

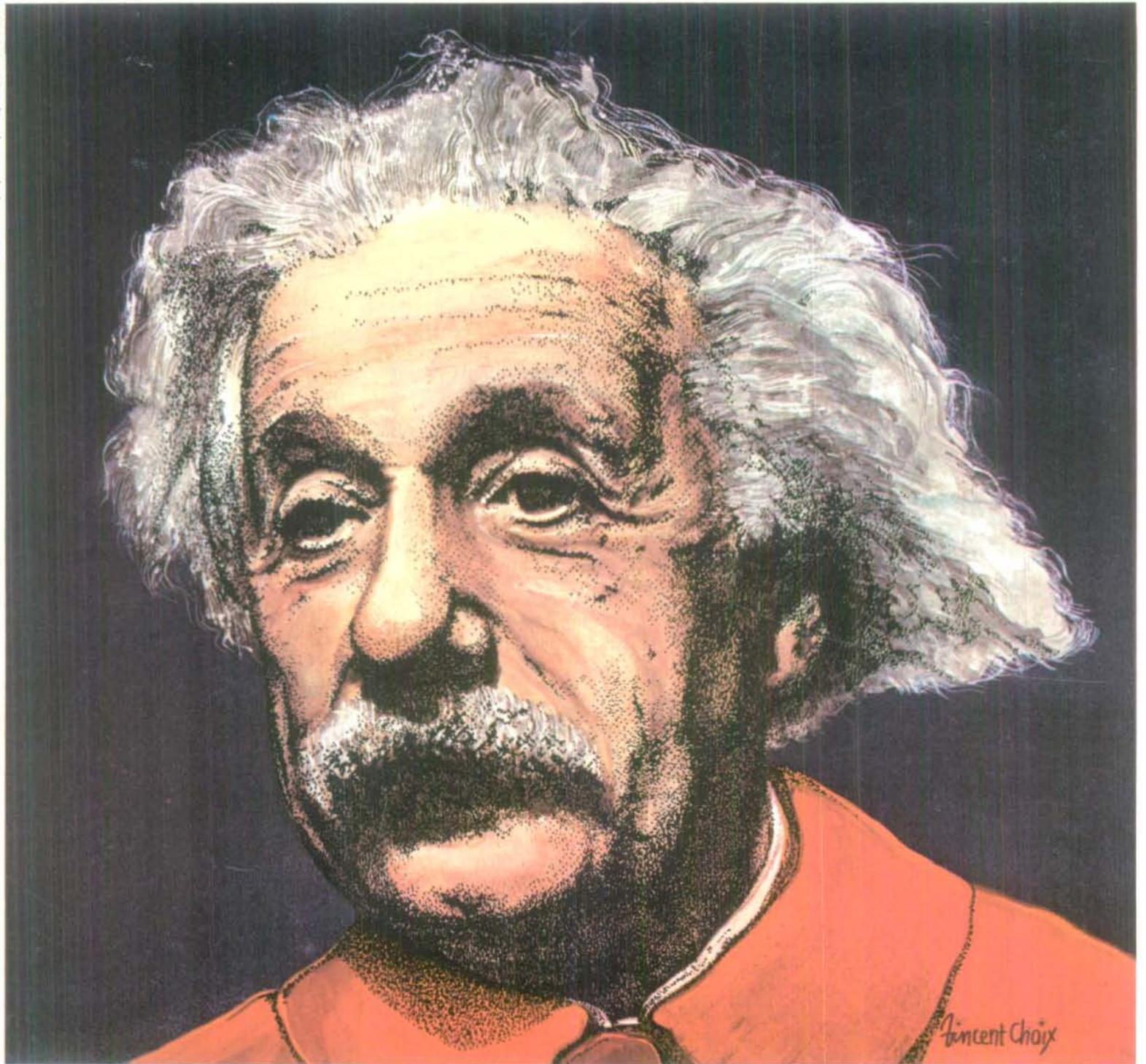
LA RECHERCHE

57, rue de Seine, 75006 Paris

mensuel n° 96 janvier 1979 15 francs

Einstein et la relativité
Le cerveau des primates

RCCHBV 1(01) 1-104 (1979) ISSN 0029-5671



BELGIQUE : 122 FB CANADA : \$3 ESPAGNE : 210 PTAS SUISSE : 8 FS

Le cerveau frontal des primates

par Karl H. Pribram

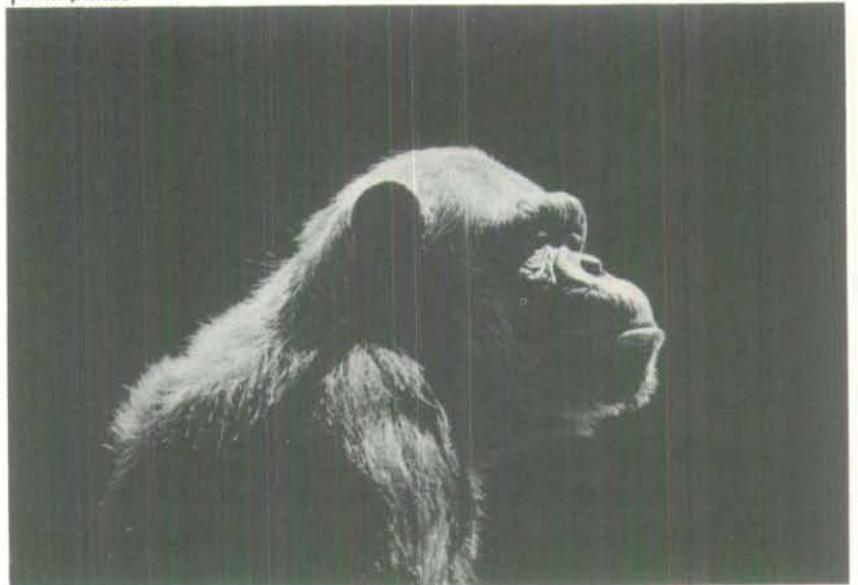
■ On sait depuis longtemps que le lobe frontal des hémisphères cérébraux est la région du cerveau la plus développée chez l'homme par rapport au cerveau de ses plus proches parents animaux, le chimpanzé et le gorille. Certains neurobiologistes y ont vu le siège de l'intelligence, d'autres le siège de la conscience ou de la volonté.

■ C'est dire le risque pris par la psychochirurgie qui a, dès l'origine, visé à couper un certain nombre de connexions reliant le lobe frontal au reste du cerveau (lobotomie) pour soigner certaines affections psychiatriques.

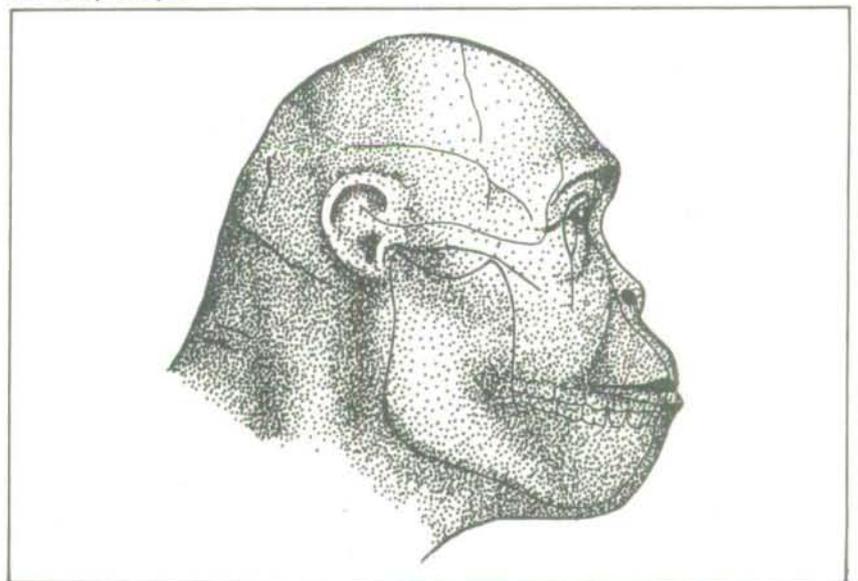
■ Une récente commission d'enquête américaine a préconisé le développement des recherches expérimentales pouvant permettre de comprendre les effets et les risques de la lobotomie frontale. K.H. Pribram, neurochirurgien, qui a étudié expérimentalement sur l'animal la fonction du lobe frontal depuis une trentaine d'années, fait ici le point de ce que cette recherche nous a déjà appris de la fonction psychologique desservie par le cortex frontal.

