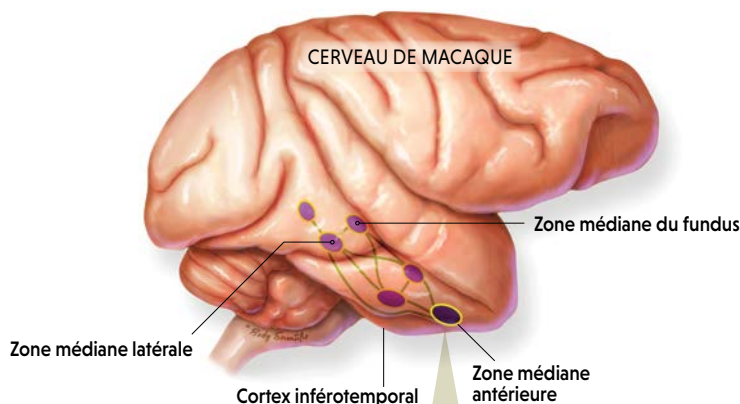


OÙ SONT LES DÉTECTEURS DE VISAGE ?

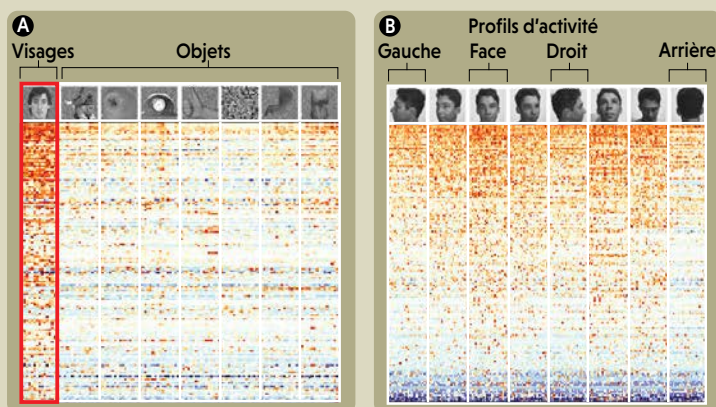
Un ensemble de six nœuds dans le cortex inférotemporal (IT) des deux hémisphères cérébraux est spécialisé dans la perception des visages. Ces « zones faciales » fonctionnent comme une chaîne de montage : dans les zones médiane latérale et médiane du fundus, un neurone peut s'activer lorsque les visages sont vus de face ; un autre pourrait s'activer au vu de visages tournés vers la droite. À la fin de la chaîne de montage, dans la zone médiane antérieure, les différentes vues sont rassemblées. Les neurones de cette zone s'activent à la vue du visage d'un individu particulier, que la vue soit de face ou de côté. Ci-contre sont montrés les profils d'activation d'une zone faciale chez un singe. L'activité est intense à la vue d'un visage, mais pas d'autres objets (A), et les profils d'activité varient selon l'angle de vue du visage (B).



Activité des neurones : Faible Élevée

Chaque colonne représente l'activité neuronale en réaction à une image.

Chaque ligne correspond à un neurone de la zone médiane antérieure.



J'ai alors décidé de créer des dessins simples de visages dotés de 19 caractéristiques qui semblaient pertinentes pour définir l'identité d'un visage, par exemple la distance entre les yeux, le rapport hauteur/largeur du visage, la hauteur de la bouche, caractéristiques que nous faisons varier. Chaque cellule répondait à la plupart des visages, mais pas exactement avec la même fréquence d'activation pour tous. Au lieu de cela, leur réponse variait de façon systématique : il y avait une réponse minimale pour une caractéristique extrême (la plus petite distance entre les yeux, par exemple) et une réponse maximale pour l'extrême opposé (le plus grand écart des yeux) avec des réponses intermédiaires pour les valeurs médianes.

J'ai à nouveau été invitée à donner une conférence à Caltech. Cette fois, j'avais plus à offrir que des images d'IRMf. Avec les nouveaux résultats d'enregistrements monocellulaires, il était clair pour tout le monde que ces zones faciales étaient réelles et jouaient probablement un rôle important dans la reconnaissance faciale. De plus, comprendre leurs processus neuronaux sous-jacents semblait être un moyen d'en apprendre plus sur la question plus générale de la manière dont le cerveau représente les objets visuels. Cette fois, j'ai décroché le poste.

