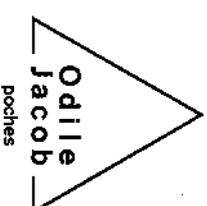


Jean-Philippe Lachaux

# LE CERVEAU ATTENTIF

Contrôle, maîtrise  
et lâcher-prise



#### CHAPITRE 4

### Les mécanismes de l'attention

*Venant de loin  
Le son de la cloche cheminie  
Dans la brume de printemps.  
ONITSURA<sup>1</sup>*

Quand notre attention vacille, c'est tout notre rapport au monde qui bascule. La phrase que nous lisons n'a plus aucun sens, la voix de la personne qui nous parle devient un simple bruit, le film que nous regardons perd toute sa cohérence, etc. Si vous êtes sur le point de vous coucher après une dure journée ou si la télévision est allumée dans un coin de la pièce, vous avez peut-être un peu de mal à vous concentrer sur votre lecture. Quand l'esprit s'évade, les yeux continuent scrupuleusement à glisser de phrase en phrase, mais le sens nous échappe, les mots semblent s'arrêter aux portes du cerveau.

Qu'il s'agisse de lire ou d'écouter, l'esprit semble parfois imperméable au monde qui l'entoure. Comme le dit l'expression populaire, « ça rentre par une oreille et ça ressort par l'autre ». L'attention semble déterminer une forme de « perméabilité cognitive », que l'on pourrait définir comme la capacité du cerveau à prendre en compte son environnement.

1. Cheng W. F., Collet H., *Ah ! Le printemps, ah ! Ah ! Le printemps. Haikus de printemps*, Millenont, Mondarran, 1991, p. 23.

Cette perméabilité cognitive varie avec le temps : quand vous reprenez votre livre le lendemain matin, une fois bien réveillé, les mots semblent jaillir dans votre esprit ; ils franchissent la porte d'entrée, montent en courant aux étages et ouvrent toutes les portes en grand.

L'expérience montre que cette métaphore n'est pas très éloignée de la réalité neurobiologique : il y a effectivement dans le cerveau des escaliers à monter. Avec l'équipe de Philippe Kahane au CHU de Grenoble, nous avons cherché à comprendre pourquoi la lecture demande d'être attentif. Pour répondre à cette question, nous avons utilisé une expérience simple imaginée par Kia Nobre, Truett Allison et Greg McCarthy<sup>2</sup> pour comparer la façon dont le cerveau analysait un mot selon qu'il y fait ou non attention. L'expérience demandait aux sujets de regarder s'afficher sur un écran d'ordinateur des mots rouges et verts, présentés un par un, les uns après les autres. Les mots de chaque couleur s'enchaînaient pour former progressivement deux histoires, l'histoire verte et l'histoire

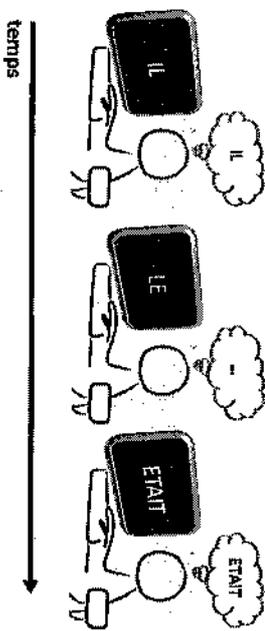


Figure 4.1 Le principe de l'expérience de Nobre.

Le participant voit défiler des séries de mots de deux couleurs différentes sur un écran (rouges et verts, ou dans cette figure, noirs et gris). L'exercice consiste à lire mentalement les mots d'une couleur tout en ignorant les autres. Ces mots forment progressivement une histoire que la personne doit ensuite raconter.

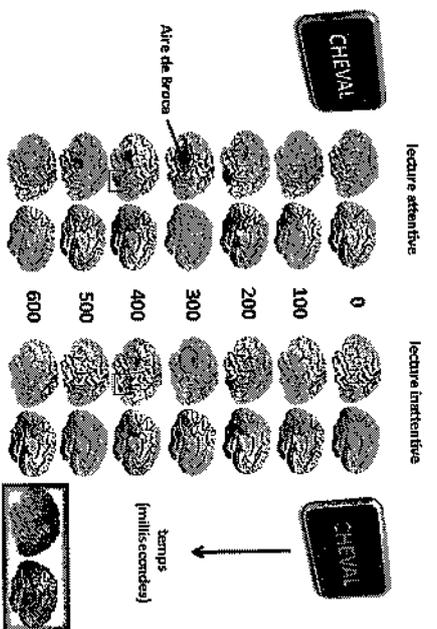
2. Nobre A. C. et col., « Modulation of human extrastriate visual processing by selective attention to colours and words », *Brain*, 1998, 121 (Pt 7), p. 1357-1368.

rouge. L'enchaînement des couleurs étant aléatoire, nous ne demandions pas aux sujets de lire tous les mots, et pour cause – « L'histoire *il était est une fois* mot à dans mot *une forêt* » – mais seulement l'histoire verte, ici le texte en italique, pour nous la raconter à la fin de l'expérience : « *Il était une fois dans une forêt.* » Pour cerner les choses, les mots apparaissent pendant un temps si bref – un dixième de seconde – qu'il était impossible pour les sujets de regarder ailleurs ou de fermer les yeux pendant la présentation des mots rouges. C'est donc bien les yeux grands ouverts et fixés sur le centre de l'écran qu'ils voyaient apparaître chaque mot, quelle que soit sa couleur. Pourtant, à la fin de l'expérience, aucun des participants ne pouvait raconter l'histoire rouge – comme lorsque nous lisons un paragraphe de façon distraite, sans rien en retenir. L'histoire verte ne leur posait en revanche aucun problème ; manifestement, leur cerveau s'était rendu perméable aux mots verts et imperméable aux mots rouges.

Mais que signifie cette notion de perméabilité pour le cerveau ? Pour un K-way ou un amorç, c'est assez clair, mais pour les neurones ? Pour le savoir, nous avons sollicité la collaboration de patients épileptiques hospitalisés à Grenoble en vue d'une opération chirurgicale destinée à les débarrasser de leurs crises. Cette opération délicate nécessite une phase de repérage au cours de laquelle des électrodes sont implantées directement dans leur cerveau. Cette procédure invasive reste de nos jours la seule manière de mesurer l'activité cérébrale avec une très bonne précision spatiale et temporelle. Nous avons donc proposé à plusieurs patients de réaliser l'expérience de Nobre avec comme double objectif d'identifier le corrélat neuronal de la perméabilité cognitive et de localiser les régions du langage à contourner lors de la chirurgie<sup>3</sup>.

Après une phase d'analyse, nous avons vu s'afficher sur une maquette informatique la réaction du cerveau à la présentation des mots de l'expérience, en fonction de leur couleur. Ce film montrait l'hémisphère gauche, celui spécialisé dans le traitement du langage, vu de côté, avec le lobe frontal

3. Jung J. et col., « The neural bases of attentive reading », *Hum. Brain Mapp.*, 2008, 29, 10, p. 1193-1206.

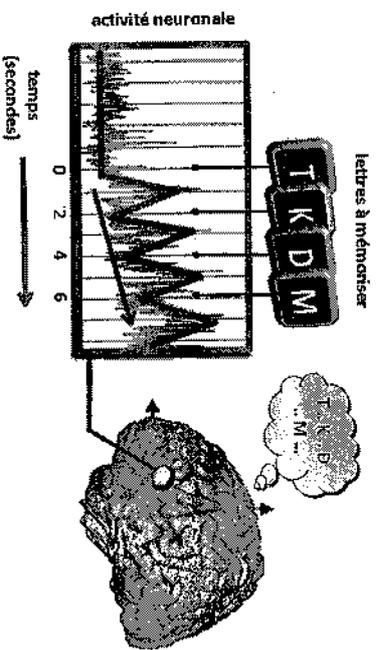


**Figure 4.2** Évolution dans le temps de la réponse cérébrale à un mot s'affichant sur un écran, selon que ce mot est lu avec attention ou ignoré. *Le temps est exprimé en millisecondes à partir de l'apparition du mot à l'écran. Notez la différence d'activation dans le surs fusiforme (zone encadrée) et dans l'aire de Broca (zone encirclée). Dans la condition inattentive, la tâche visible dans cette région à 300 millisecondes traduit en fait une désactivation, c'est-à-dire une diminution de l'activité neuronale par rapport à la période précédant l'apparition du mot. Le cadre en bas à droite montre les parties du cerveau qui étaient enregistrées dans cette expérience (en clair).*

à gauche et le lobe occipital à droite. J'ai eu l'occasion de dire que le cerveau ressemble de profil à un gant de boxe, dont le pouce représenterait le lobe temporal. Ce gant de boxe, pointé vers la gauche, était animé d'un jeu de couleurs vives représentant, milliseconde après milliseconde, l'activité des neurones après la présentation des mots verts et rouges<sup>4</sup>.

4. L'activité représentée était celle générée par le cerveau dans une bande de fréquence comprise entre 40 et 150 Hz, la bande de fréquence dite « gamma ». Cette activité gamma mesure assez directement le niveau d'implication des neurones dans la tâche que doit réaliser le cerveau, en l'occurrence la lecture.

L'histoire de ce très court-métrage pourrait se résumer ainsi : pendant les deux premiers dixièmes de seconde suivant l'apparition du mot à l'écran, le cerveau réagissait de la même manière aux mots rouges et aux mots verts, avec un embrasement progressif du cerveau de l'arrière vers l'avant – de la droite vers la gauche de la figure –, depuis le cortex visuel, tout à l'arrière du cerveau en direction du lobe frontal, le long du lobe temporal, le pouce du gant de boxe. Ce n'est qu'après cette phase initiale que le cerveau semblait faire enfin la différence entre les mots verts et rouges. Après trois dixièmes de seconde, la vague d'activation créée par le mot vert continuait d'avancer vers l'avant, pour envahir la partie gauche du lobe frontal, à l'avant du gant, et la fameuse aire de Broca si importante pour le langage ; la vague rouge, quant à elle, s'arrêtait net, apparemment stoppée dans son élan à la frontière séparant le lobe temporal et le lobe frontal. Cet événement marquait un véritable coup d'arrêt pour la vague rouge, condamnée à s'évanouir rapidement, y compris à l'arrière du cerveau. La vague verte, au contraire, se prolongeait encore quelques instants au sein d'un large réseau reliant le lobe frontal au cortex visuel, en passant par le lobe temporal et toutes les aires d'analyse du langage ; dans une sorte de résonance ralentissant la retombée naturelle de la vague. En tout, le phénomène avait duré une demi-seconde dans le cas des mots verts et la moitié seulement, un quart de seconde, dans le cas des mots rouges, avant que le cerveau ne retourne à son état initial en attendant l'apparition du prochain mot. Dans un cas, la vague d'activité neuronale s'était propagée jusqu'au lobe frontal en se stabilisant un instant dans les régions visuelles ; le mot avait été lu, compris et retenu. Dans l'autre cas, la vague était restée confinée dans la moitié postérieure du cerveau, en bas des escaliers avant de retomber comme un soufflé et le mot avait été oublié. Le cerveau n'est donc pas imperméable aux mots rouges, puisqu'il existe une vague rouge, mais la notion de perméabilité cognitive a bien une réalité biologique, au niveau du lobe frontal. Le lobe frontal semblait globalement imperméable aux mots rouges.



