

pourriez vous souvenir d'aucun d'entre eux. Alors, que se passe-t-il lorsque votre hippocampe est momentanément indisponible parce qu'il est occupé par votre univers intérieur ? Dans le LIM, mais également dès les cortex sensoriels, l'attention doit opérer une forme d'arbitrage pour privilégier soit l'analyse des stimulations sensorielles provenant du monde extérieur, soit les représentations imagées qui tapissent notre univers intérieur.

*Mais quel intérêt ?*

On peut légitimement s'interroger sur l'intérêt pour le cerveau de se couper régulièrement du monde pour explorer ses mondes virtuels. Quel est l'intérêt, du point de vue évolutif, dans un monde potentiellement dangereux ? L'imagination est bien sûr utile, pour anticiper des situations et planifier des solutions, mais pourquoi glissons-nous dans nos rêveries au milieu d'une conversation, d'un cours ou d'un match de tennis ? Pourquoi est-il si dur de rester présent ? Une fois encore, personne ne le sait vraiment ; mais nous pouvons tout de même remarquer certains faits. D'abord, le monde n'est pas toujours en perpétuel changement. Face à mon mur, sur mon coussin, le petit univers qui m'entoure est stable. Je peux donc m'en abstraire quelques dizaines de minutes sans courir pour autant de risque insensé. Et même une fois levé, de retour dans la « vraie » vie, et à moins d'être au volant, le monde ne change pas si vite que cela ; soit parce que effectivement il ne se passe pas grand-chose, soit parce que tout se passe « comme prévu » - le cours des choses ne me surprend pas et les seuls événements susceptibles de se produire sont des situations auxquelles je sais faire face, facilement. Assis sur ma chaise lors d'une réunion, les choses suivent leur petit train-train, et même si quelqu'un s'adresse à moi, je peux compter sur un dispositif d'analyse sensorielle pré-attentif efficace et sur mon circuit de veille attentionnel pour rediriger rapidement mon attention vers la réunion, notamment lorsque j'entends prononcer mon nom. Je peux donc basculer dans mes rêveries sans risque ; au pire, je

demanderais à ce que l'on répète la question ; et en tout cas, j'en sortirai vivant.

Il n'y a donc pas tant de risque que cela à basculer dans le mode virtuel. Toutefois, cette absence de risque n'explique pas complètement que nous le faisons si volontiers. Est-ce pour reposer le cerveau ? Peut-être, mais le spécialiste du réseau par défaut, Marcus Raichle, en doute ; il rappelle que la consommation d'énergie du cerveau ne baisse que de 1 % lorsqu'il bascule dans cet état de repos<sup>29</sup>. J'avancerais comme autre explication que la vitesse à laquelle notre monde intérieur varie est bien adaptée à la dynamique naturelle de l'attention. Livrée à elle-même, l'attention ne tient pas en place. La dynamique spontanée du regard lors de l'exploration de scènes visuelles, à raison de trois ou quatre saccades par seconde, est un exemple parmi d'autres qui illustre le caractère naturellement remuant de l'attention. Le flot régulier de la respiration est l'archétype de ce que l'attention déteste : un stimulus stationnaire, aux variations lentes, dont le cerveau sait tout dès les premières secondes. L'enchaînement des pensées, au contraire, n'impose aucune contrainte de rythme à l'attention. Les rythmes des pensées et de l'attention vont même jusqu'à se codéfinit : chaque nouvelle pensée capture naturellement l'attention et se prolonge jusqu'à ce que l'attention la quitte. L'attention est donc peut-être plus facilement captée par des phénomènes mentaux qui se renouvellent à la vitesse qui lui convient le mieux, plutôt que par des événements extérieurs plus statiques.

*Un monde complexe*

Je n'irai pas plus loin dans ces spéculations, concernant les mécanismes à l'œuvre dans le cerveau lorsqu'on le dit « au repos ». La recherche dans ce domaine est difficile en raison du caractère spontané et éminemment subjectif de l'activité mentale qui semble s'y dérouler. Malgré tout, les recherches

29. Raichle M. E., « Neuroscience. The brain's dark energy », *Science*, 2006, 314, 5803, p. 1249-1250.

avancent et, petit à petit, les avancées des neurosciences cognitives laissent entrevoir certaines des briques avec lesquelles le cerveau se crée ce monde imaginaire où il aime tant s'occuper. Mais n'allez surtout pas croire, après ce chapitre, que l'imagerie mentale et la petite voix se résument à l'activité du LTM et du cortex préfrontal. Ces régions ne sont que des noeuds de vastes réseaux interagissant les uns avec les autres. Parce qu'elle implique la manipulation de concepts et de situations, la production du discours interne fait appel à des régions du lobe temporal antérieur et médian impliquées dans la mémoire sémantique et épisodique. Comment parler des Beattles sans activer ces neurones du LTM qui réagissent au simple mot « Beattles » et au visage de Paul McCartney ? Chaque élément du discours mental induit une modification de la représentation mentale que nous avons en tête. En pensant la phrase : « Je dois sortir le chien », vous évoquez naturellement un ensemble de représentations mentales associées à votre chien et au fait de le sortir, comme le trajet que vous empruntez d'habitude. L'évocation de ces lieux au sein de votre univers mental génère un autre discours, etc. Tous ces systèmes agissent donc ensemble pour produire la réaction en chaîne que nous appelons « pensée », et qui correspond à une forme de captivité cognitive de l'attention.

En m'attardant sur certaines structures cérébrales, j'ai souhaité insister sur un point essentiel : ce que nous appelons la vie imaginaire, cette source majeure de distraction, a une traduction biologique de plus en plus claire. Ne vous tapez pas la tête contre les murs pour stopper vos pensées. Elles sont le résultat d'un phénomène biologique, que vous n'arrêterez certainement pas d'un simple claquement de doigts. Regardez-les vivre, avec le regard de cet apprenti cinéaste visionnant le même film pour la troisième fois. Dans les chapitres précédents, j'ai passé en revue certains des mécanismes par lesquels le monde extérieur capture notre attention et la maintient captive. Tous ces mécanismes sont également à l'œuvre pour capturer l'attention de l'intérieur et la maintenir prisonnière. Un événement distracteur peut faire basculer le cerveau dans un mode spéculatif enclavant pensée sur pensée, comme les flammes ravageant une forêt en été. En avalant les

cacahuetes, je me rappelle l'apertif de samedi dernier, et l'histoire que racontait Thomas ; mon esprit part au loin, jusqu'à ce que quelqu'un me demande s'il peut m'emprunter le journal, puisque je ne le lis pas.

Pourtant, parfois, j'arrive à lire le journal, même si l'article n'est pas passionnant. Sur le coussin, j'arrive à suivre mon souffle pendant une, deux et parfois même cinq minutes, sans jamais m'éloigner de la sensation ténu de l'air sur mes narines. Les forces de distraction ne sont donc pas toutes puissantes. Même dans la tempête, il y a quelque chose qui résiste à la distraction. C'est le thème que nous allons maintenant aborder : après la distraction, voici la résistance à la distraction. Le Maître est de retour...

## La résistance s'organise

*Le papillon disparaît  
Mon âme  
Me revient.  
WARU<sup>1</sup>.*

Félicitations ! À moins que vous n'avez ouvert cette page au hasard, vous avez eu la capacité d'attention suffisante pour lire sept chapitres. Vous savez donc à quelles forces de distraction, internes et externes, vous avez su résister. Résister ! Vous êtes la preuve vivante qu'il existe dans le cerveau une force de résistance à la distraction. Encore un peu d'attention, et vous saurez pourquoi... pourquoi vous pouvez rester concentré.

Je vous demande, pour commencer, de revenir un instant sur l'exercice qui consistait à marcher en maintenant le regard fixé droit devant soi. Si cet exercice paraît difficile, ou peu naturel, c'est parce que notre regard a naturellement tendance à sauter vers tout ce qui attire l'attention. Ces petits sauts, que l'on appelle « pro-saccades », sont un exemple d'association automatique entre un événement sensoriel et une action : je croise quelqu'un dans la rue, son visage souriant attire mon attention et, naturellement, je le regarde. Il

<sup>1</sup> I. Cheng W. F., Collet H., *Ah ! Le printemps, le printemps, ah ! Ah ! Le printemps. Haikus de printemps*, Millenont, Moudarren, 1991, p. 67.

s'agit, pour reprendre le vocabulaire des sciences cognitives, d'une association stimulus-réponse et la pro-saccade en est l'archétype. Cette association, avec des millions d'autres, constitue le répertoire de base de ce que l'on peut appeler le pilote automatique du cerveau : une version très améliorée du vieux système réflexe qui nous fait bouger le genou quand le médecin tape avec son marteau.

Dans le terme pro-saccade, le préfixe « pro » précise que la saccade va dans le même sens que le déplacement de l'attention. La pro-saccade est peut-être l'association stimulus-réponse la plus automatique, la mieux ancrée dans le cerveau et la plus souvent réalisée : trois à quatre fois environ chaque seconde<sup>2</sup>, soit plusieurs milliers de fois par heure. Par conséquent, maintenir son regard au loin en évitant de regarder autour de soi est sans doute l'expression la plus directe et la plus simple du contrôle de soi, surtout lorsque l'on croise une personne au physique agréable. C'est une aubaine pour les neuroscientifiques, pour qui le contrôle du déplacement du regard est devenu un modèle de choix pour étudier les bases neuronales du contrôle volontaire<sup>3</sup>. Comment le cerveau désengage-t-il le pilote automatique ?

Au laboratoire, les chercheurs vont un peu plus loin que dans l'exercice que je vous proposais, en poussant le vice jusqu'à demander au sujet de réaliser une anti-saccade, c'est-à-dire une saccade du côté opposé au stimulus qui attire l'attention. En pratique, l'expérience type place la personne face à un écran sur lequel apparaissent des images à gauche ou à droite d'un point central, et l'exercice consiste à réprimer le mouvement réflexe du regard vers l'image qui vient de capturer l'attention pour regarder du côté opposé et vide de l'écran. Pour réaliser correctement une anti-saccade, le cerveau doit inhiber la pro-saccade pour générer une réponse motrice exactement inverse. Il doit donc réprimer

2. Berg D. J. et col., « Free viewing of dynamic stimuli by humans and monkeys », *J. Vis.*, 2009, 9, 5, p. 191-215.

3. Munoz D. P., Everling S., « Look away : The anti-saccade task and the voluntary control of eye movement », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2004, 5, 3, p. 218-228.

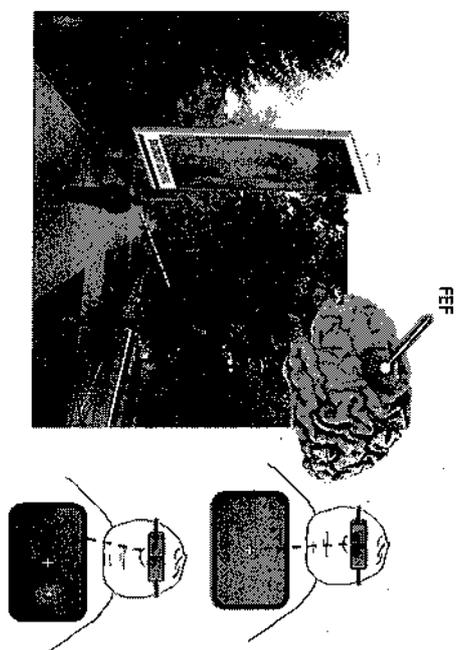


Figure 8.1 Le champ oculomoteur frontal.

Le champ oculomoteur frontal, ou FEF (Frontal Eye Field), est particulièrement actif lors du contrôle volontaire de l'attention et du regard. C'est le cas chez ce passager évitant soigneusement de regarder une affiche pourtant saillante, ou lors de la tâche d'« anti-saccades » au cours de laquelle le participant doit regarder du côté opposé à celui de l'image apparaissant à l'écran.

une association stimulus-réponse réalisée un bon milliard de fois depuis la naissance pour la remplacer par une autre qui n'est pour ainsi dire jamais mise en jeu.

La tâche d'anti-saccade demande donc explicitement au sujet de sortir du mode réflexe dans lequel il est habituellement pour reprendre le contrôle de ses actes, oculomoteurs en l'occurrence. Lorsqu'il réalise correctement une anti-saccade, son comportement n'est plus dicté par l'environnement, mais guidé par sa propre volonté et par les buts qu'il se fixe. D'un point de vue technique, le contrôle de soi se traduit ici par une reprogrammation temporaire et flexible de deux associations stimulus-réponse : regarder vers la droite, au lieu de la gauche, quand une image apparaît à gauche et vice versa. Cette reprogrammation est évidemment temporaire,

puisqu'il s'agit de l'expérience terminée, le sujet revient à ses vieilles habitudes. Elle est aussi flexible : si le sujet recevait l'instruction de faire des saccades vers le haut et vers le bas, il saurait s'adapter sans difficulté. Il existe donc dans le cerveau d'un individu normal un système permettant de désengager le pilote automatique et d'adapter de façon flexible sa façon de réagir à l'environnement : ce système est appelé « système exécutif ». S'il existe dans le cerveau un Maître, le voici.

#### *Jeu, set et match*

En termes simples, le système exécutif détermine quel comportement adopter et quels processus cognitifs mettre en jeu, face à telle ou telle situation. Il intervient en particulier pour désengager le pilote si celui-ci propose une action inadéquate. La tâche de Stroop, que beaucoup utilisent pour définir l'attention exécutive, est un exemple de situation mettant en jeu le système exécutif, puisque le sujet doit inhiber un comportement habituel mais inadapté : la lecture du mot qui s'affiche à l'écran. Dans l'immense majorité des expériences menées au laboratoire, le sujet reçoit une consigne très précise - « si vous voyez apparaître une image à gauche de l'écran, regardez vers la droite » -, si bien que le système exécutif intervient surtout pour mémoriser les règles de l'exercice et les faire appliquer par les autres régions du cerveau. Au sein du système exécutif, ces consignes sont traduites sous forme de mécanismes neuronaux - « si le système visuel détecte l'apparition d'un stimulus, il faut inhiber l'activité du champ oculomoteur pariétal, et programmer un mouvement d'orientation des yeux vers la position opposée à celle du stimulus dans le champ visuel ». Cette version *neuronale* des instructions de la tâche porte le nom anglais de *task set*, que l'on pourrait traduire en français par l'« ensemble de la tâche », qui est un peu ambigu. Le *task set* est donc une mémoire de toutes les associations stimulus-réponse à mettre en jeu pour réaliser correctement la tâche : si A se produit, alors il faut faire B, et si C se produit, alors il faut faire D. La plupart des activités de la vie courante ont leur *task set*. Au volant, les stimuli à prendre en compte, c'est-à-dire les

informations sensorielles qui décident du comportement, sont surtout la distance aux autres véhicules, les panneaux de signalisation et la courbe de la route ; ainsi, si la route tourne à droite (stimulus), il faut tourner le volant dans le même sens (réponse) et si le véhicule devant nous freine (stimulus), il faut appuyer sur la pédale de frein et rétrograder (réponse).