Figure 1. Entre l'homme et le chimpanzé, une différence évidente de morphologie de la face existe au niveau du front, inexistant chez le chimpanzé. Au cours de l'évolution qui a conduit à l'homme moderne, le redressement de la voûte osseuse à ce niveau a correspondu à un fort développement de la partie antérieure du cerveau, le lobe frontal (voir fig. 2). (Cliché Varin-Jacana, dessin d'après W.E. Le Gros Clark, cliché Perrin-Atlas Photo.)

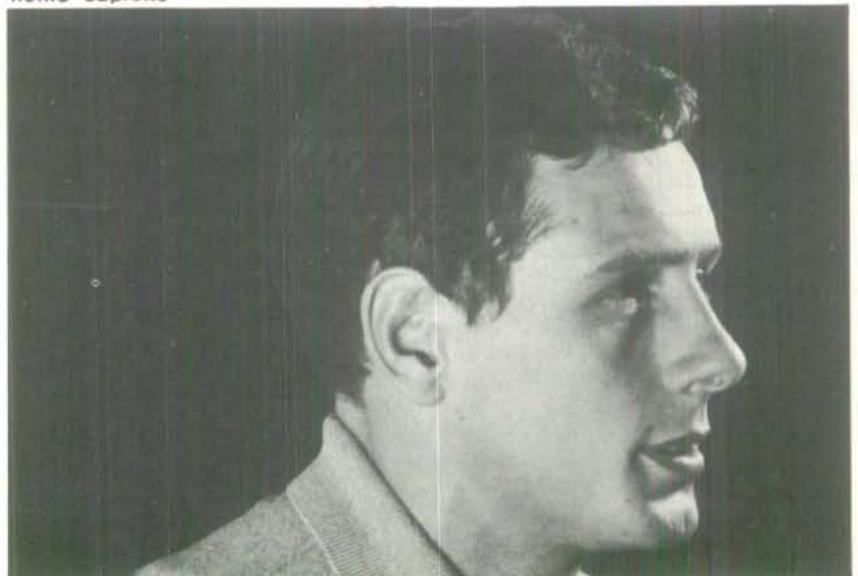
chimpanzé



australopithèque



homo-sapiens



Après une lobotomie frontale,
un chimpanzé névrotique se montra
docile : cette observation
ouvrit l'ère de la psychochirurgie.

Karl H. Pribram, neurochirurgien des hôpitaux en Floride jusqu'en 1948, a étudié les effets de la lobotomie à l'université de Yale ; il est actuellement professeur de psychologie et de psychiatrie, et dirige le laboratoire de neuropsychologie à l'université Stanford. Il a aussi dirigé le travail de Francine Patterson dans sa tentative de communication avec des gorilles.

■ En 1938, le neurochirurgien portugais Egas Moniz reçut le prix Nobel pour avoir inventé la leucotomie frontale, ou lobotomie, dans le but de soulager des patients psychiatriques. La procédure, qui consiste à sectionner des connexions nerveuses entre les lobes frontaux et le reste du cerveau, était suffisamment efficace pour inaugurer une vague de neurochirurgie frontale qui devait durer plus d'une décennie. Au début des années 50, des études minutieuses des effets à long terme de la leucotomie démontrèrent cependant que les effets de cette chirurgie cérébrale ne pouvaient être séparés d'une manière certaine de ceux produits par les changements dans l'environnement du patient, comme par exemple les psychothérapies qui accompagnent souvent ces interventions. (1) En outre, les effets de la psychochirurgie, quand ils pouvaient être décrits, furent situés dans le domaine de la « motivation », de l'« attitude », etc., termes décrivant des causes mal définies qui sous-tendent une grande variété de comportements. Il était donc difficile d'établir d'une manière certaine quelles étaient les sortes de changements comportementaux et émotionnels apportés par la chirurgie frontale.

**La capacité à résoudre
des problèmes.**

Ces difficultés poussèrent les psychophysiologistes à utiliser des modèles animaux où la chirurgie frontale pourrait être réalisée d'une manière précise et vérifiée, et où le comportement pourrait être jaugé quantitativement sur de longues périodes. En fait, si E. Moniz avait osé pratiquer la leucotomie frontale sur des sujets humains, c'était sur la base des résultats d'une opération semblable, pratiquée quelques années auparavant, sur deux chimpanzés, Becky et Lucy, au laboratoire de psychologie de l'université de Yale. Ces chimpanzés avaient été entraînés à résoudre plusieurs problèmes avant l'opération. Mais Becky avait montré une résistance considérable dans la réalisation de ces exercices ; son comportement dans ces circonstances était quelque peu névrotique : inattention prolongée, accès de mauvaise humeur, performances erratiques. Après l'opération, ces symptômes de rejet à l'égard de la tâche disparurent, Becky devint plus docile et se mit à résoudre facilement les problèmes auxquels elle avait échoué avant l'opération. (2)

Cette amélioration du comportement cognitif n'est pas propre aux chimpanzés. D.O. Hebb, par exemple, a rapporté que des patients, opérés d'une

tumeur frontale, montraient eux aussi une amélioration de leur quotient intellectuel ou QI. Malheureusement ce résultat n'était pas entièrement convaincant car il aurait fallu comparer leur QI post-opératoire avec le QI d'avant la maladie et non avec celui mesuré juste avant l'opération ; mais on ne disposait pas de cette donnée. (3)

Peut-on, cependant, obtenir des changements au niveau de la motivation et de l'attitude sans diminuer la fonction cognitive, en lésant cette portion même du cerveau des primates qu'on avait dit être leur plus grande réussite génétique ? (W.C. Halstead, par exemple, avait en 1948, suggéré, sur la base de certains tests, que le cortex frontal est le fondement biologique de l'intelligence chez l'homme.) (4)

Des études soignées étaient évidemment nécessaires pour évaluer avec précision quel était le rôle des lobes frontaux du cerveau des primates dans la résolution des problèmes (fig. 3).

Un premier pas dans la direction d'expériences capables d'éclaircir ce rôle a été fait, dans ce même laboratoire de Yale où Becky et Lucy ont été étudiées. On y a découvert que la lobotomie frontale abolit spécifiquement chez le macaque la capacité de réaliser des tâches, que les anciens auteurs considéraient comme des tests « d'intelligence ». (5) Il s'agit de tâches où un délai est interposé entre l'administration de signaux indiquant la solution appropriée au problème et le moment où la solution peut être exécutée. Ces tâches différées dans le temps avaient été inventées, quelques décennies auparavant, à l'université de Chicago : il s'agissait de voir si des animaux ou des enfants pouvaient mettre des idées en réserve durant un intervalle de temps pendant lequel les signaux externes liés au problème étaient absents. (6) Ce type de test était devenu un outil très utilisé dans l'investigation de l'« intelligence » comparée des différentes espèces animales ; l'index de « l'intelligence » étant mesuré par l'importance du délai durant lequel une idée, ou une trace mnésique, pouvait persister et dans quelle proportion elle pouvait résister à la distraction.

La découverte que la chirurgie frontale abolissait les capacités à résoudre des problèmes dans des tâches différées chez le macaque ne renvoyait d'abord à rien de connu chez le chimpanzé ou l'homme. On s'aperçut finalement que le chimpanzé lobotomisé éprouvait aussi quelques difficultés, mais moins sévères que celles des autres singes.

Dans le cas de l'homme, les psychologues avaient évalué les performances

dans les tâches différées avec difficulté, car les sujets humains utilisaient inévitablement des stratagèmes mnémotechniques afin de surmonter le délai. On trouva finalement une façon de présenter les problèmes qui empêchait le recours à ces procédés. Dans de telles conditions, les patients qui avaient subi une leucotomie frontale, au moins dix ans plus tôt, éprouvèrent pour résoudre ces problèmes des difficultés analogues à celles présentées par les singes.

Les effets de la chirurgie frontale dans le domaine des tâches différées pouvaient donc être étudiés chez les singes avec l'espoir que cela pourrait être de quelque utilité pour comprendre la fonction des lobes frontaux chez l'homme. Il fallait alors résoudre certaines questions :

- Le cortex frontal était-il impliqué d'une manière particulière dans les tâches différées et, sinon, quelles étaient les autres parties du cerveau qui avaient un rôle dans ces tâches ?
- Quelles sortes de fonctions psychologiques représentaient ces tâches différées ? S'agissait-il de simples fonctions mnémotechniques ou avaient-elles un rapport avec l'intelligence ?
- Par quelle sorte de mécanisme le cortex frontal influençait-il la performance dans les tâches différées ?

