

# NEUROSCIENCES & comportements

© Cerveau & Psycho - N° 25

## Voir le monde autrement



Susana MARTINEZ-CONDE

*La perception du monde n'est pas aussi simple qu'on le pensait: les aires primaires du traitement de l'information visuelle intègrent des données cognitives en relation avec le système de récompense c'est-à-dire des aires qui assurent un traitement plus élaboré de l'information.*

Dans mon lycée, en Espagne, il existait un code couleur pour les notes données aux devoirs : A était rouge, B était bleu, C vert et F (la plus mauvaise) était marron. Par conséquent, un coup d'œil sur les différentes couleurs du bulletin scolaire suffisait pour savoir si l'on avait ou non la moyenne dans les différents cours. Mais ce système de notation a eu une conséquence importante : quand j'étais enfant, le rouge était ma couleur préférée, le marron, celle que je détestais.

Voilà un exemple qui illustre bien comment un stimulus visuel apparemment neutre (la couleur rouge dans ce cas) peut être associé à un sentiment de récompense (une bonne note). De cette information, on en déduit que des neurones du système de récompense - un réseau d'aires cérébrales reliant le cortex « pensant » aux centres des émotions du système limbique - seraient activés par les caractéristiques physiques de stimulus sensoriels associés à des récompenses. On apprend à associer certains stimulus à des impressions positives ; par conséquent, les centres de la récompense de mon cerveau ont appris à réagir positivement à la couleur rouge.

Que ce système d'apprentissage émotionnel fonctionne de façon si logique n'est pas surprenant. Mais récemment, les neuroscientifiques Marshall Shuler et Mark Bear, de l'Institut de technologie du Massachusetts aux États-Unis, ont décrit un autre phénomène, bien moins intuitif. En utilisant des rats, des lunettes pour rats et une bouteille d'eau, M. Shuler et M. Bear ont montré que des neurones du cortex visuel primaire - une aire dont on pensait qu'elle ne faisait que recevoir des informations visuelles avant de les transmettre à d'autres régions cérébrales - peuvent moduler leur réaction selon la récompense escomptée. Cette découverte contredit la conception actuelle des mécanismes de la vision. En effet, les neurones du cortex visuel primaire, aujourd'hui considérés comme des collecteurs neutres des caractéristiques du champ visuel, sont en fait influencés par des données cognitives complexes. Il semblerait que ce que nous attendons du monde environnant modèle la façon dont nous le voyons.



### *1-L'information visuelle*

*ne serait pas traitée par le cerveau comme on l'imaginait. On pensait que les éléments les plus simples, tels que la couleur ou le contraste, étaient traités dans le cortex visuel primaire, premier maillon de la chaîne du traitement de l'information visuelle, et que le traitement était ensuite de plus en plus élaboré. En fait, cette aire « primaire » subit des rétroactions complexes des aires « supérieures ».*

## Une vision erronée... de la vision

La vision semble être un système simple et immédiat : on ouvre les yeux et on voit. Toutefois, on a montré que ce que l'on « voit » est construit par une séquence hiérarchique d'étapes de traitement, chacune contrôlant des aspects de plus en plus complexes de la perception. Selon ce scénario, les neurones du cortex visuel primaire - qui participent très tôt à la chaîne de traitement de l'information visuelle - distinguent essentiellement des caractéristiques simples, tels le contour et le contraste. Ensuite, cette information est transmise à des aires visuelles supérieures qui traitent des stimulus plus complexes, par exemple des visages. Pendant ce temps, les neurones des aires corticales associatives intègrent l'information visuelle avec les stimulus provenant des autres sens, telle l'audition, et avec des processus cognitifs telles l'attention, la motivation et les attentes.

M. Shuler et M. Bear contestent cette conception classique : l'activité neuronale du cortex visuel primaire, nommé VI, est différente selon que les stimulus visuels simples sont ou non associés à des récompenses. En d'autres termes, les réactions du cortex visuel primaire varieraient selon les attentes du système de récompense, ce qui suggère que ce cortex est impliqué dans l'évaluation des données et n'est pas seulement un simple relais de l'information. L'expérience de M. Shuler et M. Bear est très ingénieuse. Ces neurobiologistes ont implanté des microélectrodes dans le cortex visuel primaire de rats pour y enregistrer l'activité des neurones ; puis, ils ont mis aux rats des lunettes qui émettent de brefs éclairs devant l'un ou l'autre des yeux. Ces éclairs représentent un signal pour les rats. Lorsqu'un éclair est émis, les rongeurs apprennent qu'en léchant le goulot d'une bouteille, ils obtiendront une récompense : une goutte d'eau. Si l'œil gauche est stimulé, les rats peuvent obtenir de l'eau rapidement : l'eau est délivrée deux fois plus vite que quand c'est l'œil droit qui est stimulé. Autrement dit, la stimulation de l'œil gauche est associée à une attente de la récompense courte, et celle de l'œil droit à une attente plus longue.