#### *Task set et cortex préfrontal*

Lorsqu'un singe reçoit pour consigne d'appuyer sur une manette quand un rond apparaît à l'écran, et de ne rien faire si la forme est un triangle, celle-ci est mémorisée par des neurones situés dans la partie latérale du cortex préfrontal, communément appelé CPFL - cortex préfrontal latéral (au niveau de la première phalange de l'index, celle la plus loin de l'ongle, dans notre fameux gant de boxe).

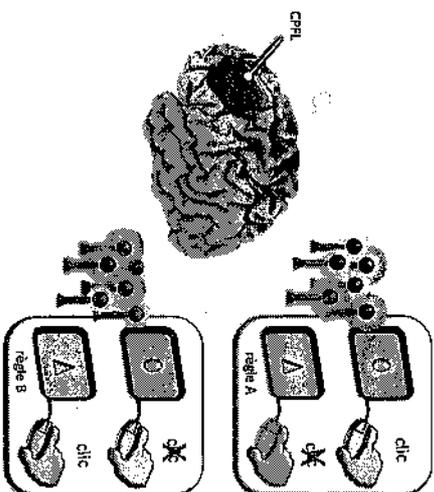


Figure 8.2. Le codage des *task sets* dans le cortex préfrontal. Dans l'exemple du haut, la consigne de l'exercice est de cliquer avec la souris dès qu'un rond apparaît à l'écran, et de ne rien faire le reste du temps. Certains neurones du cortex préfrontal latéral (CPFL) restent actifs toute la durée de la tâche. Lorsque la consigne change et qu'il faut dès lors cliquer lorsqu'un triangle apparaît, les premiers neurones réduisent leur activité et d'autres neurones, voisins, prennent le relais. Ces neurones gardent en mémoire les règles du jeu de l'exercice.

Ces neurones restent actifs pendant toute la tâche et à chaque fois que le cortex visuel informe le CPFL de la présence d'un rond à l'écran, des neurones « si rond, alors appuyer sur levier » reconstituent cette information et envoient un signal vers le cortex moteur pour déclencher le mouvement. Le CPFL est effectivement directement connecté aux cortex prémoteur et moteur, si bien que ses neurones sont parfaitement capables de transmettre un signal aux régions motrices pour déclencher la réponse du singe lorsque les figures apparaissent à l'écran, en fonction de la règle que doit suivre l'animal<sup>4</sup>. Lorsque c'est un triangle qui apparaît à l'écran, ces neurones n'envoient aucun signal vers le cortex moteur. Et si la règle change et que le singe doit maintenant appuyer sur le levier quand un triangle apparaît, ces neurones du CPFL cessent de s'activer, et d'autres neurones voisins prennent le relais, des neurones « si triangle, alors appuyer sur levier ». Ces autres neurones réagissent exactement comme les premiers, mais avec cette fois une préférence pour les triangles. Sur le plan comportemental, le singe ne réagit plus aux ronds, car les neurones « si rond, appuyer sur levier » ne sont plus actifs. Grâce à ce mécanisme simple, le CPFL peut facilement s'adapter à un changement de consigne en inhibant les neurones « si rond, alors... » et en activant les neurones « si triangle, alors... ». L'animal se souviendra de la consigne et continuera à l'appliquer, tant que l'activité des neurones correspondant à cette consigne se maintiendra dans le CPFL. C'est simple, mais il fallait y penser. En observant ces neurones, il est donc possible de connaître la règle que le singe est en train d'appliquer.

Les recherches menées chez le singe suggèrent que les *task sets* sont principalement mémorisés dans le cortex préfrontal, tout à l'avant du gant de boxe (voir encadré). Et ce qui est vrai chez l'animal l'est aussi chez l'homme, même pour des tâches beaucoup plus complexes que celles habituellement proposées aux singes. Si je vous annonce que vous allez voir apparaître deux chiffres sur un écran, et que vous devez décider, dès à présent, de les soustraire ou de les additionner, je peux

4. Tanji J. et col., « Concept-based behavioral planning and the lateral prefrontal cortex », *Trends Cogn. Sci.*, 2007, 11, 12, p. 528-534.

deviner, en mesurant l'activité de votre cortex préfrontal grâce à une IRM, quelle opération vous comptez effectuer ; tout simplement parce que votre activité préfrontale n'est pas la même selon que vous vous préparez à faire une addition ou une soustraction : ce sont deux tâches différentes, qui ont des *task sets* différents et des signatures neuronales différentes. Nous devons ce résultat à l'anglais John-Dylan Haynes<sup>5</sup> et à ses travaux sur le décodage des intentions à partir de la neuro-imagerie. Vous pouvez bien sûr piéger Haynes en changeant d'avis au dernier moment, mais vous devrez pour cela déprogrammer le *task set* « si deux nombres apparaissent, les soustraire », et le remplacer par le *task set* « si deux nombres apparaissent, les additionner », ce qui correspond, pour votre cerveau, à inactiver un réseau de neurones du cortex préfrontal pour en activer un autre. Cela prend du temps, c'est le « coût du changement ». C'est l'un des vieux résultats de la psychologie expérimentale, qui remonte aux travaux d'Arthur Jersild dans les années 1920<sup>6</sup> : il vous faudra plus de temps pour effectuer une addition si vous venez de réaliser une série de soustractions que si vous étiez déjà en train de faire des additions.

La programmation et le maintien en mémoire d'un *task set* demandent un effort, car il faut maintenir actif, de façon continue, un ensemble de neurones du cortex préfrontal. Chez un animal peu motivé, l'activité retombe rapidement et le cerveau revient rapidement à ses vieux automatismes. Masataka Watanabe et son équipe à Tokyo s'en sont aperçus en enregistrant l'activité du CPFL chez des singes tout en faisant varier la récompense reçue après chaque essai réussi<sup>7</sup>, dans une tâche semblable à celle des ronds et des triangles. L'activité des neurones du CPFL chargés de garder en

5. Haynes J.-D., Rees G., « Decoding mental states from brain activity in humans », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2006, 7, 7, p. 523-534.

6. Jersild A. T., « Mental set and shift », *Arch. Psychol.*, 1927, p. 81-89.

7. Watanabe M., « Reward expectancy in primate prefrontal neurons », *Nature*, 1996, 382, 6592, p. 629-632. Je renvoie également le lecteur à l'article de Luis Pessoa sur le lien entre motivation et cognition : Pessoa L., « On the relationship between emotion and cognition », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2008, 9, 2, p. 148-158.

### Sortir des sentiers battus : Le système exécutif face aux habitudes

Le système exécutif permet donc d'associer de façon flexible un ensemble de stimuli avec un ensemble de processus moteurs ou cognitifs, selon un ensemble de règles de type « si A se produit, alors faire B » qui constitue le *task set*. Cela ne signifie pas que toutes les associations stimulus-réponse sont stockées dans le cortex préfrontal, loin de là. Avec l'apprentissage, les associations qui se répètent souvent finissent par avoir leur petit réseau de neurones spécialisé, et l'apparition du stimulus entraîne automatiquement la réponse qui lui est le plus couramment associée. Le cerveau prend l'habitude de réagir de cette façon-là à ce stimulus : l'association est devenue *habituelle*. Le cortex préfrontal intervient surtout pour former des associations nouvelles, dont le cerveau n'a pas l'habitude. Dès qu'une association devient habituelle, et stéréotypée, elle est stockée dans d'autres structures, corticales comme le lobe pariétal – souvenez-vous du bol de cacahuètes – ou sous-corticales comme le striatum. S'il n'y a pas de *task set* actif dans le cortex préfrontal, le cerveau peut tout de même réagir à l'apparition d'un stimulus, en fonction de ses habitudes, par automatisme. Le cas des pro-saccades est un bon exemple ; ce n'est qu'au moment où le cortex préfrontal rentre en action, avec l'activation d'un *task set*, que le cerveau quitte le mode de pilotage automatique et passe dans un mode « contrôlé », pour réaliser des anti-saccades par exemple. Contrôlé par quoi ? Par le système exécutif.

mémoire la consigne était beaucoup plus forte quand les singes recevaient du raisin, leur récompense favorite, que des pommes de terre, un mets qu'ils n'aiment pas trop. Un singe plus motivé est donc plus difficile à distraire de sa tâche, car l'activité neuronale dans le CPFL est plus forte.

### Le set attentionnel

Tout ceci est d'une très grande importance pour le contrôle volontaire de l'attention, car le *task set* ne contient pas seulement les associations stimulus-réponse qui définissent la

tâche, mais également le type d'informations sensorielles à prendre en compte pour la réaliser correctement ; c'est-à-dire les informations auxquelles il faut faire attention. C'est assez logique, car si l'exercice consiste par exemple à réagir le plus vite possible à l'apparition d'un rond rouge lumineux, comme au volant d'une voiture, le cerveau doit être à l'affût de ce type d'événements : tout ce qui est rouge et lumineux doit attirer l'attention. Pour réaliser correctement la tâche, le cerveau doit donc développer momentanément une hypersensibilité pour certaines propriétés physiques – ici la couleur rouge – et pour certains types d'objets ou d'événements, qui ensemble constituent le set « attentionnel » – en anglais *attentional set* – qui se déduit naturellement du *task set*<sup>8</sup>. Le set attentionnel définit ce qui est pertinent pour la tâche et ce qui ne l'est pas. Si l'exercice consiste à appuyer sur un bouton dès que vous entendez un son aigu, le *task set* privilégie la modalité auditive par rapport aux autres modalités sensorielles, et le set attentionnel donne la priorité aux sons aigus. Chez un joueur de échecs, la position des pièces sur l'échiquier fait partie du set attentionnel, mais pas le matériau utilisé pour fabriquer les pièces. Le set attentionnel définit donc toutes les informations sensorielles que l'individu doit prendre en considération pour réaliser correctement la tâche et, par exclusion, tout ce que l'individu peut ignorer sans craindre pour sa performance. D'une certaine façon, tout ce qui ne fait pas partie du set attentionnel – dans l'environnement du joueur ou du sujet – peut être modifié, voire enlevé, sans que l'exercice en soit affecté et sans que le joueur concentre le remarque. Une mauvaise définition du set attentionnel peut avoir des conséquences désastreuses : la sombre histoire des crashes aériens fourmille d'histoires de pilotes passant complètement à côté d'un événement conçu pour être saillant, comme le clignotement d'un voyant lumineux indiquant une panne mécanique, simplement parce qu'il ne fait pas partie du set attentionnel du pilote à cet instant donné. Un même événement peut donc sauter aux yeux d'une personne et passer inaperçu aux yeux

8. Corbetta M., Shulman G. L., « Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2002, 3, 3, p. 201-215.

d'une autre, car tout est fonction du set attentionnel de chacun. C'est ce que nous avons vu dans le chapitre consacré à la capture de l'attention : si vous êtes en train de compter les passes que se font les joueurs blancs dans le film de Dan Simmons, vous ne remarquerez pas le gorille, aussi saillant soit-il, *en principe*. Par ailleurs, le set attentionnel ne dépend pas que de la tâche que vous devez effectuer, mais également de votre stratégie et de votre niveau d'expertise. Pour certains joueurs de tennis de haut niveau, par exemple, le bruit que fait la balle au contact de la raquette de l'adversaire a beaucoup d'importance, alors que la majorité des joueurs du dimanche ne prennent pas cette information en compte. L'expert et le novice n'ont donc pas le même set attentionnel.

Sur le plan neuronal, la mise en place du set attentionnel se traduit par un phénomène de préparation, ou de préactivation, des régions cérébrales spécialisées dans le type d'information à traiter<sup>9</sup>. Si je vous présente des photos d'identité avec le nom de la personne écrit au surligneur par-dessus, l'activité de votre gyrus fusiforme – cette région du lobe temporal si importante pour reconnaître les visages – ne sera pas la même selon que vous devez lire les noms ou reconnaître les visages, et cette différence sera visible dans votre cerveau avant même que vous n'ayez vu la première photo. Il s'agit encore une fois du mécanisme biaisé décrit par Bob Desimone.

Ce système de préchauffage des régions sensorielles repose largement sur le CPFL, le cortex préfrontal latéral<sup>10</sup>. Les neurones qui y retiennent la consigne de la tâche à réaliser, et donc le *task set*, maintiennent aussi en mémoire le type d'information à privilégier dans le cadre de la tâche et donc le set attentionnel. Le CPFL travaille ensuite de concert avec d'autres régions du cortex préfrontal pour moduler l'activité des aires sensorielles, grâce à un ensemble de connexions directes reliant le lobe frontal à ces dernières. La capacité

9. Corbetta M. et col., « The reorienting system of the human brain: From environment to theory of mind », *Neuron*, 2008, 58, 3, p. 306-324.

10. Knight R. T., « Lateral prefrontal syndrome: a disorder of executive control », in DiSposito M. (éd.), *Neurological Foundations of Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MIT Press, 2003, p. 259-279.

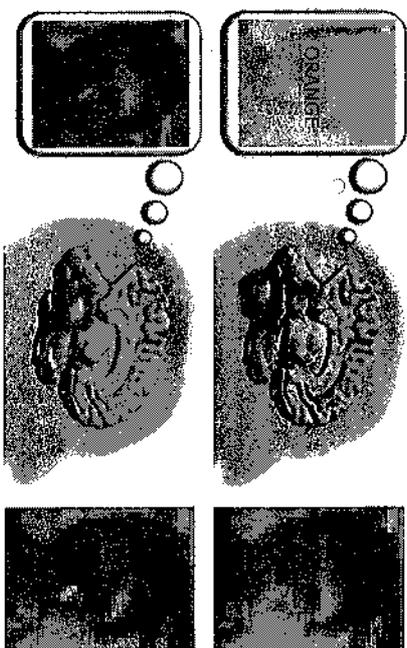


Figure 8.3 L'effet de l'attention au sein du système visuel.

Face à une même image, représentant le mot « orange » écrit sur un visage, l'activité le long du lobe temporal n'est pas la même selon que l'attention se porte sur le mot ou sur le visage. Dans le premier cas, l'activité est élevée dans la partie du gyrus fusiforme spécialisée dans l'analyse des mots, et faible dans celle consacrée aux visages ; la personne voit surtout le mot « orange ». Dans le deuxième cas, c'est l'inverse, et le mot disparaît au profit du visage.

d'un individu à rester concentré sur sa tâche repose donc sur la stabilité de cette influence des régions frontales de « haut niveau » sur les régions sensorielles de « plus bas niveau », selon le mécanisme de contrôle « du haut vers le bas » – le contrôle *top-down* : lorsqu'un singe doit réaliser une tâche de détection visuelle difficile, les aires numérotées 45 et 8 dans le lobe frontal selon le système de Brodmann augmentent la sensibilité des aires visuelles de haut niveau le long de la voie visuelle temporale<sup>11</sup>.