**Les lésions des hémisphères
cérébraux.**

Comme c'est souvent le cas en biologie, on répondit à la fois par oui et par non à la question de la spécificité de la relation entre fonction des lobes frontaux et tâches différées. Les premiers chercheurs avaient utilisé deux sortes d'approches (fig. 4). L'une consistait à cacher un morceau de nourriture sous deux tasses, l'une et l'autre d'apparence absolument identique, selon une séquence au hasard : après un court délai de cinq à quinze secondes durant lequel un écran opaque était abaissé, dissimulant les tasses à la vue du singe, on demandait à l'animal de trouver la nourriture. Durant la deuxième approche, la nourriture était simplement cachée sous les tasses, alternativement : d'abord à droite, puis à gauche, puis à droite, etc.

On trouva que le premier test (réponse différée aux changements aléatoires de la cible) était le seul qui soit lié d'une manière spécifique à la fonction du cortex frontal. (7) Au contraire, le résultat au test de réponse différée aux changements alternatifs de la cible était influencé par des résections de deux autres systèmes neuronaux, le système limbique et les ganglions de

Figure 2. Développement du cortex cérébral chez les primates.

2 A. Cerveau du chimpanzé.

2 B. Cerveau d'homme : le cortex frontal est très développé. Il comprend, juste en avant de la scissure de Rolando, une aire motrice dite précentrale : la stimulation électrique de n'importe quel point de cette aire provoque des mouvements de diverses parties du corps. On admet classiquement que le reste du lobe frontal paraît spécialement impliqué dans les activités nerveuses supérieures de l'homme telles que la pensée abstraite, la conscience, la volonté. Les expériences de lésions du cortex frontal chez le singe permettent de préciser en termes psychophysologiques ce que sont les fonctions psychologiques desservies par le lobe frontal. Le cortex de la convexité postérieure reçoit les informations sensorielles provenant de la sensibilité de la peau (lobe pariétal), de la vision (lobe occipital), de l'audition (lobe temporal).

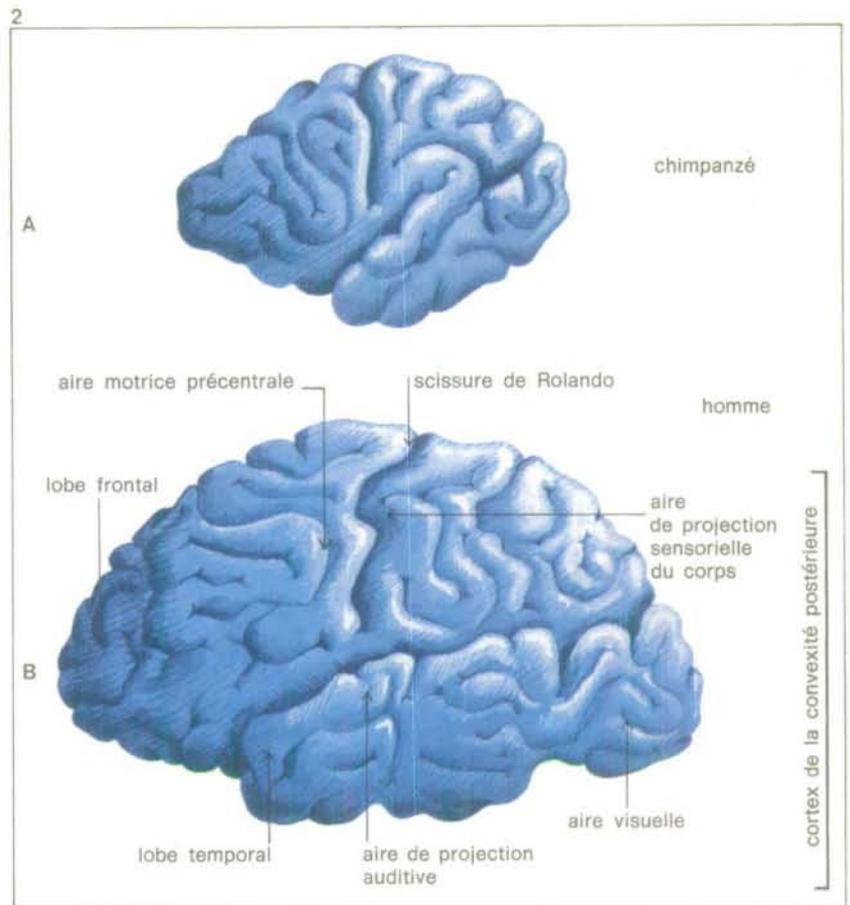
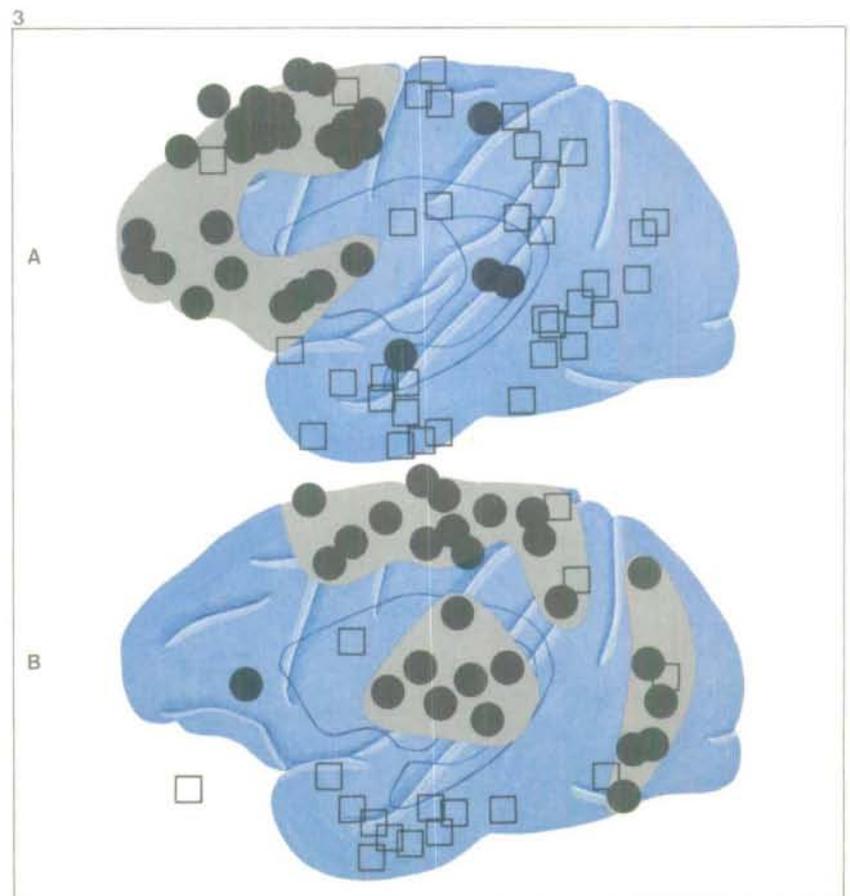


Figure 3. Grâce à une nouvelle technique d'enregistrement de l'activité nerveuse, l'idéographie cérébrale, on a observé récemment que la partie la plus active du cerveau humain est le lobe frontal des hémisphères cérébraux (voir la Recherche n° 71, p. 878, oct. 1976). L'idéographie est une technique d'enregistrement des débits sanguins à la surface des hémisphères cérébraux. Les variations du débit sanguin sont parallèles à l'activité nerveuse : on peut ainsi voir quelles sont les zones du cerveau les plus actives durant tel ou tel état de conscience. Les Idéogrammes de l'hémisphère gauche représentés ici sont établis en prenant la moyenne de séries d'enregistrements. Les débits sanguins supérieurs de 20 % à la moyenne de l'hémisphère sont représentés par des cercles pleins. Ceux inférieurs de 20 % à la moyenne sont représentés par des carrés vides.



3 A. Chez un sujet normal à l'état de repos conscient, les débits les plus élevés sont dans la région frontale. C'est donc la région du cerveau la plus active.

3 B. Chez un sujet schizophrène à l'état de repos conscient, la dominance d'activité frontale est abolie ; par contre, les aires de réceptions sensorielle-cutanée, visuelle et auditive sont activées. (D'après D.H. Ingvar.)

(1) K.H. Pribram, *Surg. Gynec. Obstet.*, 91, 364, 1950.
 (2) M.P. Crawford, J.F. Fulton, C.J. Jacobsen, J.B. Wolfe, in J.F. Fulton, C.D. Aring, et S.B. Wortis (eds.), "The frontal lobes" *ARNMD series*, volume 17, the Williams and Williams company, 1948.
 (3) D.O. Hebb, *Arch. Neurol. Psychiat.*, 54, 10, 1945.
 (4) W.C. Halstead, *Res. Publ. Ass. Nerv. Ment. Disease*, 27, 59, 1948.
 (5) C.F. Jacobsen, *Science*, 81, 424, 1935.
 (6) W.J. Hunter, *Animal Behav. Monogr.*, 2, 1, 1913.
 (7) K.H. Pribram, in K.H. Pribram (ed.), *Brain and behaviour*, vol. 2, *Perception and action*, Penguin, 1969.