**Figure 4.3** Activité du lobe frontal pendant la mémoire à court terme. Dans cet exemple, le participant doit mémoriser une suite de lettres présentées successivement sur un écran. La courbe représente l'activité mesurée au voisinage immédiat de l'aire de Broca au fur et à mesure que ces lettres sont mémorisées.

Intrigué par ce résultat, nous avons proposé aux patients d'autres exercices, les amenant à nouveau à traiter certains stimuli avec attention et à en ignorer d'autres, avec toujours la même conclusion : les stimuli ignorés laissent le lobe frontal de marbre. Le cerveau ne les embrasse que du bout des lèvres. Cet effet a ensuite été retrouvé par d'autres groupes, parmi lesquels celui mené par Stanislas Dehaene au laboratoire d'Orsay, qui en conclut, dans son expérience, que cette forme d'envahissement du lobe frontal détermine l'accès du stimulus à la conscience<sup>5</sup>. Ce n'est pas le cas dans notre expérience des histoires, puisque les sujets voient bien les mots rouges s'afficher sous leurs yeux. Mais ils n'en font rien. Le mot disparaît sans laisser de trace durable, comme la goutte d'eau glissant sur le plumage du canard.

5. Gaillard R. et col., « Converging intracranial markers of conscious access », *PLoS Biol.*, 2009, 7, 3, p. e61.

Et s'il y avait là une explication du phénomène de cécité au changement ? Et si le cerveau traitait le réacteur de l'avion comme ces mots rouges, sans s'engager pleinement et, du coup, sans le mémoriser ? Dans une autre étude réalisée à Grenoble, nous avons montré que les régions frontales ne rentrent en jeu que lorsque le sujet doit faire attention à une information pour la garder en mémoire. Nous avons donc toutes les raisons de penser que la résonance de l'activité cérébrale observée dans le lobe frontal après chaque mot vert sert au moins en partie à les mémoriser. Il ne s'agit pas forcément d'une mémorisation à long terme, car les sujets de l'expérience ne se souvenaient pas de tous les mots de l'histoire, mais certainement d'une mémorisation à court terme, le temps nécessaire pour intégrer ces mots dans des phrases et en comprendre le sens. Sans cette forme de mémoire à court terme, vous ne pourriez pas lire ce livre, ni même cette phrase, ni même le mot *ausgezeichnet*.

Pour chaque signal physique atteignant l'un des systèmes sensoriels du cerveau, l'enjeu est donc clair : faire réagir le lobe frontal, là-bas, tout à l'avant du cerveau. La mission d'un son ou d'une image est de faire parvenir son message jusqu'aux régions frontales pour éveiller leur curiosité. S'il y parvient, ces régions réagissent en envoyant des renforts, pour stabiliser pendant quelques instants l'activité des régions sensorielles, affiner l'analyse du stimulus et le mémoriser. Pour prendre une métaphore d'actualité, le stimulus est comme une personne en recherche d'emploi au moment d'envoyer son *curriculum vitae*. Son objectif est de se faire remarquer pour que sa candidature soit examinée en détail au cours d'un entretien. Lorsque vous lisez un mot sur un écran, le premier quart de seconde est consacré à la lecture du cv, et le deuxième, éventuellement, à l'entretien d'embauche, si vous y faites attention.

*Un pas en avant, un pas en arrière*

Le cerveau semble extraire l'information en provenance du monde extérieur en deux temps<sup>6</sup>. Dans le cas de la vision, par exemple, l'information transite d'abord selon une voie ascendante – en anglais *bottom-up*, du bas vers le haut – depuis les premiers étages du cortex visuel, dans les aires dites primaires situées à l'arrière du cerveau, jusqu'aux étages les plus élevés, situés principalement à l'avant du cerveau dans le lobe frontal. Cette propagation de l'information est aussi qualifiée de *feedforward*, qui signifie « vers l'avant ». Puis, dans un deuxième temps, l'échange d'informations entre l'avant et l'arrière du cerveau se fait selon un mode plus interactif, au cours duquel les niveaux les plus élevés de la hiérarchie semblent interroger les régions de plus bas niveau pour « approfondir l'enquête ». Cette phase d'analyse de l'information sensorielle semble pilotée depuis le sommet, ce qui justifie le nom anglais de voie *top-down* – du haut vers le bas – ou *feedback* – vers l'arrière, selon que l'on fait référence à la position hiérarchique ou anatomique.

Tout se passe comme dans les films policiers, quand un crime vient d'être commis : le poste de police prévient immédiatement le commissaire – c'est la voie *bottom-up* ou *feedforward* – qui débarque ensuite toutes sirènes hurlantes sur les lieux du crime pour examiner la scène dans ses moindres détails et interroger toutes les personnes présentes – c'est la voie *top-down* ou *feedback*. Pendant la phase *bottom-up*, ce sont les niveaux les plus bas qui choisissent les informations dignes d'être transmises au niveau supérieur. L'agent de police prévient le commissaire parce qu'il estime qu'il s'est passé quelque chose d'important. Pendant la phase *top-down*, ce sont les niveaux les plus élevés qui décident de ce qui est important et de ce qui ne l'est pas.

6. Lamme V. A. et col., « Feedforward, horizontal, and feedback processing in the visual cortex », *Curr. Opin. Neurobiol.*, 1998, 8, 4, p. 529-535.

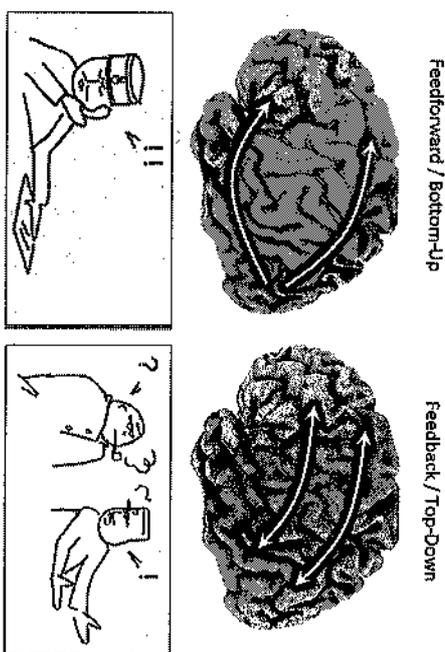


Figure 4.4 Les deux voies *feedforward* et *feedback*.

La phase initiale de transmission de l'information est dite *feedforward*, ou *bottom-up*, et remonte le long de la hiérarchie des aires cérébrales. L'agent de police prévient le commissaire qu'un événement potentiellement important vient de se produire. Dans la seconde phase dite *feedback* ou *top-down*, la communication s'établit sous la forme d'un dialogue entre les différents niveaux de la hiérarchie. Le commissaire s'entretient avec l'agent pour mener son enquête.

Qu'il s'agisse d'embarquer un candidat, d'assurer le maintien de l'ordre ou d'interpréter des signaux sensoriels, le problème est finalement toujours un peu le même : trop d'informations à traiter en trop peu de temps. Le directeur des ressources humaines ne peut pas recevoir tous les candidats, le commissaire de police ne peut pas être partout à la fois et le cortex préfrontal ne peut pas réagir à la moindre stimulation sensorielle. Une fois enclenchée, chaque analyse détaillée prend du temps, beaucoup de temps. Quand le commissaire décide de se déplacer sur le terrain, il devient physiquement indisponible pour tous les autres délits. Il est donc hors de question de lui demander d'intervenir à chaque vol de vélo ou à chaque bagarre de rue. Le cortex préfrontal est soumis aux

mêmes contraintes. Des phénomènes étranges, comme le *changement attentionnel* que je décrirai en détail plus loin, montrent qu'une fois les régions frontales engagées il leur faut ensuite un bon tiers de seconde avant de pouvoir s'intéresser à un autre événement. Le cortex préfrontal n'est donc pas conçu pour traiter en temps réel toutes les informations provenant du monde extérieur. Notre rapport au monde repose nécessairement sur un système d'analyse de l'information sensorielle de bas niveau, chargé de traiter en parallèle et de la façon la plus automatique possible un très grand nombre d'événements, afin de ne soumettre aux régions de haut niveau que ceux vraiment dignes d'intérêt... et revoilà le filtrage.

Cette première vague d'analyse est *pré-attentive*, car elle précède la sélection attentionnelle ; tous les signaux qui parviennent à nos sens doivent être pris en compte, sans *a priori*, de la même façon que le poste de police est censé consigner tous les délits qui lui sont rapportés. Seuls certains cas font ensuite l'objet d'une enquête approfondie. Cette phase d'analyse repose sur les neurones détecteurs que nous avons déjà évoqués. Ces neurones analysent à tout moment notre environnement de façon rapide, automatique et massivement parallèle, pour y détecter la présence éventuelle de caractéristiques particulièrement intéressantes : ici du bleu, là un objet se déplaçant vers la droite et peut-être là-bas un visage ou un animal<sup>7</sup>. En un clin d'œil, l'information se propage selon le mode *feedforward* jusqu'au cortex préfrontal où elle déclenche, ou non, une seconde phase d'analyse plus détaillée selon le mode *feedback*. Si c'est le cas, le visage ou l'animal est identifié de façon précise et le cerveau peut décider de la conduite à tenir. Le stimulus a attiré l'attention.

Évidemment, toute la question est de savoir quels sont les critères qui décident de la mise en action du lobe frontal. Comme nous le verrons au chapitre suivant, ces critères prennent d'abord en compte les caractéristiques physiques simples des stimuli, comme leur taille ou leur luminosité. Le

7. Van Rullen R., « The power of the feed-forward sweep », *Advances in Cognitive Psychology*, 2007, 3, 1-2, p. 167-176.

flash d'un appareil photo dans le noir attire naturellement l'attention. Mais il existe d'autres critères plus complexes dont les neurosciences cognitives peinent à faire l'inventaire. La capture de l'attention par son propre prénom est un bon exemple, mais il y en a beaucoup d'autres. Nous nous sommes par exemple aperçus dans l'expérience des histoires que les sujets n'ignoraient pas systématiquement tous les mots rouges. Certains d'entre eux parvenaient à se faulxer jusqu'au lobe frontal, même sans leur petit badge vert les y autorisant. Il s'agissait souvent de noms propres connus, comme « Manhattan » ou « Paris » ; les mots plus ordinaires, comme « faire » ou « plus » étant apparemment plus faciles à ignorer. Les sujets avaient également plus de mal à ignorer les mots rouges s'insérant parfaitement dans la structure de la phrase verte en train d'être lue. Une personne venant de lire les trois mots verts suivants : « le - petit - chat », avait plus de mal à ignorer le mot « mange » que le mot « maison », parce que la phrase « le petit chat mange » a un sens, alors que « le petit chat maison » n'en a pas<sup>8</sup>. Il ressort de ces observations que le processus de filtrage prend toujours en compte plusieurs critères, dont les plus simples, comme ici la couleur, ne suffisent pas toujours à éliminer tous les distracteurs. Il n'est pas impossible que le cortex préfrontal intervienne lui-même dans ce type de vérification complexe, très rapidement, et avant de décider de s'engager pleinement ou non. Certains experts trouvent d'ailleurs le terme « filtrage attentionnel » un peu exagéré et préfèrent parler d'un phénomène d'atténuation, car un vrai filtre ne laisserait passer aucun des mots rouges<sup>9</sup>. Que diriez-vous d'un filtre à café qui laisserait passer des petits grains au fond de la cafetière ? Dans le cas des histoires, il s'agit effectivement plutôt d'un processus d'atténuation de la vague d'activité neuronale générée par les mots à ignorer.

