

> 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 ours, un schéma similaire de zones faciales s'étendant sur le cortex IT.

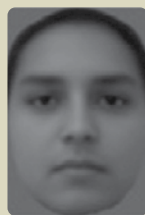
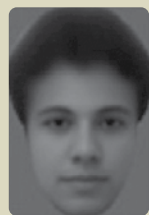
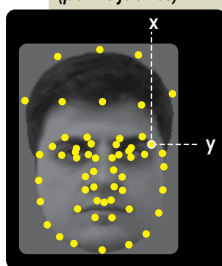
UNE SORTE DE CHAÎNE DE MONTAGE

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

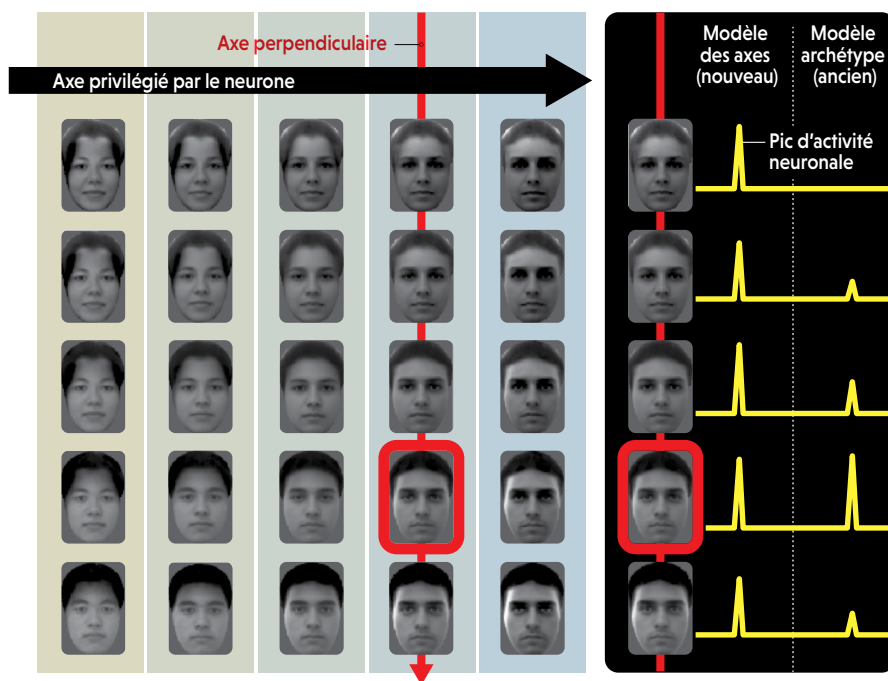
Aspect : variations de luminosité dans l'image après son alignement sur une forme de visage moyenne



Exemples de variabilité

DES VISAGES CODÉS DANS UN ESPACE À 50 DIMENSIONS

On peut décrire la réponse des neurones faciaux du singe à un visage humain donné à l'aide d'un code qui utilise 50 coordonnées caractérisant la forme et l'aspect du visage présenté. Chacun de ces neurones s'active avec une intensité particulière en réponse à un certain visage (*contours rouges*), correspondant à une certaine position le long de l'« axe privilégié » du neurone dans l'espace à 50 dimensions. L'intensité de l'activation augmente linéairement avec la position le long de l'axe privilégié. De plus, cette réponse est la même pour tous les visages situés sur le même axe perpendiculaire à l'axe privilégié. Ce modèle de codage facial fondé sur des axes diffère du modèle précédent, où chaque neurone répond avec une intensité maximale pour un visage unique.



s'attendrait à ce que les six zones soient connectées les unes aux autres et que chaque zone remplisse une fonction distincte.

Pour explorer les connexions neuronales entre ces zones, nous avons stimulé électriquement des régions cérébrales avec de très faibles intensités de courant (technique appelée microstimulation) pendant que le singe était à l'intérieur d'un scanner d'IRMf. Il s'agissait de déterminer quelles autres parties du cerveau sont activées lorsqu'on stimule une zone faciale. Nous avons découvert que chaque fois que nous stimulons une zone faciale, les autres étaient activées, mais pas le cortex environnant, ce qui indique que les zones faciales sont bel et bien fortement interconnectées.

De plus, nous avons constaté que chaque zone assurait une fonction différente. Nous avons présenté aux singes les photos de 25 personnes, chacune présentant huit orientations différentes de la tête, et enregistré les réponses de cellules situées dans trois régions: les zones médiane latérale et médiane du fundus (ML/MF), la zone latérale antérieure (LA) et la zone médiane antérieure (MA).

Nous avons constaté des différences frappantes entre ces trois régions. Dans les zones ML/MF, les cellules répondent sélectivement à une orientation particulière. Par exemple, une cellule réagit plutôt aux visages regardant de face, tandis qu'une autre opte pour les visages regardant à gauche. Dans la zone LA, les cellules sont moins spécifiques de l'orientation. Une partie des cellules répondent aux visages regardant vers le haut, le bas et droit devant; une autre répond aux visages regardant à gauche ou à droite. Dans la zone MA, les cellules réagissent aux visages d'individus particuliers, qu'ils soient vus de face ou de profil. Ainsi, à la fin du réseau, dans la zone MA, les représentations spécifiques à une orientation s'assemblaient avec succès en une représentation indifférente à l'orientation.

Apparemment, c'est donc bien en agissant comme une chaîne de montage que les zones faciales relèvent l'un des grands défis de la vision: reconnaître les objets qui nous entourent malgré leur aspect variable. Une voiture peut être de n'importe quelle marque ou couleur, apparaître sous n'importe quel angle et à n'importe quelle