La fonction du cortex frontal est de discerner un thème récurrent au sein d'une variété de situations passées.

la base, d'ailleurs reliés assez étroitement au cortex frontal (fig. 5).

On peut donc dire que les tâches différées dépendent de fonctions psychologiques représentées dans le cortex frontal ou le système fronto- limbique.

Par opposition, considérons des tâches discriminatives, où par exemple la tasse dissimulant la nourriture est signalée par un élément, croix, carré, etc. Ces tâches ne sont nullement altérées par des résections frontales ou fronto- limbiques ; mais, au contraire, elles sont profondément perturbées par des lésions du cortex de la convexité postérieure des hémisphères cérébraux.⁽⁷⁾ La question qui se pose alors est de savoir quelles sortes de fonctions psychologiques sont mises en jeu respectivement dans les tâches différées et dans les tâches discriminatoires.

Reconnaissance ou rappel ?

Dans les tâches discriminatoires, c'est l'invariance d'un élément du problème (par exemple, une croix sur l'une des tasses) dans son association avec la récompense qui attire l'attention de l'animal sur cet élément-signal. Il est identifié sur la base des résultats antérieurs ; lorsqu'il est choisi, il est constamment récompensé. Ce qui est important ici, c'est que l'élément invariant guidant le choix de la tasse recouvrant la nourriture est présent au moment où le choix est fait. La seule chose nécessaire est qu'il soit reconnu.

Dans les tâches différées, il n'y a pas, au moment où on lève l'écran opaque, d'éléments invariants servant de signal qui puisse guider le choix de l'animal. A chaque essai, l'emplacement de la nourriture est changé et les deux tasses sont absolument identiques. Au moment où l'expérimentateur soulève l'écran opaque, l'animal est obligé de se *rappeler* sous quelle tasse il avait vu cacher la nourriture au début de cet essai précis. Autrement dit, à chaque essai, les repères spatiaux permettant de localiser la nourriture sont changés. On objectera qu'on peut tout de même trouver un thème, c'est-à-dire une sorte d'invariance dans cette variation des repères spatiaux, sinon le problème serait insoluble : il y a toujours au moins une tasse qui recouvre de la nourriture. Et c'est ce thème qui doit être repéré au long d'une série d'essais et rappelé en tant qu'élément du problème indiquant une solution à l'animal. Mais alors, à la différence des tâches discriminatoires, l'élément invariant du problème guidant l'action de l'animal n'est pas « constatable » avant de soulever les tasses et doit être rappelé. Il y a

ainsi deux manières de différencier les tâches différées des tâches discriminatives, selon qu'on envisage la variation ou l'invariance des éléments guidant le choix au moment de l'essai, ou bien la reconnaissance ou le rappel de ces éléments.

Depuis un demi-siècle, on a cherché à comprendre laquelle de ces deux différences était cruciale dans l'explication de la fonction des lobes frontaux. Dans l'espoir de clarifier ces problèmes, plus de trente études sur les singes ont été réalisées dans mon propre laboratoire et presque autant dans les laboratoires de mes anciens élèves. Une fois de plus, la réponse obtenue n'est pas aussi simple que la question posée.

D'abord, il est devenu clair que la différence entre variation et invariance des éléments guidant le choix est en fait la base de la différence entre reconnaissance et rappel. En outre, on a établi que les mécanismes de mémorisation représentés dans la reconnaissance et le rappel sont interdépendants, mais d'une manière encore incomplète.

Une seule fonction psychologique.

Les études expérimentales en laboratoire ont, pour la plupart, tenté de clarifier la dimension variation/invariance. Elles ont confirmé que les lésions frontales, chez les animaux, perturbent la réalisation des tâches où les éléments physiquement présents guidant le choix (repères spatiaux ou temporels) varient d'un essai à l'autre, que ce soit de manière aléatoire ou alternative. Dès que l'on introduit une « marque » permettant de guider la réponse au moment du choix, les lésions n'ont plus d'effet perturbateur sur la performance.

Ainsi, les tâches à réponses différées, qu'elles portent sur des changements aléatoires ou alternatifs, reposent sur une seule dimension psychologique. Mais, comme nous l'avons déjà dit, les réponses différées aux changements aléatoires sont sensibles seulement aux résections du cortex frontal, et plus précisément à celles qui affectent la région dorsale et latérale du lobe frontal, tandis que les réponses différées aux changements alternatifs sont affectées par des lésions dans les régions plus ventrales des lobes frontaux.⁽⁸⁾ Cela indique que ces deux sortes de tâches dépendent de fonctions psychologiques un peu différentes. Deux études tout juste achevées dans notre laboratoire montrent que, tandis que les deux tâches dépendent jusqu'à un certain point des mêmes propriétés, le test des réponses différées aux changements aléatoires

met plutôt en jeu des facteurs spatiaux et celui des réponses différées aux changements alternatifs des facteurs plutôt temporels.⁽⁹⁾

En tout cas, la fonction psychologique impliquée dans la réalisation de deux tâches différées, et qui paraît être représentée spécifiquement dans le cortex frontal, peut se définir comme suit : elle consiste à discerner un même thème au sein d'un ensemble de situations où il n'existe pas de repères physiques immédiats d'invariance. C'est ici qu'on peut faire le rapprochement avec « l'intelligence » : cette fonction psychologique ressemble bien, en effet, à une faculté élémentaire « d'abstraction », et cela explique qu'on ait pu rattacher la fonction des lobes frontaux au QI ou à l'intelligence. Il faut noter que le repérage d'un thème se fait sur des données mémorisées. C'est pourquoi cette fonction psychologique apparaît comme liée aux mécanismes mnémoniques du rappel. Poussant un peu plus loin l'analyse, on est conduit à admettre que, se fondant sur l'enregistrement de caractères thématiques, apparaissant dans des situations variées, cette fonction est forcément très sensible à l'« épisode » : autrement dit la réalisation de l'opération d'enregistrement est très dépendante du contexte spatial et temporel des situations, aussi bien que des réactions émotionnelles et neurovégétatives (accélération du cœur, sudation, etc.) du sujet au cours de ces situations. Cette catégorie de réactions est sous le contrôle du système limbique (qualifié quelquefois de « cerveau émotionnel »). On comprend alors que le système limbique soit associé étroitement au cortex frontal dans le rappel de thèmes épisodiques.

Une mémoire de type « empreinte ».

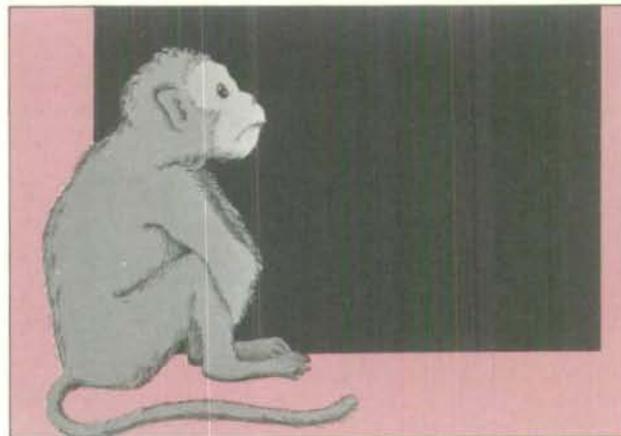
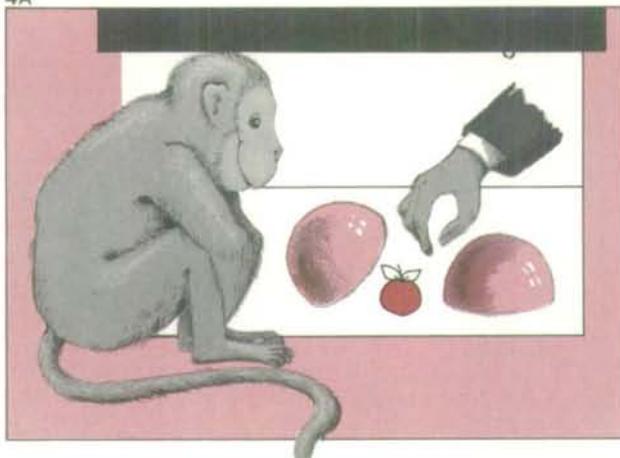
Par quels mécanismes neuronaux le cortex frontal opère-t-il pour réaliser cette fonction de « discernement de thèmes épisodiques sur données mémorisées » ?