8. Treisman A. M., « Contextual cues in selective listening », *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1960, 12, p. 242-248.

9. L'idée d'une atténuation attentionnelle est explicitement mentionnée par Anne Treisman dans sa Théorie de l'atténuation. Treisman A. M., « Monitoring and storage of irrelevant messages in selective attention », *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1964, 3, p. 449-459.

Mais la plupart des systèmes de filtrage de la vie courante fonctionnent aussi comme des atténuateurs plus que comme des filtres à café. Au bout d'un certain temps, quelque un ou quelque chose parvient toujours à tromper la vigilance du système et à s'infiltrer. Prenez le cas du dispositif de sécurité dans les aéroports : bien qu'il s'agisse indéniablement d'une forme de filtre, des passagers parviennent régulièrement à le déjouer pour s'infiltrer à bord des avions munis d'objets dangereux. Le dispositif n'élimine pas le danger, mais il l'atténue.

#### La différence entre l'attention et un filtre à café

Le psychologue anglais John Duncan a décrit une expérience intéressante au cours de laquelle les participants voyaient s'afficher très brièvement sous leurs yeux un tableau de seize lettres écrites de quatre couleurs différentes – quatre lettres rouges, quatre lettres bleues, etc., disposées au hasard selon quatre lignes de quatre lettres<sup>10</sup>. L'expérience demandait aux sujets d'énumérer après coup les quatre lettres vertes, ou les quatre lettres de la troisième ligne, et, évidemment, personne n'y arrivait. C'est logique, car pour être capable d'énumérer n'importe quelle série de quatre lettres sans savoir à l'avance laquelle va être demandée, il faut avoir retenu les seize lettres. Or personne ne peut mémoriser seize lettres, sauf si elles forment quatre mots, mais ce n'était jamais le cas ; il s'agit d'une limitation intrinsèque de la mémoire de travail, dont la capacité se situe autour de sept lettres ou objets<sup>11</sup>. Mais il suffit de changer un petit détail à l'expérience pour que les sujets parviennent à mémoriser *n'importe laquelle* des seize lettres. Suivez bien le raisonnement, qui est assez subtil. Le truc consistait à poser la question avant l'apparition du tableau. Une fois prévenus à l'avance de la couleur des lettres à mémoriser, par exemple les lettres vertes, ou

de leur position, par exemple les lettres de la deuxième ligne, les sujets réussissaient la tâche à chaque fois. Mais il leur était alors bien sûr impossible de réécrire les lettres d'une autre couleur ou celles situées sur une autre ligne ; ils n'avaient retenu *que* les lettres à mémoriser. Cette petite expérience démontre une nouvelle fois la capacité de l'attention à filtrer l'information en fonction de critères simples, comme ici la couleur ou la position, et son influence sur la mémoire. Cette astuce fonctionne également si le tableau présente des chiffres et des lettres, et que le sujet a pour consigne de retenir les lettres. Le filtre attentionnel est donc capable de faire la différence entre des catégories de stimuli visuels, ce qui suppose déjà un degré d'analyse pré-attentive assez poussé.

Intrigué par ces résultats, Victor Lamme, à Amsterdam, chercha à savoir si le « truc » fonctionnait aussi quand la question est posée immédiatement après la disparition du tableau. Dans l'expérience originale, les sujets se trompent quand on les interroge quelques secondes après cette disparition, mais que se passe-t-il si un petit indice visuel indique la couleur à mémoriser une fraction de seconde seulement après que le tableau a disparu, en affichant par exemple un petit point vert pour demander au sujet de retenir les lettres vertes ? Aussi surprenant que cela puisse paraître, les sujets arrivent à réécrire les quatre lettres vertes, sans aucune difficulté. Pour Victor Lamme, c'est la preuve que les sujets gardent en mémoire l'ensemble de l'information visuelle pendant quelques instants – jusqu'à une seconde ! – après la disparition de l'image, à condition de ne pas regarder ailleurs entre-temps. Le filtre attentionnel peut donc s'appliquer plus tard, une fois l'image disparue, à la trace laissée par celle-ci en mémoire. Cette expérience démontre que les cortex sensoriels sont parfaitement capables de prendre en compte toute l'information sensorielle qui leur parvient, et même de la mémoriser sous une forme à très court terme appelée mémoire iconique. C'est pourquoi les vagues verte et rouge se ressemblent autant au départ. Par contre, la digestion de cette information, son interprétation à un haut niveau et sa mémorisation à moyen terme, nécessitent la participation du lobe frontal. C'est notamment à ce stade que les formes sont interprétées en tant qu'objets.

10. Duncan J., « The locus of interference in the perception of simultaneous stimuli », *Psychol. Rev.*, 1980, 87, p. 272-300.

11. Miller G. A., « The magical number seven, plus or minus two : Some limits on our capacity for processing information », *Psychological Review*, 1956, 63, 2, p. 81-97.

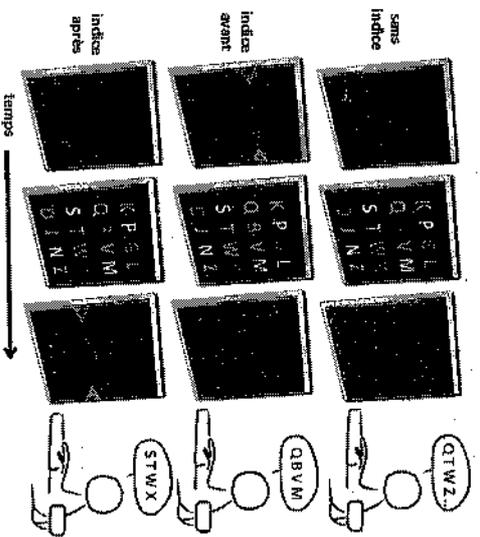


Figure 4.5 Exemple d'expérience mettant en évidence le lien entre attention et mémoire iconique.

Dans l'exemple du haut, le participant doit simplement rappeler le plus de lettres possible parmi toutes celles qui viennent de lui être brièvement présentées ; il lui est alors difficile de restituer plus de 4 lettres. Dans l'exemple du milieu, un petit indice visuel signale au participant qu'il va devoir retenir les lettres situées sur la deuxième rangée. Ce dernier porte alors son attention sur ces 4 lettres et réalise l'exercice sans difficulté. L'exemple du bas reprend la situation précédente, mais l'indice apparaît cette fois après que les lettres ont disparu de l'écran. Pourtant, le participant parvient à accomplir la tâche, en portant son attention « après coup » sur la trace laissée en mémoire par la rangée signalée. Cette forme de mémoire porte le nom de « mémoire iconique » et peut donc être explorée par l'attention.

### *Sous les tambours, la plage*

Mais pourquoi certaines informations sensorielles déclenchent-elles une réaction des régions frontales et d'autres pas ? En songeant à cette question, je ne peux m'empêcher de penser au courageux Philippides qui lors de la bataille de Marathon, courut 42 kilomètres pour annoncer la victoire d'Athènes avant de mourir d'épuisement. Comment prévenir l'avant du cerveau quand on est perdu tout à l'arrière du lobe occipital ? À première vue, il est d'abord essentiel que la vague d'activité générée par le stimulus puisse se propager jusqu'au lobe frontal sans perdre de sa force pendant la phase ascendante *feedforward*. Pour cela, les neurones disposent de plusieurs astuces, de bon sens, qui sont celles qui nous videntraient naturellement à l'esprit dans une situation similaire. Comme nous ne sommes pas des neurones, je vous propose d'imaginer une situation plus humaine proche de celle à laquelle sont confrontées les cellules du cortex : un groupe de joueurs de percussions est échoué sur une île absolument déserte et cherche à se faire remarquer d'un navire passant au loin, sans rien d'autre sur cette île que leurs instruments échoués avec eux. Chaque joueur représente un neurone, qui déclenche un potentiel d'action à chaque coup de tambour, et le bateau représente le lobe frontal, ou une région du cortex située plus haut dans la hiérarchie du système visuel, qui pourrait à son tour prévenir le lobe frontal. L'un des musiciens aperçoit le bateau depuis la plage. Par réflexe professionnel, il s'empare d'un tambour et tape dessus, dans l'espoir naturel d'être entendu du navire. Mais plusieurs jours sans manger ont eu raison de sa vigueur : il frappe un coup, puis s'arrête, épuisé, puis recommence et s'arrête à nouveau ; le son est si faible que l'équipage n'entend rien. Il faudrait jouer plus fort, beaucoup plus fort, et plus vite, mais le pauvre homme en est incapable. Il part donc chercher du renfort. Bientôt, les cent naufragés de l'île tapent sur leur tambour dans une sorte de cacophonie fatiblarde : tandis que certains jouent, d'autres repréminent leur souffle, si bien qu'au total, il n'y a jamais plus de dix tambours qui résonnent en même

c'est qu'elle a une certaine inertie. Trois chercheurs de l'Université d'Utrecht aux Pays-Bas<sup>9</sup> ont calculé récemment que l'attention met 150 millisecondes – un sixième de seconde – pour se déplacer de 7 degrés d'angle visuel, c'est-à-dire la distance séparant l'index de l'articulaire quand vous étendez le bras devant vous avec les doigts écartés, comme pour dire « stop ». Selon l'estimation de cette équipe, il faut donc un sixième de seconde pour que votre attention passe de l'index au petit doigt. Quand vous faites face à la rue, l'attention visuelle est donc plus lente qu'un vélo, ou même un joggeur qui passerait à 6 mètres de vous à plus de 15 km/h.

*Vous connaissez un endroit sympa dans le coin ?*

L'attention visuelle aime bouger, mais elle ne bouge pas très bien ni très vite. C'est une raison supplémentaire pour avoir équipé le cerveau d'un système d'analyse pré-attentive de l'environnement capable de guider l'attention vers les éléments *a priori* les plus intéressants. Ce système produit à tout moment une sorte de carte touristique indiquant la position des principaux points d'intérêt, un peu comme les cartes Michelin. Cette carte définit ce que l'on appelle la *saillance*, la capacité à attirer l'attention, c'est donc une carte de saillance, dont plusieurs éléments laissent penser qu'elle se situe, au moins en partie, dans le lobe pariétal<sup>10</sup>. Dans une carte de saillance neuronale, en effet, les neurones doivent s'activer en fonction de l'importance de ce qui leur est présenté, plus qu'en fonction de sa forme, de sa couleur ou de sa vitesse. C'est ce que l'on observe dans une région du lobe pariétal

9. Carlson T. A. et col., « The speed of visual attention : What time is it ? », *J. Vis.*, 2006, 6, 12, p. 1406-1411.

10. Gottlieb J., « From thought to action : The parietal cortex as a bridge between perception, action, and cognition », *Neuron*, 2007, 53, 1, p. 9-16. En dehors du lobe pariétal, d'autres régions cérébrales semblent également se comporter comme des cartes de saillance, notamment dans le pulvinar ou dans le colliculus supérieur.