À l'heure actuelle, les recherches sur le contrôle *top-down* de l'attention s'intéressent particulièrement à une région du cortex frontal appelée champ oculomoteur frontal, ou FEF

11. *Ibid.*

(*Frontal Eye Field*), qui doit son nom à son action dans le déplacement volontaire du regard (voir la Figure 8.1, p. 235). Votre FEF intervient dès que vous décidez vous-même de l'orientation de votre regard et de votre attention. Il est donc particulièrement actif quand vous maintenez votre regard fixé sur l'horizon, comme je vous encourageais à le faire en début de chapitre<sup>12</sup>. C'est aussi la région cérébrale qui aurait pu aider Orphée à ne pas se retourner vers Eurypide au sortir des Enfers, dans la fameuse légende grecque. Chez le singe, une petite stimulation électrique du FEF suffit à générer un effet d'orientation attentionnelle<sup>13</sup> : l'activité neuronale se met à augmenter dans le cortex visuel, comme si le singe déplaçait son attention vers une zone précise de l'espace, et sa capacité de détection augmente effectivement pour cette région de son champ visuel. Le FEF peut donc moduler l'activité des neurones du cortex visuel pour engendrer un biais attentionnel « à la Desimone ». Il ne procède d'ailleurs pas seul, mais avec la complicité du sillon intrapariétal, où nous avons déjà trouvé une carte de saillance. Le sillon intrapariétal, ou SIP, qui est cette sorte de grand canyon remontant le long du lobe pariétal, sert alors de relais : lorsque l'on mesure, avec l'IRMf, l'activité d'un cerveau en train de déplacer l'attention visuelle d'un point à un autre de l'espace, l'image révèle la participation du FEF, du SIP et du CPFL<sup>14</sup>. Le lobe pariétal dispose au sein du SIP, je vous le rappelle, de toute la machinerie nécessaire pour déplacer non seulement l'attention, mais aussi le regard, la tête et le corps, avec un petit coup de pouce du cortex moteur. Mais son rôle s'arrête là, car le lobe pariétal ne sait pas stabiliser l'attention sur un stimulus sans l'aide du lobe frontal. Si je vous demande de faire particulièrement attention au coin situé en haut et à gauche de cette page, le SIP

12. Munoz D. P., Everling S., « Look away : The anti-saccade task and the voluntary control of eye movement », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2004, 5, 3, p. 218-228.

13. Moore T., Armstrong K. M., « Selective gating of visual signals by microstimulation of frontal cortex », *Nature*, 2003, 421, 6921, p. 370-373.

14. Rossi A. F. et col., « The prefrontal cortex and the executive control of attention », *Exp. Brain Res.*, 2009, 192, 3, p. 489-497.

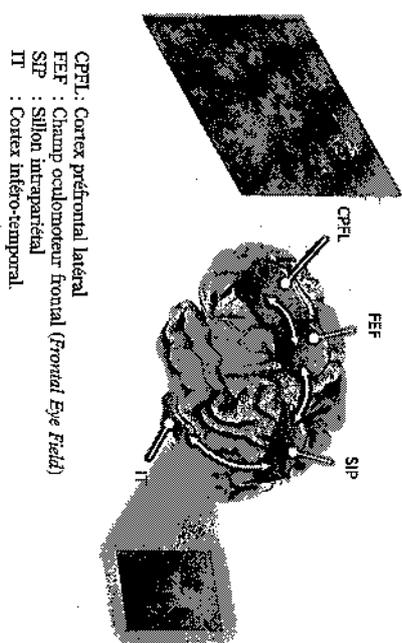


Figure 8.4 Le réseau dorsal de l'attention.

Un enfant recherche sa grenouille parmi d'autres petits personnages. Le long d'une voie dorsale reliant le cortex préfrontal latéral (CPFL), le champ oculomoteur frontal (FEF) et le sillon intrapariétal (SIP), des neurones interviennent pour maintenir active la représentation de l'objet à chercher dans le cortex inféro-temporal (II).

peut faire en sorte, à lui seul, que la réponse du cortex visuel à l'arrivée d'une petite mouche à cet endroit soit plus forte que si l'insecte s'était posé autre part. Le lobe pariétal peut donc produire un biais attentionnel au profit d'une zone particulière de l'espace visuel, quelle qu'elle soit : il peut d'ailleurs le faire tout seul, même lorsque le lobe frontal est trop endommagé pour l'aider, chez les patients dont cette région est lésée – les patients dits « frontaux<sup>15</sup> ». Mais, sans l'intervention du lobe frontal, et du FEF en particulier, ce traitement de faveur ne dure pas : au bout de deux dixièmes de seconde seulement, l'activité neuronale déclenchée par l'arrivée de la mouche chez un patient frontal retombe au

15. Knight R. T., « Lateral prefrontal syndrome : a disorder of executive control », in D'Esposito M. (éd.), *Neurological Foundations of Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MIT Press, 2003, p. 259-279.

niveau qui serait le sien si la bestiole s'était posée ailleurs, en dehors du champ de l'attention : finis les honneurs ! Le SIP peut donc renforcer momentanément la saillance d'un stimulus si celui-ci apparaît dans sa zone d'intérêt, comme le commissariat de police peut alerter le commissaire si quelque chose de louche se produit dans sa zone de surveillance. Mais si le FEF ne prend pas le relais – si le commissaire ne se déplace pas, en quelque sorte –, l'affaire s'arrête là. Le FEF permet de prolonger le biais attentionnel au-delà de deux dixièmes de seconde, pendant un temps arbitrairement long, pour donner un réel avantage aux événements se produisant dans le champ de l'attention.<sup>15</sup> Les patients frontaux n'ont pas cette capacité à prolonger l'effet de l'attention, car le cortex préfrontal n'est pas là pour prendre la relève du cortex pariétal.

La grande force du cortex préfrontal réside dans sa capacité à maintenir le cap. Prenez l'exemple de la mémoire de travail : à force de patience, il est possible d'entraîner un singe à mémoriser pendant quelques instants une image de banane ou de pomme. Pendant ce délai, certains neurones de son lobe temporal ayant vivement réagi à la présentation de l'image restent actifs. Mais si le singe est distrait par n'importe quel stimulus visuel, par la mouche de tout à l'heure par exemple, l'activité de ces neurones s'interrompt au profit d'autres neurones plus sensibles à la mouche. Il fallait s'y attendre, puisque la fonction principale du cortex visuel est de percevoir le monde et pas de le mémoriser. Un singe dont le lobe frontal est lésé oublie l'image qui lui a été montrée à cause du vol de la mouche. L'animal ne peut plus choisir, entre une image de banane et une image de pomme, celle qui vient de lui être présentée. En revanche, un animal dont le lobe frontal est intact parvient à choisir l'image qui lui a été montrée, car il sait réactiver ses neurones du lobe temporal une fois la mouche partie. Ce petit miracle est dû au lobe frontal, où d'autres neurones situés dans le cortex préfrontal, ont eux aussi réagi à la présentation de la banane et ont su maintenir leur activité pendant l'épisode de la mouche. Ce sont ces neu-

16. *Ibid.*

rones qui ont réactivé ensuite ceux chargés de garder la trace du fruit en mémoire dans le lobe temporal<sup>17</sup>. C'est un système ingénieux qui permet aux cortex sensoriels de rester disponibles au monde extérieur pour traiter des événements potentiellement importants, même lorsqu'une information doit être gardée en mémoire.

Les régions du cortex préfrontal qui constituent le système exécutif ont donc pour mission de déterminer ce qui est important et ce qui ne l'est pas, en fonction de la tâche à réaliser et de maintenir cette information en mémoire tout le temps de celle-ci. Le cortex préfrontal joue donc un rôle central dans la mémoire et la concentration<sup>18</sup>. Les patients qui souffrent de lésions du cortex préfrontal ont toutes les peines du monde à maintenir leur attention sur la même tâche de façon prolongée, saut dans le calme absolu. Le moindre événement sensoriel suffit à leur faire oublier ce qu'ils doivent faire ou ce qu'ils cherchent car le cortex préfrontal n'est plus capable de réactiver les régions sensorielles une fois la distraction passée. Et comme la qualité de la concentration dépend de la capacité à fixer son attention et à garder en mémoire le set attentionnel, c'est-à-dire ce qui est important et ce qui ne l'est pas pour la tâche que l'on est en train d'accomplir, ces patients n'arrivent plus à s'abstraire du monde extérieur pour se concentrer. La conduite automobile leur pose des problèmes insurmontables par exemple, parce que le moindre bruit leur fait perdre de vue le trafic et la position du véhicule par rapport à la route.

Et ce n'est pas tout : la personne, ou l'animal, dont le cortex préfrontal est atteint, perd non seulement la capacité de stabiliser son attention, mais également celle de la déplacer, volontairement. Une équipe conduite par Bob Desimone et Leslie Ungerleider l'a montré en étudiant la capacité des singes à changer de cible attentionnelle selon l'état de leur

17. Jonides J. et col., « The mind and brain of short-term memory », *Annu. Rev. Psychol.*, 2008, 59, p. 193-224.

18. Knight R. T., « Lateral prefrontal syndrome : A disorder of executive control », in D'Esposito M. (éd.), *Neurological Foundations of Cognitive Neuroscience*, Cambridge, MIT Press, 2003, p. 259-279.

cortex préfrontal<sup>19</sup>. Les singes devaient simplement regarder un écran, attendre la présentation d'une petite ligne colorée penchée vers la droite ou la gauche, puis déplacer leur attention du côté indiqué par la forme, un peu comme dans la tâche de Posner. Les singes dont le cortex préfrontal était intact n'avaient aucune difficulté à effectuer cette tâche, même quand la direction indiquée par la forme changeait régulièrement. Les singes dont le cortex préfrontal était abîmé, en revanche, n'arrivaient pas à déplacer leur attention de façon aussi flexible. Chez l'homme, des résultats similaires ont été obtenus en utilisant la technique de la stimulation magnétique transcrânienne, ou SMT. La SMT permet de reproduire temporairement et de façon réversible, chez des sujets sains, l'effet de lésions du cortex préfrontal, sans leur faire courir aucun risque, en envoyant des petites impulsions magnétiques très courtes dans le cerveau. En inactivant ainsi la partie supérieure du cortex préfrontal latéral, le fameux CPFL, l'équipe de Robert Zatorre à Montréal a constaté que les sujets ne parvenaient plus à déplacer leur attention entre une source d'information visuelle et une source d'information sonore. Sans cortex préfrontal, le cerveau perd donc toute sa flexibilité attentionnelle<sup>20</sup>. Sans votre CPFL en particulier, vous seriez incapable de faire glisser volontairement votre attention de la page de ce livre vers les conversations alentour, avant de revenir à votre lecture.

#### *L'empire contre-attaque*

Le monde extérieur fourmille de distractions. La force d'attraction de l'environnement s'exerce par l'intermédiaire des mécanismes de capture et de captivité que nous avons évoqués aux chapitres précédents. La clé de la résistance à ces distractions réside dans la capacité du système exécutif à

19. Rossi A. F., et col., « The prefrontal cortex and the executive control of attention », *Exp. Brain Res.*, 2009, 192, 3, p. 489-497.

20. Johnson J. A. et col., « The role of the dorsolateral prefrontal cortex in bimodal divided attention : Two transcranial magnetic stimulation studies », *J. Cogn. Neurosci.*, 2007, 19, 6, p. 907-920.

contrer un par un chacun de ces mécanismes. Les petits circuits qui relient le cortex préfrontal, à l'avant du cerveau, aux cortex sensoriels, à l'arrière du cerveau, constituent le fondement de ce que nous appelons le contrôle volontaire de l'attention, et la capacité de concentration. Nous avons vu par exemple que l'attention s'oriente spontanément vers les éléments les plus naturellement saillants de l'environnement, comme les affiches publicitaires ou les écrans vidéo. En agissant directement sur le cortex pariétal et sur les autres sensorielles du lobe temporal, le cortex préfrontal dispose d'un moyen efficace pour contrôler ces déplacements spontanés en déterminant lui-même ce qui est saillant et ce qui ne l'est pas. Au sein du cortex préfrontal, le système exécutif fixe un certain nombre d'objectifs et les informations à prendre en compte pour les atteindre ; puis augmente de façon sélective l'activité des régions sensorielles les plus sensibles à ces informations. S'il s'agit de la fréquence d'un son, le cortex auditif est favorisé ; et s'il s'agit de l'identité d'un visage, le gignant est le gyrus fusiforme, ainsi que toutes les régions qui l'aident dans son travail. Ces populations de neurones deviennent alors plus sensibles, plus réactives, en un mot plus efficaces, pour extraire ces informations de l'environnement.

L'action des régions préfrontales sur les autres sensorielles consiste donc à relever l'activité et la sensibilité des neurones les plus utiles pour la tâche que vous êtes en train d'accomplir, et éventuellement à diminuer celles des autres neurones. Sous cette influence, l'attention ne se déplace plus au gré du vent, vers les stimuli les plus colorés, les plus brillants, les plus bruyants ou les plus sympathiques, mais en fonction des objectifs que vous vous êtes fixés ; il y a quelque un à la barre pour maintenir le cap, et pour en changer le moment venu. D'autres mécanismes viennent ensuite aider le système exécutif à résister à la captivité motrice, émotionnelle et cognitive. C'est le thème des deux chapitres suivants.

NAc, NAc, NAc...

Cela dit, un cortex orbito-frontal en bon état n'est pas la garantie d'une conduite raisonnable. Encore faut-il que celui-ci puisse réellement influencer la prise de décision et le comportement, car la compétition est rude entre cette région frontale et les régions postérieures plus sensibles au court terme, comme le petit groupe formé de l'amygdale et de sa voisine immédiate l'hippocampe. Ce processus de délibération, voire de compétition, entre le court terme et le long terme n'est nul part plus visible que dans le *nucleus accumbens*, que nous surnommerons NAc. Le NAc n'est pas un nouvel animal de compagnie, mais cette petite structure sous-corticale du circuit de récompense que j'ai évoquée plusieurs fois et qui fait partie des quelques « centres du plaisir » du cerveau, ceux dont la simple stimulation suffit à générer une sensation de plaisir<sup>9</sup>. Ce NAc est sous l'influence directe du cortex préfrontal d'une part, où se situe le COF, et du groupe amygdale/hippocampe d'autre part, avec une petite différence dans le processus de communication chimique utilisé le long de ces deux voies. Cette petite différence réside dans la façon dont les neurones du NAc réagissent à la dopamine (voir encadré) : la lutte d'influence entre le cortex préfrontal et l'amygdale et l'hippocampe peut donc tourner au profit de ces dernières de deux façons : si le niveau de dopamine présente dans le NAc monte au-dessus d'un certain seuil, le NAc cesse temporairement de réagir au cortex préfrontal ; il ne l'écoute plus. Si ce phénomène se prolonge, ce sont ensuite les connexions entre ces deux structures qui dégènerent : le NAc finit par ne plus entendre le cortex préfrontal. Et l'animal, ou la personne, finit par se comporter comme si elle n'avait pas de cortex orbito-

9. Le spécialiste de la neurobiologie du plaisir, Morten Kringsbach, n'hésite pas à parler de *hedonic hotspot*, c'est-à-dire de « point chaud hédonique ». Kringsbach M. L., Berridge K. C., « Towards a functional neuroanatomy of pleasure and happiness », *Trends Cogn. Sci.*, 2009, 13, 11, p. 479-487.

frontal<sup>10</sup>. L'amygdale et l'hippocampe prennent le contrôle du NAc, et dicent pour une bonne part le comportement et l'attention de l'individu vers les récompenses à court terme.

