

La musique ne remplace pas les mots

Les synesthètes et les non synesthètes différencieraient-ils par l'efficacité générale de leur processus d'apprentissage associatif? Dans ce cas, les synesthètes devraient apprendre plus vite que des sujets normaux une association nouvelle. Pour le savoir, nous avons utilisé des méthodes d'entraînement semblables à celles déjà décrites, mais en substituant aux associations mot/couleur des associations mélodie/couleur, et nous avons entraîné à la fois des synesthètes spécialisés dans l'association mots-couleurs (mais qui n'associent pas de couleurs à des sons) et des non-synesthètes. Puis nous les avons testés dans un scanner. Si les synesthètes sont sujets à des processus d'apprentissage associatif forts, alors, après entraînement, la même région V4/V8 qui est activée par des mots devrait l'être aussi par des mélodies.

Six couples mélodie/couleur ont été appris par les sujets. Les mélodies étaient extraites d'œuvres classiques de Chopin ou de Mozart, par exemple. Chacune était diffusée dans des écouteurs pendant quatre secondes, et la couleur associée apparaissait sur un écran d'ordinateur une demi-seconde après le début de la mélodie. Les résultats de l'expérience n'ont pas montré de différences notables dans la répartition des aires actives entre les synesthètes et les sujets de référence et, chez aucun des sujets, il n'y a d'activation notable de la région V4/V8. Ce résultat confirme que les synesthètes n'ont pas d'aptitude particulière à l'apprentissage associatif. En résumé, la région V4/V8 s'active chez les sujets de référence en réponse à des couleurs, et chez les synesthètes en réponse à la fois à des mots énoncés et à des couleurs ; en revanche, la région n'est activée dans aucun des deux groupes en réponse à des couleurs imaginées ou remémorées. L'expérience synesthésique de la couleur est donc un véritable percept, non pas le fruit d'une imagination débridée. Elle s'apparenterait davantage à ce que l'on appelle des effets rémanents de couleur ou de mouvement illusoire : ainsi, on voit parfois apparaître une image rémanente de couleur rouge lorsque l'on relève le regard après avoir fixé longtemps une tache verte.

Un fil tendu entre l'oreille et l'œil

Si l'on admet que toutes nos expériences démontrent bien qu'une connexion neuronale existe, chez les synesthètes, entre la perception auditive et la perception visuelle, une nouvelle question surgit : quelle est cette «connexion innée»? Dans cette hypothèse, des «branchements» neuronaux relieraient les aires de la perception auditive à celles de la perception visuelle. En synesthésie, les couleurs sont évoquées par des mots qu'ils soient énoncés (phonèmes) ou lus (graphèmes). La voie neuronale responsable de la perception de couleurs synesthésiques prendrait donc sa source dans les régions de représentation auditive et visuelle des phonèmes et des graphèmes. Les résultats que nous avons obtenus grâce à l'IRM fonctionnelle nous ont permis de préciser les hypothèses relatives au trajet probable de cette voie.

Dans nos expériences, en réponse à des mots énoncés, les synesthètes présentent une activation de la région du système visuel spécialisée dans la perception des couleurs, sans activation d'aucune autre zone située plus en amont dans le système visuel, par exemple les régions V1 ou V2, alors que de telles régions sont activées lorsqu'on présente aux sujets des stimulus visuels de

STIMULUS	COULEURS RÉELLES	COULEURS IMAGINÉES	MOTS
ACTIVITÉ CÉRÉBRALE			
SYNESTHÈTES AIRE V4-V8 GAUCHE	—	—	+
SYNESTHÈTES AIRE V4-V8 DROITE	+	—	—
TÉMOIN AIRE V4-V8 GAUCHE	+	—	—
TÉMOIN AIRE V4-V8 DROITE	+	—	—

3. LES AIRES du système visuel activées chez les synesthètes et chez les non-synesthètes diffèrent selon le type de stimulus perçu. Ainsi les mots activent uniquement l'aire V4/V8 gauche des synesthètes, laquelle est insensible aux couleurs réelles. Les mots n'activent pas l'aire V4/V8 droite des synesthètes et n'ont pas d'action chez les non-synesthètes.

couleur. Ce type d'activation – une activation des régions centrales des voies visuelles, tandis que les régions V1/V2 sont activées de façon plus manifeste par les couleurs «réelles» – a déjà été observée lors de travaux relatifs à des images rémanentes de couleur. Au contraire, comme nous l'avons montré, imaginer des couleurs ne suffit pas pour activer l'une quelconque de ces régions (V1/V2 ou V4/V8).

