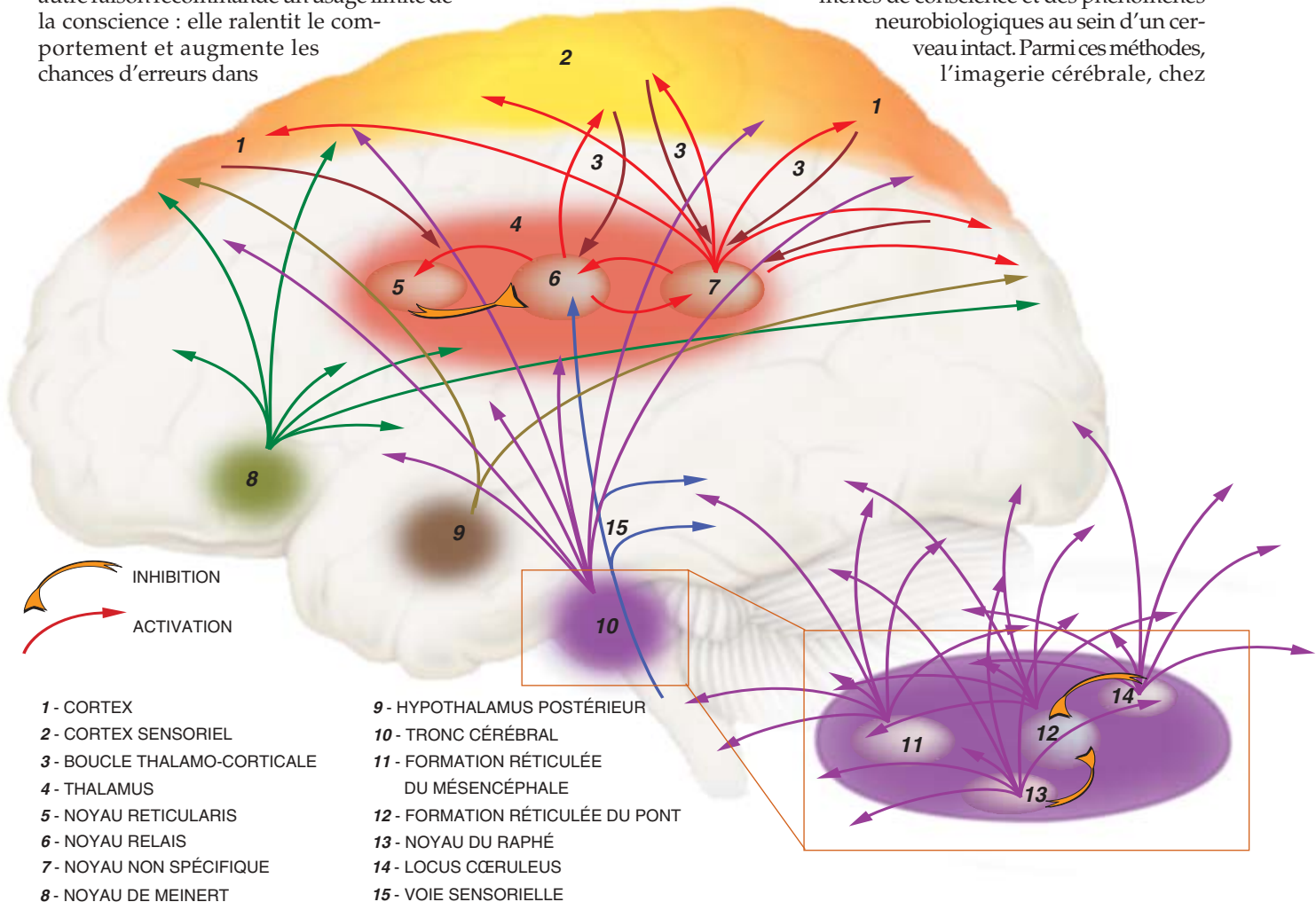


un état permanent? Probablement pour des raisons de coût énergétique. L'état de veille et de sommeil paradoxal, conditions nécessaires de la conscience, coûtent cher en termes de métabolisme cérébral. De plus, l'organisme dans son ensemble a besoin de phases de récupération qui correspondent chez le mammifère à l'état de sommeil à ondes lentes, peu favorable à la formation de représentations conscientes.

Le fait que, même à l'état de veille, une grande partie du fonctionnement de l'organisme soit inconsciente peut s'expliquer là encore par le coût énergétique de la conscience. Il est sans doute avantageux du point de vue biologique que celle-ci n'intervienne que lorsque les automatismes sont pris en défaut. C'est le cas des situations imprévues, nouvelles, une des causes les plus fréquentes de la formation de représentations conscientes. Du point de vue biologique, une autre raison recommande un usage limité de la conscience : elle ralentit le comportement et augmente les chances d'erreurs dans

l'exécution d'une tâche bien maîtrisée. Ce fait refléterait la mise en jeu de processus sériels lents et de faible capacité de traitement comme la mémoire de travail. Au contraire, le fonctionnement inconscient du cerveau serait essentiellement de type parallèle, beaucoup plus rapide et ayant une capacité de traitement beaucoup plus grande.