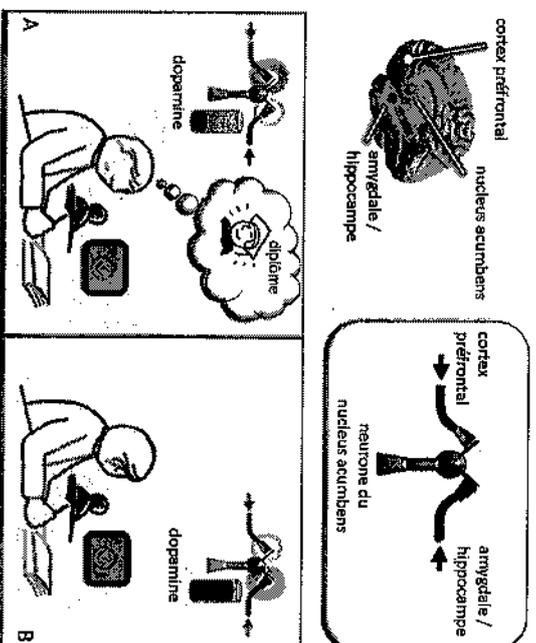


Figure 9.2 Guerre fratricide au sein du *nucleus accumbens* (NAc).

Le NAc est soumis à l'influence du cortex préfrontal et du complexe formé de l'amygdale et de l'hippocampe. Lorsque le niveau de dopamine est modéré dans le NAc, l'influence préfrontale domine et le comportement est principalement dirigé par des considérations à long terme. Lorsque ce niveau dépasse un certain seuil, c'est l'influence de l'hippocampe qui domine. Le comportement devient stéréotypé et guidé par le court terme.

10. Grace A. A. et col., « Regulation of firing of dopaminergic neurons and control of goal-directed behaviors », *Trends Neurosci.*, 2007, 30, 5, p. 220-227.

### Une guerre neuronale pour le contrôle du NAc

Si vous voulez savoir pourquoi vous avez craqué sur le gâteau au chocolat exposé en vitrine, lisez bien ce qui suit. Sans trop entrer dans les détails, sachez que les neurones du NAc possèdent sur leurs branches – les dendrites – plusieurs types de récepteurs à la dopamine. Ces récepteurs sont chargés de recevoir la dopamine que les neurones du cortex préfrontal de l'amygdale et de l'hippocampe leur envoient. Ils ont donc pour fonction de réagir dès qu'une molécule de dopamine vient se poser sur eux en déclenchant une cascade de réactions chimiques qui finit par modifier le potentiel électrique du neurone du NAc. Quand ce potentiel dépasse un certain seuil, le neurone s'active, avec apparemment une sensation très agréable à la clé, si l'on considère l'ardeur avec laquelle les rats d'Olds et Miller stimulent cette région. Mais les neurones du cortex préfrontal, notamment ceux de l'OFC, et ceux de l'amygdale et de l'hippocampe n'envoient pas leur dopamine vers les mêmes récepteurs des neurones du NAc. Pour illustrer ce principe, je m'appuierai sur l'exemple qu'utilise l'un des spécialistes du circuit de récompense, Anthony Grace à Yale, pour rendre compte de la compétition entre une structure « raisonnable » du cortex préfrontal, comme l'OFC, et une structure moins raisonnable, comme l'hippocampe.

Tout le mécanisme repose sur le fait que les récepteurs utilisés par le cortex préfrontal fonctionnent mieux lorsque la concentration de dopamine dans le NAc est faible, tandis que les récepteurs utilisés par les neurones de l'hippocampe fonctionnent mieux à des concentrations élevées. Donc, quand la concentration de dopamine augmente, les neurones du NAc réagissent moins aux signaux provenant du cortex préfrontal et plus à ceux provenant de l'hippocampe. Le comportement s'oriente alors naturellement vers ce qui stimule le plus le NAc, c'est-à-dire, dans ce cas, vers ce qui fait réagir l'hippocampe et l'amygdale : les choses que vous avez l'habitude de choisir, indépendamment de votre nouveau souhait de rester mince ; et, forcément, vous vous jetez sur le gâteau au chocolat.

Au-delà d'une certaine concentration de dopamine, le NAc finit par ne plus écouter du tout le cortex préfrontal, exactement comme si celui-ci était inactivé ou lésé. Un animal ou une personne dont le NAc baigne dans la dopamine se met à rechercher tout ce qu'il associait par le passé à une récompense, même si ce n'est plus le

cas aujourd'hui, exactement comme ces rats sans OFC qui se lèchent les babines à l'annonce d'une nourriture qui les a pourtant rendus malades la veille. Il ne suffit donc pas d'avoir un cortex orbito-frontal en bonne santé pour être raisonnable, encore faut-il que celui-ci puisse se faire écouter du NAc. Et si le niveau de dopamine se maintient pendant trop longtemps à un niveau trop élevé dans le NAc, sous l'effet, par exemple, de stimulations répétées venant de l'hippocampe et de l'amygdale lorsque l'animal est au contact prolongé de stimuli agréables, un autre phénomène se produit : les connexions reliant l'hippocampe au NAc se renforcent, tandis que celles reliant ce dernier au cortex préfrontal s'affaiblissent. Dans le vocabulaire des neurosciences, on parle alors de « potentialisation à long terme » dans le premier cas et de « dépression à long terme » dans le second, deux termes qui traduisent bien le caractère durable du phénomène.

Les recherches sur la toxicomanie montrent que ce mécanisme est au cœur du phénomène d'addiction. Toutes les drogues addictives augmentent en effet, de manière directe ou indirecte, la quantité de dopamine présente dans le NAc, avec les conséquences qui viennent d'être décrites. Les études menées chez des rats montrent clairement que la consommation de drogue entraîne un renforcement de l'influence de l'hippocampe sur le NAc au détriment de celle du cortex préfrontal. Et ce n'est pas tout : un groupe mené aux États-Unis par Hans Crombag<sup>11</sup> a rendu des rats toxicomanes en les faisant s'autoadministrer des amphétamines pendant quelques semaines. Au bout d'un mois seulement, des changements structurels s'étaient produits dans leur cortex orbito-frontal : les épines dendritiques, ces petites pointes situées sur les dendrites des neurones qui leur permettent de recevoir le signal émis par les autres neurones, avaient en partie disparu. Le phénomène d'addiction avait donc entraîné une diminution de la capacité des neurones du cortex orbito-frontal à échanger

11. Crombag H. S. et col., « Opposite effects of amphetamine self-administration experience on dendritic spines in the medial and orbital prefrontal cortex », *Cereb. Cortex*, 2005, 15, 3, p. 341-348.

de l'information. Le comportement des rats s'était lui aussi modifié : dès la troisième semaine d'intoxication, les animaux commençaient à manifester des difficultés pour établir ces fameux liens de cause à effet à long terme entre un événement et une punition subie quelques heures plus tard. Les addictions ont donc un effet très néfaste sur le cortex orbito-frontal. Chez l'homme d'ailleurs, les adultes souffrant de problèmes d'addiction à la cocaïne ou à l'alcool par exemple, ont souvent des problèmes de comportement rappelant ceux des patients atteints de lésions de l'OFPC : et les mesures de métabolisme réalisées dans le cortex orbito-frontal des toxicomanes révèlent une activité plus faible que chez les sujets sains.

Tout cela fait froid dans le dos, mais... et l'attention dans tout ça ? Quel est le rapport entre les comportements addictifs et l'attention ? Placez une bouteille d'alcool à proximité d'un alcoolique et observez sa réaction : capture de l'attention, captivation motrice, émotionnelle... tout y est. L'attention subit à chaque instant la contrainte très forte du circuit de récompense. Elle se porte toujours volontiers, et le plus longtemps possible, sur un stimulus apte à stimuler le NAc, car l'activité de cette petite structure est interprétée par le cerveau comme un encouragement à continuer ce qu'il est en train de faire. Le circuit de récompense détermine donc pour une large part ce que nous trouvons attirant, c'est-à-dire ce qui attire l'attention. La capacité à rester concentré dépend donc de l'équilibre des forces au sein du circuit de récompense. Si l'influence du cortex orbito-frontal sur le NAc est faible, ce dernier est surtout sous l'influence de l'amygdale et de l'hippocampe, qui réagissent selon des critères habituels d'appréciation à court terme : J'en vidéo ? J'aime ! Réviser mes cours ? J'aime pas ! Et dans le cas extrême des addictions, l'attention erre sans cesse comme un chien à la recherche d'un os.

### *Une femme olympique*

Bien, mais faire attention, cela ne consiste pas simplement à juger passivement du caractère plaisant ou déplaisant de ce que l'on a devant soi. Faire attention, c'est aussi faire quelque chose, c'est-à-dire mettre en jeu des processus neuronaux – comme dans la tâche de Stroop décrite au premier chapitre – ou franchement se préparer à agir, selon la définition donnée par certains de *l'attention motrice*<sup>12</sup>. Qu'ai-je intérêt à faire maintenant ? Rester concentré sur l'écriture de mon livre ou bien me lever pour aller boire un thé ? Bien sûr, toutes les régions capables d'estimer la valeur d'une situation ont leur mot à dire, car, par déduction, le cerveau privilégie les actions qui, dans une situation donnée, vont conduire à une situation jugée meilleure par le circuit de récompense. Pour le cerveau d'un rat, ou celui d'un homme, le fait d'entrer dans la pièce où son repas va être servi est évidemment une action utile.

Mais il semble tout de même exister dans le cerveau des régions servant explicitement à mémoriser l'utilité d'une action dans un contexte donné. Le cortex orbito-frontal évalue surtout le caractère attirant des objets et des situations. Mais pour ce qui est des actions, la neurophysiologie semble désigner une autre structure, voisine du COF : le *gyrus cingulaire antérieur*, du latin *cingulum* désignant une ceinture. Le *gyrus cingulaire* doit effectivement son nom à sa forme de ceinture qui entoure le corps calleux au niveau du mur vertical séparant les deux hémisphères. En réalité, sa forme évoque plutôt une banane : si vous tenez une banane horizontale devant vous au niveau de vos yeux, en la tournant de façon à ce qu'elle pointe vers votre nez comme un canoté retourné, vous aurez une bonne idée de ce à quoi ressemble le *gyrus cingulaire*, et d'où il se situe. Il suffirait alors de

12. Rushworth M. F. et col., « Complementary localization and lateralization of orienting and motor attention », *Nat. Neurosci.*, 2001, 4, 6, p. 656-661.

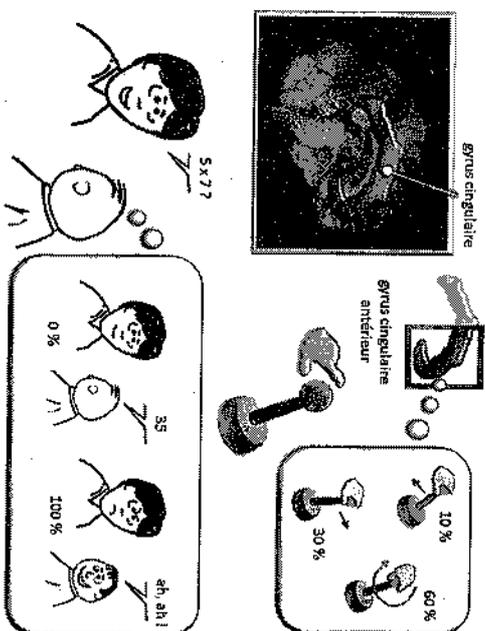


Figure 9.3 Le gyrus cingulaire antérieur.

Cette région du cerveau semble capable d'évaluer la bénéfice escomptée d'une action, dans un contexte donné. Il peut s'agir de la probabilité d'obtenir une récompense selon que l'on tire, que l'on pousse ou que l'on tourne un levier, ou de la probabilité d'être puni si l'on s'amuse avec son voisin au lieu de répondre au professeur.

déplacer la banane d'une dizaine de centimètres vers l'arrière de votre tête pour que les deux coïncident. Mais vous ne le feriez pas, car votre gyrus cingulaire vous aurait justement informé des conséquences désastreuses d'un tel geste. Comme les bananes, le gyrus cingulaire a deux bouts. L'un de ces bouts est à l'avant du cerveau, entouré par le cortex frontal, et c'est cette partie que l'on appelle le gyrus cingulaire antérieur. L'autre bout plonge vers le cortex occipital, en longeant le cortex pariétal, c'est le gyrus cingulaire postérieur, qui fait partie du réseau par défaut.

Il y a quelques années, le prix Nobel Francis Crick, découvreur de la structure en double hélice de l'ADN, avait fait du gyrus cingulaire antérieur le siège du libre arbitre, dans un

livre intitulé *L'Hypothèse stupéfiante*<sup>13</sup>. C'est dire la fascination que provoque ce petit bout de cortex. Sans forcément adhérer à cette opinion radicale, il faut admettre que le gyrus cingulaire antérieur a des propriétés étonnantes. Crick cite le cas d'une femme ayant récupéré d'une lésion de cette région, et décrivant s'être sentie incapable de *vouloir* quoi que ce soit pendant les mois qu'avait duré son calvaire. L'expérience vécue par cette femme s'explique si le gyrus cingulaire joue pour le choix des actions un rôle semblable à celui du cortex orbito-frontal pour le choix des objets, des situations et des stimuli : souvenez-vous de ces rats dont on avait inactivé le cortex orbito-frontal et qui ne savaient plus choisir entre deux stimuli. Agir de façon volontaire, c'est choisir une action entre plusieurs possibles ; si toutes les actions possibles vous paraissent équivalentes, vous n'avez aucune raison d'en choisir une en particulier, et vous restez bloqué à l'instar de cette femme. Le parallèle se traduit également sur le plan anatomique, puisque le gyrus cingulaire antérieur est étroitement connecté avec les régions moitrices du cortex, tandis que le cortex orbito-frontal est surtout connecté avec les régions sensorielles.<sup>14</sup>

Pour différencier les mécanismes permettant de choisir entre objets et actions, Matthew Rushworth et son équipe à Oxford ont imaginé un dispositif, comprenant une manette bleue et une manette jaune, qui peuvent chacune être tirée, poussée ou tournée.<sup>15</sup> Ils ont ensuite enregistré l'activité des neurones du gyrus cingulaire antérieur et du cortex orbito-frontal chez des singes occupés à manipuler cette machine. L'expérience était conçue de façon à ce que les singes reçoivent une récompense à chaque fois qu'ils poussaient la manette bleue. L'équipe s'est alors aperçue que les neurones du cortex orbito-frontal apprennent rapidement à signaler la

13. Crick F., Proulx H., *L'Hypothèse stupéfiante : à la recherche scientifique de l'âme*, Paris, Plon, 1994.

14. Rushworth M. F. et col., « Contrasting roles for cingulate and orbitofrontal cortex in decisions and social behaviour », *Trends Cogn. Sci.*, 2007, 11, 4, p. 168-176.

15. Kennerley S. W. et col., « Optimal decision making and the anterior cingulate cortex », *Nat. Neurosci.*, 2006, 9, 7, p. 940-947.

bonne manette, en s'activant dès que le singe l'apercevait – ce qui conforte ce que nous savons de cette région. En revanche, les neurones du gyrus cingulaire antérieur réagissaient, quant à eux, en fonction du mouvement que le singe s'apprêtait à faire, comme pour signaler la bonne action à réaliser.

