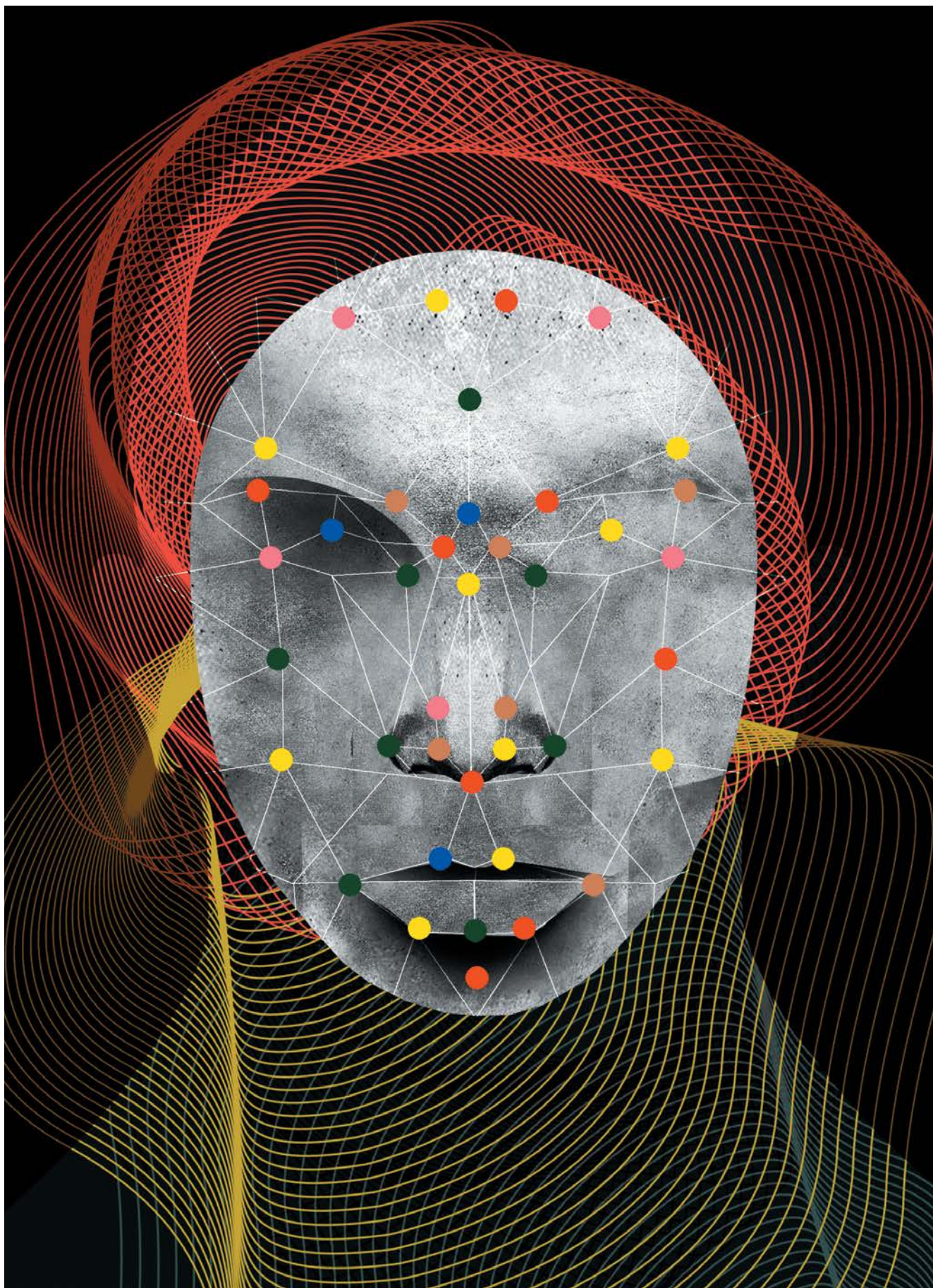




Y Captivée par ce défi, j'ai entrepris de découvrir comment les profils d'activité électrique dans le cerveau codent la perception d'objets visuels – pas seulement des lignes et des courbes, mais aussi des objets difficiles à définir tels que des visages. Pour ce faire, il fallait repérer les régions du cerveau dédiées à la reconnaissance faciale et déchiffrer leur code neuronal, c'est-à-dire les profils d'impulsions électriques qui nous permettent d'identifier les personnes de notre entourage.

Cette quête a débuté en 2002 à l'université Harvard, où j'ai étudié le mécanisme de la vision en relief, qui exploite les différences entre les images fournies par les deux yeux. Un jour, je suis tombée sur un article de Nancy Kanwisher, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), et de ses collègues; cet article relatait la découverte d'une région du cerveau humain qui réagit beaucoup plus fortement aux images de visages qu'aux images de tout autre objet, lors d'enregistrements de l'activité cérébrale en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Cela me semblait bizarre. La notion de zone spécifiquement consacrée au traitement des visages semblait trop simple pour être vraie.

DES ZONES DU CERVEAU DÉDIÉES AUX VISAGES

Au cours de mes travaux de doctorat, j'avais utilisé l'IRMf sur des singes pour identifier les zones activées par la perception du relief. J'ai décidé de montrer des images de visages ainsi que d'autres objets à un singe. En comparant l'activité du cerveau du singe en réaction aux différentes images, j'ai repéré plusieurs zones du lobe temporal (la zone située sous les tempes), en particulier dans une région nommée cortex inférotemporal (IT), qui s'activaient seulement à la vue de visages. Au début des années 1970, Charles Gross, pionnier dans le domaine de la vision, avait découvert des neurones spécifiques des visages dans le cortex IT des macaques. D'autres travaux ont par la suite montré que ces cellules ne se répartissaient pas au hasard dans le cortex IT, mais se concentraient dans certaines sous-régions.