Des rats subissent cette expérience pour la première fois. Au début, toutes les activités neuronales enregistrées correspondent à l'encodage des propriétés physiques du stimulus visuel, tels le début de l'éclair, sa durée ou l'œil qui le reçoit. En d'autres termes, les premières fois où la lumière apparaît, les neurones réagissent au stimulus, mais les réactions ne diffèrent pas selon l'œil stimulé ou le temps nécessaire pour obtenir la récompense. Ce résultat obtenu avec des rats qui n'ont pas encore appris à associer les éclairs aux caractéristiques temporelles de la récompense est conforme à la conception classique de la vision selon laquelle le cortex visuel primaire est une région qui ne sert qu'à détecter les caractéristiques visuelles.

## Des neurones primaires... malins

Cependant, quand les rongeurs ont réalisé l'exercice trois à sept fois, environ la moitié des neurones du cortex visuel primaire (43 pour cent précisément) réagissent différemment selon que c'est l'œil droit ou l'œil gauche qui est stimulé ; les neurones ont « appris » que l'éclair dans l'œil gauche prédit une récompense plus rapide que l'éclair dans l'œil droit. Cet apprentissage acquis, la différence d'activité neuronale se maintient que la récompense soit délivrée ou non. c'est-à-dire que les neurones du cortex visuel primaire réagissent différemment aux éclairs stimulant l'œil gauche ou l'œil droit, même si la bouteille d'eau ne délivre pas d'eau.

Il fallait faire des expériences sans récompense pour confirmer les résultats, car l'intervalle de temps entre l'éclair et le coup de langue était très court (les rats sont rapides), et il était donc difficile de savoir si les rats réagissaient à une attente provoquée par l'éclair ou par la récompense elle-même. Et en effet, ces expériences sans récompense engendrent des réactions neuronales différentes, ce qui montre bien que les rats ont appris à attendre. Donc, le cortex visuel primaire mettrait en œuvre des processus cognitifs associatifs qu'on n'attribuait jusqu'alors qu'aux aires corticales supérieures ou aux réseaux cérébraux plus étendus...

M. Shuler et M. Bear ont enregistré l'activité neuronale de l'aire visuelle primaire dans une autre expérience, où les rats expérimentés étaient face à un tube obstrué ne délivrant pas la goutte d'eau attendue. Ils voulaient vérifier si l'effet activité neuronale-récompense appris lors des expériences précédentes se maintenait dans ces conditions. Le cas échéant, cela aurait indiqué non seulement que les circuits du cortex visuel primaire peuvent créer des associations cognitives, mais que ces associations perdurent dans le temps.

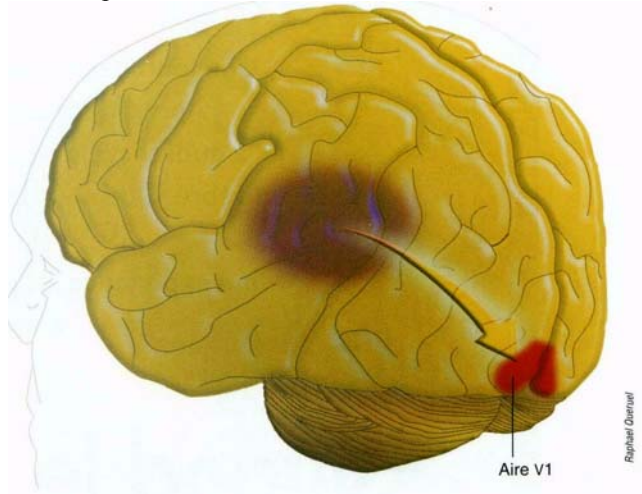
Effectivement, les associations cognitives persistent : quand le tube est bouché, les rats ne prennent pas la peine de s'en approcher. Pourtant, les neurones de leur cortex visuel primaire réagissent toujours, comme s'ils attendaient la récompense après avoir vu l'éclair. Ce résultat suggère que les modifications de l'activité neuronale qui résulte de l'association d'un stimulus visuel à une récompense persistent et se généralisent aux nouveaux contextes.

Quelles sont les conséquences de ces découvertes ? D'abord, elles remettent en question la conception classique selon laquelle le cortex visuel primaire est strictement dévolu à l'analyse des caractéristiques « objectives » des stimulus. Elles montrent aussi que les

neurones du cortex visuel primaire des rats adultes ont un degré de plasticité inattendu et peuvent même retenir des informations à long terme.

En outre, l'anticipation de la récompense est une force motrice du comportement : on a tendance à répéter les actions qui aboutissent à une récompense et à éviter celles qui n'en apportent pas. M. Shuler et M. Bear ont maintenant montré que l'anticipation de la récompense ne joue pas seulement un rôle majeur dans le comportement, mais aussi dans le déclenchement des réactions perceptives des neurones et ce, dès les premières étapes du traitement visuel. Cela suggère que la perception visuelle serait influencée à son niveau le plus fondamental par des facteurs cognitifs, telles la récompense, l'attention et les émotions.

À l'avenir, il faudrait explorer comment l'anticipation de la récompense pourrait introduire des distorsions ou des biais dans la perception, ou même créer des illusions visuelles fondées sur la récompense. Cela nous permettrait de mieux comprendre certaines erreurs ou anomalies perceptives. Peut-être pourrions-nous aussi approfondir certains troubles, telle la dépendance aux drogues, qui impliquent les circuits cérébraux de la récompense.