Le gyrus cingulaire antérieur apparaît donc comme une sorte de compagnon de route du cortex orbito-frontal, plus spécialement intéressé par la valeur des actions. On retrouve d'ailleurs dans le gyrus cingulaire la capacité d'abstraction du cortex orbito-frontal : l'équipe de Rushworth a constaté que les singes choisissent leurs actions en fonction de ce qui marche le mieux « en moyenne ». Les singes dont le gyrus cingulaire antérieur ne fonctionne pas en sont incapables, et leur décision dépend uniquement du résultat de leur dernière action. Ils sont donc complètement perdus dans des situations où il faut par exemple tourner la manette en moyenne six fois sur dix, pour obtenir la récompense, et le reste du temps la tirer ou la pousser. Un singe normal s'en sort tout de même : il finit par comprendre qu'il a tout intérêt à tous jours tourner la manette, pour être récompensé six fois sur dix, et tant pis pour les quatre autres. Sans gyrus cingulaire antérieur, le singe est incapable de voir se dégager une logique, ni de dresser un bilan de ses actes et de leurs conséquences prenant en compte autre chose que le passé immédiat. Il est incapable de considérer les résultats de ses actions de façon globale pour en tirer une stratégie optimale. Cette région semble donc tenir une sorte de registre des récompenses et punitions reçues après chacune des actions réalisées pour en extraire des régularités, des tendances sur ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas face à cette situation ; bref, une sorte de petit manuel sur la bonne façon de se comporter dans une expérience de laboratoire, en société ou ailleurs.

Le gyrus cingulaire antérieur réagit donc fortement à chaque fois que l'animal, ou la personne, a conscience qu'il se trompe, à tel point que cette région a longtemps été considérée comme un détecteur d'erreur. Mais il s'agirait plutôt d'une mise à jour du manuel, car le rôle de cette structure ne se limite pas à l'analyse des erreurs ; ses neurones sont avides de

toutes les informations concernant ce qui est efficace et ce qui ne l'est pas<sup>16</sup>, « a-t-il bien fait, ou non ? ». Chez le singe ou chez l'homme, le gyrus cingulaire est donc actif dès que le cerveau est dans une phase d'exploration active, à la recherche de la meilleure façon d'agir. Dès qu'il a trouvé comment faire, l'activité du gyrus cingulaire antérieur retombe, jusqu'à la prochaine erreur.

Grâce à son petit manuel, cette zone peut rappeler le bénéfice escompté de chaque action et donc l'intérêt à agir. S'il n'était pas là, le cerveau ne verrait pas l'intérêt d'engager des dépenses énergétiques importantes pour déplacer le corps. Le gyrus cingulaire antérieur joue donc un rôle important dans la motivation, si bien que dès qu'un animal doit réaliser une action difficile ou fatigante pour obtenir une récompense, il s'active. La perspective d'obtenir la récompense compense l'impression immédiate de punition ressentie au moment de faire l'effort. D'ordinaire par exemple, un rat qui a le choix entre une petite récompense facile à obtenir et une très grosse récompense un peu plus dure à atteindre choisit la deuxième option. Mais le même rat choisit plutôt la première solution si son gyrus cingulaire antérieur a été inactivé<sup>17</sup>. Les lésions du gyrus cingulaire antérieur rendent donc les rats paresseux et à l'affût de petits gains faciles. C'est peut-être pourquoi la patiente dont parlait Francis Crick n'arrivait pas à se motiver pour agir.

16. Parmi les expériences que nous avons menées chez les patients épileptiques à Lyon et à Grenoble, nous avons pu, avec Julien Jung, observer directement la sensibilité du gyrus cingulaire à ce type d'information. Nous avons conçu un petit jeu vidéo très facile demandant simplement aux patients d'appuyer deux fois de suite sur un bouton à une seconde d'intervalle, en étant le plus précis possible ; et après chaque essai un petit signal leur montrait leur niveau de performance. Sans surprise, le signal électrique enregistré directement dans le gyrus cingulaire des patients réagissait fortement à l'indication de performance, qu'elle ait été mauvaise ou bonne, voire excellente. Jung J. et col., « Brain responses to success and failure : Direct recordings from human cerebral cortex », *Hum. Brain Mapp.* 2010, 8, p. 1217-1232.

17. Rushworth M. F. et col., « Contrasting roles for cingulate and orbitofrontal cortex in decisions and social behaviour », *Trends Cogn. Sci.*, 2007, 11, 4, p. 168-176.

Le gyrus cingulaire antérieur permet donc au cerveau de « remonter le courant » pour privilégier un processus qui demande un effort au détriment d'un autre plus automatique, plus naturel et moins fatigant. Et cette notion d'effort s'entend au sens large, en incluant les efforts cognitifs : une institutrice qui demande à ses élèves de multiplier deux nombres ne leur demande pas un effort moteur, mais un effort cognitif, un effort de concentration. Le rôle du gyrus cingulaire antérieur s'applique également à ce type d'efforts et notamment aux efforts d'attention. Prenez le cas du test de Stroop, qui définit l'attention dite exécutive ; le sujet voit apparaître à l'écran le mot VERT écrit en rouge, et doit répondre ROUGE. Il doit donc inhiber un processus automatique de lecture et activer à la place un processus difficile et inhabituel consistant à nommer la couleur de l'encre. Sans surprise, le test de Stroop active le gyrus cingulaire antérieur, qui est considéré pour cette raison comme l'une des principales régions du réseau de l'attention exécutive<sup>18</sup>. Dès qu'une activité demande un effort de concentration, le gyrus cingulaire antérieur intervient.

En conclusion, le contrôle volontaire de l'attention dépend d'un ensemble de régions situées dans le lobe frontal capable de prendre en compte les conséquences à long terme d'une situation ou d'une action. J'insiste sur ce point : *le contrôle volontaire de l'attention est avant tout un contrôle de l'attention par des objectifs à long terme*. Le cortex orbito-frontal et le gyrus cingulaire antérieur font partie de ces régions frontales capables de prendre en compte le long terme et de résister aux distractions immédiates. Elles interviennent à chaque instant pour résister au pouvoir de captivation de notre environnement ou de nos pensées. Le gyrus cingulaire sonne l'alarme quand notre corps s'emballe sous l'influence d'une captivation motrice. Le cortex orbito-frontal résiste à la captivation émotionnelle, en diminuant l'excitation causée dans le noyau accumbens par une image alléchante, au sortir d'un virage à 200 km/h. Le cortex préfrontal latéral rappelle à tout

18. Raz A., Buhle J., « Typologies of attentional networks », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2006, 7, 5, p. 367-379.

moment la route à suivre, et évite ainsi la captivation cognitive. L'image est un peu simpliste, mais sert d'illustration. Aucune de ces régions ne remplit seule sa mission, mais elles s'insèrent dans un réseau frontal, où tout le monde coopère : le fameux système exécutif.

Quand ce réseau ne fonctionne pas, ou mal, l'attention est sous l'emprise de réactions stéréotypées à l'environnement ; des régions comme l'amygdale et l'hippocampe, ou comme le lobe pariétal, prennent le contrôle du circuit de récompense et du cortex moteur pour privilégier les situations et les actions le plus souvent récompensées ou le plus souvent accomplies par le passé. Le comportement et les déplacements de l'attention deviennent alors rigides, prédictibles et déterminés par le gain à court terme. La clé du contrôle volontaire de l'attention semble donc résider dans la capacité du cortex préfrontal à motiver le comportement en fonction de bénéfices escomptés à long terme et non plus seulement en fonction des habitudes et du gain immédiat. L'attention est alors guidée par une *vision stratégique*.

La vie est *Dakcha*, dit le canon bouddhiste, c'est-à-dire « souffrance », « insatisfaction »... et « tension ». Le serait-elle autant si la délibération avait lieu dans une toute petite salle avec juste deux ou trois chaises ? La grande bénédiction et la grande malédiction de l'homme, c'est que la salle est grande, très grande, dans le cerveau humain, à cause de son incroyable capacité à anticiper les conséquences de ses choix : « Si je ne commence pas à organiser le dîner dès maintenant, rien ne sera prêt quand mes amis arriveront ! » N'allez pas chercher plus loin le propre de l'homme : cette formidable capacité d'anticipation est propre à notre espèce. Nous la devons largement à notre cortex préfrontal, qui occupe près d'un tiers de la surface totale de notre cortex, contre un dixième chez le singe et un trentième chez le chat. Sans cortex préfrontal, le choix de nos actions se résumerait, comme dans la quasi-totalité du règne animal, à un vote entre M. Manger, Mme NePasSeFaireManger et quelques autres. Mais ce n'est pas le cas, et notre salle des débats est un véritable amphithéâtre, une grande salle pleine de râleurs qui se plaignent toujours de ne pas être assez pris en compte.

#### *Tout dépend du contexte*

Le cerveau a trois façons de réagir à cette cacophonie : une bonne et deux mauvaises. La première consiste à suivre l'un des objectifs en oubliant tous les autres. C'est *Hyperfocalisation*, dont le moteur est la captivité, sous chacune de ses formes : le mathématicien se perd dans ses raisonnements et se fait renverser par un bus, le *gamer* s'immerge pendant deux jours dans son jeu vidéo en oubliant de manger, et je me perds dans mes pensées en oubliant la réunion à laquelle je participe. Ce n'est pas forcément la bonne solution, car aucun de nous trois n'est vraiment maître de son attention. La deuxième solution consiste à chercher à remplir tous les objectifs, dans une frénésie d'action. C'est la *dispersion*. Dès qu'un objectif est en voie d'être satisfait, je passe sans transition au suivant ; je regarde la télé, tout en envoyant un SMS, en vérifiant mes mails et en pensant à la liste de courses de ce soir.

Je suis multitâche. Cette solution n'est pas forcément la bonne non plus, car en faisant tout, je ne fais rien... de bien. Mon attention est partout et nulle part à la fois. La troisième solution, la bonne, consiste à organiser stratégiquement mon effort, en privilégiant temporairement un objectif sans pour autant oublier les autres. Mon cerveau a un plan et sait ce qu'il doit faire et à quel moment. J'écoute l'exposé avec attention, tout en sachant que je devrai ensuite préparer ce dîner. Mais cette perspective ne me gêne pas, car j'ai prévu un moment pour y réfléchir, et tout sera prêt à temps pour ce soir.

Quand nous sommes engagés dans une tâche visant un objectif, les autres objectifs que nous souhaitons atteindre, consciemment ou inconsciemment, forment un *contexte* pour cette tâche. Même une tâche très simple de laboratoire, comme celle de Posner, s'insère dans un contexte plus large : le sujet accepte de faire l'exercice à condition que celui-ci ne dure pas trop longtemps, car il doit être rentré chez lui à 17 heures. Ce contexte l'amène à surveiller régulièrement l'heure, et son cerveau n'est donc pas vraiment dans une situation de monotâche, avec un seul et unique objectif. Toutes les contraintes supplémentaires de ce type, liées au contexte dans lequel s'inscrit l'activité du moment, sont des facteurs de distraction. L'individu hyperfocalisé oublie totalement ce contexte. L'individu dispersé se laisse au contraire envahir par lui. Mais aucun des deux n'est maître de son attention. La vraie maîtrise se situe entre ces deux extrêmes, chez celui qui sait faire momentanément abstraction du contexte, sans pour autant l'oublier.

C'est au système exécutif que revient la difficile tâche de trouver cet équilibre entre recul et engagement. Et pour être franc, nous ne savons pas encore vraiment comment il s'y prend. Ce que nous savons, c'est que ce travail dépasse les capacités du cortex orbito-frontal et du gyrus cingulaire. Il s'agit là d'un processus complexe de planification stratégique, qui nécessite l'ensemble du cortex préfrontal. Etienne Koechlin à Paris s'intéresse depuis plus de dix ans à la façon dont le cerveau parvient à effectuer une tâche tout en gardant en mémoire le contexte dans lequel elle s'inscrit. Ses travaux

La résolution des récepteurs sensoriels les plus élémentaires. L'attention peut donc se porter à des niveaux très divers, depuis le niveau de finesse absolue de ces récepteurs sensoriels, jusqu'à celui beaucoup plus intégré des aires associatives, où ce ne sont pas les caractéristiques physiques du stimulus qui comptent, mais son sens. Bien définir la cible de son attention, c'est aussi et surtout définir à quel niveau la situer. La maîtrise de l'attention passe donc par l'acquisition d'une certaine fluidité dans les déplacements d'un niveau à un autre, pour la placer à chaque fois *au bon niveau*.

#### *Du local au global*

Prenons un exemple concret : dans le cas de la vision, le niveau le plus fin est fixé par la résolution du cortex visuel primaire. Il s'agit de celui auquel vous devriez placer votre attention si vous souhaitiez mémoriser parfaitement l'image qui est sous vos yeux, en vous souvenant précisément de la courbe de chacune des lettres du prénom « Elsa », et de l'inclinaison précise des branches du « E » et de la courbe du « S », sans oublier l'espacement entre chacun de ces quatre caractères. Je vous propose de faire l'expérience suivante : lisez ce paragraphe jusqu'au bout, en cherchant attentivement d'éventuelles fautes d'orthographe, puis reprenez la lecture à cet endroit précis. Bien, qu'avez-vous retenu du texte ? En principe, pas grand-chose. Lorsque vous faites attention à l'orthographe, vous placez spontanément votre attention à un niveau plus local que celui auquel vous la placeriez pour lire le texte en le comprenant. À ce niveau, il est plus difficile de retenir le sens du texte. Les régions qu'il faudrait activer pour réellement comprendre ce dont traite ce paragraphe, au sein des aires de Broca et Wernicke, sont en veilleuse. À l'inverse, quand vous lisez un texte normalement, ce sont les niveaux d'analyse les plus précis qui sont défavorisés<sup>3</sup>. Quelle était la

3. Mainy N. et col., « Cortical dynamics of word recognition », *Hann. Brain Mapp.*, 2008, 29, 11, p. 1215-1230.

police d'imprimerie du dernier texte que vous ayez lu avant celui-ci ? Comportait-il des fautes d'orthographe ? Combien ? Faisiez-vous vraiment attention à l'orthographe ?

Lisez maintenant la phrase suivante : « J'ai fait une grosse faute d'orthographe<sup>4</sup>. » Même quand les lettres sont chamboulées, les mots restent reconnaissables et relativement faciles à lire. Mais sauriez-vous réécrire cette phrase de mémoire, en respectant l'ordre des lettres ? En principe non, parce que vous l'avez lue sans faire vraiment attention à leur position exacte ; mais si vous la relisiez maintenant, avec cette nouvelle consigne, vous placeriez votre attention à un niveau plus fin. Chez la plupart des gens, l'attention ne se porte pas naturellement à ce niveau de détail, et si vous n'avez pas pris l'habitude, dans votre tendre enfance, de détecter la moindre faute d'orthographe à force de dictées et d'autodictées, la détection n'est pas automatique et les fautes ne vous sautent pas aux yeux. Vous devez donc porter une attention particulière au niveau de l'orthographe pour écrire des phrases sans faute, une attention différente de celle que vous mettez naturellement en jeu lorsque vous écrivez ce qui vous passe par la tête. Une nouvelle fois, vous pouvez être très concentré sur ce vous écrivez et tout de même faire des erreurs d'inattention : l'attention est bien là, concentrée sur le travail d'écriture, mais pas au bon niveau pour surveiller l'orthographe.

