

# La perception subliminale : un aperçu sur l'inconscient

LIONEL NACCACHE • STANISLAS DEHAENE

*Aujourd'hui, on sait explorer les propriétés psychologiques et les bases cérébrales de nombreux processus cognitifs inconscients à l'aide d'images subliminales qui, tout en échappant à notre expérience consciente, sont néanmoins perçues et traitées par le cerveau.*

Si le projet d'une exploration scientifique de la conscience évoque le plus souvent un programme démesuré dont l'ambition frise la naïveté, force est de constater que les premières questions qui se posent au neuroscientifique sont d'une clarté déconcertante : existe-t-il une région cérébrale particulière dont l'activité produirait la conscience ? Si un tel « centre de la conscience » n'existe pas, comment la conscience est-elle alors sous-tendue par l'activité du cerveau ?

Faut-il être conscient d'un objet pour se le représenter mentalement ? Autrement dit, notre perception se résume-t-elle à la perception consciente, ou bien notre cerveau a-t-il accès et traite-t-il des informations à notre insu ? Si tel est le cas, quelles sont les distinctions entre nos représentations mentales conscientes et celles qui ne le sont pas ? L'évocation de ces questions fait apparaître la pertinence de l'exploration scientifique de la cognition inconsciente, qui permet d'ouvrir une fenêtre offrant une perspective précieuse sur le propre de la conscience.

Comment donc étudier les représentations mentales inconscientes d'un être humain de manière reproductible et mesurable ? Nous évoquerons d'abord, succinctement, les études de malades atteints de divers syndromes neurologiques secondaires à des lésions cérébrales, dont le dénominateur commun est une altération, voire une disparition de certains contenus conscients : elles ont révélé l'existence de riches processus mentaux inconscients. Pour étudier de tels processus cognitifs inconscients chez des sujets neurologiquement sains, les psychologues ont élaboré un grand nombre de situations expérimentales dont la plus connue est la perception subliminale. Quand on présente à un sujet une image (par exemple, un mot) pendant une durée très brève (de l'ordre de 20 à 40 millisecondes) en entourant sa présentation par deux autres stimulus qualifiés de masques (par exemple, des motifs géométriques), on peut empêcher l'image masquée d'être consciemment perçue : elle est subliminale.

Cette image masquée, qui n'est pas perçue consciemment, peut toutefois faire l'objet d'un traitement cognitif, ce qui est mis en évidence quand on observe un effet de cette image sur le comportement du sujet. Pour étudier d'éventuels impacts, la méthode la plus employée se nomme l'amorçage masqué : il s'agit de présenter un premier stimulus – l'amorce – dans des conditions de masquage, puis

de le faire suivre par un second stimulus – la cible – consciemment perceptible. En demandant au sujet de répondre au stimulus cible en suivant des instructions particulières, on vérifie si le stimulus amorce inconsciemment perçu influe sur les réponses au stimulus cible.

Ainsi, nous avons conduit diverses expériences, où l'on présente au sujet deux chiffres compris entre 1 et 9, le premier étant l'amorce masquée et le second la cible (voir la figure 2). On demande aux sujets de comparer le nombre cible à 5, en appuyant, le plus rapidement possible, sur l'un des deux boutons placés devant lui : l'un correspond à la réponse « inférieur à 5 », l'autre à la réponse « supérieur à 5 ». Le sujet répond plus vite quand le nombre amorce et le nombre cible sont tous les deux inférieurs à 5 ou tous les deux supérieurs à 5 (essais qualifiés de congruents), et plus lentement quand l'amorce et la cible sont de part et d'autre de 5 (essais non congruents). L'image subliminale exerce donc une influence sur la réponse du sujet : cet effet d'amorçage témoigne d'un traitement cognitif inconscient du chiffre amorce.

## Codage de l'information

Dans ces expériences, nous avons fait varier la nature des paires amorce et cible, en présentant des 5 écrits en toutes lettres ou en chiffres arabes. Nous cherchions à déterminer à quel niveau de codage les nombres amorces sont représentés inconsciemment. En effet, le traitement inconscient du nombre amorce peut avoir lieu à des niveaux de codage différents : depuis des représentations visuelles du stimulus (par exemple, l'analyse de la forme géométrique et des contours de 4), jusqu'à des représentations motrices de la réponse qui lui est associée (appuyer avec la main droite), en passant par des niveaux de traitement de nature lexicale (dans lesquels les stimulus 4 et quatre correspondent à un même objet), voire sémantique (dans lesquelles c'est la quantité numérique qui est traitée) (voir la figure 3). Nous avons montré que l'effet d'amorçage persiste quelle que soit la notation utilisée : le nombre amorce accède donc à l'in-

**1. LES IMAGES SUBLIMINALES** sont des images exposées trop brièvement pour être perçues consciemment. Elles sont toutefois traitées inconsciemment. Par exemple, des chiffres présentés trop peu de temps pour être visibles sont néanmoins représentés par plusieurs régions du cerveau.



