

2 L'imagerie cérébrale d'un traitement inconscient

*Les images subliminales ont-elles le pouvoir d'influencer notre cerveau ? Grâce aux nouvelles méthodes d'imagerie cérébrale, il est désormais possible d'identifier, chez l'homme normal, les circuits impliqués dans le traitement inconscient des informations. Il s'avère que l'étendue des opérations que notre cerveau effectue inconsciemment est plus vaste qu'il n'y paraît. Stanislas Dehaene**

Pouvons-nous être influencés dans nos actes par une image ou un mot que nous n'aurions pas conscience d'avoir vu ? Mes collègues du service hospitalier Frédéric Joliot du Commissariat à l'Energie Atomique et moi-même sommes engagés dans une recherche dont l'objectif est d'utiliser les outils de la psychologie cognitive et de l'imagerie cérébrale afin de visualiser les circuits cérébraux du traitement subliminal des mots.

Nos recherches démontrent qu'un mot présenté trop brièvement pour accéder à la conscience peut effectivement faire l'objet d'un traitement visuel, sémantique et même moteur dans le cerveau humain. En fait, dans nos expériences, c'est l'ensemble des instructions que nous donnons aux sujets de façon consciente qui sont appliquées de façon inconsciente à un mot subliminal. L'étendue du traitement inconscient est donc plus vaste qu'on ne l'imaginait.

LE PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Notre expérience est fort simple. Un volontaire est placé face à un écran d'ordinateur. On le prévient que vont s'afficher au centre de l'écran, d'abord un signal composé de lettres aléatoires, puis un nombre. Celui peut être écrit en toutes lettres - SIX - ou

en chiffres arabes - 6 -. La personne dispose de deux boutons, l'un à main droite, l'autre à main gauche. On l'instruit d'appuyer le plus rapidement possible à droite si le nombre est supérieur à 5 et à gauche s'il est inférieur à 5 (ces instructions sont inversées au milieu de l'expérience). Les boutons sont connectés à l'ordinateur, qui mesure à la milliseconde près combien de temps s'écoule entre l'apparition du nombre sur l'écran et la réponse motrice du sujet.

Voilà tout ce que notre volontaire a conscience de faire. Mais nous ne lui avons pas tout dit. À son insu, chaque nombre cible est précédé d'un autre nombre totalement invisible, que nous appellerons le nombre amorce. Comment celui-ci est-il rendu invisible ? Nous utilisons une méthode de présentation visuelle pompeusement intitulée "masquage rétrograde et antérograde". En fait, il s'agit simplement de faire précéder et suivre le mot amorce que l'on désire effacer de la conscience par des chaînes de caractères sans signification telles que XHJGKS ou PLMZTA. Lorsque ces lettres sont présentées exactement au même point que le mot amorce, et que la durée de présentation de ce

dernier n'excède pas quelques centièmes de secondes, le sujet ne perçoit qu'un clignotement de caractères illisibles. Il est incapable de déchiffrer le mot masqué ou même d'en percevoir l'existence.

• En résumé

Lors d'un essai donné, voici ce qui apparaît sur l'écran d'ordinateur de notre volontaire : d'abord une chaîne de lettres (PLMGQZ) pendant 71 millisecondes, puis un nombre amorce caché pendant 45 millisecondes (par exemple QUATRE, écrit en toutes lettres ou en chiffres arabes), puis une autre chaîne de lettres (HEYJBV) pendant 71 millisecondes, et enfin le nombre cible pendant 200 millisecondes (par exemple NEUF). Le sujet n'y voit que du feu : il ne perçoit qu'un clignotement

de lettres suivi du nombre cible NEUF, qu'il doit comparer avec 5.

LA PERCEPTION SUBLIMINALE

Le grand intérêt de cette situation expérimentale, c'est que l'on peut alors faire varier indépendamment le nombre amorce et le nombre cible. En particulier, le nombre amorce lui-même peut être plus grand ou

En faisant précéder et suivre le message subliminal par une chaîne de caractères sans signification, le sujet ne peut déchiffrer le mot caché, ni même percevoir son existence.