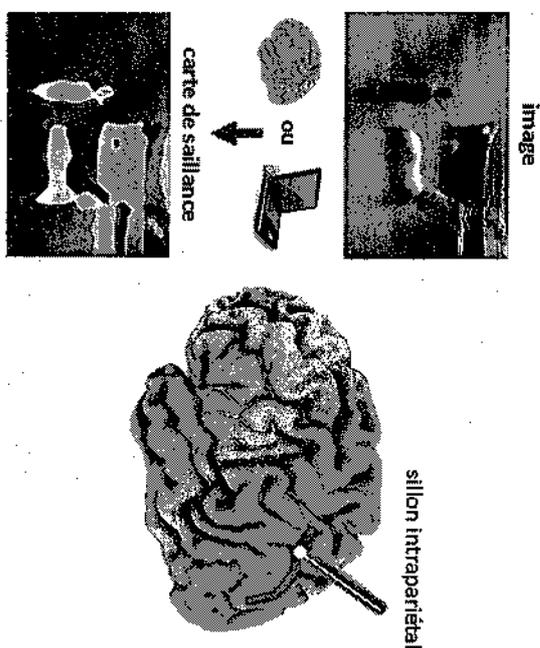


Figure 5.3. La carte de saillance.

Le sillon intrapariétal est capable de convertir une image en une carte de saillance, repérant les régions les plus informatives *a priori*. Cette figure montre la carte de saillance que le cerveau pourrait déduire de cette photo, avec en blanc les zones les plus dignes d'intérêt. L'ordinateur peut lui aussi créer une carte de saillance, grâce à des programmes directement inspirés du fonctionnement cérébral.

appelée IIP, correspondant à la partie latérale (L) du sillon intrapariétal (IP), d'où son nom. IIP fait partie du système visuel et les neurones y ont même un champ récepteur, mais leur activité ne signale pas simplement la présence ou l'absence d'une forme ou d'un mouvement particulier ; elle signale surtout, lorsqu'elle est élevée, que l'individu va orienter son attention vers cette région de l'espace. Autrement dit, il suffirait de mesurer dans votre cerveau l'activité de tous les neurones de IIP pour deviner, sans trop se tromper, où va s'orienter votre attention visuelle. Et comme la nature est

bien faite, ces neurones sont voisins d'autres neurones de LIP très impliqués dans le déplacement du regard, ce qui permet au cerveau de coordonner facilement les déplacements du regard avec ceux de l'attention, avec l'aide d'une région sous-corticale répondant au joli nom de *colliculus supérieur* ; d'où, sans doute, le phénomène de capture oculomotrice.

#### Calculer la saillance

La carte de saillance est le résultat de calculs automatiques menés au sein des aires sensorielles. Dans le cas de la vision, les neurones de régions comme V1, V4 ou V5 analysent rapidement l'image – en moins de deux dixièmes de seconde – pour en extraire les contours des différents objets, leur vitesse, leur couleur et toutes sortes d'informations utiles. Ce processus d'analyse transforme l'image rétinienne, qui n'est, il faut le rappeler, pas grand-chose d'autre qu'une série de valeurs de luminance organisées selon deux dimensions – du rouge clair ici, du bleu foncé là – en un ensemble de régions homogènes vaguement reconnues comme « faisant penser à une tasse de café » ou « faisant penser à un visage ». La carte de saillance est l'un des résultats de ce processus de digestion de l'image. Elle favorise les éléments de l'image qui se démarquent nettement de leur environnement immédiat.

Les mécanismes neuronaux déterminant la saillance commencent à être suffisamment bien compris pour être reproduits sur ordinateur, au point qu'il existe même des programmes capables d'identifier les zones les plus saillantes d'une image<sup>11</sup>. Si vous y réfléchissez, c'est un peu inquiétant ; cela signifie, en théorie, qu'une machine peut prédire quels éléments de l'image vont capturer votre attention en premier... et le libre arbitre dans tout ça ? Soyez tout de suite rassuré : ces programmes sont encore très approximatifs ; mais les progrès faits dans ce domaine illustrent tout de même à quel point notre attention est sensible, et dans une certaine mesure « sous le contrôle » de notre environnement. L'attention obéit à des lois, et celui qui les connaît peut dans une certaine mesure la contrôler.

11. <http://lab.usc.edu/toolkit/downloads.shtml>

L'attention est totalement capturée par un stimulus lorsque le lobe frontal décide de s'impliquer pour l'analyser en détail et le mémoriser. Être saillant, c'est donc être capable de déclencher cette réaction en chaîne, ce qui passe la plupart du temps par une réponse forte et synchrone au sein des régions sensorielles – voir le chapitre précédent. La saillance d'un événement sensoriel dépend donc directement de l'ampleur et du degré de coordination de la vague d'activité neuronale qu'il suscite. Le stimulus qui génère la réponse neuronale la plus forte ou la mieux organisée attire à lui toute l'attention. C'est un mécanisme de type *winner-take-all*, ou « le gagnant remporte toute la mise ». Cette règle simple suffit à expliquer pourquoi un flash lumineux ou un coup de canon attire naturellement l'attention, puisque dans les cortex sensoriels, l'intensité de la réponse neuronale augmente directement avec le contraste et l'intensité du stimulus. La plupart des mises en garde du FOMECBOT font d'ailleurs directement référence à ce mécanisme.

#### Magie, magie

Certaines personnes ont fait du contrôle de l'attention des autres un métier, les prestidigitateurs par exemple. La magie exploite directement certaines failles du système attentionnel, ce qui a conduit récemment plusieurs neuroscientifiques à s'y intéresser<sup>12</sup>. Au risque de décevoir les lecteurs les plus jeunes, les magiciens ne font pas *tranziner* sortir des lapins de leur chapeau ; ils ont recours à des trucs, qu'ils doivent savoir réaliser sans se faire remarquer. Peu importe d'ailleurs que les spectateurs voient le truc du moment qu'ils n'y font pas attention : il est prouvé que les tours de magie les plus spectaculaires sont effectués en pleine lumière et au vu de

12. Les pickpockets s'intéressent également à la manipulation de l'attention. Dans l'article dont il est ici question, l'un des auteurs déclare ouvertement être un pickpocket professionnel (!) et explique comment sa compréhension intuitive des mécanismes de l'attention l'aide dans son métier. Macknik S. L. et col., « Attention and awareness in stage magic : Turning tricks into research », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2008, 9, 11, p. 871-879.

tous ; en mesurant précisément la position du regard des spectateurs, plusieurs études ont pu vérifier que les bons magiciens savent agir sous les yeux du public, littéralement, et sans que personne ne se rende compte de rien.

Si le spectateur ne remarque rien, c'est parce que le magicien introduit un décalage subtil entre son regard et son attention. Vous savez maintenant que *regarder* une région de l'espace ne signifie pas forcément *faire attention* à tout ce qui s'y trouve : l'attention peut s'être déplacée ailleurs, comme dans l'expérience de Posner, ou bien être restée fixée sur un objet particulièrement saillant, au point de ne pas remarquer le gorille dans le film de Dan Simons. Le magicien peut donc masquer son geste par un événement sensoriel plus saillant qui capture l'attention du public. L'envol d'une colombe blanche sur un fond noir, par exemple, ou tout simplement les éclats de rire de la salle, car le stimulus utilisé pour capter l'attention n'a pas besoin d'être visuel. Le temps est aussi un facteur important, le magicien sait qu'il peut aussi compter sur des moments où l'attention du public se relâche globalement, à la fin d'un tour, par exemple, quand les gens applaudissent. L'art de la magie repose donc sur une connaissance intuitive très fine des lois qui contraignent les déplacements de l'attention, dans l'espace et dans le temps. Le magicien sait identifier, et utiliser, les « trous » dans le champ d'attention de son public.

#### L'attrait de la nouveauté

Si l'on s'en tenait aux mécanismes décrits jusqu'ici, la carte de saillance serait statique, et l'attention resterait irrémédiablement fixée sur le clignotant de la voiture garée en double file. C'est bien sûr faux : le clignotant est effectivement un stimulus très saillant, mais il perd vite son pouvoir de capture ; l'attention s'en détourne rapidement pour aller voir ailleurs. La carte de saillance évolue donc promptement pour rediriger l'attention vers des éléments encore inexplorés. Le phénomène d'inhibition du retour, que nous avons déjà évoqué, participe à cette évolution, en empêchant l'attention de revenir immédiatement sur une zone déjà explorée. À plus longue échéance, un autre phénomène appelé *habituation* contribue

également à cette recherche de nouveauté : lorsqu'un neurone est confronté plusieurs fois à la même stimulation, sa réponse décroît progressivement. C'est le cas par exemple, si vous êtes assis au café en train de discuter avec un ami, et que votre attention s'arrête sur une grande photo de Marilyn Monroe collée au mur derrière lui. À ce moment précis, l'image de Marilyn génère une activité neuronale très forte dans votre voie visuelle ventrale jusque dans la pointe antérieure du lobe temporal, dans ce que l'on appelle le *cortex entorhinal et péri-rihinal* et dans une structure voisine joliment nommée *hippocampe*. Mais cette réaction va perdre en vigueur à chaque fois que votre regard se posera sur l'image<sup>13</sup>, jusqu'à atteindre un niveau plancher insuffisant pour déclencher une réponse du lobe frontal : le phénomène d'habituation a rendu Marilyn

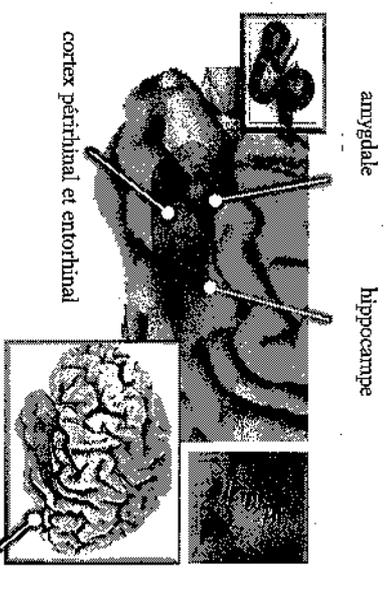


Figure 5.4 Les recoins du lobe temporal.

Plusieurs structures très importantes pour la vision se nichent au creux du lobe temporal, dans sa partie médiane : l'amygdale, l'hippocampe, et le cortex entorhinal et péri-rihinal. L'amygdale est particulièrement sensible aux images à forte valence émotionnelle, négative ou positive.