## ***2. Le cortex visuel primaire (en rouge)***

*n'enregistre pas seulement les caractéristiques des images provenant des yeux. Il intègre aussi des données en relation avec le système de récompense (en violet).*

### ***Bibliographie***

*M. G. SHULER  
et M. BEAR,  
Reward timing in the  
primitive visual cortex,  
in Science, vol. 311,  
pp. 1606-1609, 2006.*

*Susana MARTINEZ-CONDE  
dirige  
le Laboratoire  
de neurosciences  
visuelles à l'Institut  
neurologiques Barrow, à  
Phoenix, aux États-Unis.*

# NEUROSCIENCES & comportements

© Cerveau & Psycho - N° 25

## La dynamique de la reconnaissance

*Emmanuel BARBEAU et Catherine LIÉGEOIS-CHAUVEL*

*Un réseau constitué de plusieurs aires réparties dans tout le cerveau est rapidement activé par les visages. Un traitement quasi instantané, mais grossier, permettrait d'adopter une attitude pertinente face à la personne rencontrée, puis l'information visuelle serait analysée de façon précise pour que la reconnaissance ait lieu.*

Combien de temps faut-il pour reconnaître un visage? Environ 250 millisecondes. Un quart de seconde seulement pour que l'information soit traitée par la rétine, le thalamus, puis le cortex. De nombreux traitements sont effectués sur le signal visuel pendant cet infime laps de temps : séparer le visage du reste de la scène, construire une représentation du visage qui soit indépendante de la distance et de l'angle de vue, analyser les différents traits du visage ainsi que leurs relations. Malgré la complexité de ces opérations, il faut conserver toutes les informations pertinentes pour identifier l'individu. Enfin, ces informations sont comparées avec les données mémorisées afin de déterminer si ce visage est connu ou non, indépendamment de l'effet du vieillissement, de l'habillement, du maquillage, du changement de lunettes.

Encore laissons-nous de côté tous les traitements effectués en parallèle relatifs à l'intention de la personne perçue, son état d'esprit (amicale, détendue, stressée, fatiguée), ainsi que les traitements effectués sur le reste de la scène. Et tout cela en 250 millisecondes sans se tromper: il est rare que l'on confonde une personne avec une autre, tout comme il est rare qu'on ne reconnaisse pas une personne connue.

Comme souvent en neurosciences, le parallèle avec les systèmes informatisés est utile : imaginez que vous deviez développer un système de reconnaissance des visages aussi performant que notre cerveau. C'est une demande très concrète de nos sociétés modernes, dans les aéroports ou les stades de football... Combien de temps vous faudrait-il pour réaliser un tel système ? Nul ne peut le dire. C'est un sujet de recherche depuis... 50 ans. De nombreux progrès ont été réalisés, mais aucun système artificiel n'arrive encore à faire aussi bien que ce que nous faisons sans effort.

Les neuroscientifiques cherchent à comprendre comment notre cerveau procède pour réaliser ces traitements. Plusieurs approches méthodologiques sont possibles. La plus ancienne consiste à étudier des patients présentant des troubles de la reconnaissance des visages, à essayer de comprendre la nature de leurs difficultés, puis à les mettre en relation avec leurs lésions cérébrales. Cette approche habituelle en neuropsychologie permet de déterminer les régions cérébrales qui sont nécessaires à un traitement particulier. Par exemple, l'étude de patients cérébrolésés montre qu'une région située à proximité de la partie postérieure du gyrus fusiforme est nécessaire pour le traitement des aspects perceptifs des visages, c'est-à-dire pour que les différents éléments constituant le visage soient assemblés en un tout cohérent (le gyrus fusiforme est une aire importante dans le traitement des visages et nous y reviendrons).

Les personnes qui présentent de tels troubles sont atteintes de prosopagnosie : elles présentent des difficultés spécifiques à traiter les visages, alors que le traitement des autres catégories d'objets (animaux, plantes, objets) est normal (*voir La reconnaissance des visages*). Des études similaires montrent que la région du pôle temporal est très importante pour la mémoire des informations que l'on a sur une personne : par exemple, Elvis Presley vivait à Graceland, il a écrit sa première chanson pour sa mère, il a eu une fille qui s'est mariée avec Michael Jackson, etc. Les patients ayant des lésions de ces régions présentent souvent, non pas une

prosopagnosie, mais une agnosie des personnes (une non-connaissance), quelle que soit la façon dont la personne se présente : visuelle si on présente le visage, auditive si l'on fait entendre la voix, ou verbale si on la nomme. Ainsi, la neuropsychologie permet d'identifier des régions cérébrales essentielles pour tel ou tel traitement, mais ne donne pas d'informations sur les relations entre ces régions.