*INSERM Unité 334, Service Hospitalier Frédéric Joliot, CEA, Orsay.

plus petit que 5, et sa taille peut être proche ou éloignée de celle du nombre cible. Nous avons distingué deux types d'essais : ceux que nous appellerons "congruents", dans lesquels le nombre amorce et le nombre cible sont tous deux du même côté de 5, et ceux que nous appellerons "incongruents", où l'un est plus grand que 5 tandis que l'autre est plus petit que 5. Notez que cette notion de congruence des deux nombres dépend intégralement de la taille du nombre amorce. Si, donc, nous parvenons à démontrer un traitement cérébral différent des essais congruents et incongruents, nous aurons là une preuve empirique de la perception subliminale du sens du mot amorce. En fait, c'est exactement ce que nous avons prouvé, d'abord en étudiant soigneusement les temps de réponse de nos sujets, ensuite en les soumettant à des examens d'imagerie cérébrale.

LES RÉSULTATS

• L'analyse des temps de réponse

Commençons par les temps de réponse. Le phénomène le plus frappant était un ralentissement des réponses des sujets lors des essais incongruents. Celles-ci étaient en moyenne 24 millisecondes plus lentes que les réponses aux essais congruents. Cela peut paraître minuscule, mais les statistiques indiquaient qu'un tel ralentissement avait moins d'une chance sur dix mille d'être dû au hasard. Chacun de nos douze sujets montrait un tel ralentissement, et la distribution des temps de réponse apparaissait intégralement décalée vers la droite dans les essais incongruents. On ne pouvait donc attribuer cet effet à une petite proportion de sujets ou d'essais au cours desquels le sujet aurait pu voir le nombre amorce. Il semblait plutôt que celui-ci, en "votant" dans le sens contraire à la réponse ultime du sujet lors des essais incongruents (par exemple en étant plus petit que cinq alors que la bonne réponse au nombre cible était "plus grand") induisait

un ralentissement notable pratiquement à chaque essai.

• L'analyse du sens

La profondeur du traitement des mots subliminaux dans le cerveau humain a toujours fait l'objet d'un intense débat en psychologie. Certains psychologues soutiennent en effet qu'un mot subliminal peut éventuellement être analysé au niveau de la forme visuelle de ses lettres, mais certainement pas au niveau de son sens. Nos données montrent clairement que leur scepticisme n'est pas justifié. Notre effet de congruence indique en effet qu'un nombre amorce totalement invisible peut être comparé inconsciemment avec un autre nombre, ce qui implique que son sens - la quantité qu'il représente - a été analysé. Nous en avons une preuve supplémentaire lorsque nous examinons l'influence de la notation des nombres. Rappelons-nous que le mot amorce et le mot cible pouvaient être présentés soit en toutes lettres, soit en chiffres arabes. La notation en toutes lettres du mot cible ralentissait significativement les sujets, mais elle n'affectait en rien la taille de l'effet de congruence. Même lorsque les nombres cible et amorce étaient présentés dans des notations différentes (par exemple amorce QUATRE, cible 9), le même degré de ralentissement était observé lors des essais incongruents. Ainsi, l'influence inconsciente, dans notre expérience, s'exerce à un niveau de traitement sémantique des informations qui ne dépend pas de la notation utilisée pour présenter le nombre.

L'ANALYSE DES SIGNAUX PAR LES POTENTIELS ÉVOQUÉS

Peut-on démontrer que le traitement du mot inconscient dépasse même ce niveau de la sémantique ?

Nous avons fait l'hypothèse que les réponses plus lentes lors des essais incongruents pourraient s'expliquer par une compétition des réponses motrices. Les sujets appliqueraient inconsciemment les instructions de réponse au nombre amorce. Ils décideraient donc si celui-ci est plus grand ou plus petit que 5, et prépareraient même un début de réponse motrice avec la main appropriée. Lors des essais incongruents, cette pré-activation motrice inconsciente et induite par le nombre amorce irait dans le sens contraire de la réponse requise au nombre cible. La résolution de ce conflit moteur expliquerait le ralentissement des réponses de nos sujets. Selon cette théorie, nous devrions être capables

de détecter une pré-activation motrice précoce du côté de la bonne réponse lors des essais congruents, et du côté opposé à la bonne réponse lors des essais incongruents.