Le cortex frontal n'a pas de connexions facilement discernables avec les structures sensorielles périphériques ou motrices. Il est composé d'aires séparées, chacune étant reliée à une modalité sensorielle (vision, odorat, ouïe, etc.) et au système limbique interne enregistrant les variations chimiques du milieu. De nombreuses expériences de lésions ont montré qu'aucune des sources d'information du cortex frontal n'est, à elle seule, critique pour le fonctionnement qui nous intéresse ici. L'enregistrement de l'information « épisodique » paraît être une sorte d'opération d'estampillage (réalisée en coopération par le

(8) M. Mishkin, *J. Neuropsychologia*, 20, 615, 1957.

(9) K.H. Pribram, M.C. Plotkin, R.M. Anderson, D. Leong, *Neuropsychologia*, 15, 329, 1977 ; R.M. Anderson, S.C. Hunt, A. Van der Stoep, K.H. Pribram, *Neuropsychologia*, 14, 481, 1976.

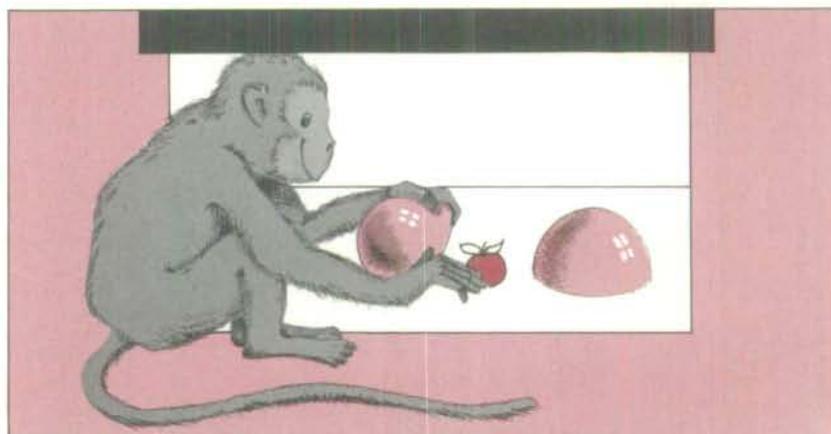
4A



4 A. Tâches différées.

Au début de chaque essai, on met à la vue du singe un morceau de pomme ou une cacahuète sous une des deux tasses d'aspect absolument identique. On baisse ensuite l'écran durant 5 à 15 secondes, puis l'animal est autorisé à aller chercher la nourriture.

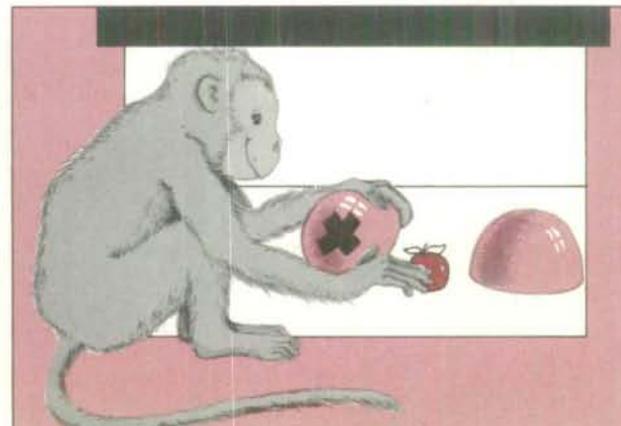
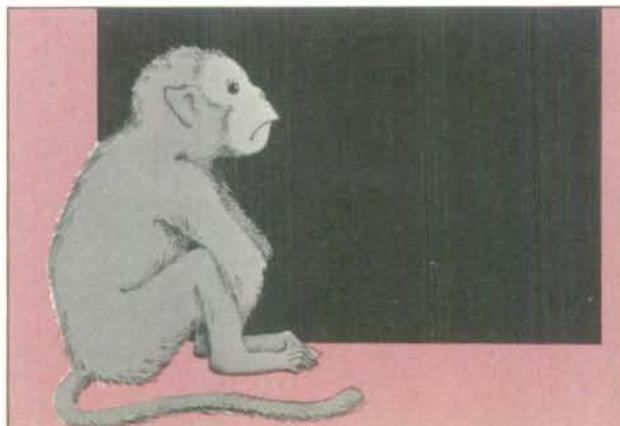
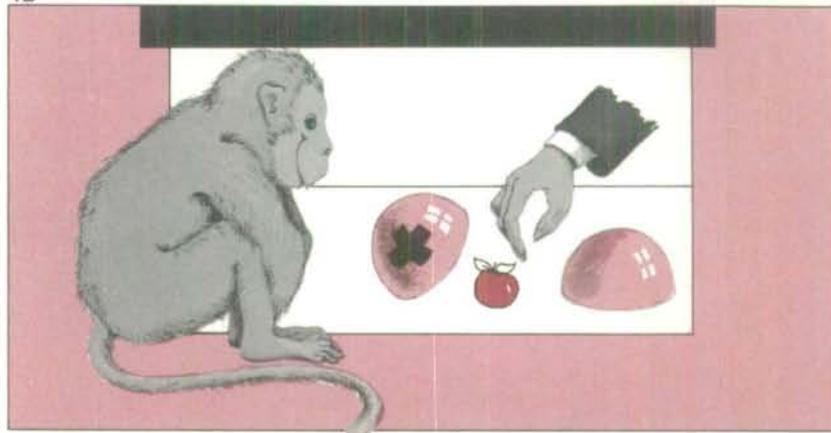
Certaines tâches comportent un changement aléatoire de l'emplacement de la nourriture d'un essai à l'autre. Ce sont ces tâches qui sont spécifiquement affectées par des lésions du cortex frontal. Les tâches où, d'un essai à l'autre, les changements de l'emplacement de la nourriture sont alternativement à droite puis à gauche, sont affectées par des lésions du système frontolimbique.



4B

4 B. Tâches discriminatives.

On peut modifier une tâche différée en tâche discriminative en introduisant un signal différenciant celle des tasses sous laquelle sera toujours placée la nourriture. Les lésions frontales ou frontolimbiques n'ont alors plus aucun effet. Par contre, des lésions du cortex de la convexité postérieure (voir fig. 2) perturbent ce type de tâches.



Si l'on compare le système nerveux à un thermostat, le cortex frontal y jouerait le rôle du bouton de réglage.

La psychochirurgie : le danger de la simplification.

Jean Bancaud,
Directeur de l'unité 97
de l'INSERM sur
l'épilepsie.

Jean Talairach,
Service de
neurochirurgie
fonctionnelle, Hôpital
Sainte-Anne.

■ Le remarquable article de Karl Pribram sur le « cortex frontal des primates » pourrait laisser croire à un lecteur superficiel que la psychochirurgie pratiquée dans le but de soigner des troubles mentaux rebelles aux thérapies courantes n'est que l'application à l'homme des données obtenues par l'expérimentation animale.

Il nous semble plutôt que la plupart des neurochirurgiens ont pris prétexte des résultats apportés par les neuro et psychophysiologistes pour justifier les interventions extrêmement diverses qu'ils ont pu pratiquer.

Il est vrai que pour engager son collègue, le neurochirurgien Almeida Leida à pratiquer des leucotomies frontales chez des malades mentaux, le psychiatre portugais Egaz Moniz s'est servi des données obtenues à Yale sur deux chimpanzés soumis préalablement à la même intervention. Mais, il serait erroné de croire que la psychochirurgie s'est élaborée et s'est développée sur de tels arguments. Plus précisément, on peut se demander quels types de rapports entretiennent la recherche fondamentale et son utilisation thérapeutique chirurgicale dans le cadre des troubles des conduites.

Nous ne parlerons pas ici des autres raisons complexes de nature très variée qui peuvent justifier l'acte opératoire, pour nous limiter à ce que l'on peut dire du contrôle cérébral des comportements.

Agression et sexualité.

De nombreux auteurs ont montré le rôle joué par le « système limbique » (voir l'article de K. Pribram) et, en particulier, un groupe de neurones appelé le noyau amygdalien, dans la régulation des comportements émotionnels. On sait que la destruction bilatérale de la région centromédiane de ce groupe de neurones provoque une abolition au moins temporaire de la conduite agressive du rat « tueur » de souris (*la Recherche*, décembre 1971).

