

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 Prodigies*, 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.**