13. Eichenbaum H. et col., « The medial temporal lobe and recognition memory », *Annu. Rev. Neurosci.*, 2007, 30, p. 123-152.

moins saillante. D'une façon générale, le cerveau réagit plus vivement à ce qui est nouveau, et c'est ce qui explique en partie pourquoi l'attention aime tant la nouveauté. Naturellement, vous auriez eu beaucoup plus de mal à vous laisser d'un écran de télé, dont l'image change tout le temps.

#### *Attention, danger !*

Même en prenant en compte l'habitation et l'inhibition du retour, aucun programme informatique ne peut prédire avec exactitude sur quelle partie d'une image va se porter l'attention d'une personne. Les déplacements spontanés de l'attention dépendent de nombreux autres facteurs, dont certains varient d'un individu à un autre. Au-delà de la nouveauté, l'attention est plus facilement distraite par exemple par ce qui revêt un caractère émotionnel fort, en fonction, bien sûr, de la sensibilité de la personne. Ainsi, un visage en colère capture généralement plus facilement l'attention qu'un visage à l'expression neutre. C'est heureux, car les stimuli émotionnels se doivent d'attirer l'attention : nous ne pourrions pas nous permettre d'ignorer un serpent ou une personne haineuse s'avancant vers nous. Il est donc normal que la saillance d'un événement ou d'un stimulus dépende aussi de sa valence émotionnelle, positive ou négative. Et c'est bien le cas : après avoir soumis des dizaines de sujets à des photos de serpents, des aboiements de chiens agressifs, des visages ou des voix en colère et toutes sortes d'horreurs, les chercheurs sont arrivés à la conclusion que les sons et les images à forte valence émotionnelle génèrent au niveau des cortex sensoriels des réponses plus fortes que les stimuli neutres, même dans des conditions de laboratoire confortables où la personne sait qu'elle ne risque rien. La Fusiform Face Area, cette région du gyrus fusiforme spécialisée dans l'analyse des visages, réagit plus fortement à un visage quand il exprime la peur, même s'il ne s'agit que d'une petite photo sur un ordinateur<sup>14</sup>.

14. Vuilleumier P., « How brains beware : neural mechanisms of emotional attention », *Trends Cogn. Sci.*, 2005, 9, 12, p. 585-594.

Cette amplification de la réponse neuronale pour les stimuli émotionnels intervient très tôt, dans les deux premiers dixièmes de seconde suivant l'apparition du visage à l'écran, dans le cas du gyrus fusiforme. Cet effet n'est donc pas dû à une réorientation *top-down* de l'attention, de haut en bas, impulsée par le lobe frontal, puisque ce dernier ne réagit qu'au bout de deux ou trois dixièmes de seconde. Si cette réorientation a lieu, l'amplification liée au caractère émotionnel du stimulus en est donc la cause et non la conséquence ; elle agit pour en augmenter la saillance. Le cerveau sait donc reconnaître la valence émotionnelle d'une image ou d'un son avant même d'y faire attention. Et effectivement, les stimuli à fort caractère émotionnel sont plus saillants que les autres : il faut moins de temps pour trouver un visage perdu au milieu d'autres formes quand celui-ci exprime une émotion forte. Il faut aussi moins de temps pour repérer une araignée ou un serpent qu'une fleur ou un chat.

#### *L'amygdale, l'arnie de l'attention*

Quel est ce prodige ? Existe-t-il dans le cortex visuel des neurones spécialisés dans la détection et la localisation des araignées et des visages en colère ? En fait, le visage en colère ne saute pas vraiment aux yeux comme peut le faire un coquelicot dans un champ de blé au printemps ; il ne s'agit donc pas vraiment d'un effet *pop-out* de Treisman utilisant des détecteurs spécialisés dans les cortex visuel et auditif. Quand le nombre d'objets entourant le visage augmente, la recherche prend plus de temps, au contraire du mécanisme *pop-out*. Il faut donc chercher ailleurs le responsable de ce mode de recherche accéléré. À l'heure actuelle, le principal suspect semble être une petite structure cérébrale en forme d'amanche appelée *amygdale*, qui n'a rien à voir avec les organes de la gorge que l'on enlève parfois chez les enfants. L'amygdale est nichée confortablement à l'avant du lobe temporal (voir figure 5.4), et fait partie du système limbique, en charge des émotions. Comme il y a deux hémisphères cérébraux, il y a d'ailleurs deux amygdales, une de chaque côté.

## La belle captive

*Je me retourne pour regarder  
La personne qui m'a croisé  
La brume.*

SHIKI<sup>1</sup>.

Revenons un instant sur le cas de cette patiente occupée à faire ses mots croisés, cette femme dont la jonction temporo-pariétale réagissait si vivement à chaque événement distrayant (voir figure 5.9, p. 164). Nous avons été intrigués de voir que cette réaction durait souvent bien au-delà du temps nécessaire pour identifier la cause de la distraction. Une fois par exemple, la réponse neuronale se prolongea pendant près de dix secondes, après une simple sonnerie de téléphone qui n'avait pas duré plus d'une seconde. Cette somnolence était celle de mon portable ; la patiente n'avait pas de téléphone dans sa chambre et n'avait donc aucune raison objective de réagir si longuement à ce bruit. Le même phénomène se reproduisit ensuite chez d'autres patients et dans d'autres régions du réseau de veille identifié par Corbetta. Interrogés sur la signification des courbes défilant sous leurs yeux, les patients donnaient invariablement la même réponse : « L'activité de cette

1. Cheng W. F., Collet H., Ah ! *Le printemps, le printemps, ah ! Ah ! Le printemps. Haikus de printemps*, Millenont, Moudarren, 1991, p. 24.

région augmente quand je me laisse distraire. » Et effectivement, la courbe semblait redescendre d'autant plus vite que le patient était concentré sur sa lecture ou sur ses mots croisés.

Ces réactions du réseau de veille correspondaient manifestement et dans tous les cas à une capture de l'attention. Mais pourquoi durraient-elles si longtemps ? Dans les expériences du chapitre précédent, la capture de l'attention était toujours un phénomène bref, de l'ordre de la fraction de seconde. Alors comment expliquer que le réseau de veille mette parfois plusieurs secondes à retrouver son calme, alors que quelques dixièmes de seconde suffissent à reconnaître une sonnerie de téléphone ? Il fallait admettre que la capture de l'attention est suivie par un deuxième processus plus long, pendant lequel l'attention reste *captivée* de l'événement qui s'en est emparé.

« Cela m'a complètement déconcentré ! » Dans sa conférence d'après match à Roland-Garros, un joueur de tennis explique pourquoi son service a échoué dans le bas du filet sur la balle de match, après qu'un spectateur ait crié : « Double faute ! » Que s'est-il passé dans la tête de ce joueur ? Il suffisait pourtant d'une demi-seconde à son lobe frontal pour identifier que ce que venait de crier ce spectateur n'avait pas d'importance pour le jeu et pouvait être ignoré. Mais, comme dans le cas de la sonnerie de téléphone, son cerveau a surréagi en accordant beaucoup plus d'attention qu'il n'en fallait au stimulus distracteur. Le problème ne venait donc pas de la capture elle-même, mais du fait que la distraction s'était prolongée au-delà. Voilà ce que l'on appelle couramment « se laisser déconcentrer ».

La capture n'est qu'une première phase, très courte, pendant laquelle le cerveau oriente l'attention vers le distracteur pour l'identifier en une fraction de seconde. La raison pour laquelle les distracteurs ralentissaient si peu la recherche de la cible dans les expériences du chapitre précédent, c'est qu'elles n'induisaient que la capture de l'attention. Quand on distrairait le sujet en faisant apparaître un A rouge pendant qu'il recherchait un F rouge, ce distracteur n'a aucune des propriétés nécessaires pour captiver l'attention, car les propriétés qui contribuent à rendre un événement « captivant » sont très différentes de celles qui le rendent « capturant ». Dans des situations plus réalistes de la vie quotidienne, cette phase initiale

de capture n'est que le début d'une cascade de processus moteurs, émotionnels et cognitifs qui permettent au cerveau de réagir à l'événement de façon adéquate. Quand cet événement est jugé suffisamment intéressant ou important, la cascade se prolonge pendant un temps plus ou moins long qui est fonction du degré de concentration de la personne à ce moment-là. Pendant cette deuxième phase, l'attention n'est plus disponible pour la tâche principale, qu'il s'agisse de la préparation d'un service au tennis ou bien de mots croisés. C'est une phase de fascination ou, pour utiliser un néologisme, de *captivator*, pendant laquelle l'attention reste captive de son ravisseur. La force de cette captivité se mesure alors par le temps que met le cerveau pour rediriger l'attention vers son objectif premier, au-delà de la fraction de seconde de la capture initiale. Je vais tenter dans ce chapitre de détailler certains des phénomènes moteurs, émotionnels et cognitifs qui suivent généralement la capture de l'attention et qui ralentissent son retour vers son objet principal. Vous comprendrez alors peut-être mieux pourquoi nous nous laissons si facilement déconcentrer.

#### *Capture de l'attention, capture du corps*

Si, au moment de traverser la rue, j'entends un bruit de moteur sur ma droite, j'ai le réflexe de m'arrêter net et de me tourner pour regarder à droite. La capture de mon attention par le bruit de la voiture entraîne spontanément une réorientation de mes yeux, de ma tête et de mon buste, qui me permet d'identifier clairement l'origine de ce bruit. Il s'agit d'une prolongation de la capture oculomotrice que j'ai déjà évoquée. La capture de l'attention est donc aussi une capture du corps ; le monde extérieur tire sur notre corps comme un marionnettiste sur les fils d'une poupée.

Sur le plan neuronal, cette capture du corps fait intervenir le lobe pariétal – ce large continent cortical situé sous la tonsure des moines. Le lobe pariétal s'intéresse avant tout à l'espace. Il nous rappelle sans cesse l'existence d'une gauche et d'une droite, d'un en bas et d'un en haut, d'un près et d'un

ces deux vagues d'information au niveau du cortex moteur aboutit à l'exécution d'un geste parfaitement coordonné, grâce à l'aide supplémentaire des régions sous-corticales et du cervelet. En suivant ce raisonnement, il apparaît que l'un des rôles majeurs de la partie arrière de notre cerveau, et notamment du lobe pariétal, consiste à proposer des actions aux régions motrices du lobe frontal, en fonction de ce que nous avons sous les yeux, et de nos habitudes. Vous voyez une tasse de café ? Votre « cerveau arrière » vous propose de la boire. Vous voyez une porte ouverte ? Entrez, je vous en prie ! Cette partie arrière du cerveau est donc force de proposition, avec quelques erreurs parfois : vous est-il déjà arrivé, à vous aussi, de sortir vos clés en approchant du portillon du métro ?

*Désolé, je n'ai pas fait exprès !*

L'attention joue à ce stade un rôle essentiel, car ce bel enchaînement entre perception et action se heurte mécaniquement à un goulet d'étranglement : la Nature ne nous ayant dotés que de deux bras et deux jambes, nous ne pouvons pas agir en même temps sur tous les objets qui nous entourent : saisir les cacahuètes, tourner la page du journal, nous gratter le menton et demander l'addition. Nous ne sommes pas des pieuvres. Un mécanisme de sélection est donc fatalement nécessaire pour limiter le nombre de propositions d'action qui atteignent le cortex moteur. Et voilà l'attention. En sélectionnant un par un les objets qui sont devant nous, l'attention permet d'organiser dans le temps notre interaction avec le monde, une action après l'autre. En ne privilégiant qu'un objet à la fois, elle évite aux propositions d'action de s'accumuler à l'entrée du cortex moteur en le paralysant<sup>12</sup>. En revanche, l'arrivée de l'attention sur un objet déclenche naturellement un ensemble de propositions d'actions relatives à celui-ci, qui expliquent pour une part le processus de *captivation motrice* qui prolonge la capture.