2. DANS CETTE EXPÉRIENCE D'AMORÇAGE VISUEL MASQUÉ, on présente un nombre dit cible au sujet (ici le chiffre 4), précédé d'un nombre masqué qu'il ne perçoit pas consciemment, l'amorce (ici le chiffre 2). Le sujet doit comparer le plus rapidement possible le nombre cible au nombre 5 à l'aide de deux boutons, l'un pour répondre «inférieur à 5», et l'autre «supérieur à 5». Les temps de réponse et les taux

d'erreurs des sujets sont enregistrés à l'aide d'un ordinateur. La perception «subliminale» se manifeste par des effets d'amorçage qui démontrent que le nombre amorce a été traité : par exemple, le sujet répond plus vite lorsque l'amorce subliminale et le nombre cible sont tous les deux inférieurs à 5 ou tous les deux supérieurs à 5 que lorsque l'amorce et le nombre cible sont situés de part et d'autre de 5.

niveau de représentation indépendant de sa forme visuelle, c'est-à-dire à un codage abstrait qui ne s'intéresse plus qu'à la quantité numérique symbolisée.

Nous décrivons les principales propriétés psychologiques de ces processus perceptifs subliminaux, avant de faire état des connaissances sur leur substrat cérébral, déterminées à l'aide d'expériences de perception subliminale dans lesquelles on enregistre les variations d'activité cérébrale à l'aide d'outils, telles l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique (IRM), la caméra à positons, l'électroencéphalographie ou la magnéto-encéphalographie. Enfin, nous exposerons les bases d'un modèle général du traitement conscient et non conscient qui rend compte des résultats.

### Lésions cérébrales et processus inconscients

Dès la fin des années 1960, plusieurs équipes de psychologues ont étudié les représentations mentales inconscientes chez des patients ayant des lésions cérébrales, qui altèrent et, parfois même, font disparaître certaines représentations conscientes. À titre d'exemple, le groupe d'Ernst Pöppel à l'Université de Munich, puis celui du psychologue britannique Larry Weiskrantz, à l'Université d'Oxford, ont étudié certains malades qualifiés d'aveugles corticaux. De tels patients ont perdu la vision dans certaines régions du champ visuel (les scotomes) suite à une destruction partielle du cortex visuel primaire. De tels patients prétendent ne pas percevoir des stimulus présentés au sein de leur scotome. Pourtant, des expériences dites de tâches à choix forcé, dans lesquelles les psychologues obligent le patient à donner une réponse, ont révélé des résultats insoupçonnés. Par exemple, si l'on demande à l'un de ces malades de détecter la présence d'un stimulus présenté au sein de ce scotome (répondre «absent» ou «présent» à chaque essai), ou encore de diriger son regard vers le point précis où ces stimulus sont présentés, le patient se révèle souvent capable de répondre correctement tout en affirmant ne rien avoir vu tout au long de l'expérience. Ce phénomène singulier porte le nom de vision aveugle.

Dans un registre voisin, l'étude de certains patients atteints d'une amnésie antérograde sévère, qui se traduit dans la vie quotidienne par un véritable «oubli à mesure» interdisant toute élaboration de nouveaux souvenirs autobiographiques, a montré l'existence d'autres formes de mémoires incons-

cientes. De tels patients sont capables d'apprendre des tâches motrices relativement complexes qui nécessitent plusieurs séances successives d'apprentissage, par exemple suivre du doigt la trajectoire d'une cible tournant autour d'un axe (tâche du rotor), aussi rapidement qu'un sujet sain, bien qu'ils n'aient aucun souvenir conscient des nombreuses périodes d'entraînement! Depuis, de telles dissociations ont été observées dans la plupart des syndromes neuropsychologiques classiques comme l'aphasie (troubles de la compréhension et de la production du langage) ou la prosopagnosie (troubles de la reconnaissance et de l'identification des visages).

Depuis les années 1970, grâce à la technique de perception subliminale, les psychologues ont étudié les processus cognitifs inconscients chez des sujets sains. Ils ont mis en évidence des processus inconscients qui touchent des niveaux de représentation très variés, tels la forme visuelle, l'orthographe et la phonologie des mots, le contenu émotionnel d'une image, ou même le contenu sémantique de certains stimulus (des nombres ou des dessins d'objets, par exemple). Ainsi, la plupart des formes de représentations mentales semblent accessibles inconsciemment, c'est-à-dire qu'il n'existerait pas de format de représentation exclusivement associé au traitement conscient.