Ainsi il n'est pas étonnant que plusieurs groupes de neurochirurgiens aient pratiqué des destructions bilatérales du noyau amygdalien chez des enfants agressifs et agités.

système limbique et le cortex frontal). C'est un mode d'enregistrement de type « empreinte », analogue à l'empreinte qui permet au poussin sortant de l'œuf de s'attacher à son parent naturel ou adoptif (voir *la Recherche* n° 63, p. 24, juin 1976). Ce mode est très différent, donc, de celui qui est employé dans le cortex de la convexité postérieure des hémisphères cérébraux : là, au contraire, l'enregistrement dépend de la répétition des signaux invariants (et nous avons vu que la fonction mnémonique en jeu est la reconnaissance, non le rappel). Les mécanismes neuronaux exacts par les-

quels, des études expérimentales plus précises et plus complètes ont pu montrer, comme le rappelle Karl (1977), que « les conduites agressives ne sont que des aspects particuliers du comportement d'un organisme donné, du dialogue avec le milieu biologique et psychosociologique qui est le sien ; les structures et les mécanismes nerveux qui sous-tendent ces conduites agressives font partie intégrante d'une entité anatomo-fonctionnelle, le cerveau, dont il ne saurait être dissocié que de façon arbitraire et superficielle. »

Par ailleurs, des psychochirurgiens allemands auraient obtenu des résultats favorables dans certaines déviations sexuelles en pratiquant une lésion stéréotaxique (unilatérale) du noyau ventro-médian de l'hypothalamus considéré comme le « centre du comportement sexuel ». Il est vrai que les neurophysiologistes ont montré que la stimulation électrique de certaines régions de l'hypothalamus peut déclencher une conduite sexuelle tandis qu'une lésion bilatérale des mêmes structures l'abolit. Mais, il faut se souvenir que la destruction bilatérale du noyau ventro-médian de l'hypothalamus provoque aussi une facilitation de l'agressivité chez le rat « tueur » de souris. Par conséquent, on peut parfaitement obtenir un résultat désastreux en voulant remédier à une déviance sexuelle.

En outre, l'existence éventuelle (en dehors de tout un système de régulations) d'un centre de la sexualité ne signifie pas que sa destruction suffit à amener des déviations sexuelles dont tout le monde s'accorde à penser qu'elles sont, chez l'homme, d'origine diverse.

Les neurophysiologistes eux-mêmes, étudiant certains comportements du rat nous mettent en garde contre des simplifications abusives. Ainsi, selon Karl, « l'idée s'est dégagée que l'activation (naturelle ou expérimentale) de telle ou telle structure hypothalamique, plutôt que de donner naissance à un état de motivation spécifique de comportement, déterminerait simplement l'une des deux attitudes fondamentales (« approche » ou « retrait ») de l'organisme vis-à-vis

de son environnement... Il est vraisemblable que les effets comportementaux de toute stimulation hypothalamique résultent de la mise en jeu de plusieurs mécanismes différents avec de larges variations dans le degré de spécificité propre à chacun d'eux. » (1977)

Le cas de la cingulectomie.

Enfin, il est souvent affirmé qu'une technique particulière de psychochirurgie dite « cingulectomie » donnerait de bons résultats. Dans le but exclusif de définir la thérapeutique chirurgicale la mieux adaptée à des épilepsies graves, nous avons été amenés à stimuler électriquement chez l'homme la structure cérébrale qui fait l'objet de la cingulectomie, c'est-à-dire le « gyrus cingulaire » (Talairach et al., 1973 ; Bancaud et al., 1976). Nous avons observé que la stimulation de la portion antérieure de cette structure induit chez un grand nombre de malades des conduites particulières caractérisées essentiellement par différentes activités motrices complexes, des modifications spectaculaires de l'humeur, des manifestations hallucinatoires diverses, dans un contexte de réaction d'éveil intense.

Il nous a semblé que ces manifestations pourraient être l'équivalent de conduites archaïques à contenu instinctivo-affectif. Mais nous ne pouvons pas, bien entendu, apprécier la nature des systèmes mis en jeu par la stimulation, et, encore moins, les mécanismes qui sous-tendent ces comportements.

Cependant, on pourrait tirer de ces observations des arguments favorables à la cingulectomie.

Ce serait, à notre avis, oublier que les effets de la désorganisation d'une structure (ou d'un système) ne peuvent pas résumer ses fonctions, que la stimulation a souvent une action antagoniste de celle de sa destruction et qu'il serait imprudent de confondre de tels troubles avec ceux qui caractérisent une affection mentale.

Il est donc important de souligner les difficultés méthodologiques qui doivent inciter à la plus grande prudence quand il s'agit de passer des données expérimentales à la thérapeutique chirurgicale des maladies mentales.

Jean Bancaud, Jean Talairach.

quels le thème épisodique est estampillé restent encore à établir. En tout cas, on sait, grâce à des expériences de lésions, que le résultat des opérations d'estampillage est transmis à ce groupe de neurones appelés les « ganglions de la base ».

L'analyse de l'activité nerveuse sortant de ces derniers relais va nous éclairer sur un autre aspect important des fonctions des lobes frontaux. Diverses expériences de stimulation électrique des « ganglions de la base » ont montré que ceux-ci sont capables de modifier l'activité nerveuse à destination de la musculature, mais aussi

de modifier le traitement de l'information sensorielle tout au long de son entrée dans le système nerveux.⁽¹⁰⁾

Ainsi l'activité du cortex frontal, alimentée indirectement par l'information sensorielle entrant dans le système nerveux, se traduit-elle finalement par un contrôle en retour sur cette entrée. Cette activité peut encore se comprendre comme un prétraitement (traitement à l'avance) de l'information qui entre. Il s'agit d'une opération comparable à celle du réglage d'un thermostat : lorsqu'on tourne le bouton de réglage du thermostat d'un radiateur, on change le domaine des tempéra-

tures dans lequel le thermostat régule le milieu ambiant.

Le cortex frontal paraît ainsi capable de changer de manière indépendante les domaines de mise en jeu automatique des mécanismes nerveux contrôlant l'homéostasie de l'organisme. Grâce à ces caractéristiques, le cortex frontal paraît responsable du caractère volontaire des activités supérieures du système nerveux central (grossièrement parlant, on peut dire que le cortex frontal paraît être le siège de la volonté).

Il n'est donc pas étonnant de trouver que le lobe frontal est la partie du cerveau humain la plus développée par rapport à son plus proche voisin du règne animal, le chimpanzé. Cette constatation nous amène à notre point de départ : pourquoi la psychochirurgie a-t-elle visé spécialement le cortex frontal de l'homme ?

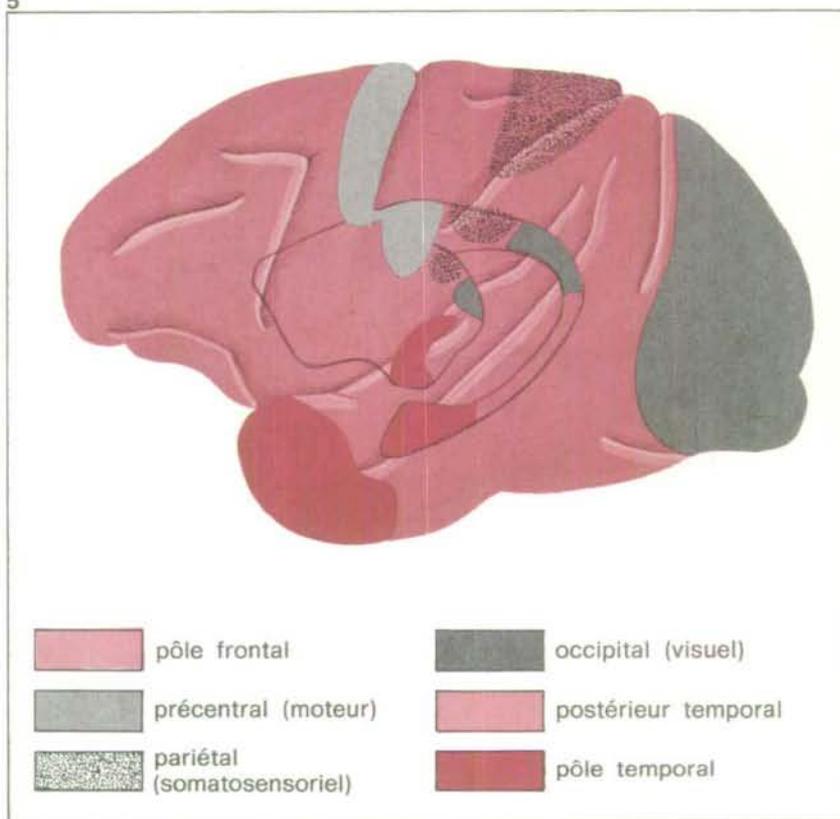
Le cortex frontal de l'homme.