Il y a bien d'autres exemples. Que signifie par exemple « écouter quelque un » ? Si vous écoutez votre interlocuteur en focalisant votre attention sur un détail de sa voix, comme son accent ou son ton, vous aurez sans doute du mal à comprendre et à répéter ce qu'il vous dit, parce que votre attention n'est pas placée au bon niveau pour comprendre le sens de ses paroles. Lorsque vous dirigez votre attention vers le ton de la voix, vous engagez surtout le lobe temporal droit, alors que, lorsque vous faites attention au sens des paroles, vous engagez surtout votre lobe temporal gauche. Selon le niveau auquel vous faites attention, ce ne sont donc pas les mêmes régions cérébrales qui

4. Rawlinson G., *The Significance of Letter Position in Word Recognition*, Northingham University, thèse, 1976.

travaillent<sup>5</sup>. Dans le même ordre d'idées, vous avez sans doute déjà vécu cette situation où, un lundi matin, le visage d'un collègue vous semble différent. A-t-il changé sa coupe de cheveux ou s'est-il rasé la barbe ? Ni l'un ni l'autre, il a simplement changé de lunettes. Vous avez bien remarqué quelque chose d'anormal, une sorte de « faute d'orthographe » dans son visage, mais vous ne sauriez pas en dire plus, parce que vous faites d'habitude attention au visage d'une manière globale ; pour reprendre l'analogie avec la lecture, vous faites généralement attention au sens du visage, c'est-à-dire à son expression faciale ou à ses qualités esthétiques, mais pas à son orthographe, c'est-à-dire à son organisation précise. Selon que l'attention privilégie l'activité de régions du cerveau sensibles aux aspects locaux ou globaux, elle favorise également une perception locale ou globale de notre environnement. Nous faisons attention aux détails du monde ou, au contraire, à son organisation générale. Pour revenir à cet enfant et à son cours de piano, vous comprenez que son problème n'est pas juste de savoir où porter son attention, mais également à quel niveau de détail. Si cet enfant place son attention à un niveau trop local, sur sa seule main droite par exemple, il n'arrivera jamais à progresser, comme un jongleur qui porterait attention à chacune de ses balles séparément. Le jeune pianiste doit faire attention à ses deux mains et le jongleur à toutes ses balles, de façon globale. Son cerveau y parvient soit en les regroupant au sein d'un seul objet, c'est-à-dire en en faisant une seule cible pour son attention, soit en basculant très rapidement cette dernière de l'une à l'autre, plusieurs fois par seconde<sup>6</sup>.

#### Le secret des pros

Mais alors, à quel niveau faut-il porter l'attention ? Il n'existe pas de réponse toute faite à cette question, car tout dépend du degré d'expertise dans la tâche à accomplir. Plus

5. Alho K., Vorobyev V. A., « Brain activity during selective listening to natural speech », *Front Biosci.*, 2007, 12, p. 3167-3176.

6. Caranagh P., Alvarez G. A., « Tracking multiple targets with multifocal attention », *Trends Cogn. Sci.*, 2005, 9, 7, p. 349-354.

sieurs études montrent en effet que le niveau auquel se porte l'attention change au cours de l'apprentissage. En général, les experts portent leur attention à un niveau plus global que les novices. Ce qui est « deux » pour le novice n'est en fait qu'un pour l'expert. L'apprentissage de la lecture est une nouvelle fois assez révélateur. Le petit écolier commence par apprendre à reconnaître les lettres individuellement, puis à les assembler pour former des syllabes, c'est le fameux « b... a... ba ». Avec un peu d'habitude, il apprend ensuite à assembler les syllabes entre elles pour former des mots : « ba... na... ne... banane ». Enfin, il parvient à lire de façon globale, comme les adultes, en *reconnaissant* les mots d'un seul coup, et non plus en les déchiffrant. À ce niveau d'expertise, le système de lecture situé dans l'hémisphère gauche met le même temps pour lire les mots « reconnaissant » et « pour ». Le temps de lecture ne dépend plus du nombre de syllabes, sauf quand il s'agit de lire un mot nouveau ou un nom de famille inconnu<sup>7</sup>. En définitive, le cerveau du petit enfant considère « reconnaissant » comme quatre entités juxtaposées, tandis que celui de l'adulte le considère comme une seule. Bien sûr, il est toujours possible pour le lecteur expert de revenir à un niveau d'analyse plus local, pour rechercher une faute d'orthographe, faire de la calligraphie ou lire un mot étranger, mais naturellement, au cours de l'apprentissage de la lecture, l'attention s'intéresse à un niveau de plus en plus global.

#### L'attention au plus haut niveau

L'évolution du niveau d'attention avec le niveau d'expertise, du local vers le global, est assez générale. Qu'il s'agisse d'apprendre un sport ou de jouer d'un instrument de musique, l'expert fait naturellement

7. Nous avons pu observer directement ce phénomène avec Monica Bacchi et Alexandra Juffard à Grenoble : si l'on enregistre l'activité des neurones dans les aires de la lecture, on constate effectivement que leur activation dure le même temps, à peu près une demi-seconde, que la personne lise un mot court ou un mot long, à condition que ce mot soit connu.

attention à un niveau plus global que le novice<sup>8</sup>. En apprenant à jouer du piano, ou à jouer au tennis, le débutant doit d'abord faire attention à toutes les composantes de son geste, les unes après les autres, jusqu'à ce qu'au bout de nombreuses séances d'entraînement, les différentes composantes finissent par s'unir pour former un geste global<sup>9</sup>. Le geste est devenu habituel. D'un point de vue neuronal, cet apprentissage correspond à la formation d'un petit réseau de neurones ultra-efficace entièrement dédié à ce geste ou à cet enchaînement de gestes, au sein des aires motrices du cerveau<sup>10</sup>. L'ensemble de ces réseaux constitue alors un vocabulaire de procédures que le cerveau de l'expert peut combiner à volonté pour produire des enchaînements complexes. L'acquisition du langage parlé, par exemple, est un apprentissage de programmes articulatoires dont le vocabulaire est celui que nous connaissons, formé des mots du dictionnaire, que l'enfant apprend à assembler sous forme de phrases. Pour le joueur de tennis, ces procédures sont les différents coups de tennis, avec toutes leurs variations. Une fois qu'un geste complexe dispose de son propre réseau de neurones, l'attention peut se porter directement sur ce dernier, et favoriser son activité d'un seul bloc. Avant que ce ne soit le cas, l'exécution du geste nécessite encore une coordination entre plusieurs réseaux, correspondant chacun à l'une des composantes du mouvement. Pour faire attention à son geste, le novice doit donc porter attention à chacun de ces réseaux, tout en respectant leur enchaînement temporel, ce qui alourdit considérablement la tâche du système exécutif. C'est pourquoi le conducteur débutant a beaucoup de mal à parler tout en conduisant, alors que le conducteur expérimenté y parvient sans peine. Pour la personne qui a l'habitude de conduire, changer

8. Berllock S. L., et col., « When paying attention becomes counterproductive : Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills », *J. Exp. Psychol. Appl.*, 2002, 8, p. 6-16.
9. Yarrow K. et col., « Inside the brain of an elite athlete : The neural processes that support high achievement in sports », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2009, 10, 8, p. 585-596.
10. Graybiel A. M., « Habits, rituals, and the evaluative brain », *Annu. Rev. Neurosci.*, 2008, 31, p. 359-387.

de vitesse ne demande pratiquement aucune attention : alors que le débutant doit porter son attention séquentiellement sur chacun des éléments du geste : « Poser la main sur le levier de vitesse... appuyer sur la pédale d'embrayage... changer de vitesse avec le levier... relâcher la pédale d'embrayage. »

De façon générale, l'expert peut réaliser le même geste avec moins d'attention, ce qui laisse le cortex préfrontal libre de prendre en compte d'autres éléments que le novice, complètement débordé, doit laisser de côté. Un pianiste professionnel, par exemple, peut lire une partition tout en répétant à haute voix un message prononcé à la radio, ce dont un débutant est parfaitement incapable<sup>11</sup>. Le pianiste pro réussit cette prouesse parce qu'il analyse la partition à un niveau global, non pas au niveau des notes, mais au niveau des enchaînements de notes, comme lorsque nous lisons un texte. La reconnaissance de chaque enchaînement est pour lui un processus simple, unifié, qui demande peu d'attention, comme pour nous la lecture d'un mot, la marche à pied ou un changement de vitesse au volant. Grâce à des années d'entraînement, le musicien ou le sportif de haut niveau peut ainsi se concentrer sur des aspects complexes de son jeu, tactiques, stratégiques ou artistiques, plutôt que sur sa technique<sup>12</sup>.

*Une attention fluide  
et sans grimaux*

Une fois le geste appris, celui-ci est donc considéré par le cerveau comme un tout et comme une cible unique de l'attention. L'expert peut encore, s'il le souhaite, porter son attention

11. Berllock S. L. et col., « When paying attention becomes counterproductive : Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills », *J. Exp. Psychol. Appl.*, 2002, 8, p. 6-16.
12. *Ibid.*

sur l'une de ses composantes, mais il court alors le risque de perdre en fluidité et en efficacité. Les recherches menées en psychologie du sport montrent en effet que le fait de porter son attention sur une composante d'un geste complètement automatisé peut en diminuer l'efficacité, voire empêcher sa réalisation<sup>13</sup>; c'est ce que l'on appelle la « paralysie par l'analyse ». Le geste devient décousu et sans cohérence. Le meilleur exemple que je connaisse est celui des soldats qui apprennent à défilé. Lorsque le militaire défile, il doit lancer le bras droit vers l'avant quand sa jambe gauche est en arrière, et *vice versa*. C'est exactement comme dans la marche normale, si ce n'est que le mouvement des bras est un peu plus ample et rigide, et un peu mieux synchronisé sur celui des jambes. Je me souviens avoir découvert pendant mon service militaire le sens du verbe « psychoter », en référence au phénomène du « psychotage » qui intervient dans la phase initiale de l'apprentissage, quand le soldat commence à examiner séparément chaque composante de son mouvement de marche pour vérifier qu'il fait bien. En portant son attention sur sa marche à un niveau trop « local », le mouvement se désassemble et le soldat ne sait, littéralement, plus marcher : il avance le bras droit en même temps que la jambe droite, et le bras gauche et même temps que la jambe gauche, comme un robot et sous les moqueries de ses camarades. Le même phénomène peut se produire pendant l'exécution de gestes sportifs. Stan Beilock et son équipe ont réussi à faire « psychoter » des footballeurs professionnels en leur demandant de slalomer le plus vite possible balle au pied autour de cônes posés au sol, en dribblant, tout en focalisant leur attention sur le contact entre le pied et la balle. Les joueurs devaient être capables à tout moment de dire s'ils venaient de toucher le ballon avec l'intérieur ou l'extérieur du pied. Dans ces conditions, les footballeurs dribblaient moins vite et de façon moins fluide que d'habitude. Leur attention était bien portée sur leur geste, mais à un niveau trop local. Leur cerveau per-

13. Masters R. S. W. et col., « Reinvestment » : A dimension of personality implicated in skill breakdown under pressure », *Personality & Individual Differences*, 1993, 14, p. 655-666.

rait de vue la structure globale du geste<sup>14</sup>, comme ce serait le cas chez un jongleur focalisé sur l'une de ses balles, ou sur sa seule main droite. Lorsque l'attention privilégie l'une des composantes du mouvement, celui-ci perd sa coordination et redevient comme chez le novice une juxtaposition de processus moteurs indépendants. Parallèlement, certaines régions du système exécutif qui devrait être au repos, notamment le gyrus cingulaire et le cortex préfrontal latéral, sont en surrégime. On observe souvent ce phénomène lorsqu'un sportif « craque » sous la pression, par exemple lors de séances de tirs de penalty au football ou dans les tie-breaks au tennis<sup>15</sup>.

Nous sommes tous des experts de la vie quotidienne, et nous avons naturellement tendance à porter une attention assez globale sur ce qui nous est familier ou ce que nous avons l'habitude de faire. Lorsque nous nous apprêtons à faire la vaisselle, par exemple, il ne s'agit dans notre esprit que d'une seule tâche, même si cette tâche est en réalité multiple, puisqu'elle consiste en pratique à nettoyer et rincer quatre coupes, quatre fourchettes, quatre cuillères, quatre verres, quatre assiettes, etc. Si nous décomposons chacune de nos activités de la sorte, la vie deviendrait rapidement insupportable. Cette attention globale nous protège de l'effarante complexité de tout ce qui nous entoure ; songez que cette page comporte environ deux mille caractères et plusieurs centaines de mots ! Pourtant, vous avez l'impression d'être en train de lire « un livre », et pas une succession de listes de deux mille mots. Si votre attention était bloquée sur le dessin précis de chaque lettre de ce texte, vous auriez sans doute toutes les peines du monde à atteindre le bas de cette page.

Je vous invite à faire l'expérience suivante, la prochaine fois que vous serez en phase d'ascension dans un escalator. Observez, tout en haut, la plus haute marche de l'escalier en train

14. Beilock S. L. et col., « When paying attention becomes counterproductive : Impact of divided versus skill-focused attention on novice and experienced performance of sensorimotor skills », *J. Exp. Psychol. Appl.*, 2002, 8, p. 6-16.

15. Yarow K. et col., « Inside the brain of an elite athlete : the neural processes that support high achievement in sports », *Nat. Rev. Neurosci.*, 2009, 10, 8, p. 585-596.

de disparaître ; puis observez la suivante, et ainsi de suite, en faisant bien attention à chaque fois à chacune des étapes de cette disparition : le début, au moment où la marche commence à s'engouffrer sous la plaque de métal, puis le milieu et la fin. Une fois arrivé en haut, vous aurez sans doute l'impression d'être resté un peu plus longtemps que d'habitude sur cet escalator. Si vous trouvez que le temps passe trop vite, vous disposez maintenant d'un truc pour le retenir, dans les escalators et ailleurs.

En portant naturellement l'attention à des structures globales, nous simplifions la perception que nous avons du monde, de « notre » monde. Ce monde devient moins complexe et peut-être moins riche, mais plus gérable, avec une conséquence non négligeable sur notre humeur du moment : plusieurs études montrent que, lorsque nous nous sentons heureux, nous évoluons dans un mode d'attention plus global<sup>16</sup> ! C'est ce que les Anglo-Saxons appellent *The Big Picture*, une image globale du monde et de nos actes, obtenue grâce à un mode d'attention lui-même global.