### Propriétés de la perception subliminale

Sans détailler tous les résultats issus des expériences sur la perception subliminale, nous isolerons trois de leurs caractéristiques communes. Premièrement, la durée de vie des représentations mentales inconscientes est très brève, de l'ordre de la centaine de millisecondes. En faisant varier le délai qui sépare la présentation de l'amorce de celle de la cible, Anthony Greenwald et ses collègues de l'Université de Seattle, aux États-Unis, ont montré que les effets d'amorçage disparaissent dès que ce délai dépasse la centaine de millisecondes. Une représentation mentale inconsciente présente donc un caractère évanescent. Par conséquent, la capacité à maintenir durablement une représentation mentale nécessiterait d'être consciente.

La deuxième caractéristique des processus inconscients repose sur le constat suivant : on peut activer inconsciemment un nombre important de types de représentations plus ou moins abstraites, mais certaines de leurs manipulations semblent impossibles tant que le sujet ne prend

pas conscience de ces représentations. En 1995, Phil Merikle et ses collègues de l'Université de Waterloo au Canada ont apporté une illustration de ce principe. Ils ont étudié la capacité des sujets à contrôler l'inhibition dans une tâche conflictuelle dite de Stroop. L'effet Stroop, du nom de son découvreur, est l'interférence d'une tâche automatique avec une tâche qui requiert de l'attention. On distingue deux types de tâches : celles que nous accomplissons automatiquement, à force d'apprentissage, et les autres, dites contrôlées, qui nécessitent que nous soyons concentrés. Par exemple, la lecture chez les adultes est une tâche tellement automatique qu'elle devient irrépressible : on ne peut s'empêcher de lire ce qui nous tombe sous les yeux.

Dans l'expérience menée par P. Merikle, les sujets doivent indiquer la couleur d'un carré qui est soit rouge, soit vert. À chaque essai, le carré de couleur est précédé par un mot amorce non coloré consciemment visible, qui est soit le mot *rouge*, soit le mot *vert*. Dans cette situation, l'effet Stroop classique est observé : les réponses sont plus rapides lorsque le mot amorce et la couleur cible sont congruents (*vert* puis le mot cible de couleur verte) que lorsqu'ils sont non congruents (*vert* puis une cible rouge). Dans une seconde version de l'expérience, on soumet les sujets à une série d'essais qui contient surtout des essais non congruents (75 pour cent). Les sujets modifient alors spontanément leur stratégie en tirant avantage de la proportion majoritaire des essais non congruents : ils préparent de préférence une réponse opposée à celle qui serait spontanément associée au stimulus amorce (ils préparent une réponse «rouge» en réponse à l'amorce *vert*), de sorte qu'ils répondent à présent plus rapidement aux essais non congruents qu'aux essais congruents !

On assiste là à une inversion de l'effet Stroop. P. Merikle n'a observé cette inversion stratégique que lorsque les sujets perçoivent consciemment l'amorce (elle est présentée assez longtemps pour être perçue). Lorsqu'elle est subliminale, elle n'active que la réponse congruente, et l'on retrouve un effet Stroop classique même dans les séries contenant une majorité d'essais non congruents. Cet exemple démontre