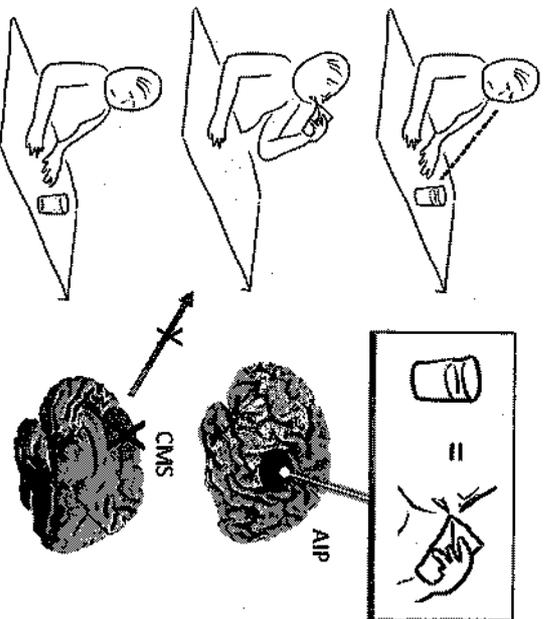
12. Welford A. T., « The "psychological refractory period" and the timing of high speed performance - a review and a theory », *British Journal of Psychology*, 1952, 43, p. 2-19.

Fort heureusement, le cortex moteur n'exécute pas toutes les actions que lui propose le lobe pariétal. Il vous arrive rarement, j'imagine, d'enfiler votre manteau sur votre pyjama pour sortir de chez vous, juste parce que vous avez aperçu le portemanteau sur le chemin des toilettes. Mais ce n'est pas, cette fois, à cause du goulet d'étranglement moteur, mais grâce à un garde-fou situé dans le cortex frontal, qui filtre les propositions d'actions jugées trop fatigues. Quand ce garde-fou fonctionne bien, la plupart des propositions du lobe pariétal passent inaperçues et nous n'en avons même pas conscience. Mais il suffit qu'une des composantes du garde-fou déraile pour que la partie arrière du cerveau prenne le pouvoir sur le corps<sup>13</sup>. C'est ce qui arrive aux malheureux atteints de lésions du complexe moteur supplémentaire, ou CMS, un ensemble de régions corticales situées juste en avant du cortex moteur dans le lobe frontal<sup>14</sup>. Ces patients souffrent de syndromes étranges, comme celui du membre étranger - *Alien Limb Syndrome*. L'un de leurs membres cesse d'obéir pour prendre son autonomie et mener sa vie propre, il devient *étranger*. Les patients assistent, impuissants, à des mouvements très organisés de leur bras, par exemple, pour aller saisir un stylo ou un verre comme dans le *syndrome de la main capricieuse*. Il manque cette force de contrôle qui devrait empêcher l'exécution du mouvement. Assis à table devant un verre d'eau, ces patients s'en emparent pour le boire, même s'ils n'ont plus soif.

Ce n'est d'ailleurs pas seulement le bras qui échappe au contrôle conscient de l'individu, mais tout un système, car les régions motrices qui actionnent le bras ne peuvent pas saisir le verre sans la coopération active du système visuel. Le syndrome du membre étranger nous apprend que ce système n'a pas pour état naturel le repos, mais l'obéissance à l'environnement, c'est-à-dire la réalisation de programmes moteurs

13. Nachev P. et col., « Functional role of the supplementary and pre-supplementary motor areas », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2008, 9, 11, p. 856-869.

14. Le complexe moteur supplémentaire est composé de trois régions : l'aire motrice supplémentaire, l'aire motrice présupplémentaire et le champ oculomoteur supplémentaire.



**Figure 6.3** Le syndrome de la main capricieuse.

*Ce pauvre homme a une lésion du complexe moteur supplémentaire (CMS), Attribué face à un verre d'eau, les neurones de l'aire corticale AIP réagissent à la vue du verre en proposant au cortex moteur l'action qui lui est associée d'ordinaire : le saisir et le boire. Le CMS ne peut pas contrer cette proposition et le malheureux se voit contraint de boire, même s'il n'a pas soif. Le contrôle de sa main gauche lui échappe.*

complexes suggérés en permanence par le contexte dans lequel nous trouvons : saisir des cacahuettes et les manger, shooter dans le ballon qui se trouve à nos pieds, etc. Ces patients ne peuvent plus exercer de contrôle volontaire sur une partie de leur corps, qui finit par réagir aux stimulations de l'environnement au gré des déplacements de l'attention, comme un voilier au gré du vent et des courants.

Et nous ? Sommes-nous maîtres à bord du navire ? Pas si sûr. Comme souvent, le cas de ces malades ne fait qu'illustrer de façon extrême un mécanisme à l'œuvre chez tout le monde.

En observant quelques instants vos propres gestes, vous constaterez sans peine que vous – ou vos régions frontales – n'êtes pas non plus tout le temps à la barre pour contrôler chaque détail des déplacements du bateau. Tous vos gestes ne sont pas maîtrisés, et heureusement, quelle tâche herculéenne sinon ! Votre corps aussi aime vivre sa propre vie, et c'est pourquoi, vous vous arrêtez un instant dans la lecture du journal pour avaler deux ou trois cacahuettes, même si vous n'avez pas faim et même si ce n'est pas un acte réfléchi.

#### La vie au gré du vent

Si vous êtes comme moi, vous ressentiez peut-être un léger vertige en songeant à tous ces mécanismes qui semblent décider à notre place de nos actions. Il est amusant, quand on est enfant, de voir sa jambe se soulever quand le médecin tape sous le genou avec son petit marteau. Mais ce dont nous parlons ici dépasse le cadre du réflexe : il s'agit d'une mise en action du corps globale et machinale déclenchée par une simple capture de l'attention, sans contact physique, à la seule vue d'un bol de cacahouète ! Un ami m'a récemment fait découvrir les sculptures mobiles du Néerlandais Theo Janssen, qui illustrent à merveille ces réactions machinales. Les sculptures de Theo Janssen ne sont que de larges assemblages mécaniques de pièces en rotation et en translation les unes par rapport aux autres. Mais sous l'action de forces simples, comme le vent, ces sculptures semblent tout d'un coup prendre vie pour se déplacer à la manière de grands animaux dont on jurerait qu'ils possèdent une volonté propre. C'est exactement l'impression que procure un cerveau humain pris dans ses automatismes. La capture de l'attention par le bol de cacahouètes jaune est ce petit souffle de vent qui suffit à mettre en action tous les rouages des cortex occipital, temporal et pariétal et qui, une fois relayés par plusieurs structures sous-corticales, finissent par mettre en action le cortex moteur et générer un comportement si complexe qu'il en paraît volontaire. Et pourtant... tout cela n'est-il pas une forme de syndrome du corps étranger ? Quel plaisir de lâcher prise un instant pour observer, émerveillé, cette subtile mécanique !

### La force de l'habitude

Après la capture de l'attention, les actions s'enchaînent donc souvent mécaniquement selon un ensemble d'habitudes prises par le passé. Que fait-on avec une cacahuète ? On la met dans la bouche pour la manger. Que fait-on avec un vélo ? On monte dessus et on pédale. Ces habitudes ont une grande influence sur la façon dont les actions se suivent une fois l'attention capturée, au-delà des gestes simples proposés par le lobe pariétal. Les habitudes ne sont d'ailleurs pas seulement motrices, puisqu'il en existe aussi des cognitives<sup>15</sup> ; ce sont les habitudes de langage, de pensée, etc. Elles sont généralement déclenchées par un événement ou un contexte particulier ; le comportement se déroule alors selon un schéma rigide qui le rend prédictible : telle personne lancera la cacahuète en l'air avant de la gober, telle autre fera tourner le bol avec ses doigts... Chaque geste entraîne naturellement le suivant dans sa course, au point que certains éprouvent parfois une gêne si la séquence est interrompue, comme dans le cas des tics.

Pour le cerveau, l'acquisition d'une habitude est une forme d'apprentissage : les réseaux de neurones produisant des actions qui donnent satisfaction sont renforcés et stabilisés, pour être plus facilement déclenchés à l'avenir et dans le même ordre ; c'est le principe de l'apprentissage par renforcement (*reinforcement learning*)<sup>16</sup>. Les différentes actions qui constituent l'habitude finissent par être considérées comme une seule procédure, qui bénéficie alors d'un traitement de faveur : un réseau de neurones hyperspécialisé, entièrement dédié à son exécution<sup>17</sup>. Sur le plan comportemental, l'enchaî-

15. Moors A., Houwer J. D., « Automaticity : A theoretical and conceptual analysis », *Psychol. Bull.*, 2006, 132, p. 297-326.

16. Borvnick M. M., « Hierarchical models of behavior and prefrontal function », *Trends Cogn. Sci.*, 2008, 12, 5, p. 201-208.

17. Ce réseau n'est d'ailleurs pas forcément seulement cortical : une structure sous-corticale, le striatum, joue un rôle très important dans l'acquisition et l'exécution des habitudes ; Ashby F. G. et coll., « Cortical and basal ganglia contributions to habit learning and automaticity », *Trends Cogn. Sci.*, 14, 5, p. 208-215.

nement des actions se fait avec plus d'aisance et moins d'efforts, comme lorsque nous apprenons un nouveau savoir-faire. Je me souviens avoir constaté ce phénomène en apprenant à écrire au clavier. Après des débuts difficiles, j'eus la surprise de voir mes doigts prendre progressivement de plus en plus d'initiative jusqu'à taper sans effort le moindre mot me venant à l'esprit. Un programme moteur aussi complexe que celui consistant à taper le mot « texte », était en train de devenir une procédure quasi autonome, automatique, que je peux maintenant lancer sans effort. De la même façon, le comportement consistant à attraper une cacahuète et à la lancer en l'air pour la gober en plein vol, qui n'a rien de facile au départ, peut devenir à force de répétition une procédure motrice quasi réflexe, qui finit par se déclencher à la moindre occasion.