Un paradoxe intéressant apparaît quand on compare les études des fonctions limbiques et frontales faites chez l'homme et chez l'animal. Comme nous l'avons vu, dans leurs études sur le cortex frontal des animaux, les chercheurs ont trouvé une relation entre cortex frontal et mémoire, tandis que les expérimentations concernant le système limbique chez les animaux ont souligné son rapport avec le comportement émotionnel et motivationnel.

Au contraire, chez l'homme, les leucomies frontales ont été réalisées à l'origine afin de soulager des troubles émotionnels et motivationnels, alors que les lésions chirurgicales du système limbique pour ablation de tumeur du cerveau, au niveau de l'hippocampe ou de l'amygdale, se sont révélées affecter la mémoire. (11)

Cette convergence de la mémoire et des aspects émotionnels-motivationnels du comportement n'est pas unique dans les études sur le cerveau fronto- limbique. Chez des patients neurologiques montrant de dramatiques déficits de la mémoire, on a trouvé que le site le plus fréquent des lésions cérébrales se trouvait dans un endroit inattendu (12) : la région hypothalamique (appartenant au système limbique cérébral) que Sherrington a appelé le ganglion cérébral du système nerveux autonome (lequel contrôle les réactions des viscères lors des stimulations émotionnelles). Il y a ainsi une identité profonde entre le siège des lésions produisant des perturbations de la mémoire et celles qui sont impliquées dans les composantes viscéro-autonomes du comportement émotionnel-motivationnel. C'est cette identité qui a conduit à la suggestion

5



6

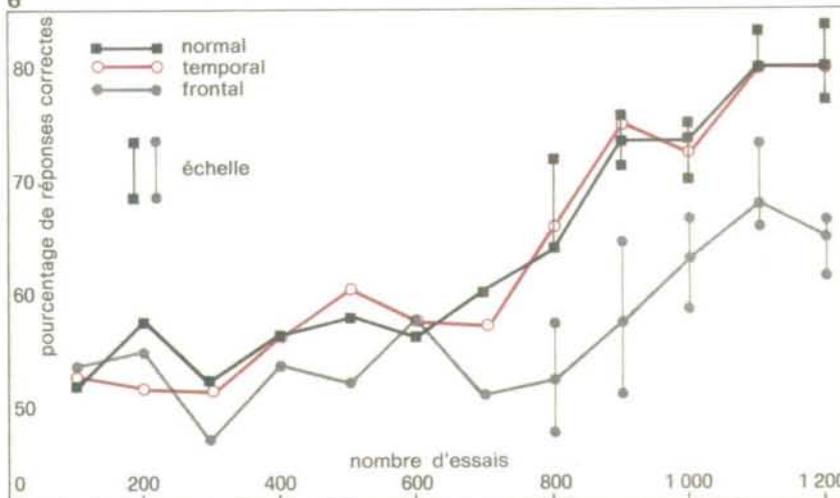


Figure 5. Projection des aires sur les ganglions de la base. Les fibres nerveuses qui partent de la surface des hémisphères cérébraux (cortex) se terminent au niveau d'une grosse masse de neurones située en profondeur dans le cerveau antérieur (télencéphale), qui constituent ce que l'on appelle les ganglions de la base. Sur cette figure du cerveau humain (où les ganglions de la base sont représentés par transparence), on voit les différentes parties des ganglions de base recevant des fibres nerveuses en provenance d'aires corticales différentes (les correspondances respectives sont représentées par des couleurs identiques sur le cortex et sur les ganglions). On voit que le cortex frontal se projette très largement sur la partie antérieure de ces ganglions.

Figure 6. Nombre de réponses correctes au cours de tâches différées à changements alternatifs de l'emplacement de la nourriture sur des singes ayant reçu différents types de lésions des hémisphères cérébraux. Les singes n'ayant reçu aucune lésion (contrôles) et ceux qui ont reçu des lésions dans le cortex de la convexité postérieure (au milieu du lobe temporal dans cette expérience) réalisent la même performance. Par contre, les lésions du cortex frontal (appartenant ici au système frontolimbique) altèrent significativement cette performance.

(10) D.N. Spinelli, K.H. Pribram, *Electroenceph. Clin. Neurophys.*, 20, 44, 1966 ;
 D.N. Spinelli, K.H. Pribram, *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, 27, 143, 1967 ;
 M. Ptilo, M. Lassande, K.H. Pribram, *J. Neurophysiol.*, sous presse.
 (11) L. Weiskrantz, E.K. Warrington in R.L. Isaacson, K.M. Pribram (eds.), *The hippocampus*, volume 2, *Neurophysiology and behavior*, Plenum Press, 1975.
 (12) R. Adams, in G.A. Talland and N.C. Wangh (eds.), *The pathology of memory*, Academic Press, 1969.
 (13) R. Melzack, P.D. Wall, *Science*, 150, 971, 1955.

faite plus haut qu'il existe un type de mémorisation dépendant des processus émotionnels-motivationnels en fonction du contexte. Et nous pouvons comprendre maintenant pourquoi l'un des effets positifs les mieux établis de la psychochirurgie du lobe frontal concerne la psychonévrose obsessionnelle (ce fut d'ailleurs l'affection psychiatrique initialement visée par E. Moniz). Il s'agit en effet précisément d'une perturbation des mécanismes du rappel, des processus émotionnels et des contrôles volontaires : l'obsession peut se définir comme le rappel irrépressible de sentiments en dehors du contexte. On peut comprendre aussi pourquoi les interventions psychochirurgicales ont cherché à viser, sans toujours discriminer, les affections psychiatriques présentant grossièrement des traits communs avec la psychonévrose obsessionnelle, c'est-à-dire tous les troubles compulsifs, les processus émotionnels échappant à la volonté (anxiété ou agressivité incontrôlées, etc.).

Un autre cas où la psychochirurgie frontale a un effet bien établi est celui de la guérison des douleurs intractables. Pour suggérer l'importance des résultats de la recherche dans ce domaine, je terminerai cet article avec l'exemple de la relation entre le cortex frontal et la douleur intractable.

Le contrôle de la douleur.

Il existe deux systèmes neuronaux qui sous-tendent les effets de la stimulation nociceptive (ou douloureuse). L'un des systèmes est composé de grosses fibres nerveuses périphériques qui amènent rapidement les influx au tronc cérébral, et de là, au cortex pariétal des hémisphères cérébraux. Ce système rapide permet la localisation de l'origine du stimulus nociceptif et il fut baptisé épicrotique par Henri Head. L'autre système, beaucoup plus intéressant pour notre discussion présente, est constitué de fibres nerveuses périphériques très petites qui transmettent plus lentement les effets de la stimulation douloureuse au cerveau. Le traitement de l'information dans le système de transmission lente de la douleur commence seulement à être compris. J'ai récemment suggéré le terme de « protocritique » pour désigner ce système parce qu'il paraît traiter les aspects intensifs, non seulement des stimulations douloureuses, mais aussi de toutes les stimulations sensorielles. Une découverte frappante vient juste d'être faite dans le domaine de ce système protocritique, découverte qui a corroboré et étendu la théorie du contrôle (*gate theory*) de la douleur proposée par Melzack et Wall.⁽¹³⁾ Cette théorie avait été formu-

lée pour expliquer le fait que, dans certaines circonstances, la stimulation douloureuse ne produit aucune douleur, alors qu'elle en produit dans d'autres circonstances. Récemment on a découvert que, outre ce système de contrôle de la douleur obtenue par une organisation particulière des connexions entre neurones, il existe une substance sécrétée dans le système nerveux central capable de bloquer la transmission des messages douloureux. Cette substance a donc des propriétés analgésiques semblables à celles de la morphine et est appelée endorphine, pour morphine endogène (voir *la Recherche* n° 93, p. 866, oct. 1978). L'existence d'une substance interne au système nerveux capable de bloquer la douleur suggère que le système de transmission des messages douloureux fonctionne selon les mêmes règles que les systèmes neuronaux contrôlant les constantes chimiques du milieu intérieur (taux sanguin du sucre, osmolarité, pression partielle de gaz carbonique, etc.).

Une caractéristique de tous ces systèmes de contrôle des variables chimiques du milieu interne est leur organisation homéostatique ; la variable contrôlée agit en retour sur le mécanisme de contrôle (comme la variation de température déclenche le thermostat du radiateur). Le contrôle de la douleur doit donc être conçu en termes d'homéostasie : le message douloureux déclencherait la sécrétion d'endorphine (voir *la Recherche* n° 85, p. 72, janv. 1978).