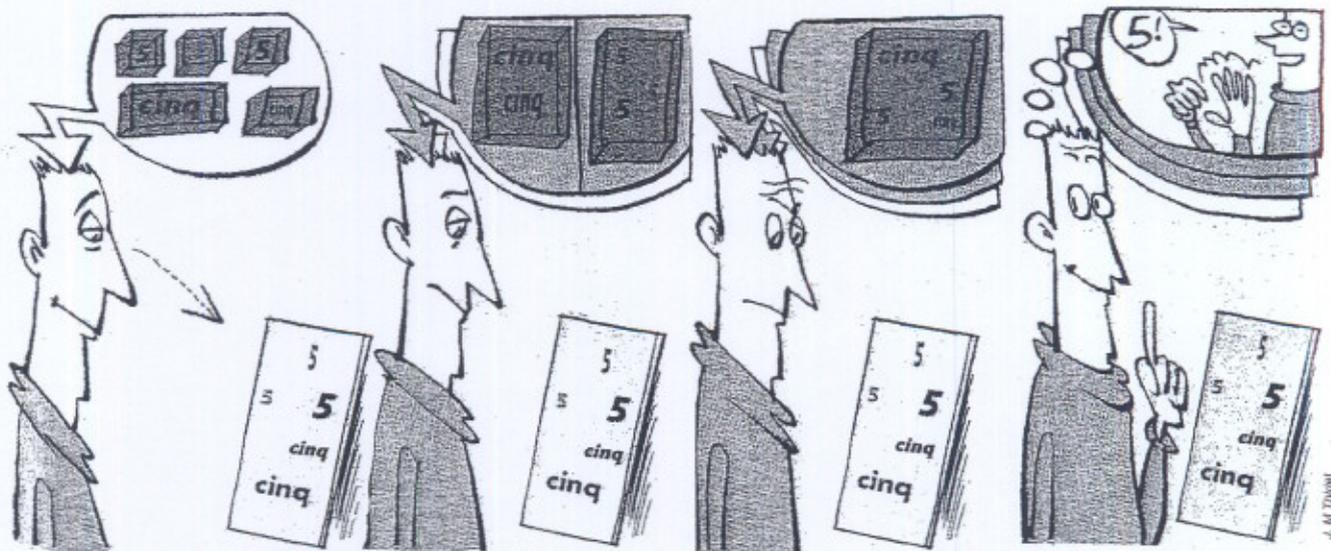
que notre capacité à déployer une stratégie nouvelle et à inhiber des traitements automatiques dépend de la disponibilité consciente de l'information concernée.

La dernière caractéristique des effets d'amorçage masqués est que, contrairement à ce que l'on a longtemps pensé, ils ne reflètent pas nécessairement des traitements automatiques, mais ils dépendent en réalité de l'attention consciente des sujets. Nous avons, par exemple, montré que si l'on s'arrange pour que le sujet ne puisse pas focaliser son attention au moment où les amorces masquées et les cibles sont présentées, on fait totalement disparaître les effets d'amorçage inconscients. Ainsi, le traitement inconscient n'est pas indépendant de l'attention du sujet. Il suit les voies de traitement mises en place consciemment par le sujet pour traiter la cible.

### Le substrat cérébral de la perception subliminale

Les psychologues se sont essentiellement intéressés à la perception visuelle inconsciente de mots, de nombres ou de dessins, mais un nombre important de travaux d'imagerie cérébrale porte aussi sur une catégorie de stimulus riches en contenu émotionnel : les visages. Depuis longtemps, on connaît le rôle crucial d'une petite région du système limbique, le noyau amygdalien, dans l'analyse des émotions : l'activation du noyau amygdalien varie en fonction de l'intensité de l'émotion et semble plus marquée pour la peur que pour la joie.

En 1998, Paul Whalen et ses collègues de l'Université du Wisconsin ont étudié, à l'aide de l'IRM fonctionnelle, les corrélats cérébraux de la perception inconsciente des visages, c'est-à-dire ses supports anatomiques. Ils présentent des photographies de visages humains qui n'expriment pas d'émotion particulière, suffisamment longtemps pour que les sujets en élaborent une expérience consciente. À l'insu des sujets, chacun de ces visages est précédé par la présentation très brève (33 millisecondes) d'un visage exprimant une émotion forte (peur ou joie). Les sujets déclarent qu'ils ne



3. LA REPRÉSENTATION MENTALE D'UNE INFORMATION visuelle s'effectue selon différents niveaux de codage. À un premier niveau, l'information est codée en fonction des coordonnées spatiales des objets (ici, des 5 et des cinq) : chaque objet est différent et a son propre codage. Puis, les représentations sont de plus en plus abstraites. Bien que les objets aient une couleur, une taille, une forme ou une orientation diffé-

rentes, ce sont des représentations d'une forme visuelle unique : celle du 5 écrit en chiffres arabes (de même, les cinq correspondent à la forme visuelle en notation écrite). À un niveau plus abstrait, les 5 et les cinq sont reconnus comme deux versions d'une forme lexicale unique. À un niveau encore plus abstrait, les nombres sont représentés sous une forme sémantique : la quantité 5, comprise entre 4 et 6.

voient que le visage neutre (le visage expressif masqué n'est pas consciemment perçu). Pourtant, le noyau amygdalien est davantage activé par des visages masqués exprimant la peur que par des visages masqués joyeux.

John Morris et son équipe de l'Institut de neurosciences cognitives, à Londres, ont confirmé par IRM fonctionnelle que le noyau amygdalien droit est activé par la présentation d'images subliminales de visages marquant la peur. En 1999, ils ont en outre montré qu'une voie de traitement sous-corticale – empruntant le colliculus supérieur – est activée lors de ce processus perceptif inconscient. Ainsi, il existe bel et bien des processus de haut niveau, ici liés à l'émotion, mis en œuvre sans que nous en ayons conscience.