Ces résultats semblent conforter une hypothèse émise par les neuropsychologues et par des spécialistes de la perception visuelle, tel Semir Zeki, à l'Université de Londres, et Dominic ffytche, à l'Institut de psychiatrie de Londres : l'activation de modules du système visuel spécialisés dans l'analyse de caractéristiques particulières, tels que la région V4/V8 pour la couleur ou l'aire V5 pour le mouvement, serait à la fois nécessaire et suffisante pour que la caractéristique visuelle concernée soit perçue, c'est-à-dire qu'elle ne nécessiterait pas l'activation de régions situées en amont le long des voies visuelles. Cette généralisation est aussi en accord avec les couleurs hallucinatoires que perçoivent les personnes atteintes du syndrome de Charles Bonnet. Après une détérioration soudaine de la vision normale (due à un décollement de la rétine ou à un glaucome, par exemple), le patient fait l'expérience d'hallucinations visuelles involontaires très fortes, dont le contenu varie d'une personne à l'autre. Dans une expérience menée par D. ffytche et ses collègues, chaque patient décrit son expérience hallucinatoire pendant qu'il se trouve dans le scanner, indiquant le début et la fin de cette hallucination. On trouve une excellente corrélation entre le contenu des hallucinations et la région activée dans le système visuel.

Par exemple, des hallucinations de couleurs s'accompagnent d'une activation de la région V4, dans le gyrus fusiforme, des hallucinations de visages coïncident avec une activation d'une partie également très proche du gyrus fusiforme, spécialisée dans la perception des visages, et des hallucinations d'objets s'accompagnent d'une activation d'une autre région du même gyrus fusiforme. Il n'y a jamais d'activité dans la région V1. De ce point de vue, il apparaît alors que la synesthésie mot/couleur peut être considérée comme un exemple d'expérience illusoire où le stimulus déclenchant (le mot) intervient avec une fréquence très élevée en comparaison d'autres illusions (les images rémanentes de

couleurs ou de mouvement dont la fréquence est faible). Dans tous ces cas, une fois que le module visuel approprié (la région V4/V8 pour la couleur, la région V5 pour le mouvement) est activé, l'expérience illusoire se produit.

Nous avons également constaté que, chez les synesthètes mot/couleur, l'activation ne se produit que dans la région V4/V8 gauche. Étant donné la latéralisation gauche du système cortical du langage, cette activation latéralisée est peut-être à mettre en relation avec le fait que ce sont des paroles plutôt que des sons en général qui déclenchent les expériences de couleur chez les synesthètes. Par ailleurs, en accord avec ces résultats, l'équipe de E. Paulesu a trouvé, dans son étude par neuro-imagerie TEP sur des synesthètes, une activation subliminale de la région V4/V8 gauche, mais pas de la droite. Ainsi, la projection anormale, supposée être à l'origine de la synesthésie mot/couleur, va du système cortical du langage latéralisé à gauche à la région V4/V8 gauche (voir la figure 4), sans solliciter les régions inférieures du système visuel.

Enfin, la région du cerveau activée par les couleurs réelles n'est identique chez les synesthètes et chez les non-synesthètes que dans l'hémisphère droit. La région V4/V8 de l'hémisphère gauche des synesthètes n'est pas activée par les couleurs réelles. Chez ces derniers, il y a nettement séparation des rôles : l'hémisphère droit prend en charge les couleurs réelles et l'hémisphère gauche les couleurs évoquées par des mots. Dès lors, on peut postuler qu'en synesthésie la projection anormale supposée du système cortical gauche du langage vers la région V4/V8 gauche empêcherait l'affectation normale de celle-ci à la vision des couleurs réelles.