Si la conscience n'est pas pure illusion, elle doit avoir des mécanismes identifiables. Effectivement, non seulement la neurobiologie de la conscience existe, mais elle est déjà très avancée sur certains points. Avant d'essayer de le montrer, précisons que, contrairement à certaines spéculations, la neurobiologie de la conscience ne met pas en jeu une physique spéciale ; elle est une branche de la neurobiologie classique. Sa seule particularité est de s'appuyer principalement, mais non exclusivement, sur des méthodes mettant en relation de façon aussi directe que possible des phénomènes de conscience et des phénomènes neurobiologiques au sein d'un cerveau intact. Parmi ces méthodes, l'imagerie cérébrale, chez



3. DIVERS SYSTÈMES CÉRÉBRAUX sont mis en jeu par l'état conscient. On a schématisé (très grossièrement) quelques-unes des connexions. Pour simplifier, on a regroupé plusieurs structures du tronc cérébral, malgré leurs différences au plan anatomique, physiologique et neurochimique. Les voies sensorielles ont des cibles spécifiques : les noyaux relais du thalamus sont reliés de façon biunivoque à des aires corticales spécialisées (le cortex sensoriel). Les boucles qui relient le thalamus au cortex et le cortex au thalamus jouent un rôle important dans le traitement de l'information et dans la genèse de l'état conscient. L'état conscient met en jeu deux «étages», l'étage thalamo-cortical et l'étage sous-thalamique. À l'étage thalamo-cortical, l'état de veille et celui de sommeil paradoxal (où surviennent les rêves) dépendent des mêmes facteurs, en particulier de la boucle qui relie le noyau réticulaire et les noyaux relais. Cette boucle inhibe les noyaux relais et

tend à imposer une activité rythmique en bouffées dans le thalamus et dans le cortex, caractéristique du sommeil «à ondes lentes». Au contraire, dans l'état conscient de veille ou dans l'état de sommeil paradoxal, les neurones thalamo-corticaux sont fortement activés. À l'«étage sous-thalamique», l'état conscient de veille et l'état conscient de sommeil paradoxal ont des mécanismes différents : le sommeil paradoxal est marqué par une hyperactivité de la formation réticulée du pont. Cette dernière est inhibée durant l'état de veille par le raphé et par le locus coeruleus, mais l'inhibition est levée durant les phases de sommeil paradoxal, car ces noyaux sont alors inactifs. On a fait un agrandissement des noyaux du tronc cérébral pour montrer le caractère extrêmement divergent de leurs projections. C'est grâce à cette propriété que ces structures exercent un contrôle très étendu sur le cortex et sur d'autres régions cérébrales.

l'homme, et l'enregistrement sélectif de neurones par microélectrodes, chez le singe éveillé et partiellement libre de ses mouvements, ont été particulièrement féconds.

Neurobiologie de l'état conscient

Les mécanismes de l'état conscient sont déjà en grande partie connus grâce aux progrès considérables de la neurophysiologie des cycles de veille et de sommeil accomplis au cours des dernières décennies, notamment grâce aux travaux de Michel Jouvet, à Lyon, et de Mircea Steriade, de l'Université de Laval, au Canada. En bref, l'état conscient met en jeu un ensemble de processus cérébraux, dont les bases neuroanatomiques sont en grande partie identifiées (voir la figure 3), de même que les mécanismes cellulaires et moléculaires, en particulier les principaux types de neuromédiateurs mis en jeu. Cet ensemble de processus est commun à l'état de veille et à l'état de sommeil paradoxal ; il se caractérise globalement par un niveau élevé du métabolisme cérébral et par un électroencéphalogramme « désynchronisé », c'est-à-dire de faible amplitude et de fréquence élevée ; au niveau cellulaire, par des décharges isolées de potentiels d'action (par opposition aux décharges en bouffées du sommeil lent, voir la figure 4) ; enfin, par la prédominance de phénomènes d'excitation dans les neurones du thalamus qui se projettent sur le cortex. Réciproquement, la fin de l'état conscient résulte de la prédominance de phénomènes d'inhibition dans ces mêmes neurones. Ces transitions excitation-inhibition au niveau thalamo-cortical dépendent de nombreuses influences, en particulier de neurones situés dans le tronc cérébral et dans l'hypothalamus, et à la base des hémisphères cérébraux.