Ces séquences de mouvements automatisées contribuent pour une grande part au phénomène de *distraction*. Quand nous sommes bien concentrés, l'événement qui vient soudain capturer notre attention nous déstabilise au sens propre, non seulement mentalement, mais aussi physiquement. En nous déconcentrant, il nous décentre. Par son action sur le lobe pariétal, il tire sur nos yeux, sur notre tête, sur notre buste et sur nos membres pour les amener à se tourner vers lui et à agir sur lui. L'étymologie du mot « distraire », du latin *distrahere* – *dis*, « séparé » et *trahere*, « tirer » – prend alors tout son sens : le distracteur tire sur le corps comme s'il voulait le déchirer, comme le défenseur d'une équipe de football italieenne déchirant le maillot de l'attaquant adverse en cherchant à le retenir. Profitez de ce temps de lecture pour remarquer l'action physique de la distraction sur votre corps. Une personne s'assied en face de vous ? Quequ'un vient de tous-ser ? Observerez votre corps réagir, au niveau des muscles des yeux, du visage, du cou, ou des bras ; les sentez-vous se tendre légèrement ? Ces petites tensions traduisent les luttes internes qui ont lieu dans le cerveau, entre les neurones qui cherchent à bouger le corps et ceux qui agissent pour le maintenir immobile. C'est la lutte fratricide entre deux géants : le lobe pariétal et le lobe frontal. Le simple fait d'observer ces tensions émerger peut suffire à les calmer, et vous aider à rester centré... concentré.

### Le plaisir de la distraction

Malheureusement, le monde extérieur a d'autres tours dans son sac pour maintenir notre attention captive. Non content d'agir sur nos muscles, il sait aussi jouer sur nos émotions pour nous séduire et nous ensorceler. Nous avons déjà vu comment, grâce à l'amygdale notamment, les stimuli à forte valence émotionnelle captivent plus facilement l'attention que les stimuli neutres. Comme l'écrit le neurologue Antonio Damasio, « la réponse émotionnelle que nous ressentons en présence de tel ou tel objet joue un rôle majeur dans sa capacité à attirer ou non notre attention<sup>18</sup> ». Mais ce n'est pas tout car, une fois l'attention capturée, la nature de ce que nous ressentons alors, au contact du distracteur, influe également sur la phase suivante : l'attention va-t-elle rester captive ou non ? Pour Damasio toujours, le rôle de l'émotion est à nouveau central : l'attention demeure ou non sur l'objet de la distraction en fonction de l'état émotionnel ressenti à son contact prolongé<sup>19</sup>. L'attention peut donc rester piégée, captive, si la sensation éprouvée au contact du distracteur le justifie. La victime tarde à quitter son ravisseur ; c'est la version neuronale du fameux *syndrome de Stockholm*, qui décrit le sentiment d'attachement que ressentent parfois les otages pour leurs geôliers. Une nouvelle fois, la capture de l'attention est suivie par une phase de *captivation*, mais qui n'est pas motivée cette fois, mais émotionnelle, et que Damasio désigne sous le terme d'*attention dwelling*, qui traduit bien cette idée de durée – *to dwell* signifie « rester, habiter, résider ». Cette forme de captivation dépend principalement de l'intensité et

18. « Emotion is critical for the appropriate direction of attention since it provides an *automated signal* about the organism's past experience with given objects and thus provides a basis for assigning or withholding attention relative to a given object... First, processing of objects can take place; second, emotion can ensue; third, further enhancement and focusing can occur, or not occur, under the direction of emotion ». Damasio A. R., *The Feeling of What Happens*, New York, Harcourt Brace, 1999, p. 273.  
19. *Ibid.*

de la qualité du ressenti, plaisir ou déplaisir, en présence de l'objet, comme si la captivation avait pour but de prolonger cette sensation ou de la réduire.

En français, le mot « distraction » fait d'ailleurs souvent référence à cette notion de plaisir. Se distraire, c'est s'amuser, s'extraire de son travail par exemple, pour passer à une autre activité agréable qui change les idées : « Arrête un peu de travailler, viens te distraire ! » Et il est parfois bien difficile de rester concentré en présence de charmants distracteurs : le champion de formule 1 Jenson Button peut en témoigner, qui déclarait après un grand prix avoir été gêné à la sortie d'un virage par une affiche publicitaire montrant un mannequin en tenue légère. Manifestement, le circuit qui permet au cerveau de ressentir du plaisir joue un rôle central dans le phénomène de déconcentration. La recherche du plaisir est l'un des grands moteurs de la distraction. Par chance, ce circuit du plaisir commence à être bien connu ; je vous propose donc de le

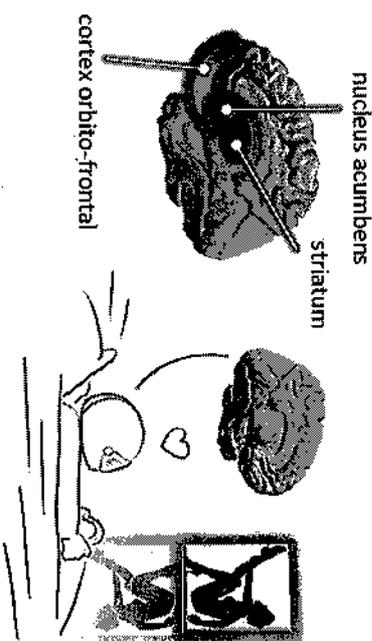


Figure 6.4 Attraction ou distraction ?

Lorsque ce pilote aperçoit au détour d'un virage cette publicité agaçante, l'image stimule son circuit de récompense, composé entre autres du *nucleus accumbens*, du *striatum* et du *cortex orbito-frontal*. Le *nucleus accumbens* réagit de façon particulièrement intense pour encourager le pilote à maintenir son attention sur l'image.

découvrir pour mieux comprendre pourquoi les photos de jolies femmes nuisent gravement à l'attention des pilotes.

Comme souvent, nos connaissances sur le plaisir neuronal proviennent pour l'essentiel d'études menées chez l'animal. Et comme les animaux ne peuvent pas décrire ce qu'ils ressentent, les chercheurs préfèrent parler de récompense et de punition, plutôt que de plaisir et de déplaisir qui sont des sensations subjectives difficiles à évaluer chez un rat. L'intensité objective d'une récompense ou d'une punition est déduite du comportement de l'animal pendant l'expérience, en fonction de l'effort qu'il est prêt à fournir pour obtenir ou éviter celles-ci. Par exemple, la nourriture est une récompense pour un rat qui a faim, mais pas pour un rat qui en est gavé.

Dans les années 1950, James Olds et Peter Milner, à l'Université McGill de Montréal, eurent l'idée étrange de relier chez des rats plusieurs régions sous-corticales à une petite pédale<sup>20</sup>. En appuyant sur la pédale, les rats activaient les neurones connectés grâce à de petites stimulations électriques. Olds et Milner eurent la surprise de constater que leurs rats privilégiaient cette occupation à toute autre activité, au point d'appuyer dessus jusqu'à 700 fois par jour plutôt que de boire ou de manger. Le « circuit de récompense » du cerveau venait d'être découvert : il existe dans le cerveau des neurones dont la simple activation constitue à elle seule une récompense plus forte qu'un bon dîner pour un ventre affamé. Ce circuit existe également chez l'homme et les lésions qui l'affectent engendrent une difficulté à ressentir du plaisir, que l'on appelle *l'anhédonie*.

L'expérience d'Olds et Milner révèle l'un des moteurs fondamentaux de la motivation : entre deux actions possibles, l'animal, ou l'homme, choisit spontanément celle qui le récompense le plus, c'est-à-dire celle qui provoque l'activation la plus forte du circuit de récompense. Pour ces rats, aucune action ne pouvait activer plus efficacement leur circuit de récompense

20. Olds J., Milner P., « Positive reinforcement produced by electrical stimulation of septal area and other regions of rat brain », *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 1954, 47, 6, p. 419-427. Les régions concernées étaient principalement les noyaux du septum et le nucleus accumbens.

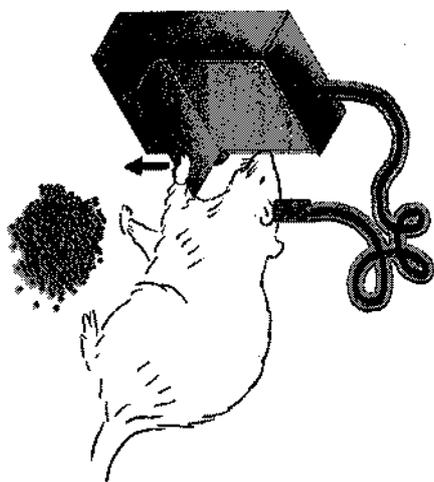


Figure 6.5 Le dispositif d'Olds et Milner.

Lorsque le rat appuie sur la barre, un dispositif stimule électriquement son circuit de récompense. Rapidement, le rat privilégie cette action à toute autre, au point de se laisser mourir de faim à côté d'un tas de nourriture.

qu'une stimulation électrique directe, pas même l'ingestion de nourriture. Les rats finissaient donc par mourir de plaisir, malheureusement, mais tout à fait logiquement, comme d'authentiques *inriks* devenus totalement esclaves de leur drogue. Et ce n'est pas qu'une image : nous savons maintenant que le circuit de récompense joue un rôle central dans le phénomène d'addiction. Pourtant, la vocation première du circuit de récompense n'est pas de favoriser la toxicomanie, mais d'encourager les comportements les plus utiles pour l'animal, ceux permettant de maintenir l'organisme dans sa zone de confort, dans ce que l'on appelle l'état d'*homéostasie* : manger quand on a faim est agréable tout comme se mettre au chaud quand il fait froid<sup>21</sup>. Pour l'animal, cette recherche implique de se mettre en quête de nourriture quand son organisme manque

21. LeKates S., Tracey T., « A common neurobiology for pain and pleasure », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2008, 9, 4, p. 314-320.

de glucose et de se réchauffer quand la température de son corps baisse, etc. : ce qui est utile pour l'organisme est ressenti comme agréable selon le principe d'*affektivité*<sup>22</sup>. Dans le cerveau plus complexe de l'homme, le circuit de la récompense réagit à des sources de plaisir très variées, comme la consommation de nourriture ou de cocaïne, certes, mais aussi à une bonne soirée entre amis, une partie de jeu vidéo ou un petit moment de détente musicale<sup>23</sup> ; bref, à tout ce qui a une *utilité subjective* pour l'individu, pour reprendre le terme des spécialistes de la prise de décision.

Le circuit de récompense réagit non seulement aux récompenses, mais à tous les stimuli ayant une valeur hédonique forte, qu'elle soit positive ou négative. Cela ne veut pas dire que le cerveau réagit de la même manière aux récompenses et aux punitions, mais simplement que les neurones qui réagissent aux uns et aux autres sont situés dans les mêmes structures. Dans l'amygdale, par exemple, les récompenses et les punitions activent des populations de neurones différentes, mais adjacentes<sup>24</sup>. C'est aussi vrai dans les autres structures clés du circuit de récompense : le pallidum ventral, le noyau accumbens, le striatum ventral et le cortex orbito-frontal<sup>25</sup>. La proximité de ces deux populations leur permet de rivaliser entre elles grâce à des mécanismes d'inhibition mutuelle : les neurones « récompense » tentent d'empêcher les neurones « punition » de s'activer, et réciproquement. Le risque d'ambiguïté est donc faible : un stimulus peut difficilement être perçu à la fois comme une récompense et comme une punition. Le cerveau est finalement assez manichéen.