### ***I. Reconnaître une personne***

*particulière au milieu d'une foule, le cerveau y parvient en quelques millisecondes sans se tromper et sans se laisser perturber par une nouvelle coupe de cheveux, de nouvelles lunettes ou quelques rides en plus.*

Une autre approche consiste à déterminer par neuro-imagerie fonctionnelle l'ensemble des aires cérébrales qui sont activées systématiquement lors de tâches de reconnaissance de visages. Bien sûr, on retrouve parmi ces aires celles mises en évidence par la neuropsychologie, mais également plusieurs autres, notamment l'hippocampe, pilier de la mémoire personnelle (dite aussi épisodique). Ces études indiquent que la reconnaissance des visages implique certaines régions privilégiées, mais aussi un vaste réseau contenant diverses aires. Malheureusement ni l'une ni l'autre de ces approches ne permet de déterminer la dynamique de ce réseau, c'est-à-dire comment l'information circule dans ce réseau. Pour cela, il faut une méthode qui soit précise à la fois sur le plan spatial (de l'ordre du millimètre) et sur le plan temporel (de l'ordre de la milliseconde).

## **La stéréoencéphalographie : précise dans le temps et l'espace**

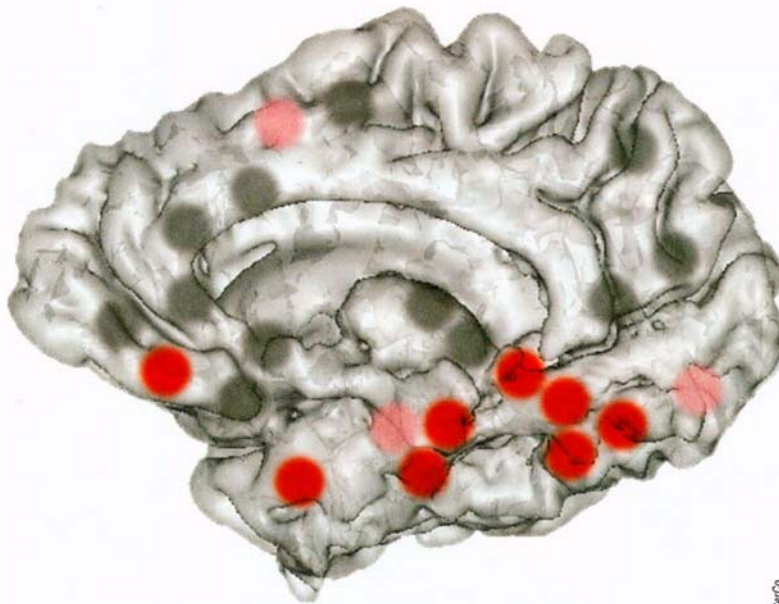
Pour aborder la problématique de la dynamique du réseau d'aires cérébrales impliquées dans la reconnaissance des visages, nous avons utilisé une méthode originale. Elle consiste à enregistrer l'activité électrique des neurones des régions cérébrales impliquées dans ce réseau.

Certains patients présentent des épilepsies très handicapantes et qui résistent aux traitements médicamenteux. Une intervention thérapeutique possible consiste à effectuer une opération neuro-chirurgicale qui fait cesser les crises. Certaines épilepsies mettent en jeu un réseau d'aires dont il est nécessaire de comprendre l'organisation spatiale et temporelle afin de délimiter la zone qui devra être éliminée pour faire cesser les crises. Pour cela, il est nécessaire, lors d'une intervention qui précède l'opération chirurgicale, d'implanter des électrodes dans les régions cérébrales qui pourraient être impliquées dans les crises. Cette méthode permet d'enregistrer l'activité électrophysiologique simultanée d'une centaine de régions. Les anomalies électriques provoquées par l'épilepsie peuvent ainsi être identifiées. De surcroît, pendant que les électrodes sont implantées, il est possible de proposer aux patients différentes tâches cognitives durant lesquelles le clinicien enregistre les activités électriques déclenchées par ces tâches. Durant une telle intervention - totalement indolore -, le sujet est parfaitement éveillé et conscient. Il peut répondre aux questions qu'on lui pose. Les tâches proposées mettent en jeu le langage, la mémoire ou la vision par exemple. Il est essentiel de repérer ces zones pour les préserver au moment de l'ablation du foyer responsable des crises d'épilepsie.

Nous avons proposé à ces patients une tâche de reconnaissance de visages. Nous leur avons montré 48 visages de personnes célèbres mélangés à 48 visages de personnes inconnues. Ils devaient dire si ces visages étaient familiers ou non. Nous enregistrons l'activité électrophysiologique lors de la présentation de chaque visage. Cette activité était ensuite moyennée sur l'ensemble des bonnes réponses, et ceci pour les visages célèbres, d'une part, et pour les visages inconnus, d'autre part. Cette technique permet d'obtenir des potentiels évoqués, c'est-à-dire des réponses électriques à une stimulation externe caractérisées par leur latence (le temps de reconnaissance après la présentation du stimulus), leur polarité (positive ou négative) et leur amplitude. La morphologie de ces potentiels permet de déterminer quelles sont les régions cérébrales qui participent au traitement des visages. Dix-huit patients ont passé cette expérience et nous avons obtenu des enregistrements électrophysiologiques sur plus de 2 000 points au total, répartis dans presque tout le cerveau.