#### *L'autisme un problème d'attention ?*

Sans ce mode global d'attention, nous en serions réduits à nous réfugier dans des environnements calmes, stables et prédictibles, et à nous cantonner à des activités simples dont nous maîtrisons le rythme... À l'abri, mais isolé, du déluge d'informations déversé par la vie quotidienne, comme c'est le cas dans certaines formes d'autisme. Ce parallèle n'a pas échappé à certains spécialistes de l'autisme, qui voient justement dans ce trouble du développement un problème d'attention. C'est le cas de la célèbre psychologue Uta Frith, qui dans sa théorie de la « faible cohérence centrale » défend ardemment l'idée que les troubles constatés chez l'autiste ont pour racine un biais de l'attention vers les détails et une grande difficulté à considérer les choses de

16. Clore G. L., Humminger J. R., « How emotions inform judgment and regulate thought », *Trends Cogn. Sci.*, 2007, 11, 9, p. 393-399.

façon globale<sup>17</sup>. En termes simples, le patient autiste voit, selon Frith, de nombreux arbres là où tout le monde voit une forêt. Cause ou conséquence ? La question fait débat. Toujours est-il que de nombreux autistes manifestent effectivement une hyperfocalisation spontanée sur les détails. Vous avez peut-être eu l'occasion de voir les dessins de Stephen Wiltshire, cet artiste autiste capable de retracer de mémoire et dans ses moindres détails une vue panoramique de New York après un tour de vingt minutes en hélicoptère. Là où nous voyons un immeuble, Stephen Wiltshire voit un parallélépipède comportant vingt-cinq rangées de douze fenêtres.

Cependant, ce biais vers les détails a un coût. Si la personne autiste perçoit effectivement un visage souriant comme un assemblage complexe de deux yeux à demi-plissés et d'une bouche en demi-lune courbée vers le haut, accompagné d'une contraction des muscles des joues, comment peut-elle faire face à l'immense complexité sensorielle d'une simple interaction sociale ? L'exemple de l'autisme illustre à quel point notre perception du monde dépend du niveau auquel nous portons naturellement l'attention. Plus nous faisons attention aux détails, plus nous sommes exacts et rigoureux, mais plus le monde nous apparaît complexe. Il est donc important de savoir s'adapter pour choisir à chaque instant le niveau optimal auquel porter son attention.

#### *Wu-Wei*

L'exemple de la vaisselle montre que nous savons éviter les pièges d'une attention trop locale. Mais est-ce toujours le cas ? Notre attention se porte-t-elle toujours au bon niveau ? Ou avons-nous aussi tendance parfois à « psychoter » ? Nous sommes tous des experts de la vie quotidienne, des athlètes de haut niveau de l'existence ordinaire. Nous passons le plus clair de notre temps à accomplir des routines motrices, émotionnelles et cognitives répétées des centaines de fois au cours de

17. Happe F., Frith U., « The weak coherence account : detail-focused cognitive style in autism spectrum disorders », *J. Autism Dev. Disord.*, 2006, 36, 1, p. 5-25.

concentrer totalement sur votre rédaction. C'est la démonstration qu'il n'y a rien de plus efficace et de plus confortable que de pouvoir s'engager totalement dans son activité du moment, sans se soucier ni du passé ni de l'avenir.

*Six suggestions  
pour une bascule facile*

Assis devant votre ordinateur, l'erreur consiste donc à mélanger deux tâches complexes sans frontière temporelle nette pour les séparer. À cause de votre capacité d'anticipation, la tâche « coup de téléphone » déborde sur la tâche « rédiger le rapport » ; les deux tâches se chevauchent et, finalement, se gênent. Voici plusieurs solutions possibles pour éviter cet effet. La première consiste à « rassurer » votre système exécutif, qui s'inquiète pour le coup de téléphone. Tant que ce ne sera pas fait, votre gyrus cingulaire condamnera toute tentative de concentration exclusive sur la rédaction du rapport. Il faut donc définir une frontière claire entre les deux activités. Si vous savez à peu près à quel moment la personne va appeler, prévoyez par exemple de quitter l'ordinateur quelques minutes avant le coup de fil pour vous y préparer. Le temps de charger le *task set* correspondant à cette deuxième tâche (Solution 1). Vous pouvez aussi prévoir un peu de temps pour désactiver le premier *task set*, en notant rapidement où vous en êtes dans le rapport et ce qu'il vous reste à faire. L'essentiel est de libérer votre mémoire de travail afin d'éviter que le rapport n'occupe votre attention pendant le coup de fil.

Si vous ne savez pas quand la personne va appeler, mieux vaut peut-être éviter de vous lancer dans une tâche très complexe en attendant. Vous avez peut-être intérêt à remplacer celle-ci par une série de tâches courtes dont les *task sets* sont simples (Solution 2). Vous n'aurez alors aucun mal à abandonner ces tâches et à remplacer leurs *task sets* par celui dont vous avez besoin pour le coup de téléphone. Et s'il s'agit de tâches simples, voire automatiques comme ranger votre

bureau, vous pourrez même les réaliser tout en vous préparant pour votre rendez-vous.

La troisième solution demande plus de maîtrise. Elle consiste à morceler votre première tâche – rédiger le rapport – en une série de petites tâches faciles dont le *task set* est simple, comme par exemple réfléchir à un titre ou bien trouver une information sur Internet dont vous avez besoin. Vous vous retrouverez alors dans le cas de figure précédent (Solution 3). Si cela vous aide, vous pouvez d'ailleurs avoir écrit quelque part comment ces microtâches s'organisent pour aboutir à la rédaction du rapport. Vous n'aurez alors qu'à reprendre ce schéma une fois le téléphone raccroché pour être immédiatement efficace. Il s'agit d'un « truc » classique pour améliorer sa productivité<sup>28</sup>.

La quatrième solution consiste à remplacer la rédaction du rapport par une activité dont le *task set* est proche de celui nécessaire au coup de fil, par exemple un travail sur le même thème, qui nécessite d'avoir les mêmes informations en mémoire de travail. Si le coup de téléphone doit porter sur le projet Z, il semble raisonnable d'avancer sur ce projet en attendant le rendez-vous (Solution 4).

La cinquième solution, la plus décomplexée, consiste à accepter de ne pas être tout à fait prêt au moment où le téléphone sonne, quitte à prendre quelques instants en début de conversation pour vous remettre le dossier en tête. Si vous n'avez pas besoin d'impressionner votre interlocuteur par votre vivacité d'esprit, pourquoi avoir l'air d'être immédiatement et parfaitement au fait de tous les éléments du dossier ? Vous pouvez alors vous engager tête baissée dans la première tâche jusqu'à ce fameux coup de fil (Solution 5). Enfin, vous pouvez bien sûr vous contenter d'attendre que le téléphone sonne en buvant tranquillement un thé ou un café. C'est la solution la plus décontractée (Solution 6). Dans tous les cas, il est utile d'apprendre à programmer correctement son attention dans le temps, d'abord sur une chose, puis sur une autre, et de la manière la plus fluide possible.

<sup>28</sup> Allen D., *Getting Things Done : The Art of Stress-Free Productivity*, Diane Pub Co, 2003.

*Comment faire attention  
à deux choses à la fois*

Comment font tous ces gens qui arrivent à faire attention à deux choses à la fois ? Méfions-nous des apparences. Dans bien des cas, ces personnes ne font pas réellement attention à deux choses à la fois, soit parce que les deux « choses » en question n'en font en réalité qu'une, comme dans le cas du jongleur, soit parce que l'une d'entre elles est une activité complètement automatisée, qui peut être menée sans y faire attention. Comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, l'expert a tendance à porter son attention à un niveau plus global que le novice. Je le répète, ce qui est « deux » pour le novice n'est en fait souvent qu'« un » pour l'expert. Il lui est donc naturellement plus facile de surveiller plusieurs cibles à la fois, puisqu'il ne les voit pas comme des cibles séparées. Par ailleurs, le cerveau finit aussi à force de répétition par automatiser certaines tâches au point de pouvoir les réaliser avec très peu d'attention. Depuis les travaux menés par les psychologues Walter Schneider et Richard Shiffrin dans les années 1970, nous savons que le cerveau peut alors rediriger son attention vers une seconde tâche, sans baisse de performance pour la tâche automatisée<sup>29</sup>. Avec l'habitude, et donc l'entraînement, il devient effectivement possible de faire deux choses à la fois, comme conduire et tenir une conversation, voire écrire un texte sous la dictée tout en en lisant un autre<sup>30</sup>.

En dehors de ces cas de figure, qui résultent à chaque fois d'un long apprentissage, il est rare que les gens fassent vraiment deux choses à la fois. Il faut se méfier du langage courant, « à la fois » ne signifie par forcément « simultanément », seconde par seconde. Une personne peut donner l'impression de faire attention à deux choses à la fois, alors que son attention ne

29. Shiffrin R. M., Schneider W., « Controlled and automatic human information processing : II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory », *Psychological Review*, 1977, 84, p. 127-190.

30. Hirst W. et col., « Dividing attention without alternation or automaticity », *J. Exp. Psychol. Gen.*, 1980, 109, p. 98-117.

**La gestion de l'attention,  
une affaire d'échantillonnage**

Cette notion d'échantillonnage est une composante importante de la programmation temporelle de l'attention, et mérite donc un peu d'insister. D'un point de vue expérimental, l'échantillonnage désigne la fréquence à laquelle un phénomène est mesuré. Un scientifique qui étudie le climat d'une région mesure la température chaque jour ; on dit alors que sa fréquence d'échantillonnage est d'« une mesure par jour ». L'électrophysiologiste qui enregistre un neurone du cortex visuel mesure son activité électrique 30 000 fois par seconde ; la fréquence d'échantillonnage est alors de 30 kilohertz - du nom du physicien allemand Heinrich Rudolf Hertz -, c'est-à-dire 30 000 Hz ou 30 000 mesures par seconde. La gestion de l'attention peut s'inspirer d'une règle de bon sens utilisée dans les sciences expérimentales, selon laquelle la fréquence d'échantillonnage à laquelle on mesure un phénomène doit être adaptée à la vitesse à laquelle ce phénomène évolue. Ainsi, il serait absurde de mesurer la température extérieure 30 000 fois par seconde, et aussi absurde de ne mesurer l'activité électrique d'un neurone qu'une seule fois par jour. Cette règle de bon sens est formalisée par le principe de Harry Nyquist et Claude Shannon, qui indique que pour étudier un phénomène périodique mettant une durée *T* pour passer de son état minimum à son état maximum, il faut mesurer ce phénomène au moins une fois pendant cette durée *T*. Par exemple, pour étudier les variations du niveau de la mer en fonction des marées, il faut mesurer cette hauteur au moins une fois entre la marée basse et la marée haute. Ce principe s'applique également à des phénomènes qui ne sont pas périodiques, mais dont la vitesse de variation est connue. Vous savez bien par exemple que, lorsque vous êtes malade, vous n'avez pas besoin de prendre votre température tous les quarts d'heure. Si vous prenez deux mesures de votre température à 10 heures et à 10 h 30, vous pouvez déduire de leur moyenne la température que vous auriez mesurée à 10 h 15, sans trop vous tromper. Ce moyennage est ce que l'on appelle une interpolation. De même, vous pouvez deviner, à partir de votre température à 10 heures et 10 h 30, quelle sera votre température à 10 h 45. Vous effectuez alors une sorte d'extrapolation dans le futur, qui porte le nom d'extrapolation. Une extrapolation n'est donc

rien d'autre qu'une prédiction, mais une prédiction rationnelle déduite de l'observation du passé. Le cerveau est un formidable extrapolateur. Il acquiert tout au long de sa vie une connaissance précise de la vitesse à laquelle les choses évoluent ; il sait que la hauteur d'un arbre augmente lentement, et que la température de l'eau qui chauffe évolue vite. Il sait ensuite utiliser cette connaissance pour déduire l'avenir à partir du présent et du passé immédiat, par simple extrapolation. Une fois encore, il anticipe.

fait que basculer de l'une à l'autre. Dans ce cas, sa capacité à mener plusieurs actions de front repose alors sur un système exécutif efficace capable de programmer optimalement l'attention dans le temps, pour passer d'une tâche à l'autre selon les mécanismes de *task switching* qui viennent d'être décrits. Tout est question de *déchantillonnage*.

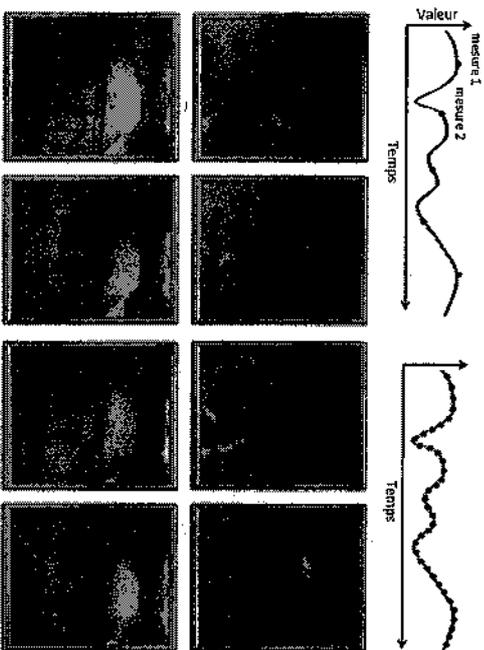
*Tic, tac, tic, tac...*

*L'attention morte en main*

La capacité du cerveau à « extrapoler » lui permet de programmer son attention dans le temps de façon efficace. Par exemple, lorsque vous surveillez vos pommes de terre en train de rissoler sur le feu, vous savez que vous n'avez pas besoin de les fixer du regard en permanence. Si elles ne sont pas brûlées au moment où vous les regardez, elles ne le seront pas non plus une ou deux minutes plus tard. Vous disposez donc d'une ou deux minutes pour faire autre chose que de regarder vos pommes de terre cuire : jeter un œil à la cuisson du rôti, vérifier ce que fait votre bébé, etc. Bien que le monde soit impermanent et en perpétuelle transformation, comme le rappellent volontiers les bouddhistes, tout n'évolue pas à la même vitesse et votre cerveau le sait bien. Vous n'avez donc pas besoin de tout surveiller avec la même fréquence d'échantillonnage ; le lait sur le feu a besoin d'être surveillé à une certaine fréquence, le bain qui coule à une autre fréquence et la

plante qui pousse encore à une autre. Une gestion de l'attention efficace tient compte de toutes ces vitesses de variations, pour s'y adapter de façon optimale. C'est le secret du *multi-tasking*, la capacité à faire plusieurs choses à la fois, quand celles-ci ne sont pas automatisées.

Quelle que soit la tâche que vous êtes en train de réaliser, il existe toujours une durée pendant laquelle vous pouvez cesser d'y faire attention sans que votre performance en souffre. C'est ce que j'appelle la « durée moyenne d'attention libre<sup>31</sup> ».



**Figure 12.3** Attention et fréquence d'échantillonnage.

*En science, la fréquence à laquelle on observe, ou mesure, un phénomène doit être adaptée à la vitesse d'évolution de ce phénomène. Il en est de même pour l'attention. La surveillance d'un vélo posé sur une rambarde dans un quartier calme ne nécessite pas la même fréquence d'attention que l'observation technique d'un geste sportif.*

31. Il s'agit d'une analogie avec la notion de libre parcours moyen des particules en physique : dans un gaz, le libre parcours moyen est la distance que parcourt en moyenne une particule de ce gaz avant de heurter une autre particule.

Pour une activité de la vie quotidienne, la durée moyenne d'attention libre est la durée moyenne pendant laquelle vous pouvez cesser d'y faire attention sans qu'il se passe quoi que ce soit d'imprévu et de potentiellement catastrophique. C'est aussi la durée maximale au-delà de laquelle vous ne pouvez plus prédire ce qui va se passer.