Après avoir publié, en 2006, une telle étude effectuée par IRMf, on m'a invitée à donner une conférence là-dessus, dans le cadre d'une candidature à un poste de professeur à Caltech. Cette candidature n'a pas abouti. L'IRMf, qui mesure localement le flux sanguin, suscitait à l'époque beaucoup de scepticisme. On faisait valoir que le fait de montrer une augmentation du flux sanguin dans une zone cérébrale lorsqu'un sujet regarde des visages est bien loin de clarifier ce que les neurones de cette zone codent vraiment, car la relation entre le flux sanguin et l'activité électrique n'est pas claire. Peut-être était-ce simplement par hasard que ces zones contenaient un nombre légèrement plus grand de neurones sensibles aux visages?

Comme j'avais réalisé l'expérience d'imagerie sur le singe, je pouvais directement répondre à cette préoccupation en insérant une électrode dans une zone identifiée par IRMf et en déterminant quelles images déclenchent le plus efficacement les neurones de cette région. J'ai effectué cette expérience avec Winrich Freiwald, alors postdoctorant dans le laboratoire de Margaret Livingstone à Harvard, où j'avais été doctorante. Nous avons présenté des visages et d'autres objets à un singe. Une électrode enregistrait l'activité électrique de neurones individuels; ces signaux électriques étaient amplifiés, puis convertis en un signal sonore pour suivre les réponses en temps réel.

Cette expérience a révélé un résultat étonnant: presque toutes les cellules de la zone identifiée par IRMf étaient dédiées au traitement des visages. Je me souviens de l'enthousiasme suscité par notre premier enregistrement, en entendant le «pop» que faisait, l'une après l'autre, chaque cellule réagissant fortement aux visages et très peu aux autres objets. Nous avons senti que nous tenions là quelque chose d'important, un morceau de cortex susceptible de révéler comment le cerveau code les objets visuels.

Je me souviens aussi d'avoir été surprise. Je m'étais attendue à ce que la «zone faciale» contienne des cellules réagissant sélectivement à des individus particuliers, de façon analogue aux cellules d'orientation du cortex visuel primaire qui répondent chacune à une orientation particulière d'un bord dans une image. En fait, plusieurs études bien connues avaient suggéré que des neurones individuels peuvent être remarquablement sélectifs pour les visages de

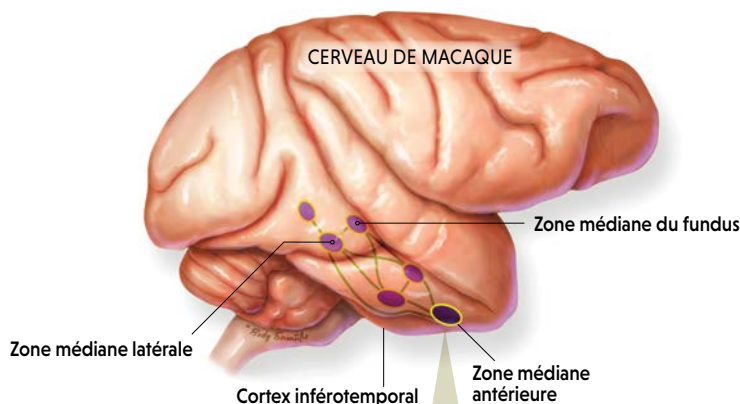
Plusieurs zones du cortex inférotemporal s'activent à la vue d'un visage

personnes familières. Or, au contraire, chaque cellule semblait s'activer fortement pour presque tous les visages.

Au cours de ces premières expériences, j'ai découvert que les cellules réagissaient non seulement aux visages d'humains et de singes, mais également à des dessins très simplifiés de visages.

OÙ SONT LES DÉTECTEURS DE VISAGE ?

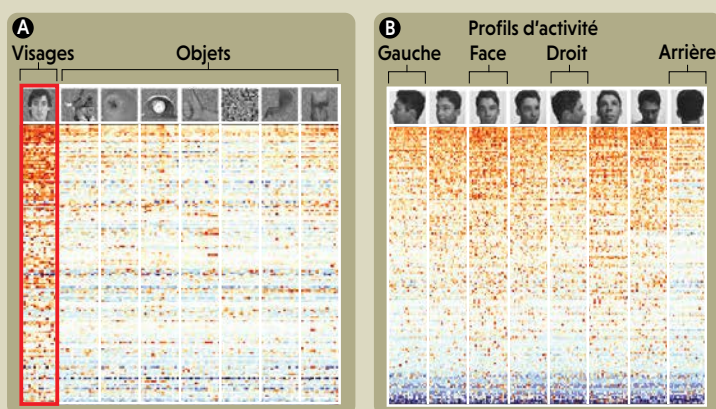
Un ensemble de six nœuds dans le cortex inférotemporal (IT) des deux hémisphères cérébraux est spécialisé dans la perception des visages. Ces « zones faciales » fonctionnent comme une chaîne de montage : dans les zones médiane latérale et médiane du fundus, un neurone peut s'activer lorsque les visages 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