Nous nous sommes intéressés tout d'abord aux régions cérébrales où un potentiel évoqué était enregistré. Nous avons sélectionné celles où le potentiel évoqué avait la même forme chez au moins cinq patients. Ce critère nous permettait de vérifier que cette activité électrophysiologique était un phénomène reproductible entre sujets et n'était donc pas liée à des anomalies épileptiques ou à des traitements cognitifs particuliers. Puis nous avons comparé l'activité des différentes composantes afin de comprendre la dynamique de ce réseau.

Nous avons identifié huit régions cérébrales répondant de façon reproductible à la tâche de reconnaissance des visages : le gyrus fusiforme postérieur, le gyrus fusiforme moyen, le gyrus parahippocampique postérieur, le cortex périrhinal, le pôle temporal, l'hippocampe antérieur, l'hippocampe postérieur ainsi que le gyrus frontal inférieur (*voir la figure 2*). Or nous avons déjà rappelé que le gyrus fusiforme postérieur participe au traitement perceptif des visages et que le pôle temporal est impliqué dans les connaissances acquises sur les personnes. Le cortex périrhinal, comme le gyrus parahippocampique, sont impliqués dans le traitement de haut niveau des stimulus visuels. L'hippocampe - nous l'avons évoqué - est une région connue pour son importance dans la mémoire. Le gyrus frontal inférieur a déjà été identifié dans certaines études sur les visages, bien que son rôle reste à éclaircir comme nous le verrons. Ainsi, le réseau identifié avec notre approche correspondait largement à ce qui avait déjà été proposé par divers chercheurs.



## 2. De nombreuses aires cérébrales

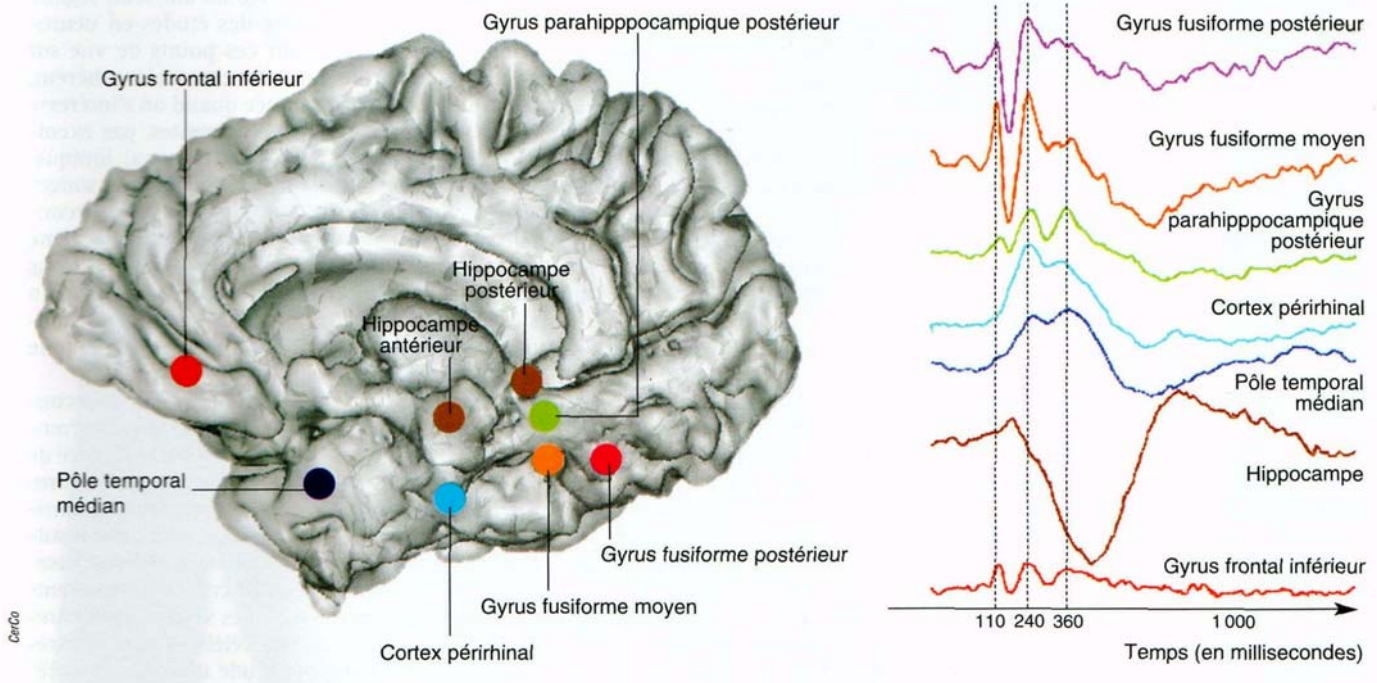
*ont été testées par les auteurs. Ils ont identifié celles qui participent à la reconnaissance des visages. Ils ont ainsi repéré des aires qui ne participent pas à ce mécanisme (en gris), d'autres qui y participent, mais pas chez tous les sujets testés ou pas systématiquement (en rosé), et un nombre limité d'aires qui sont toujours activées lors d'une tâche de reconnaissance des visages (en rouge).*