Cette libre durée moyenne définit la fréquence à laquelle il *suffit* de faire attention pour que tout se passe bien. Elle dépend de la vitesse à laquelle les éléments du monde extérieur qui concernent cette activité évoluent. Vous devez faire attention suffisamment souvent pour pouvoir déduire à tout moment de vos dernières observations dans quel état se trouvent ces éléments à cet instant précis. Cette expertise vient avec l'expérience. Si vous surveillez votre enfant de 2 ans à la maison, vous ne pouvez pas vous permettre de le perdre de vue plus de deux minutes, parce qu'en deux minutes, l'enfant a le temps de faire tomber une lampe halogène ou de glisser un petit jouet dans la fente du lecteur DVD. Vous disposez donc régulièrement de petits paquets de temps continus de deux minutes pour faire autre chose. Ce sont autant de petites pilules d'attention que vous pouvez dédier à autre chose qu'à surveiller votre enfant. C'est court, mais ce n'est pas négigeable. Quand l'enfant grandit, cette libre durée moyenne s'allonge, et les petites pilules d'attention grossissent, jusqu'à ce qu'il soit possible de passer un long coup de fil, ou même de partir en vacances, sans trop s'inquiéter de ce que fait son fils ou sa fille.

Il est donc possible de faire deux choses à la fois, même si ces deux choses demandent de l'attention, tout simplement parce qu'elles ne demandent pas de l'attention tout le temps ni simultanément. Vous pouvez donc les mener de front en basculant régulièrement votre attention de l'une à l'autre, à condition de respecter une certaine cadence. Rufin VanRullen à Toulouse et Patrick Cavanagh à Paris ont même été jusqu'à suggérer que l'attention ne se porte jamais sur sa cible de façon continue<sup>32</sup>. Ces chercheurs comparent l'attention à un

32. VanRullen R. et col., « The blinking spotlight of attention », *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2007, 104, 49, p. 19204-19209.

stroboscope : même les yeux rivés sur vos pommes de terre, sans aucune distraction, vous ne seriez capable d'y faire attention que sept fois par seconde, à un rythme proche de celui de l'exploration oculaire. L'attention est donc sans cesse en train d'échantillonner le monde ; elle vibre, mais ne se pose jamais.

Peu d'activités nécessitent vraiment une attention continue ou quasi continue. Lorsque nous écoutons un cours ou un exposé, par exemple, l'orateur s'exprime à un rythme moyen de trois mots par seconde ; ce qui suggère une libre durée moyenne de l'attention de trois dixièmes de seconde, bien trop courte en principe pour laisser sévader l'attention. Cette valeur est toutefois théorique, car vous n'avez pas besoin d'écouter tous les mots pour comprendre l'exposé. Les techniques de lecture rapide démontrent qu'il est possible de comprendre le sens général d'un texte, et donc d'un exposé oral, en piochant seulement certains mots ici et là. Pour reprendre un terme mathématique, vous pouvez *sous-échantillonner* considérablement le texte, sans en perdre le sens ; et plus ce que dit la personne vous est familier, plus il vous est facile de déduire le sens général de son exposé à partir de quelques mots seulement, surtout si vous connaissez cette personne et ses habitudes de langage. Si quelqu'un vous demandait de quoi vient de parler l'orateur, vous seriez capable de fournir une réponse relativement correcte, même en ayant décroché depuis quelques minutes. La vraie cadence à laquelle il faut suivre l'exposé pour le comprendre est donc bien inférieure à notre estimation initiale. Le cerveau dispose donc régulièrement de petits espaces de quelques secondes, voire de quelques dizaines de secondes, pendant lesquelles il peut sans risque traiter ses autres objectifs du moment, comme avancer dans l'organisation du dîner, et il ne s'en prive pas. Cela ne veut pas dire qu'il doit le faire, bien sûr : l'attention continue, sur un morceau de musique par exemple, est une source de plaisir physique et de calme mental qui n'a pas son égal.

La capacité à faire plusieurs choses à la fois repose donc le plus souvent sur la formidable capacité d'extrapolation du cerveau, qui lui permet de programmer son attention dans le temps. La jeune mère, ou le jeune père, qui surveille son

enfant tout en préparant le dîner se programme inconsciemment à faire régulièrement attention à l'enfant, juste assez souvent, mais pas trop souvent. Pendant les deux minutes dont il dispose entre deux coups d'œil à son fils, elle peut se consacrer totalement à la préparation du repas, sans s'inquiéter de son enfant. Et si elle oublie, un petit signal d'alarme neuronal lui rappellera que quelque chose ne va pas, et qu'il est grand temps d'aller voir du côté du salon... sauf si son attention s'est laissée captiver.

#### *Une chose à la fois*

Pour la majorité d'entre nous, maintenir une attention continue exige un effort intense, sans doute parce que nous forçons trop, d'ailleurs, comme nous l'avons vu au chapitre précédent. Toujours est-il que si vous demandez à une personne d'appuyer sur un bouton dès que l'écran placé devant elle affichera une image, vous constaterez que cette personne réagira plus vite si l'image apparaît tout de suite, que si elle apparaît quelques secondes plus tard<sup>33</sup>. Son niveau d'attention décroît spontanément au bout de quelques secondes, car le cerveau n'a pas été conçu pour maintenir spontanément son attention là où il ne se passe rien. La capacité à programmer son attention dans le temps est donc fondamentale, car elle permet de s'assurer que l'attention est la plus intense possible au moment opportun.

Le système exécutif doit ensuite veiller à ce que l'attention soit à chaque moment là où elle doit être. Si un recruteur vous surprend en train de regarder votre montre au milieu d'un entretien d'embauche, vous risquez fort ne pas avoir le poste. En surveillant ostensiblement l'heure, vous envoyez un message clair à votre interlocuteur : en ce moment précis, réussir l'entretien n'est pour vous qu'un objectif parmi d'autres. Ce que sait ce recruteur, et ce qui le rendra si sévère, c'est que le cerveau peut décider, de façon flexible, de donner

33. Posner M. I., « Measuring alertness », *Ann. NY Acad. Sci.*, 2008, 1129, p. 193-199.

pendant un certain temps la priorité absolue à certains objectifs, en inhibant tous les autres, soit jusqu'à ce que l'objectif soit atteint, soit pendant un temps fixé à l'avance – dix minutes, deux heures... Il s'agit d'une forme de sélection et donc d'une forme d'attention, celle du système exécutif : c'est l'attention exécutive. Ce système de sélection simplifie énormément la prise de décision : tout d'un coup, la grande salle de délibération du cerveau se fait moins bruyante, et la cacophonie fait place à une discussion tranquille, où seuls certains objectifs ont le droit à la parole. En temps normal, le cerveau garde précieusement en mémoire un nombre incalculable d'objectifs, dont la plupart se contredisent : avancer dans la lecture de ce livre, savoir ce que votre ami a répondu à votre dernier SMS, profiter du morceau de musique que vous êtes en train d'écouter, sortir à la bonne station du métro, arriver à l'heure chez vous... Pour votre cerveau, il n'y a donc pas que ce livre qui soit important en ce moment précis, et votre attention se perd dans tous ces conflits.

La capacité à programmer votre attention vous permet de définir des « bulles de simplicité », pendant lesquelles vous ne vous autorisez à ne vous concentrer que sur une seule activité, sans craindre que le monde ne s'effondre. Pendant l'entretien d'embauche, seule compte l'obtention du poste convoité. En ce moment, dans le métro, seule compte la lecture de ce livre. Et si vous avez peur de rater votre station de métro, concentrez-vous sur cet objectif ou bien programmez-vous simplement pour lever le nez à la fin de ce paragraphe, pour vérifier où en est le métro. D'ici là, rassurez-vous ; vous pourrez vous concentrer totalement sur votre lecture sans courir aucun risque. D'ailleurs, nous y sommes, vous n'êtes pas mort et vous n'avez pas raté votre station.

#### *Le jeu des bulles*

Si vous cherchez le secret d'une bonne concentration, je vous propose d'apprendre à « buller ». Ces bulles sont de petits moments pendant lesquels vous mettez entre parenthèses tous vos objectifs sauf un. Le tout est de rassurer votre

système exécutif : il ne court aucun risque à concentrer toute son attention sur la tâche du moment, car les autres objectifs ne sont pas menacés. Vous êtes sur la plage et les jeunes femmes ou jeunes hommes qui passent vous déconcentrent ? Rassurez-vous, personne ne vous empêchera de poser le livre quelques instants à la fin de ce paragraphe pour les regarder, sans penser à autre chose – une bulle en suit une autre. Mais le système exécutif est dur à convaincre, comme le montrent les expériences sur le *task switching*. Vous devez d'abord le rassurer, et donc vous rassurer, sur le fait qu'il n'y a effectivement aucun risque à abandonner temporairement tous vos objectifs sauf un.

Si vous n'avez jamais assisté à une séance d'hypnose, vous ne réalisez peut-être pas tout ce que le système exécutif est prêt à croire<sup>34</sup>. Au cours d'une séance d'hypnose, le thérapeute établit avec son patient un contrat de confiance : « Écoutez-moi, suivez mes instructions et je vous garantis qu'il ne vous arrivera aucun mal et que je ne vous ferai rien faire que vous puissiez regretter par la suite. » Le thérapeute établit donc une sorte de parenthèse dans la vie du patient, sans conséquence néfaste pour celle-ci. Grâce à ce contrat de confiance, ce dernier accepte de laisser le thérapeute décider de ce qui sera important pour lui pendant le temps limité de la séance, et de la façon dont il devra réagir à ses impressions sensorielles. Le système exécutif du patient accepte de se concentrer sur un nombre très réduit d'objectifs décidés par le thérapeute, et d'oublier momentanément les autres. Au sein de la bulle hypnotique, la vie du patient est plus simple : le thérapeute s'occupe de tout et il n'a qu'à se laisser guider tranquillement, en sachant qu'il ne court aucun risque. Ce qui est important d'habitude ne l'est plus. Le système exécutif du patient, confronté en permanence à un monde complexe et changeant, peut enfin prendre quelques minutes de vraies vacances. Ce phénomène est si fort qu'il est possible d'opérer sous hypnose, sans anesthésie. Grâce à la suggestion de l'hypnotérapeute, le système exécutif accepte de ne pas considé-

34. Oakley D. A., Halligan P. W., « Hypnotic suggestion and cognitive neuroscience », *Trends Cogn. Sci.*, 2009, 13, 6, p. 264-270.

rer la douleur comme une « erreur », et il n'en souffre pas, et sur le plan physiologique, le gyrus cingulaire antérieur ne réagit pas pour sonner l'alarme. La technique des bulles est une forme extrêmement légère d'autohypnose, dont le but est de vous simplifier la vie, morceau par morceau. Pendant un temps donné, fixé à l'avance, seuls vont compter quelques objectifs simples ; les autres seront pris en compte plus tard, ou seulement en cas d'extrême urgence. De nombreuses situations de la vie courante peuvent s'encapsuler dans des bulles de simplicité – faire le ménage, faire une course, écrire un mail, ranger des dossiers. Rien ne vous empêche à chaque fois de vous fixer un objectif unique – passer l'aspirateur, par exemple – et une durée maximale – dix minutes. Pendant ces dix minutes, vous permettez à votre système exécutif de fonctionner en mode économique avec un *task set* et un set attentionnel bien défini. Quel repos...

Si vous y réfléchissez, nous consacrons une grande partie de nos loisirs à former des petites bulles de simplicité. Jouer au golf ou faire une partie d'échecs, c'est d'abord s'octroyer un petit moment pendant lequel nous pouvons cesser de penser aux objectifs qui nous causent tant de soucis par ailleurs. Le jeu est d'ailleurs une forme de bulle, définie dans un univers et un cadre temporel clairs. Pendant la durée du jeu, le joueur adopte pour objectif celui fixé par la règle, et seulement celui-là. La stratégie qu'il met en place pour l'atteindre détermine ce qui lui est utile dans ce cadre, et ce qui va attirer son attention. Les événements extérieurs au jeu n'ont aucune répercussion sur cette stratégie et un faible pouvoir de distraction. Qu'il fasse beau ou mauvais dehors, jour ou nuit, qu'il faille faire ou non des courses pour le lendemain, tout cela n'a plus aucune importance, tant que dure le jeu. Le jeu induit donc une simplification radicale du monde du joueur, en réduisant au minimum les sources d'informations qu'il doit prendre en compte. Le joueur évolue alors dans un micromonde, une version simplifiée de la réalité.

**Jean-Philippe Lachaux**

**Le Cerveau attentif**

**Contrôle, maîtrise et lâcher-prise**

Vous n'en avez peut-être pas conscience, mais toute votre perception du monde, votre rapport à ce qui vous entoure, aux autres et à vous-même sont déterminés par un petit quelque chose qui vaut de l'or : votre attention – sans cesse convoitée et courtisée, toujours menacée.

Ce livre vous invite précisément à « faire attention à votre attention » dans votre vie quotidienne, pour en tirer un meilleur parti.

Pourquoi échappe-t-elle si souvent au contrôle volontaire ? Pourquoi est-il si difficile de rester concentré ? Que faire pour ne pas se laisser dériver ou pour éviter de papillonner ? C'est dans le cerveau qu'il faut chercher ces secrets, que les neurosciences modernes commentent à pénétrer.

« Des exemples concrets et des stratégies simples et originales à mettre en œuvre pour trouver le juste milieu entre la dispersion et l'hyperfocalisation. » *Le Monde de l'intelligence.*

« Un ouvrage passionnant et pédagogique. » *Sciences humaines.*

Jean-Philippe Lachaux est directeur de recherche à l'Inserm, au sein du Centre de recherche en neurosciences de Lyon. Il anime un groupe dédié à la compréhension des mécanismes cérébraux des grandes fonctions cognitives humaines.

328

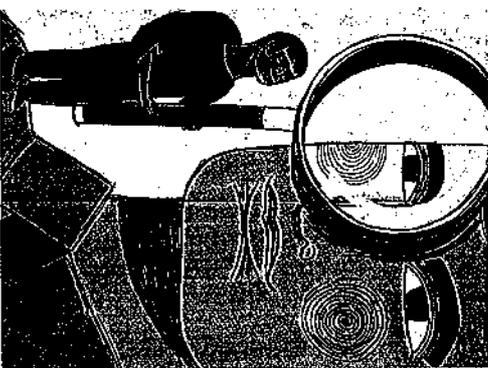
**Jean-Philippe Lachaux Le Cerveau attentif**

**Jean-Philippe**

**Lachaux**

**Le Cerveau attentif**

**Contrôle, maîtrise et lâcher-prise**



ISBN : 978-2-7381-2927-7  
ISSN : 1621-0654



9 782738 129277

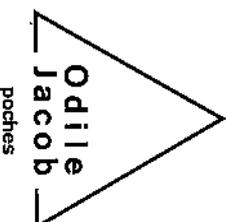
[www.odilejacob.fr](http://www.odilejacob.fr)  
En couverture :  
© images.com/Corbis

catégorie 5 756962.1 



**sciences**

**sciences**



poches