22. Cabanac M., « Physiological role of pleasure », *Science*, 1971, 173, 2, p. 1103-1107.
23. Blood A. J., Zatorre R. J., « Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2001, 98, 20, p. 11818-11823. Montagne P. R. et col., « Imaging valuation models in human choice », *Annu. Rev. Neurosci.*, 2006, 29, p. 417-448.
24. Murray E. A., « The amygdala, reward and emotion », *Trends Cogn. Sci.*, 2007, 11, 11, p. 489-497.
25. LeDoux S., Tracey J., « A common neurobiology for pain and pleasure », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2008, 9, 4, p. 314-320.

### Un chemin vers le plaisir

#### Récompense et motivation

Au sein du circuit de la récompense, les neurones communiquent principalement grâce à deux types de neurotransmetteurs : celui des opioïdes et celui de la dopamine<sup>26</sup>. Les opioïdes – qui doivent leur nom aux effets qu'ils produisent semblables à ceux de l'opium – semblent liés à la sensation de plaisir et de déplaïser : le contact avec un stimulus plaisant ou déplaïser, quelle que soit sa modalité sensorielle, entraîne une libération d'opioïdes, dits *opioïdes- $\mu$* . Et si l'on injecte ces opioïdes-mu directement dans le pallidum ou dans l'amygdale d'un animal recevant de la nourriture, celui-ci semble l'apprécier davantage. Inversement, le fait de bloquer l'action de ces opioïdes, avec une molécule appelée naloxone, diminue le plaisir ressenti<sup>27</sup> : chez l'être humain, par exemple, la naloxone réduit considérablement la qualité de l'orgasme...

La dopamine semble intervenir davantage dans la *motivation* que dans la sensation de plaisir proprement dite<sup>28</sup>. Si l'on abaisse artificiellement le niveau de dopamine chez des souris équipées du dispositif d'Olds et Milner, celles-ci continuent d'actionner spontanément la pédale, mais seulement si l'effort à fournir est minime. Le cerveau de ces souris reste donc sensible à la récompense déclenchée par l'action de la pédale, même sans dopamine. Des molécules connues pour les sensations de plaisir qu'elles procurent, comme la nicotine, l'éthanol et les cannabinoïdes présentes dans le tabac, l'alcool et le cannabis, produisent cet effet même dans un cerveau dépourvu de dopamine. Un animal ou un être humain sans dopamine peut donc se réjouir d'une belle récompense, mais il ne fera aucun effort pour l'obtenir ; en un mot, il n'est pas motivé. Sans dopamine, je n'irai pas jusqu'au réfrigérateur pour me chercher une bière, même par 40 °C à l'ombre ; par contre, je serai ravi si

26. *Ibid.*

27. *Ibid.*

28. Hyman S. E. et col., « Neural mechanisms of addiction : The role of reward-related learning and memory », *Annu. Rev. Neurosci.*, 2006, 29, p. 565-598.

vous allez m'en chercher une. C'est toute la différence entre ce que les chercheurs anglo-saxons appellent le *wanting*, le fait de vouloir quelque chose et d'être prêt à agir pour l'obtenir, et le *liking*, le fait d'apprécier cette même chose. S'il vous arrive parfois, le soir, d'être fatigué au point de ne pas parvenir à vous décoller du canapé pour aller au lit, tout en sachant pertinemment à quel point vous y seriez bien, vous avez une petite idée de ce que ressent un animal privé de dopamine.

Le circuit de la récompense, et de la motivation (voir encadré ci-dessus), fait un usage innodéré d'un neurotransmetteur appelé dopamine. Un cerveau sans dopamine semble incapable de guider son action, à plus ou moins long terme, en fonction de ce qu'il aime. Grâce à des chercheurs comme Wolfram Schultz, nous commençons à savoir pourquoi. Les neurones dopaminergiques – ceux qui utilisent la dopamine pour communiquer – ont la capacité formidable d'anticiper les récompenses : si un rat reçoit régulièrement de la nourriture dans une pièce de son enclos, le simple fait, pour cet animal, de pénétrer dans cette pièce finit par activer les neurones dopaminergiques du circuit de récompense. Au fur et à mesure que le rat apprend à connaître son environnement, ces neurones réagissent même de plus en plus tôt : d'abord au moment où l'animal rentre dans le couloir qui mène à la salle du repas, puis au moment où il aperçoit la porte de ce couloir, etc. En somme, si un stimulus, ou une situation, est systématiquement suivi d'une récompense, les neurones qui ne réagissent au départ qu'à l'obtention de cette récompense finissent par réagir dès que la situation annonciatrice se produit. Les neurones dopaminergiques sont donc à l'affût du moindre indice indiquant une possible récompense... ou une possible punition. Au moindre signe favorable ou défavorable, ils envoient immédiatement un signal au reste du cerveau pour indiquer la direction à suivre. Mais sans dopamine, ce système ne fonctionne pas, et c'est ce qui explique que l'animal ne fasse alors plus l'effort d'aller chercher sa récompense. L'une des principales zones du circuit de récompense, la

région sous-corticale appelée *nucleus accumbens* (A-Coume-Bence), joue un rôle particulièrement central dans ce mécanisme<sup>29</sup> : un rat sans nucleus accumbens est incapable de retrouver le caractère positif ou négatif d'un indice et n'a donc pas tendance, naturellement, à rechercher les situations associées par le passé à une récompense.

Ces neurones dopaminergiques sont également sensibles à la probabilité de la récompense ou de la punition, et à sa proximité temporelle. Ils s'activent d'autant plus fortement que la récompense prédite est importante, probable ou proche<sup>30</sup>. Si un indice n'est pas systématiquement suivi par une récompense, ou si celle-ci est trop décalée dans le temps, la réaction des neurones à l'indice est faible. Pour le cerveau d'un enfant, la vue d'une personne vêtue de rouge en décembre n'est pas la garantie d'un cadeau, car le père Noël n'est pas le seul à s'habiller de cette couleur ; la réaction des neurones dopaminergiques est donc faible. Et la réaction est aussi faible en croisant le père Noël en juillet, car la perspective du cadeau est lointaine. Les neurones dopaminergiques manifestent également leur mécontentement si la récompense obtenue n'est pas celle escomptée, par exemple si le gros paquet sous le sapin n'est pas le vélo tant souhaité : leur activité diminue brutalement si la récompense est plus faible que celle espérée ; en un mot, ils boudent. Ils vont même jusqu'à se faire totalement quand le cerveau est confronté à une situation aversive, désagréable. Mais, bons joueurs, ils réagissent aussi vivement si la récompense est plus forte que prévue, ou si un événement inattendu et agréable se produit. Le circuit de récompense est donc capable de prendre en compte dans ses calculs non seulement l'intensité du plaisir que devrait procurer la récompense si elle est obtenue, mais également la proximité dans le temps de cette récompense et les chances de l'obtenir. La grande force des neurones dopaminergique réside donc dans leur capacité d'anticipation, qui leur permet d'orienter le comportement vers les actions et les situations qui récompensent le cerveau... et d'éviter les

29. *Ibid.*

30. *Ibid.*

punitions. Avec ce système, le cerveau dispose donc d'un outil formidable pour évaluer tout ce qui l'enivre en fonction de son utilité potentielle. Nous disposons là d'un petit mécanisme qui note chaque situation en fonction du type de récompense, ou de punition, qu'elle est susceptible d'amener. C'est le système de « Post-it » de l'amygdale, étendu à tout le circuit de récompense.

L'expérience des rats d'Olds et Milner, largement confirmée depuis, nous montre que le cerveau privilégie spontanément les actions stimulant l'activité des neurones du circuit de récompense. Ces actions privilégiées sont celles qui mettent l'organisme dans des situations où il est récompensé, ou simplement au contact d'indices annonceurs de récompenses. Ce mécanisme impose donc une contrainte très forte sur le comportement : un rat qui a pris l'habitude de recevoir une drogue récréative dans une pièce de son habitat va y retourner, encore et encore, même s'il n'y reçoit plus rien ; car, pour ce rat, le simple fait d'être dans cette pièce suffit à activer le circuit de récompense. Et ce qui est vrai chez le rat l'est aussi chez l'homme : le cerveau d'un cocaïnomane libère de la dopamine quand on lui montre des vidéos du quartier où il se procure sa drogue<sup>31</sup>. Le cerveau humain est donc lui aussi sensible à tous les indices qu'il a pu associer à des sensations de plaisir. La cocaïne ne fait que détourner un système par ailleurs normal et bénéfique ; n'importe quel stimulus ou situation peut causer la libération de dopamine, du moment qu'il a été associé avec une récompense : des lieux, des personnes, voire des sensations corporelles. En s'activant, les neurones dopaminergiques du système de récompense encouragent l'individu à engager, ou poursuivre, tout effort susceptible d'amener une récompense. Même si la libération de dopamine n'est pas le corrélat de la sensation de plaisir, toute action, ou toute perception, capable de la déclencher finit par être recherchée.

Il est alors facile de comprendre comment le circuit de récompense intervient dans la captivité de l'attention.

31. Wong D. F. et col., « Increased occupancy of dopamine receptors in human striatum during cue-elicited cocaine craving », *Neuropsychopharmacology*, 2006, 31, 12, p. 2716-2727.

L'orientation de l'attention vers un stimulus apprécié de ce circuit déclenche naturellement la réaction des neurones dopaminergiques ; et la réorientation de l'attention vers un autre stimulus, plus neutre, interrompt cette réponse dopaminergique, comme si ce dernier était associé à une punition. L'attention a donc naturellement tendance à rester fixée sur l'image ou le son « dopaminé », tant que celui-ci stimule le circuit de récompense. Quand Jenson Burton aperçoit la jolie fille sur l'affiche, ses neurones dopaminergiques envoient une petite bouffée de dopamine dans son circuit de récompense pour l'encourager à regarder. Cette capture de l'attention est jugée favorable, car annonceur d'une possible récompense. Mais lorsque le pilote détache son regard, ces mêmes neurones réagissent en stoppant net leur décharge, le cerveau est puni. Et ce petit mécanisme se reproduit des milliers de fois par jour, non seulement au volant, mais partout dans notre vie, dès que nous nous détournons d'une perception agréable ; l'attention a naturellement tendance à s'installer, à séjourner – pour reprendre le terme de Damasio, *to dwell* – sur tout ce qui stimule le circuit de récompense : des objets ou des personnes rencontrés, des situations vécues... mais également des raisonnements ou des rêveries, car le circuit de récompense, surtout celui de l'homme, sait parfaitement réagir à des situations abstraites, imaginées<sup>32</sup>. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous aimons tant basculer vers notre monde intérieur, peuplé d'images mentales, de pensées et de raisonnements. Le cerveau se coupe du monde qui l'entoure pour partir dans son petit univers à lui : « Ah, quelle jolie femme tout de même ! Elle me rappelle cette fille hier au bar... j'aurais dû l'inviter à voir la course... » Bam ! Sortie de route, fin de saison pour le leader du championnat du monde. Fin du chapitre, aussi. Après la captivité motrice et la captivité émotionnelle, voici maintenant le troisième ressort de la captivité : la captivité cognitive.

32. Kringelbach M. J., Berridge K. C., « Towards a functional neuroanatomy of pleasure and happiness », *Trends Cogn. Sci.*, 2009, 13, 11, p. 479-487.