• Mesure de l'activité des réseaux neuronaux

Nous avons testé cette prédiction en enregistrant l'activité cérébrale de nos sujets à l'aide de la méthode des potentiels évoqués. Il s'agit simplement de recueillir, à l'aide d'électrodes apposées sur le scalp, les infimes variations de signal électrique causées par l'entrée en activité des réseaux neuronaux sous-jacents. Le grand intérêt de ces mesures d'activité électrique du cerveau est de permettre de suivre le déroulement temporel des activations, milliseconde par milliseconde. Les électrodes situées en regard des cortex moteurs droit et gauche, en particulier, captent très bien les signaux de préparation motrice. Elles sont même sensibles à des faibles niveaux d'activation motrice qui n'affectent pas nécessairement le comporte-

Un nombre amorce totalement invisible peut être comparé inconsciemment avec un autre nombre ; son sens a donc été analysé.

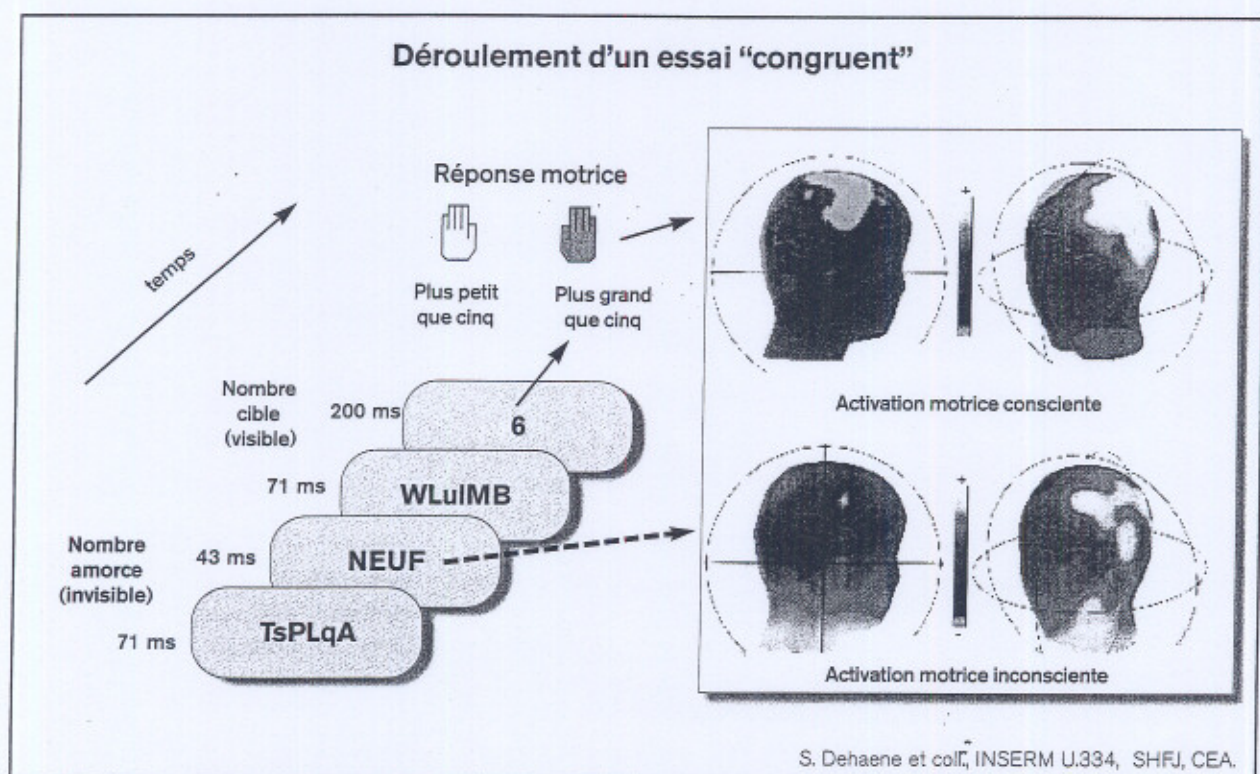


FIGURE 1 - Le déroulement d'un essai (à gauche) consiste à présenter brièvement un nombre amorce, qui n'est pas vu par le sujet, suivi d'un nombre cible clairement visible que le sujet compare avec cinq. La cartographie des potentiels évoqués (à droite) met en évidence une activation motrice liée à la réponse effective, mais également une pré-activation inconsciente du cortex moteur contralatéral à la réponse qu'aurait dû faire le sujet s'il avait répondu au nombre amorce.

