

moment, y compris chez l'adulte, plusieurs stratégies de raisonnement peuvent se télescoper, entrer en compétition, les réponses perceptives prenant alors souvent le pas sur les réponses logiques ; de surcroît, c'est l'inhibition cognitive, déclenchée ici par un apprentissage expérimental, qui se révèle être la clé de l'accès à la logique déductive. Ainsi, la clé de l'énigme du fonctionnement cognitif n'est pas à chercher uniquement dans la coordination logique des informations, mais aussi dans une fonction d'inhibition et de filtrage de certaines de ces informations. À l'issue d'un apprentissage strictement logique – généralement inefficace – on n'observe pas de reconfiguration des activations cérébrales, de l'arrière du cerveau vers l'avant.

Les bases cérébrales de l'erreur humaine

Plus précisément, les régions activées avant l'apprentissage, lorsque les participants font l'erreur d'appariement perceptif dans plus de 90 pour cent des cas, correspondent à un réseau neuronal postérieur bilatéral incluant à la fois des aires unimodales, c'est-à-dire liées à une modalité sensorielle particulière, notamment la vision, et à des aires hétéromodales (où plusieurs sens sont traités). Il s'agit de zones situées à l'arrière du cerveau (régions occipito-temporales) et sur le dessus (régions pariétales) et, enfin, de régions situées dans les gyrus temporaux moyen et supérieur gauches et dans le gyrus angulaire gauche (voir la

Dans l'autre méthode d'apprentissage (c_1), le «professeur» ne se contente pas de cet enseignement froid, mais donne en plus des «conseils d'inhibition», prévient lorsque l'«élève» risque de se laisser abuser par ses perceptions, fait intervenir une dimension émotionnelle dans son enseignement qui n'apparaît pas dans la méthode précédente. La procédure se termine lorsque les sujets atteignent le critère d'apprentissage, c'est-à-dire lorsqu'ils sont capables d'expliquer de façon autonome la résolution correcte de la tâche de

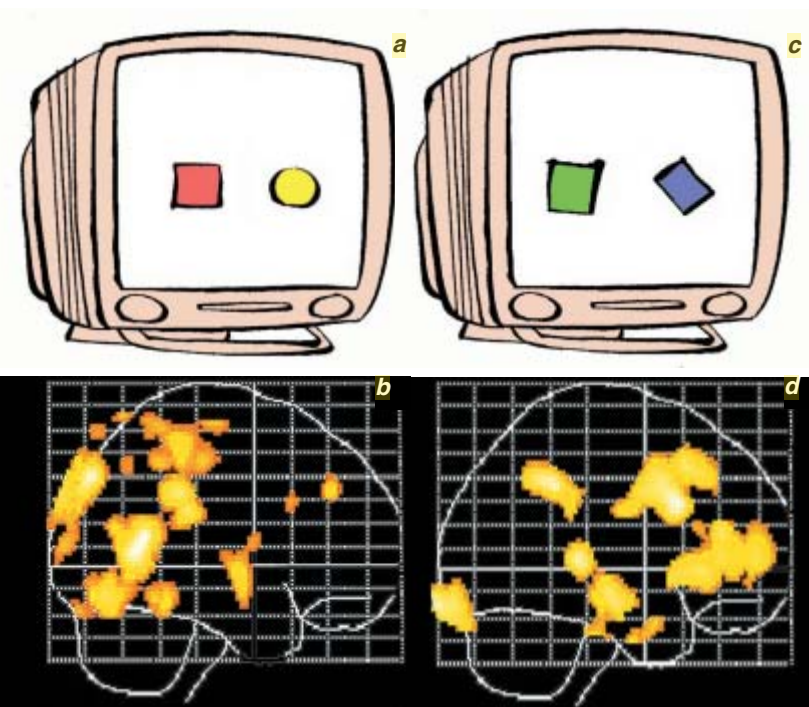
sélection de cartes. Ils finissent par réussir par l'une ou l'autre des procédures (b_2 et c_2). Sont-elles pour autant équivalentes ? Non, car dans la dernière étape de l'expérience, on refait le test avec la tâche initiale (rendre fausse la règle : «S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite») et l'on constate que la méthode d'explication logique échoue (b_3) tandis que la méthode d'apprentissage de l'inhibition des biais de raisonnement donne des résultats nettement meilleurs (c_3).

Pendant l'apprentissage

Après l'apprentissage



Pour améliorer les performances des sujets testés, on utilise soit l'apprentissage logique (b_1 à b_3), soit l'apprentissage de l'inhibition des biais de raisonnement (c_1 à c_3). La seconde méthode, où l'on met en garde contre les erreurs de raisonnement possibles, est plus efficace.



4. L'APPRENTISSAGE de l'inhibition des erreurs de raisonnement se traduit par une modification du débit sanguin cérébral. Lorsque les sujets se trompent quand on leur demande de rendre fausse la règle logique : «S'il n'y a pas de carré rouge à gauche, alors il y a un cercle jaune à droite» (a, mauvaise réponse), le débit sanguin est plus élevé dans les régions postérieures et perceptives du cerveau (b). Quand ils ont appris à inhiber leur erreur (c, bonne réponse), le débit sanguin est modifié, les régions antérieures (préfrontales) étant davantage activées (d).

figure 6). En comparant les images du cerveau avant et après apprentissage, on constate que certaines régions sont plus activées avant l'apprentissage. En faisant la soustraction des images obtenues avant apprentissage et après, on met ainsi en évidence les aires qui seront spécifiquement inhibées par l'apprentissage.

