, n° 236, pp. 50-57, juin 1997.

Martin GARDNER, *Mathematical Carnival*. Chapitres 7 : *Calculating Prodiges*, Chapitre 8 : *Tricks of Lightning Calculators*, Alfred A. Knopf, New York, 1975.

Philip N. JOHNSON-LAIRD, *L'ordinateur et l'esprit*, Éditions Odile Jacob, 1994.

Doreen KIMURA, *Le sexe du cerveau*, *Pour la science*, n° 181, pp. 98-107, novembre 1992.

Doreen KIMURA, *Cerveau d'homme, cerveau de femme?* Éditions Odile Jacob, Paris 2001.

Stevens B. SMITH, *The Great Mental Calculators*, Columbia University Press, New York, 1983.

***La mémoire*, Dossier *Pour la science*, avril-juillet 2001.**

***Le calculateur prodige*, in *Pour la science*, n° 280, p. 15, février 2001.**