L'interprétation de ces résultats reste compatible avec la conception neurologique hiérarchique classique, proposée par le neurologue anglais Hughlings Jackson, au XIX<sup>e</sup> siècle. Elle postule que la conscience résulterait du fonctionnement de l'écorce cérébrale (le cortex), tandis que les étages inférieurs (ici le colliculus) et phylogénétiquement plus anciens (l'amygdale) traiteraient l'information inconsciemment. Toutefois, dans les années 1990, plusieurs équipes ont obtenu des résultats qui précisent cette hypothèse, en réfutant l'idée que toute activité du cortex s'accompagnerait nécessairement d'une conscience de cette activité.

À titre d'exemple, nous avons montré dans l'expérience d'amorçage visuel masqué numérique (chiffres inférieurs ou supérieurs à 5) une activation notable de la région du cortex moteur que les sujets auraient utilisée pour répondre au nombre amorce, nombre qu'ils ne percevaient pourtant pas consciemment! C'est-à-dire que quand les sujets avaient reçu comme consigne d'appuyer sur le bouton gauche pour répondre «supérieur à 5» au nombre cible, et que le nombre 9 leur était présenté comme amorce masquée, ils activaient inconsciemment la région du cortex moteur de l'hémisphère droit qui commande les mouvements de la main gauche. Ces résultats démontrent que des régions motrices du cortex, activées lors d'actes conscients, peuvent être activées inconsciemment. Autrement dit, leur activité n'est pas nécessairement liée à la programmation et à l'exécution d'actions conscientes. On en déduit que toute activité corticale ne participe pas nécessairement au contenu conscient du sujet.

Comment dès lors interpréter ces résultats dans un cadre théorique? Depuis le début des années 1980, et d'après les

travaux de Leslie Ungerleider et de Mortimer Mishkin, de l'Institut américain de santé mentale, on postule que les régions cérébrales visuelles sont organisées en deux voies de traitement interconnectées : la première, dite «voie ventrale», s'étend des régions corticales postérieures jusqu'aux régions les plus antérieures de la face inférieure du lobe temporal (voir la figure 4). Cette voie est souvent qualifiée de voie du «quoi?». Elle sous-tend des processus d'identification visuelle de plus en plus abstraits qui nous permettent de reconnaître tel ou tel objet, indépendamment de sa taille, de sa position ou de son orientation dans la scène que nous observons. La seconde voie, qualifiée de «voie dorsale», s'étend des régions visuelles postérieures jusqu'aux régions du cortex pariétal. En un mot, cette voie visuelle dorsale, aussi nommée voie du «où?» et du «comment?» sous-tend notre interaction motrice avec les objets visuels qui nous entourent. Elle est par exemple à l'œuvre lorsque nous jouons au tennis.

### Voie dorsale et voie ventrale

De nombreux auteurs ont explicitement formulé une vision dichotomique entre le conscient et l'inconscient, qui rappelle celle de Jackson même si la partition anatomique proposée ne s'exprime plus en termes de cortex et de sous-cortex. David Milner, de l'Université de Durham, en Grande-Bretagne, et Melvyn Goodale, de l'Université de Western Ontario, au Canada, ont ainsi postulé que notre voie visuelle dorsale «pragmatique» et «rapide» fonctionne sans que nous ayons conscience des fruits de ses calculs. Selon eux, notre «conscience visuelle» trouverait sa source dans l'activité neuronale de notre voie visuelle ventrale.

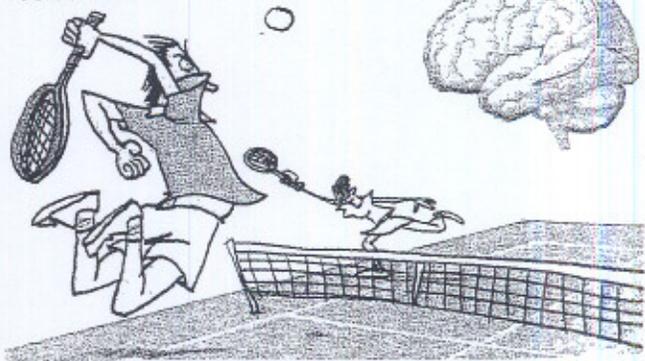
Les études neurophysiologiques du masquage visuel nuancent cette thèse, qui demeure pourtant assez populaire dans la communauté neuroscientifique. Chez le singe éveillé, le groupe d'Edmund Rolls, de l'Université d'Oxford, a montré que des neurones situés dans la voie visuelle ventrale – précisément dans le cortex inféro-temporal – sont activés quand des visages masqués sont présentés. Cependant, les réponses des neurones sont alors moins intenses et moins prolongées que lorsque ces mêmes visages sont présentés en l'absence de masquage visuel (longuement). Plus récemment encore, nous avons contribué à délimiter chez l'homme les frontières des territoires

