

nombres, mais jamais vous ne réussirez à simuler un processus de choix aléatoire équilibré, voir sur ce sujet la rubrique de septembre 1999 «L'intelligence humaine à nouveau dominée?».

HOMMES ET FEMMES

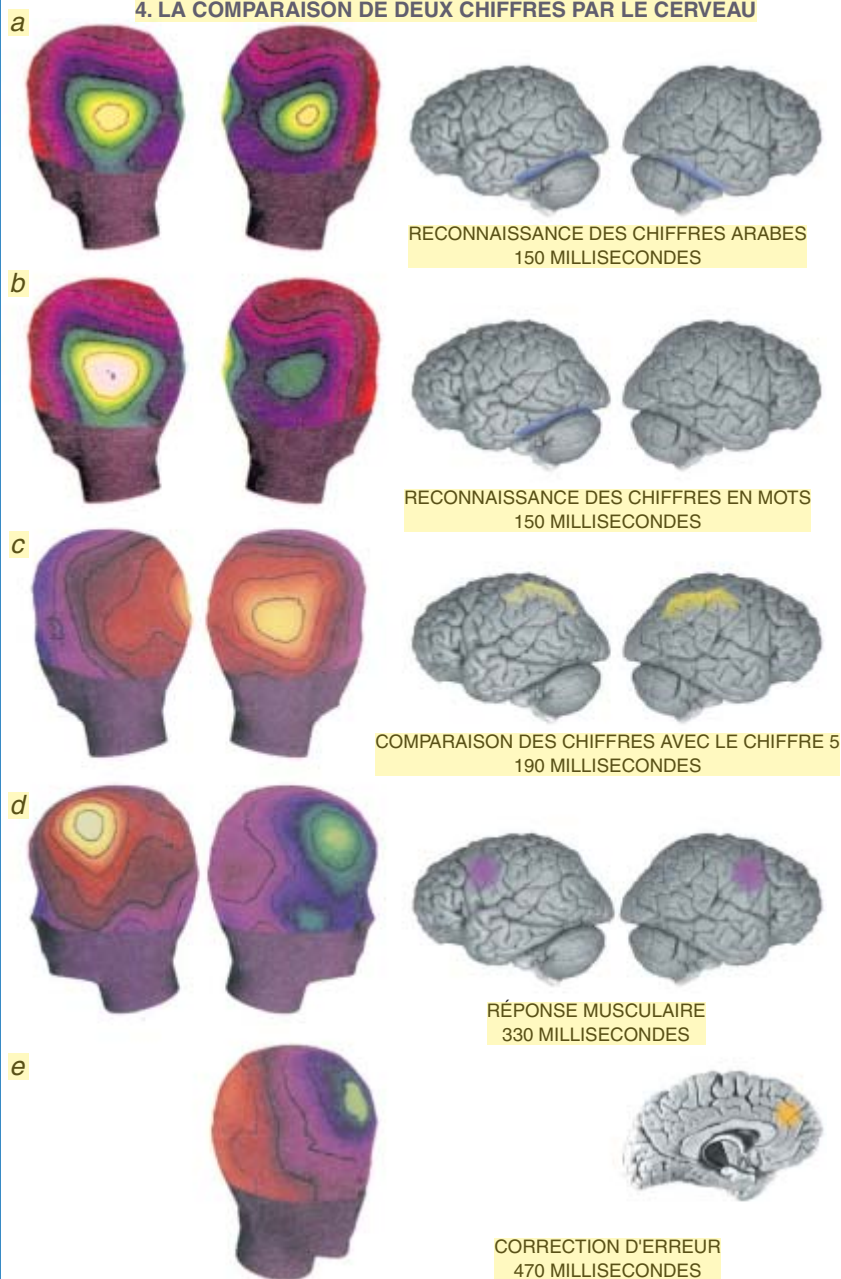
Ces propriétés particulières de nos cerveaux confrontés à des tâches numériques et algorithmiques expliquent en partie nos faibles capacités à maîtriser de longues séries d'opérations : les opérations arithmétiques ne sont pas *programmées* directement à partir de calculs booléens qu'effectueraient certains neurones spécialisés (quelques dizaines suffiraient), mais sont réalisés indirectement par des processus complexes impliquant vraisemblablement des milliards de neurones. Nos cerveaux apparaissent encore plus étranges et éloignés des ordinateurs à base de silicium lorsqu'on découvre le rôle que joue le sexe des personnes testées dans les performances en matière numérique et mathématique.

Sur le problème très controversé de la différence d'aptitudes des hommes et des femmes concernant des tâches de nature mathématique il semble maintenant que des résultats sont établis de manière certaine. Sans aller jusqu'à affirmer qu'il y a sur terre trois sortes de machines à manipuler de l'information et à faire des calculs (les ordinateurs, les cerveaux des hommes et les cerveaux des femmes), des tests convergents montrent que les cerveaux humains sont étrangement dépendants du sexe de leur propriétaire.

Alors que les femmes réussissent mieux en général les tests linguistiques, pour les tests *d'aptitude spatiale* (une forme de calcul géométrique) une différence nette en faveur des hommes a été établie par une multitude d'expériences. Le test des rotations mentales (un objet vous est présenté et vous devez le reconnaître lorsqu'on vous le montre sous divers points de vue) est l'un de ceux pour lesquels les résultats sont les plus clairs : les opérations géométriques nécessaires à ces travaux de reconnaissance sont menées avec plus d'efficacité et de réussites par les cerveaux masculins que par les cerveaux féminins.

Doreen Kimura dans un livre récent qui fait la synthèse de tous ces résultats (*Cerveau d'homme, cerveau de femme*, Éditions Odile Jacob, Paris, 2001, voir aussi *Pour la Science*, novembre 1992) évoque plusieurs hypothèses pour expliquer ces succès différents. La première hypothèse se fonde sur le fait que la division du travail dans les sociétés humaines et pré-humaines aurait exercé

4. LA COMPARAISON DE DEUX CHIFFRES PAR LE CERVEAU



Grâce à des appareillages spécialisés l'équipe de S. Dehaene a observé les étapes de calcul d'un cerveau en train de comparer des chiffres au chiffre 5. Les chiffres sont présentés au sujet, soit par leurs symboles (3, 7, 5), soit par leur nom écrit en toutes lettres (trois, sept, cinq). L'activité des régions cérébrales du cerveau est visualisée : 150 millisecondes après le début de la présentation, le chiffre ou le nom du chiffre est reconnu (a et b). Puis, 190 millisecondes après le début, la comparaison est faite dans la région pariétale inférieure. Plus tard (330 millisecondes) le mouvement du doigt pour appuyer sur le bouton correspondant à la réponse est visible (c), en (d) vers 470 millisecondes, la région cingulaire antérieure s'active lors d'une opération de contrôle (le sujet vérifie que le mouvement qu'il a entamé est le bon et l'interrompt s'il y a erreur). Ainsi le calcul dans un cerveau ne se fait pas de manière parallèle, mais de manière séquentielle, des zones de travail étant activées les unes après les autres, comme dans un ordinateur habituel. Toutefois, celui-ci calcule beaucoup plus vite. L'idée que le parallélisme permet de distinguer cerveaux et machines est trop simple : les opérations du cerveau comportent des séquences comme le calcul et certains aspects des calculs faits dans les ordinateurs contemporains sont parallèles.

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 mascule 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