## Un réseau très... dynamique

Nous étions surtout intéressés par la dynamique de l'activité électrophysiologique entre ces régions cérébrales. Les résultats ont été à la hauteur de nos attentes. L'information visuelle entre dans le cortex par les aires visuelles primaires situées dans le lobe occipital, c'est-à-dire tout à l'arrière du cerveau. Elle est ensuite traitée de façon de plus en plus fine en remontant vers les lobes temporaux. Du moins est-ce la vision schématique que beaucoup ont du traitement de l'information visuelle dans le cerveau : un traitement du plus grossier au plus fin, des régions cérébrales les plus postérieures aux régions cérébrales les plus antérieures. Nos résultats indiquent que ce schéma n'est que partiellement exact.

La première composante est présente dans le gyrus fusiforme, 110 millisecondes après la présentation du stimulus. Comme c'est la région la plus postérieure et que c'est la plus proche du cortex visuel primaire, il est logique que ce soit là qu'on enregistre l'activité la plus précoce (*voir la figure 3*). Mais si l'on observe bien les potentiels évoqués dans les autres régions, on constate qu'un pic est enregistré au même moment dans la région la plus... antérieure, c'est-à-dire le gyrus frontal inférieur. Ce résultat contre-intuitif indique que l'information visuelle a déjà rejoint les lobes frontaux, avant même que les aires du traitement fin des informations visuelles n'aient eu le temps d'opérer.

Ainsi, l'information visuelle grossière serait projetée rapidement des régions postérieures vers les régions antérieures afin d'y être traitée en priorité. Ce prétraitement permettrait de commencer à évaluer l'importance du stimulus en termes émotionnel ou en termes de comportement à adopter. Cette information serait ensuite rétroprojetée sur les aires visuelles pour y être traitée de façon détaillée. Des traitements ascendants (*bottom up* en anglais) ont donc lieu lors de la reconnaissance des visages, mais aussi vraisemblablement des traitements descendants (*top down*). Le réseau d'aires cérébrales traitant les visages est rapidement très étendu dans le cerveau.



### 3. L'activité électrique

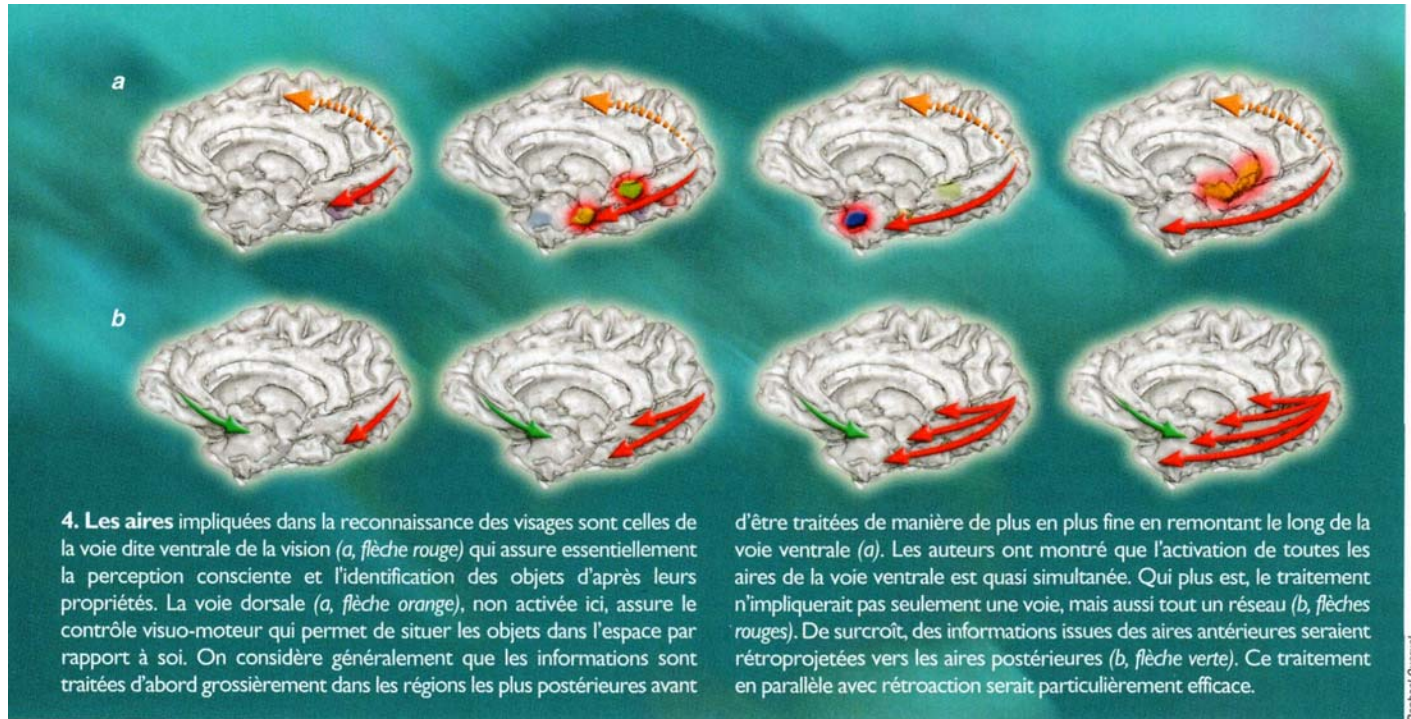
des aires qui participent à la reconnaissance des visages révèle que des zones cérébrales antérieures sont activées en même temps que les zones postérieures qui reçoivent en premier les informations transmises par le cortex visuel primaire situé à l'arrière du cerveau. Ainsi, on enregistre des activités quasi synchrones dans le gyrus fusiforme postérieur, le gyrus fusiforme moyen, le gyrus parahippocampique postérieur, le cortex péri-rhinal et le pôle temporal médian. Ces différentes aires feraient partie d'un même réseau impliqué dans la reconnaissance des visages.