VOIE VENTRALE



4. LES AIRES VISUELLES du cerveau sont organisées en deux voies de traitement parallèles (l'information visuelle suit les deux voies en même temps). Quand on cherche par exemple une balle de tennis parmi divers objets, l'information visuelle empruntant la voie ventrale (1) sert à reconnaître les objets. En revanche,

VOIE DORSALE



lors d'une partie de tennis, l'information visuelle empruntant la voie dorsale (2) régit «automatiquement» nos mouvements en fonction de la position de la balle, de sa vitesse supposée, de notre élan... Cette voie ventrale peut également coder des informations visuelles dont nous n'avons pas conscience.

corticaux de la voie ventrale susceptibles de s'activer inconsciemment. Nous avons en effet observé que des mots masqués sont traités par le gyrus fusiforme, une partie du cortex inférieur temporal.

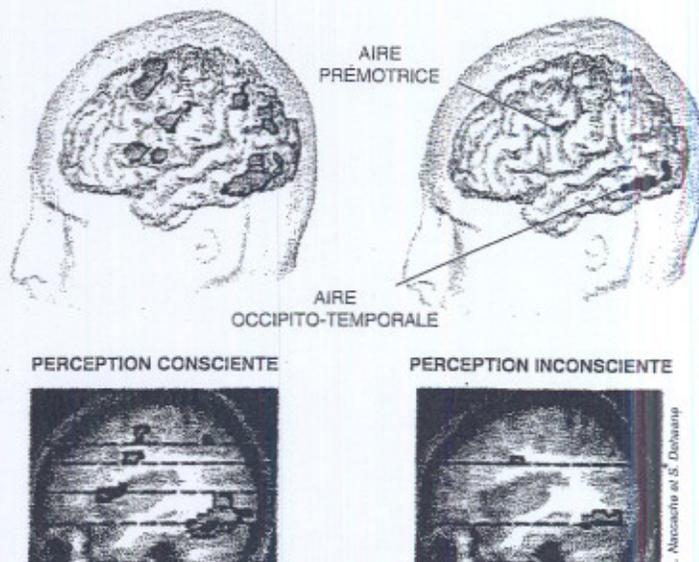
Dans cette étude, nous avons comparé les régions cérébrales activées par la lecture d'un mot visible à celles activées par la perception inconsciente du même mot (voir la figure 5). Les mots masqués activent un réseau d'aires cérébrales impliquées dans la perception visuelle des mots ainsi que dans leur probable codage phonologique (programmation de la prononciation du mot). En revanche, certaines régions cérébrales pariétales et frontales ne sont activées que lorsque le mot est consciemment perçu.

### Corrélatés cérébraux

On constate ainsi que l'hypothèse théorique d'une dichotomie entre, d'une part, des processus perceptifs visuels conscients associés au fonctionnement de la voie visuelle ventrale, et, d'autre part, des processus inconscients sous-tendus par la voie visuelle dorsale, ne résiste pas à des résultats tels ceux que nous venons de décrire. La voie visuelle ventrale peut être le siège d'activations correspondant à des processus cognitifs de haut niveau qui échappent à notre conscience. Elle n'est pas, en soi, le «centre» de notre conscience visuelle. Lorsque les activations de la voie ventrale sont associées à une expérience consciente, elles semblent bénéficier d'une amplification d'intensité remarquable, et surtout d'une mise en activité et d'une corrélation avec le fonctionnement d'autres régions cérébrales plus distantes.

Nous venons de décrire certains corrélatés de la perception des images subliminales. Toutefois, le corrélat des phénomènes d'amorçage est demeuré énigmatique jusqu'à la découverte, au cours des années 1990, de Robert Desimone, du Laboratoire de neuropsychologie de l'Institut américain de la santé mentale, et d'Earl Miller, du Département cerveau et sciences cognitives de l'Institut de technologie du Massachusetts. Ils ont mis en évidence le phénomène neuronal de «suppression par la répétition» dans des enregistrements cellulaires de neurones du cortex inféro-temporal du singe. Ainsi, lorsqu'un même stimulus visuel est présenté plusieurs fois, l'activité neuronale évoquée par ce stimulus diminue progressivement dans certains neurones. En outre, lorsque le même stimulus est présenté en faisant varier de nombreux paramètres, telle sa taille ou sa position spatiale, l'activité de ces neurones diminue de la même façon. Autrement dit, ce phénomène semble être la signature du niveau de codage neuronal utilisé par telle ou telle région. Par la suite, grâce à des expériences d'amorçage réalisées chez l'homme par neuro-imagerie, on a observé de telles diminutions d'activité neuronale dans de nombreuses régions du cerveau, par exemple le cortex occipito-temporal, le cortex insulaire, le cortex pariétal ou le cortex préfrontal, ainsi que le thalamus et les autres noyaux gris centraux. Le phénomène de suppression par la répétition semble un phénomène cérébral qui résulte des spécificités du codage des neurones.