ment moteur visible des sujets, mais trahissent une préparation interne du mouvement. C'est sur ces électrodes que nous avons détecté la préparation motrice prédite. Environ 150 millisecondes avant l'activation des circuits moteurs liée à la réponse effective des sujets, nous avons détecté un signal de pré-activation latéralisé du côté de la réponse motrice appropriée, non pas au nombre cible, mais bien au nombre amorce. Lors des essais congruents, celle-ci allait dans le même sens que la réponse motrice ultérieure, alors que, lors des essais incongruents, elle penchait en sens contraire et ralentissait donc la réponse. À ma connaissance, il s'agit là de la première démonstration qu'un stimulus inconscient peut traverser le cerveau de part en part, depuis les aires visuelles jusqu'aux représentations sémantiques et aux cir-

cuits moteurs, sans pour autant que le sujet s'en aperçoive.

LE RECOURS À L'IMAGERIE FONCTIONNELLE

Si la résolution temporelle de la méthode des potentiels évoqués est remarquable, il n'en va pas de même de leur résolution spatiale. En effet, les signaux sont enregistrés sur le scalp, et ils sont considérablement déformés par l'épaisseur d'os et de tissus qui les sépare du cortex. On ne peut donc pas déterminer avec une certitude absolue leur région cérébrale d'origine.

• Mesure du débit sanguin cérébral par IRMf

Afin de nous assurer que la compétition inconsciente que nous mesurons trouvait bien son origine dans le cortex moteur primaire, nous nous sommes donc tournés vers une méthode remarquablement précise sur le plan spatial, l'ima-

gerie fonctionnelle par résonance magnétique (IRMf). Grâce à cette méthode, il est possible de mesurer le débit sanguin cérébral en chaque point du volume du cerveau, et ce, toutes les deux secondes ou moins. Bien sûr, on ne mesure pas directement l'activité neuronale elle-même, ce qui représente un handicap important par rapport à la méthode des potentiels évoqués. Cependant, le débit sanguin augmente de façon tellement corrélée avec l'activité nerveuse, quel que l'on peut considérer la mesure d'IRMf comme une sorte de moyenne de l'activité cérébrale pendant une durée de quelques secondes dans une région de quelques millimètres cubes. En nous focalisant sur les régions motrices droites et gauches, cette fois-ci avec certitude, nous avons observé avec l'IRMf le même effet d'amorçage moteur. Lors des essais incongruents, la préparation motrice augmentait du côté opposé à la

réponse correcte. Nos deux méthodes s'avéraient remarquablement complémentaires : l'imagerie par résonance magnétique localisait très précisément l'effet au cortex moteur primaire, tandis que les potentiels évoqués nous révélaient le point précis d'apparition du phénomène dans le temps, quelque 150 millisecondes avant la programmation motrice de la réponse effective.

UN TRAITEMENT SÉMANTIQUE INCONSCIENT

Avant d'affirmer que ces effets reflétaient bien un traitement inconscient des mots, nous devions toutefois répondre à une critique fréquente des expériences de présentation subliminale : comment vérifier avec certitude que les sujets étaient bien inconscients du nombre amorce ? Certes, en réponse à un questionnaire dirigé consécutif à l'expérience, nos volontaires n'avaient farouchement avoir vu le moindre nombre dans les instants précédant la cible. Mais cela suffit-il à affirmer l'absence de toute conscience ? Non. Comme l'a souligné le philosophe américain Daniel Dennett, la définition de la conscience d'un stimulus souffre d'une ambiguïté fondamentale : il est impossible de savoir si la personne qui nie avoir eu conscience d'une information n'en a effectivement jamais perçu la teneur, ou si elle ne souvient plus d'en avoir pris conscience de façon très brève. Pour convaincre nos critiques, il nous fallait donc démontrer l'invisibilité des nombres amorces sans pour autant faire appel à la mémoire rétrospective de nos sujets.