Cette première composante à 110 millisecondes est suivie d'une autre à 170 millisecondes. Celle-ci est bien connue en électrophysiologie des visages, car ce pic est généralement plus important pour les visages que pour n'importe quelle autre catégorie d'objet, semblant ainsi être une vraie signature d'un traitement propre aux visages. Nous avons enregistré cette composante à plusieurs endroits dans la région occipito-temporale et temporo-pariétale, indiquant qu'un ensemble d'aires formant un réseau relativement local effectue ce traitement.

Une composante à 240 millisecondes suit celle enregistrée à 170 millisecondes. Cette composante est spectaculaire, car elle est enregistrée dans toutes les régions cérébrales que nous avons retenues pour notre analyse, à l'exception notable de l'hippocampe. Ainsi, on observe à cet instant un traitement massivement parallèle qui implique l'ensemble des aires de la voie visuelle ventrale. À nouveau, il ne saurait être question d'une hiérarchie de traitement, mais on est en présence d'une autre forme de traitement, qui implique tout un ensemble d'aires cérébrales organisées en réseau et qui jalonnent la voie visuelle ventrale (*voir la figure 4*). Rappelons que l'on distingue généralement deux voies de traitement des informations visuelles : la voie ventrale (inférieure), celle de la perception consciente des objets et la voie dorsale (supérieure) qui assure le repérage dans l'espace.

Généralement, la neuropsychologie permet d'identifier une aire cérébrale importante pour un traitement cognitif donné, ce qui est crucial pour notre compréhension du fonctionnement du cerveau. Mais l'étude présentée ici permet d'illustrer comment en changeant de méthode on obtient une compréhension différente du traitement cognitif étudié. Le fait que l'ensemble de ces aires comporte une composante à 240 millisecondes indique qu'elles appartiennent au même système fonctionnel. Il s'agit probablement d'un système largement dédié au traitement des objets, tant à leur perception qu'aux souvenirs qu'ils évoquent. *A contrario*, le fait que cette composante soit absente dans l'hippocampe pourrait indiquer que cette structure appartient à un autre système. L'hippocampe est une structure très importante pour la mémoire épisodique, et il est possible que cette aire ne serve pas à traiter l'information visuelle, mais à encoder l'épisode que vit le sujet : elle mémoriserait l'expérience à laquelle il participe et ne serait pas impliquée dans les mécanismes de reconnaissance de visages.

Nous avons donc décrit plusieurs modes d'organisation de ces aires corticales, avec des traitements ascendants, descendants, des réseaux organisés plutôt localement ou largement distribués. Qui plus est, ces modes d'organisation ne sont pas eux-mêmes séquentiels. Par exemple, la composante à 170 millisecondes est imbriquée dans la montée de la composante à 240 millisecondes, tout comme la composante à 480 millisecondes dans l'hippocampe englobe la plupart des autres composantes. Ainsi, ces modes d'organisation en réseau interagissent : il existe une dynamique au sein des différents modes d'organisation et une dynamique entre ces modes.



4. Les aires impliquées dans la reconnaissance des visages sont celles de la voie dite ventrale de la vision (a, flèche rouge) qui assure essentiellement la perception consciente et l'identification des objets d'après leurs propriétés. La voie dorsale (a, flèche orange), non activée ici, assure le contrôle visuo-moteur qui permet de situer les objets dans l'espace par rapport à soi. On considère généralement que les informations sont traitées d'abord grossièrement dans les régions les plus postérieures avant

d'être traitées de manière de plus en plus fine en remontant le long de la voie ventrale (a). Les auteurs ont montré que l'activation de toutes les aires de la voie ventrale est quasi simultanée. Qui plus est, le traitement n'impliquerait pas seulement une voie, mais aussi tout un réseau (b, flèches rouges). De surcroît, des informations issues des aires antérieures seraient rétroprojetées vers les aires postérieures (b, flèche verte). Ce traitement en parallèle avec rétroaction serait particulièrement efficace.