Désormais, l'effet de suppression par la répétition sert à déterminer comment le cerveau code l'information perçue. En déterminant quels sont les neurones, qui, soumis à un stimulus, présentent cet effet, on découvre les aires qui traitent ce stimulus. Connaissant la fonction de ces aires, on en déduit comment le stimulus est codé : cette méthode permet d'explorer le code neuronal chez l'homme. Nous l'avons



**5. LA PERCEPTION SUBLIMINALE D'UN MOT active un petit nombre de régions cérébrales de la voie visuelle ventrale spécialisées dans l'analyse de la forme visuelle des mots, ainsi qu'une région plus antérieure probablement impliquée dans la programmation de la prononciation du mot. Lorsque ce même mot est lu consciemment, l'activité neuronale de ces régions est bien plus intense et, surtout, elle s'accompagne de la co-activation d'un vaste réseau reproductible d'aires cérébrales (sur les images inférieures, l'activation augmente du bleu au rouge).**

utilisée pour déterminer où sont traités les chiffres amorces dans l'expérience de comparaison numérique (chiffres inférieurs ou supérieurs à 5) déjà décrite. Nous avons mis en évidence qu'il existe un effet de suppression par la répétition dans les essais où le nombre amorce et le nombre cible sont identiques. Cet effet ne dépend pas de la notation utilisée pour présenter l'amorce et la cible. Nous avons découvert que les nombres amorces sont traités par une région du cortex connue pour coder les nombres sous une forme abstraite : celle de la quantité qu'ils représentent.

Nous avons aussi utilisé cette méthode afin d'étudier les bases cérébrales de la représentation visuelle des mots. Nous avons demandé aux sujets de classer des mots cibles en objets naturels (par exemple, lion) et en objets manufacturés (par exemple, radio). Un mot amorce masqué précède le mot cible, et il est présenté soit en lettres minuscules, soit en lettres majuscules. D'un point de vue comportemental, les sujets répondent plus rapidement aux mots cibles précédés par un mot amorce identique (comme on s'y attend), que le mot soit écrit en majuscules ou en minuscules. En IRM fonctionnelle, nous avons observé un effet de suppression par la répétition dans une aire inféro-temporale gauche, connue depuis les travaux anatomo-cliniques du neurologue français Déjerine (XIX<sup>e</sup> siècle), pour jouer un rôle clé dans le décodage de stimulus constitués de chaînes de lettres (c'est l'aire de la forme visuelle des mots).

Cet effet de suppression par la répétition est indépendant des caractères utilisés : il correspond à l'effet d'amorçage comportemental observé. Ainsi, il semble que, lorsqu'un processus cognitif est à l'œuvre (par exemple, la représentation d'une chaîne de caractères sous la forme d'un mot), c'est toujours le même module neuronal qui fonctionne, que l'on ait ou non conscience de ce processus. Le traitement du stimulus perçu emprunte le même chemin que la perception soit consciente ou inconsciente.

En revanche, deux points différencient l'expérience consciente de l'expérience inconsciente du point de vue

# NOUVEAU

L'Histoire des Sciences  
dans la  
collection *Belin Sup*



• 332 pages  
• Code 003076  
• 16,90 €

### La science du mouvement De Galilée à Lagrange

• Michel BLAY

À travers un passionnant voyage dans la littérature des XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, découvrez les principales étapes conceptuelles de la science du mouvement et des notions qui la caractérisent, telles la vitesse, l'accélération, la force ou la quantité de mouvement, notions aujourd'hui couramment utilisées par tout physicien.



• 240 pages  
• Code 003073  
• 16,90 €

### La mécanique statistique De Clausius à Gibbs

• Anouk BARBEROUSSE

L'émergence des concepts-clés de la physique statistique, tels la température, l'entropie ou les ensembles de Gibbs, est le fruit des relations complexes entre la mécanique newtonienne, la thermodynamique, la théorie cinétique des gaz et la mécanique statistique. Cet ouvrage présente l'analyse de ces liens à l'aide d'une large sélection de documents originaux.