Il existe dans les mécanismes homéostatiques une phase appétitive et une phase consommatoire. Le mé-

canisme homéostatique de la douleur ne fait apparemment pas exception à la règle. On sait que des manifestations appétitives, telles que les griffures masochistes qui servent de prélude à l'orgasme, peuvent être perçues comme plaisantes ou douloureuses en fonction de facteurs variés (intensité, durée, histoire du sujet, etc.). De manière générale, nous avons tous constaté que l'on peut, jusqu'à un certain point, dominer la douleur grâce à un contrôle volontaire.

Or, au niveau du tronc cérébral, on ne peut trouver que des mécanismes permettant la perception de la douleur, non son inhibition. Par contre la leucomie frontale soulage la douleur intractable. On peut donc imaginer que la douleur surgit lorsque le contrôle en retour homéostatique habituel du mécanisme de perception de la douleur se transforme par suite d'une programmation défectueuse, d'une impossibilité de dissiper la sensation, etc., en un contrôle en retour positif qui accroît les variations au lieu de les annuler. Un tel rétro-contrôle positif pourrait être « repris en main » par une « domination » : c'est-à-dire un processus qui convertirait le contrôle en retour en un contrôle « en avant ». Le fait de « faire attention » représente un tel contrôle vers l'avant, capable de superviser le rétro-contrôle homéostatique du système de la perception de la douleur.

En d'autres termes, quand on fait attention, un processus automatique passe sous le contrôle de la volonté. Et c'est là une qualité propre au cortex frontal que d'exercer le contrôle « volontaire » sur les processus automatiques, comme nous l'avons vu plus haut. Et c'est bien à une perturbation de ce contrôle que vise à remédier la psychochirurgie frontale de certaines douleurs intractables.

De telles explications, fournissant quelque lumière sur les connexions nerveuses et les mécanismes neurochimiques, étaient évidemment impossibles à la plus grande époque de la psychochirurgie. Maintenant nous sommes sur le point de recueillir les fruits de longues années de recherches. Une fois de plus, des applications pratiques sont envisageables. Cependant, la seringue du chimiste et l'électrode du physiologiste ont déjà remplacé le scalpel du chirurgien. Une compréhension accrue rend possible le raffinement de ces outils d'intervention. Il faut espérer que le raffinement de ces techniques va se poursuivre et que des techniques comportementales telles que l'éducation et la rééducation pourront finalement remplacer les interventions plus directes en neuropsychiatrie.

Pour en savoir plus :

Sur la fonction des lobes frontaux :

■ K.H. Pribram et A.R. Luria (eds.), *Psychophysiology of the frontal lobes*, Academic Press, 1973.

■ K.H. Pribram, *Acta Neurobiol. exp.*, 35, 609, 1976.

Sur la psychochirurgie :

■ *La Recherche*, 47, 654, juillet 1974.

■ *Autrement*, 4, 22, 1976.

■ E.R. Koch, « L'homme modifié », Denoël, 1978.

A l'occasion des Jeux Olympiques de Moscou...

OUVERTURE DE LA SOUSCRIPTION SPECIALE "ENVELOPPES PREMIER JOUR" COMMEMORANT LES OLYMPIADES 1980.

Réservez votre collection sans attendre.



Edition strictement limitée : 60 000 collections complètes seulement pour le monde entier !

Patronnées par le Comité d'Organisation des Jeux Olympiques de Moscou, ces "Enveloppes Premier Jour", richement décorées et illustrées par des artistes de renom, portent chacune le timbre soviétique officiel pour les Olympiades. Elles seront oblitérées en URSS avec la flamme spécialement dessinée pour cette "Edition Premier Jour".

Participez à la "Grande Fête" des Jeux Olympiques avec la précieuse collection des "Enveloppes Premier Jour".

Pour permettre à chacun, quel que soit son pays, de participer au déroulement de jeux, l'URSS a créé une splendide collection de 79 magnifiques "Enveloppes Premier Jour".

Chaque Enveloppe, imprimée sur du beau papier Vélin de luxe, comporte un timbre soviétique spécial représentant le symbole olympique, la ville, ou le sport, auquel elle rend hommage.

Les Enveloppes seront officiellement oblitérées par un motif olympique spécial "Premier Jour" d'émission.

49 Enveloppes représenteront les sports eux-mêmes, illustrant les disciplines dans lesquelles les plus grands athlètes du monde vont s'affronter : saut, course à pied, natation, gymnastique, etc.

30 autres Enveloppes représenteront certaines villes soviétiques historiques dans lesquelles différents événements particuliers doivent avoir lieu : Moscou, Kiev, Leningrad, Minsk.

Souscrivez dès maintenant aux "Enveloppes Premier Jour" des Jeux Olympiques 1980 : ne prenez pas le risque d'attendre trop longtemps !

En tant que souscripteur à la collection des "Enveloppes Premier Jour" des Jeux Olympiques, vous aurez la certitude qu'une collection complète sera réservée à votre nom. Chaque série de 4 "Enveloppes Premier Jour" vous sera expédiée, chez vous, au rythme d'une série par mois.

Le prix de 99 F par série de 4 Enveloppes vous est garanti pour toute la collection, quelle que soit par ailleurs l'augmentation de valeur qu'elle pourrait connaître chez les philatélistes et les collectionneurs.

Vous êtes libre de renoncer à votre souscription à tout moment et de vous désister de tous vos droits sur cette collection historique. Aussi, n'hésitez pas : renvoyez-nous dès aujourd'hui le bulletin de souscription ci-dessous. La beauté, la valeur de ces Enveloppes Olympiques va rencontrer un énorme succès auprès de tous les amateurs du monde entier. La souscription risque d'être très rapidement close. Et une fois l'édition épuisée, elle ne sera jamais réimprimée.

ATTENTION ! La collection officielle des "Enveloppes Premier Jour" commémorant les Jeux Olympiques 1980 est la seule collection à être patronnée par le Comité Organisateur de Moscou. Elle seule porte son cachet officiel. Vous ne devez pas la confondre avec n'importe quelle édition postale ordinaire qui pourrait être mise en circulation sans l'approbation du Comité.

EN CADEAU GRATUIT POUR LES SOUSCRIPTEURS :

- Un élégant Album de présentation,
- Un Rouble Olympique commémoratif.

Votre Album de classement.

Tous les souscripteurs recevront, sans frais supplémentaires, un très bel album de présentation dans un coffret assorti. Recouvert d'une belle reliure rouge bordeaux, rehaussée du symbole olympique. Cet album vous permettra de classer avec élégance votre collection et de pouvoir l'admirer, en famille, à tout moment sans risquer de l'abîmer.

Votre Rouble Olympique commémoratif.

Avec vos 4 premières Enveloppes, vous recevrez gratuitement un Rouble Olympique frappé de l'emblème des Jeux Olympiques 1980.



BULLETIN DE SOUSCRIPTION A LA COLLECTION OFFICIELLE DES "ENVELOPPES PREMIER JOUR" des Jeux Olympiques de Moscou 1980.

A retourner à CHI, 50, avenue des Champs-Élysées - 75008 Paris.

OUI, je désire souscrire à la collection des "Enveloppes Premier Jour" commémorant les Jeux Olympiques de Moscou 1980, comprenant 79 Enveloppes. Je recevrai 4 Enveloppes par mois au prix de 99 F les 4 (+ 5 F de frais d'envoi, soit 104 F). Ce prix m'est garanti pour l'édition de chaque série de la collection. Avec ma première série de 4 Enveloppes, je recevrai le Rouble Olympique commémoratif. Je recevrai également, un peu plus tard, l'élégant Album de Présentation, conçu pour présenter et protéger ma collection complète.

J'ai noté que pour souscrire dès maintenant à la collection des "Enveloppes Premier Jour", je vous fais parvenir ci-joint le règlement de la première série de 4 Enveloppes, soit 99 F + 5 F de frais d'envoi. Je dispose ensuite de 10 jours de "réflexion", au cours desquels je peux à tout moment vous renvoyer les Enveloppes, je serai alors immédiatement remboursé.

Si je conserve les Enveloppes, je recevrai les séries suivantes au rythme de 4 Enveloppes par mois avec toujours un délai de réflexion de 10 jours. Et de toute façon, je reste libre d'interrompre à tout moment ma souscription.

Nom _____

Adresse _____

Code Postal [] [] [] [] [] Signature : _____

Mode de paiement choisi : chèque bancaire chèque postal
 mandat-lettre (cochez la case choisie).

A l'ordre de CHI, 50, avenue des Champs-Élysées - 75008 Paris.

Découpez ce bon et renvoyez-le, accompagné de votre paiement, sous enveloppe affranchie à : CHI, 50, avenue des Champs-Élysées - 75008 Paris.