Raphaël Ouerfali

## Du réseau à la reconnaissance

Nos travaux ont précisé la dynamique du réseau impliqué dans le traitement des visages, mais quelles informations avons-nous acquises en ce qui concerne la reconnaissance à proprement parler? Pour comprendre comment elle se produit, nous avons comparé les réponses évoquées par la présentation des visages célèbres aux réponses évoquées par les visages inconnus. L'activité est très différente dans toutes les aires temporales antérieures et mésiales (gyrus parahippocampique, cortex périrhinal, pôle temporal et hippocampe). Toutes ces régions sont connues pour leur implication dans la mémoire. Ainsi, l'activité liée à la reconnaissance diffère notablement dans les différentes aires cérébrales : la reconnaissance dépendrait d'un réseau et non d'une aire cérébrale particulière. La reconnaissance serait même une propriété émergente de ce réseau, liée au fonctionnement commun de ces aires (l'activité simultanée de ces différentes aires ferait apparaître une propriété nouvelle différente de la simple sommation de l'activité des aires prises individuellement).

L'activité que nous avons enregistrée et qui est liée à la reconnaissance est-elle spécifique des visages ou est-elle liée à un mécanisme plus général applicable à n'importe quel objet ? Pour répondre à cette question, nous avons demandé aux sujets de réaliser une deuxième tâche de reconnaissance, où nous avons utilisé des stimulus différents. Les sujets voyaient une série d'images abstraites qu'ils devaient mémoriser. Après quelques minutes, ils devaient reconnaître ces images alors qu'elles étaient mélangées à d'autres qu'ils n'avaient jamais vues. La tâche à réaliser était exactement la même que pour les visages : dire si le stimulus présenté était familier ou non.

Ces stimulus abstraits ont évoqué des réponses dans les mêmes régions que les visages, indiquant ainsi que le réseau d'aires mis en évidence était bien impliqué dans le traitement et la reconnaissance des objets en général. Des différences importantes ont néanmoins été observées indiquant que ce réseau se spécialise en fonction de la catégorie du stimulus. La composante à 170 millisecondes notamment, associée aux visages, est beaucoup plus ample dans l'une des deux régions du gyrus fusiforme. De plus, nous avons enregistré une différence entre les stimulus abstraits familiers et inconnus dans le gyrus fusiforme, mais dans aucune des régions antérieures, contrairement à ce qui se passe pour les visages.

Il s'agit en fait d'un résultat assez logique, car la plupart des personnes célèbres ont été mémorisées depuis longtemps et activent probablement un ensemble de connaissances complexes liées au nom de la personne, à ses connaissances autobiographiques, etc. A



*contrario*, les stimulus abstraits sont appris juste avant l'expérience et ont peu de valeur sémantique. Néanmoins, ces résultats indiquent que la reconnaissance d'un stimulus visuel est un phénomène complexe qui pourrait dépendre de différentes régions cérébrales en fonction de la nature du stimulus.

## Local ou en réseau ?

En définitive, cette étude illustre une nouvelle approche du fonctionnement cérébral, dynamique et en réseau plutôt que centrée sur une seule région. Une partie de la difficulté des études en neurosciences consiste à réunir ces points de vue sur l'activité cérébrale dans un ensemble cohérent. Cette difficulté est accentuée quand on s'intéresse à des échelles de plus en plus petites, par exemple celle du neurone, voire d'un canal ionique. Pour revenir sur la métaphore informatique, songerions-nous en créant un système artificiel de reconnaissance des visages à développer un système fonctionnant en réseau ? Probablement pas. Nous adopterions plutôt une approche locale : à un processeur serait attribuée une fonction particulière. Peut-être est-ce une des raisons du manque de fiabilité des systèmes artificiels actuels.

Le fait que les aires impliquées dans la reconnaissance des stimulus abstraits soient si différentes de celles activées pendant la reconnaissance de visages connus indique que les visages célèbres pourraient en fait n'être qu'une catégorie très particulière de visages. Obtiendrait-on les mêmes résultats si on avait présenté des photographies de visages de personnes familières, le conjoint, les parents ou les collègues de travail ? Ces visages, contrairement à ceux des personnes célèbres, sont vus très souvent et dans une multitude d'occasions différentes. Les résultats les plus récents indiquent que le traitement perceptif et les réseaux activés diffèrent lorsqu'il s'agit de reconnaître le visage de personnes célèbres ou celui de ses proches.

### **Bibliographie**

*E. BARBEAU et al., Spatio temporal dynamics of face recognition, in Cérébral Cortex, pp. 7-13, 2007.*

*A. ISHAL et al., Face perception is mediated by a distributed cortical network, in Brain Res. Bull., vol. 67(1-2), pp. 87-93, 2005.*

*J. HAXBY et al., The distributed human neural System for face perception, in Trends Cogn. Sa., vol. 4(6), pp. 223-233, 2000.*

**Emmanuel BARBEAU**

*est chercheur au Centre de recherche cerveau et cognition, CerCo, CNRS, Université de Toulouse.*

**Catherine LIEGEOIS-CHAUVEL**

*est directrice de recherches au Laboratoire épilepsie et cognition, INSERM, à Marseille.*