Si ces processus sont communs à la conscience de veille et de sommeil paradoxal, ces deux types de conscience se distinguent par d'autres processus. Ainsi, à l'état de

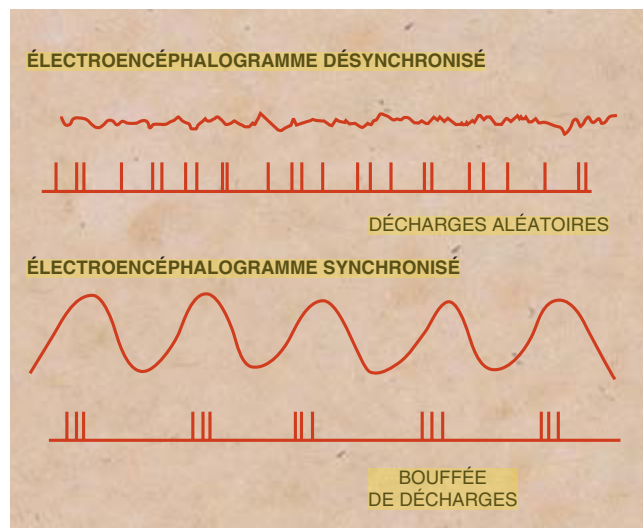
veille, certains neurones noradrénergiques (libérant de la noradrénaline, un neuromédiateur) et sérotoninergiques (libérant de la sérotonine, un autre neuromédiateur) du tronc cérébral sont très activés, alors qu'ils sont silencieux pendant le sommeil paradoxal ; au cours du sommeil paradoxal, ce sont les neurones cholinergiques (libérant l'acétylcholine) de la formation réticulée du pont qui ont une activité particulièrement élevée.

Ces données de la neurophysiologie classique sont en gros confirmées par celles, encore peu abondantes, de l'imagerie cérébrale. De plus, cette dernière a montré que le système limbique (le « cerveau émotionnel ») et les régions frontales sont impliqués dans l'état conscient, mais de façon différente pendant la veille et pendant le sommeil paradoxal : cela confirme que la conscience de veille et le rêve ont des mécanismes en partie différents.

Deux composantes importantes de l'activité cognitive lors de l'état conscient ont fait l'objet de très nombreuses études tant chez l'homme que chez le singe : les différentes formes d'attention et la mémoire de travail. Nous ne tenterons pas de résumer tous les résultats obtenus dans ce domaine, mais nous retiendrons que tous confirment l'implication des régions frontales dans l'attention et dans la mémoire de travail (voir la figure 5). De façon générale, ces régions sont impliquées dans tous les aspects de l'activité consciente mais, bien entendu, en interaction avec d'autres régions et selon des modalités variées. De plus, le cortex frontal n'est pas un ensemble homogène, tant au plan neuroanatomique que physiologique.

Les études sur l'attention et sur la mémoire de travail sont des approches des mécanismes de l'unité diachronique (sur les courtes durées) de la conscience ; qu'en est-il de l'unité synchronique, instantanée ? En ce qui concerne l'unité du champ de la conscience dans son ensemble et du moi qui s'attribue cet état, les principales données proviennent des observations sur des patients à « cerveau divisé » (dits *split brain*). Chez eux, les principales connexions entre les deux hémisphères (formant ce que l'on nomme le corps calleux) ont été sectionnées au cours d'une intervention chirurgicale (pour lutter contre les crises d'épilepsie, notamment). Il est alors possible, dans certaines conditions, de susciter des représentations conscientes différentes dans chaque hémisphère, ce qui suggère que le corps calleux joue un rôle dans l'unité globale du champ de la conscience. À un niveau plus fin, se pose la question de l'unité de l'objet des représentations conscientes. Cette unité met probablement en jeu les mécanismes généraux de l'attention mais, dans le cas de la perception visuelle, par exemple, des mécanismes plus spécifiques ont été mis en évidence. Nous allons les examiner.

Si la neurobiologie de l'état conscient est déjà avancée, il n'en est pas de même de celle des représentations conscientes qui se succèdent au cours de l'état conscient. Il est évident que l'ensemble des processus cérébraux qui sous-tendent l'état de conscience (métabolisme cérébral élevé, électroencéphalogramme désynchronisé, excitation des neurones du thalamus) ne représente que la condition nécessaire de ces représentations ; ces dernières doivent mettre en jeu des mécanismes supplémentaires qui les distinguent des processus inconscients simultanés. Quelles sont les principales approches visant à apporter une solution à ce problème ? Examinons-les en sachant qu'aucune n'est totalement satisfaisante.



4. L'ÉTAT CONSCIENT est caractérisé par deux signes électrophysiologiques : l'électroencéphalogramme « désynchronisé », c'est-à-dire de faible amplitude et de fréquence élevée, et un mode de décharge par potentiels d'action isolés. Dans ce mode, les intervalles entre deux potentiels d'action consécutifs sont indépendants : cela signifie que l'on ne peut prédire la durée d'un intervalle à partir de celle des intervalles précédents. Cette forme d'activité neuronale est considérée comme la plus favorable à la transmission d'une information. Au contraire, dans l'état de sommeil « lent », l'électroencéphalogramme est « synchronisé », c'est-à-dire de grande amplitude et de fréquence basse, et l'activité neuronale se manifeste par des bouffées rythmiques.