Ce réseau neuronal postérieur, impliqué dans les fonctions perceptives, démontre, pour la première fois, que les biais de raisonnement et les erreurs de logique ont des bases cérébrales. Aujourd'hui, on peut savoir, grâce à l'imagerie cérébrale fonctionnelle, ce qui se passe dans le cerveau humain quand il se trompe.

Ainsi, nous pensons que l'activation de la partie postérieure des gyrys temporaux moyen et supérieur gauches (l'aire de Wernicke) et du gyrus angulaire gauche correspond à la lecture silencieuse de la règle. Toutefois, lors de cette lecture, le sujet se focalise trop sur les mots qui évoquent les formes colorées (le carré rouge et le cercle jaune, par exemple), de sorte que ces régions du cerveau sont plus activées avant l'entraînement qu'après. Ce résultat est particulièrement intéressant, car J. Evans avait fait l'hypothèse selon laquelle, quand nous découvrons un texte lu, dans la vie courante, nous nous focalisons, en présence d'une négation, sur la proposition qui est niée : nous ne retenons que la chose à éviter dans les interdictions (ne pas prendre la première à droite), ou l'objet qui n'est pas disponible (il ne reste plus de glace à la vanille).

De même, l'aire visuelle V4 sur la voie ventrale, spécifiquement impliquée dans la perception de formes colorées, serait activée par une focalisation «visuelle» sur les deux formes, ce qui aboutirait à leur sélection systématique

et erronée (on se focalise sur les deux formes et sur les deux couleurs en oubliant les consignes véhiculées par la règle logique). À cela s'ajoute la participation des régions occipito-pariétales de la voie dorsale, connues pour leur rôle dans le traitement perceptif de l'espace, en l'occurrence lorsqu'il faut distinguer la gauche de la droite. Puisque la règle logique fait appel à ces notions, il n'est pas étonnant que ces aires soient activées. On verra que le traitement logique de ces mêmes relations active, après l'apprentissage, d'autres régions du cerveau.

Autant d'éléments qui nous montrent que, dans une tâche de logique déductive, notre cerveau fonctionne spontanément à l'économie, c'est-à-dire en recrutant un réseau situé dans sa partie arrière, fortement impliqué dans la perception des mots, des formes et de l'espace, plutôt qu'en activant des régions préfrontales. Ceci explique pourquoi nous pouvons commettre des erreurs, tout en croyant répondre correctement. Ainsi, il existe bien une réalité biologique de l'«irrationalité», mais, ici, ce fonctionnement à l'économie, souvent efficace, est inadapté, car il s'agit d'une tâche de logique déductive et non d'appariement perceptif.

La correction des erreurs

Dans nos expériences, on enregistre des images par la caméra à positons avant et après l'apprentissage. Or, après l'apprentissage de l'inhibition de la stratégie perceptive, les participants donnent une réponse logique pour plus de 90 pour cent des tests. La comparaison des régions du cerveau qui sont plus activées après que le participant a appris à inhiber le biais de raisonnement qu'avant révèle, pour les mêmes individus soumis à la même tâche, l'activation d'un nouveau réseau neuronal préfrontal. Plus précisément, les régions activées correspondent à des zones hétéromodales (plusieurs sens sont traités) et à des zones paralimbiques, liées aux émotions (voir les figures 4 et 5). Chaque composante neuroanatomique du réseau activé peut être mise en relation avec une composante psychologique des mécanismes utilisés lorsqu'on apprend à inhiber le biais d'appariement perceptif et que l'on améliore l'accès à la réponse logique.

Ainsi, à droite, le cortex préfrontal ventromédian et le cingulum antérieur sont impliqués dans les rapports entre émotion et raisonnement, lorsque l'on prend conscience de ses erreurs et lorsque se manifestent des conflits entre les réponses possibles (ici l'erreur d'appariement résultant d'un conflit entre la perception et la logique). On reviendra sur ce point en analysant les résultats d'une autre expérience décrite ultérieurement.

Par ailleurs, à gauche, le gyrus frontal moyen, siège de la mémoire de travail, est activé (les informations sont stockées temporairement dans cette partie de la mémoire). Cette activation est imputable, après l'apprentissage, à la manipulation logique des propriétés des objets (formes et couleurs) et de l'espace (à gauche et à droite) ; avant l'apprentissage, le traitement perceptif direct l'emporte sur le traitement logique. Avec l'apprentissage, la stratégie change, le traitement perceptif spontané étant inhibé au profit d'un raisonnement logique. En atteste l'activation de la partie antéro-inférieure du gyrus frontal moyen, connu pour son rôle dans l'inhibition. Enfin, on constate que le gyrus frontal inférieur gauche, qui recouvre l'aire de Broca (l'aire du langage) est activé ainsi que l'insula antérieure gauche.