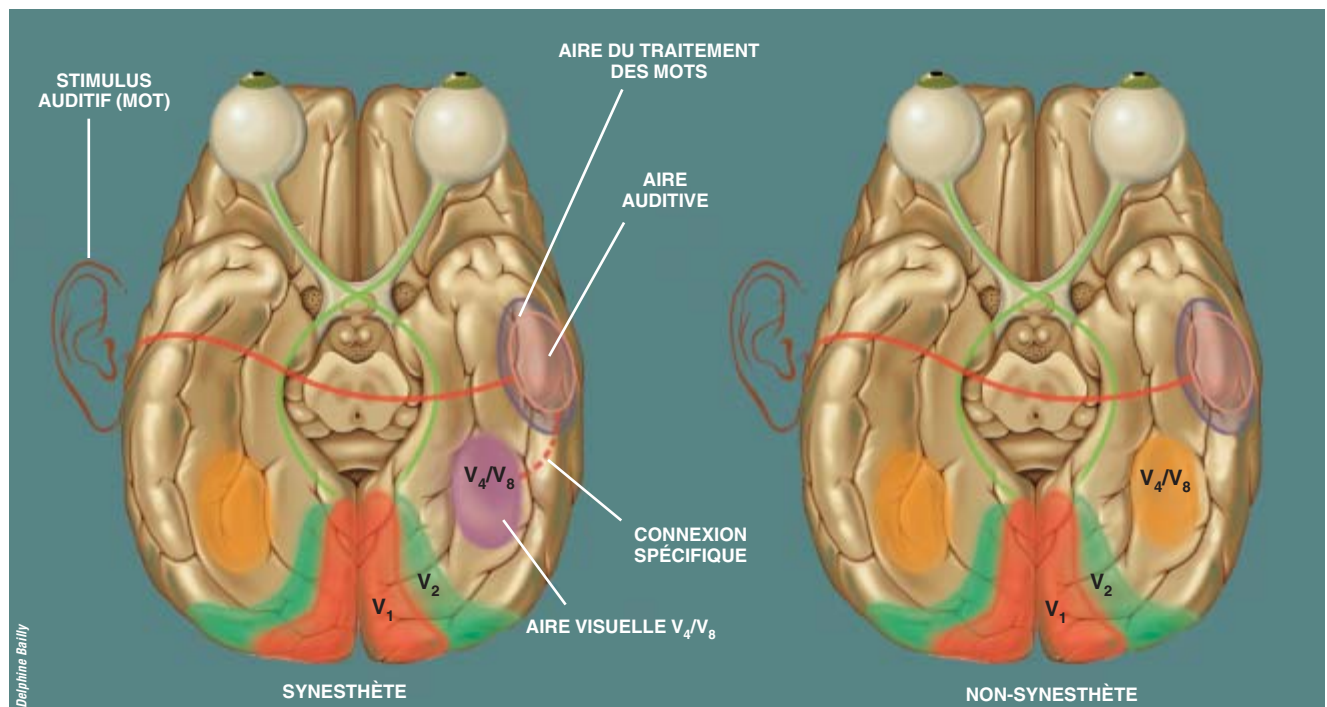
Ces résultats peuvent être résumés de la façon suivante : les synesthètes associant des couleurs aux mots auraient une projection supplémentaire anormale du système cortical du langage latéralisé à gauche vers la région de sélection des couleurs V4/V8 du système visuel, également

dans le cerveau gauche. Qu'un synesthète entende ou voie un mot, cette projection active la région de perception des couleurs. L'activation de cette région est suffisante pour déterminer une expérience de couleur consciente, dont la nature exacte dépend des neurones de la région V4/V8 activés.

L'effet «fausse couleur»

Il n'y a aucune preuve que la couleur précisément exprimée dans le cadre d'une synesthésie joue un quelconque rôle fonctionnel dans le traitement auditif ou visuel des mots chez le synesthète. Au contraire, nous avons observé chez les synesthètes un effet particulier, perturbant, de la double perception son/couleur. Ce cas survient lorsque le nom des couleurs déclenche la perception d'une couleur différente de la couleur nommée. Par exemple, le mot «rouge» pourrait conduire à la perception de vert, le mot «jaune» à celle du rouge. Chez un synesthète donné, l'effet fausse-couleur peut concerner tout ou partie des noms de couleurs.

De même que pour la synesthésie en général, l'effet fausse-couleur semble présent dès la toute petite enfance. Les synesthètes apprennent normalement le nom des couleurs : la perception des couleurs apparaît normale, de même que leur désignation. Nous avons confirmé l'effet fausse-couleur de façon expérimentale en répartissant les synesthètes couleur/mot suivant leur sensibilité à l'effet fausse-couleur. Pour chaque sujet, nous avons évalué la proportion des noms de couleurs conduisant à des conflits entre la couleur évoquée et la couleur perçue. Nous avons ensuite mesuré la vitesse à laquelle ces individus sont capables de désigner différentes couleurs présentées. Un individu normal met plus de temps à identifier la couleur de l'encre d'un mot qui signifie une autre couleur : par exemple le mot *rouge* écrit en vert. Il met plus de temps à identifier la couleur de l'encre d'un tel mot que la couleur de l'encre d'une rangée de lettres arbitraires.



4. L'aire visuelle V4/V8 est activée chez un synesthète quand il entend un mot qui déclenche la visualisation d'une couleur. Le son active les aires auditives, lesquelles sont vraisemblablement connectées aux aires visuelles V4/V8 de l'hémisphère gauche (ici à

droite sur la vue de dessous) par une «connexion spécifique» qui n'existe pas chez les non-synesthètes. Normalement ces aires sont stimulées uniquement par les informations de couleur véhiculées par les voies visuelles (en vert).