À Caltech, mes collègues et moi avons approfondi la question de savoir comment ces cellules faciales détectent les visages. Nous nous sommes inspirés d'un article de Pawan Sinha, spécialiste de la vision et des neurosciences computationnelles au MIT, qui suggère qu'il est possible de distinguer les visages en se fiant aux relations particulières de contraste entre différentes régions du visage (si la région du front est plus lumineuse que la région de la bouche, par exemple). Pawan Sinha proposait un moyen astucieux de déterminer quels rapports de contraste utiliser pour reconnaître un visage : ils doivent être insensibles aux changements d'éclairage. Par exemple, « l'œil gauche plus sombre que le nez » est un trait utile pour détecter un visage, car peu importe la direction de l'éclairage : l'œil gauche est toujours plus foncé que le nez.

LE RÔLE CLÉ DES CONTRASTES

Sur le plan théorique, cette idée fournit un mécanisme simple et élégant de reconnaissance faciale, et nous nous sommes demandé si les cellules faciales l'utilisaient. En mesurant la réponse de ces neurones à des visages dans lesquels la luminosité variait selon les régions, nous avons constaté que les cellules avaient

➤ souvent une préférence marquée pour un contraste particulier.

À notre grande surprise, presque toutes les cellules avaient les mêmes préférences de contraste (une seule cellule enregistrée préférait la polarité opposée). De plus, les caractéristiques préférées étaient précisément celles identifiées par Pawan Sinha comme étant insensibles aux changements d'éclairage. L'expérience a donc confirmé que les cellules faciales utilisent des relations de contraste pour détecter les visages.

Plus largement, ce résultat a confirmé que ces neurones étaient véritablement des cellules faciales. Auparavant, lors des discussions, les sceptiques demandaient: «Comment le savez-vous? Vous ne pouvez pas tester tous les stimulus possibles. Comment pouvez-vous être sûrs que c'est une cellule faciale et non une cellule pour grenade ou une cellule pour tondeuse à gazon? Ce résultat a été décisif pour moi. La correspondance précise entre la réaction des cellules et la prédiction informatique de Pawan Sinha était spectaculaire.

Nos premières expériences avaient mis en évidence deux zones corticales proches réagissant aux visages. Mais après une analyse supplémentaire (avec l'aide d'un agent de contraste multipliant la robustesse du signal), il est apparu qu'il y avait en réalité six zones faciales dans chacun des deux hémisphères du cerveau (soit un total de douze). Elles sont réparties sur toute la longueur du lobe temporal (voir l'encadré page 47). De plus, cette répartition dans le cortex IT n'est pas aléatoire. Les six zones sont situées à des endroits similaires dans les deux hémisphères de chaque animal. D'autres travaux ont en outre montré qu'il existe chez d'autres primates, tels que les ouistitis, un schéma similaire de zones faciales s'étendant sur le cortex IT.

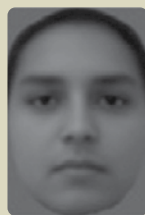
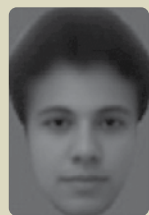
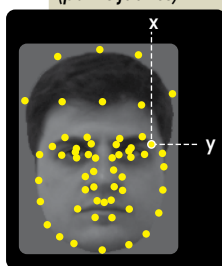
UNE SORTE DE CHAÎNE DE MONTAGE

L'existence d'un tel profil stéréotypé de zones faciales suggère que celles-ci pourraient constituer une sorte de chaîne de montage pour le traitement des visages. Si tel est le cas, on

FORME+ASPECT = VISAGE

Pour découvrir comment le cerveau code les visages, identifier les zones faciales n'était qu'un premier pas. Il a fallu ensuite explorer ce qui se passe dans les neurones au sein de chaque zone. Pour caractériser quantitativement des visages, l'équipe de l'auteur a déterminé 25 caractères de forme et 25 caractères d'aspect pouvant être utilisés par chaque neurone d'une zone faciale. Ces caractères forment un espace à 50 dimensions. Les caractères de forme peuvent être considérés comme ceux définis par le squelette (largeur de la tête, écartement des yeux...). Les caractéristiques d'aspect spécifient la texture de la surface du visage (teint, couleur des yeux, couleur des cheveux...).

Forme : décrite par la position (coordonnées x, y) des points de repère (points jaunes)



Exemples de variabilité

Forme moyenne

Aspect : variations de luminosité dans l'image après son alignement sur une forme de visage moyenne



Exemples de variabilité