Bon de commande  
page 97

www.editions-belin.com



neuronal : le niveau d'activation de la région cérébrale considérée et l'activation conjointe d'un vaste réseau d'aires cérébrales. Quand la perception est consciente, l'amplitude du signal est élevée et durable, et de nombreuses autres aires cérébrales sont activées simultanément.

### Esquisse d'un modèle de la conscience

D'après les données expérimentales disponibles aujourd'hui, nous pouvons dégager plusieurs concepts théoriques importants, dont l'ensemble constitue déjà l'esquisse d'une théorie physiologique de la conscience. Plusieurs cadres théoriques ont été récemment proposés qui ne sont pas contradictoires, mais qui insistent chacun sur certains aspects de cette physiologie de la conscience.

Nous avons développé, avec Jean-Pierre Changeux, du Collège de France, et Michel Kerszberg, de l'Institut Pasteur, un modèle qualifié d'«espace de travail global conscient». Il est fondé sur les considérations suivantes : de nombreux processus cognitifs opèrent à tout moment sans que nous en élaborions la moindre expérience consciente ; l'attention est une condition nécessaire, mais non suffisante, à la prise de conscience (les effets d'amorçage inconscients varient avec l'attention volontaire) ; enfin, la conscience semble requise pour la réalisation d'un certain nombre de tâches cognitives, dont celles qui réclament le maintien durable et explicite de l'information, la création de nouvelles combinaisons d'opérations mentales élémentaires, ou celles qui sont associées à la production spontanée de comportements intentionnels.

D'un point de vue neuronal, ces propriétés psychologiques pourraient être régies par les principes d'organi-

sation cérébrale suivants : à chaque instant, les nombreux processeurs cérébraux spécialisés dans notre cerveau traitent l'information en parallèle sans que nous en ayons conscience. Une information traitée par l'un de ces processeurs n'accéderait à notre conscience que si son activité neuronale était mobilisée, par un mécanisme d'amplification attentionnelle, en un état d'activité cohérent à longue distance, qui permettrait de mettre cette information à disposition d'un vaste réseau de neurones interconnectés et distribués dans tout le cerveau. Cette «connectivité à longue distance» des neurones appartenant à l'espace de travail global permettrait, lorsqu'ils sont actifs pendant une durée minimale, de rendre l'information d'un processeur particulier accessible à une grande variété de processus cognitifs, telles la catégorisation, la mémorisation à long terme, l'évaluation, la prise de décision et l'action volontaire. Ce modèle envisage ainsi l'espace neuronal sous-tendant la conscience comme un espace à géométrie variable et dynamique, puisque le même processeur peut parfois fonctionner de manière modulaire et inconsciente, et parfois en relation avec le reste de l'espace de travail global.

Cette accessibilité globale de l'information correspondrait à ce dont nous faisons l'expérience lorsque nous affirmons «être conscient» de quelque chose. D'un point de vue anatomique, certaines régions cérébrales, tels le cortex préfrontal, le cingulum antérieur et les aires qui leur sont connectées, seraient impliquées dans le substrat neuronal direct de cet espace de travail conscient. De nombreuses questions théoriques et philosophiques peuvent être abordées sur la base de ce modèle, et surtout soumises à l'épreuve critique de l'expérimentation qui permettra de réviser, parfaire et préciser cette première esquisse.

Lionel NACCACHE, neurologue et neurophysiologiste à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, est membre de l'Unité INSERM U562 Neuro-imagerie cognitive dirigée par Stanislas DEHAENE, au Service hospitalier Frédéric Joliot, à Orsay.

S. DEHAENE, M. KERSZBERG et J.-P. CHANGEUX, *A neuronal model of a global workspace in effortful cognitive tasks*, in *Proceeding National Academy of Sciences*, n° 95, pp. 14529-14534, 1998.

S. DEHAENE et L. NACCACHE, *Towards a cognitive neuroscience of conscious-*

*ness : basic evidence and a workspace framework*, in *Cognition*, vol. 79 (1-2), pp. 1-37, 2001.

S. DEHAENE et al., *Cerebral mechanisms of word masking and unconscious repetition priming*, in *Nat. Neurosci.*, vol. 4 (7), pp. 752-8, 2001.

L. NACCACHE, *La perception subliminale des nombres : propriétés psychologiques et imagerie cérébrale fonctionnelle de processus cognitifs inconscients*. Thèse de Neurosciences, Université Pierre et Marie Curie Paris VI, Paris, 2002.