• Une solution expérimentale

Pour ce faire, nous avons recruté un nouveau groupe de volontaires, chez lesquels nous avons examiné la capacité de perception des nombres

**Nos
expériences
indiquent
qu'une chaîne
sensori-motrice,
même complexe,
peut s'exécuter
sans que
le sujet en soit
conscient.**

amorces dans des conditions extrêmes. Contrairement aux sujets des expériences antérieures, nous fournissions à ces nouveaux volontaires tous les détails sur la nature des nombres amorces utilisés dans notre expérience. Nous leur disions également de focaliser leur attention sur ce nombre amorce et de négliger totalement le second nombre. Dans ces conditions, nous demandions-nous, parviendraient-ils maintenant à recueillir des informations conscientes sur l'amorce ? La réponse fut clairement non. Avec la durée de présentation utilisée dans nos expériences antérieures, les volontaires entraînés ne parvenaient même pas à dire s'il y avait une amorce ou pas (en fait, ils répondaient presque toujours qu'il n'y en avait pas). Ils étaient encore moins capables de dire si l'amorce était un nombre ou une chaîne aléatoire de lettres. Dans les deux cas, leur capacité de détection, mesurée par un indice appelé

"d prime" et tiré d'une théorie rigoureuse de la détection des signaux dans le bruit, était nulle. C'est seulement lorsque la durée des amorces était allongée au-delà de 50 millisecondes qu'ils commençaient à percevoir quelques informations fragmentaires sur les nombres amorces.

QUE CONCLURE DE CES EXPÉRIENCES ?

La question du traitement subliminal des mots fait l'objet d'un débat de quinze ans en sciences cognitives, et il ne suffira sans doute pas de quelques nouveaux résultats pour convaincre les plus sceptiques. Néanmoins, notre expérience apporte de l'eau au moulin de ceux qui, tels le psychologue anglais Anthony Marcel, affirment depuis longtemps que notre cerveau reconstitue inconsciemment le sens des mots. Nos manipulations indiquent que même

une chaîne sensori-motrice complexe peut s'exécuter sans conscience. La particularité de nos expériences est de démontrer que même des instructions arbitraires - appuyez à droite si vous voyez un nombre plus grand que 5 - sont susceptibles de s'exécuter intégralement sans être accompagnées d'un sentiment de contrôle conscient. La sensibilité des méthodes d'imagerie cérébrale est désormais telle qu'elles sont capables de mesurer de tels événements cérébraux. L'investigation et la manipulation expérimentale des états conscients, dans le contexte d'études empiriques alliant la rigueur de la psychologie cognitive et les méthodes les plus modernes de l'imagerie cérébrale, permettent d'envisager le développement, dans les années à venir, de nouvelles théories du substrat cérébral de la conscience. ■

BIBLIOGRAPHIE

1. Baars BJ. A cognitive theory of consciousness. Cambridge, Mass. : Cambridge University Press, 1989.
2. Dehaene S. La bosse des maths. Paris : Odile Jacob. Traduction anglaise : The number sense Oxford University Press (USA) and Penguin Press (UK), 1997.
3. Dehaene S, Naccache L, Le Clec'h H et al. Imaging unconscious semantic priming. Nature 1998 ; 395 : 597-600.
4. Morris JS, Öhman A, Dolan RJ. Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala. Nature 1998 ; 393 : 467-70.
5. Whalen PJ, Rauch SL, Etcoff NL et al. Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. J Neuroscience 1998 ; 18 : 411-18.

MOTS-CLÉS

PERCEPTION SUBLIMINALE
IMAGERIE FONCTIONNELLE
POTENTIELS ÉVOQUÉS
TRAITEMENT SÉMANTIQUE
INCONSCIENT