

Une empreinte dans le cortex des violonistes

La Recherche n° 289 Juillet 1996 modifié

Comment rendre compte des capacités d'adaptation dont le cerveau fait la démonstration à tout âge ? Des observations simples sur le cortex des violonistes apportent la preuve d'une étonnante plasticité : la stimulation répétée d'une partie du corps (en l'occurrence les doigts de la main gauche) entraîne une modification significative des zones de représentation sensorielle à l'intérieur du cerveau. Pour certains virtuoses, l'ampleur de ces modifications a une conséquence pathologique : la perte de la capacité à bouger séparément les doigts.



Longtemps, une opinion a prévalu chez les spécialistes des neurosciences : les connexions entre les neurones se forment avant la naissance et au début de l'enfance, puis, chez l'adulte, les voies nerveuses sont plus ou moins fixes et immuables. Néanmoins, pour les psychologues qui étudient les fabuleuses capacités du cerveau à s'adapter aux nécessités de l'environnement, cette théorie a toujours été difficile à accepter. Nous savons tous que « *c'est en forgeant que l'on devient forgeron* ». **Mais quels changements se produisent dans les structures nerveuses centrales lorsque l'on acquiert ou perfectionne une compétence ? Par exemple, lorsqu'on apprend à jouer d'un instrument de musique ?**

A la fin des années 1940, l'éminent neuropsychologue américain Donald Hebb a formulé une théorie qu'on appelle la règle de Hebb : « *Les cellules qui déchargent ensemble se lieront ensemble* ». En d'autres termes, lorsque les neurones déchargent simultanément, leur capacité à s'activer mutuellement augmente. Les preuves expérimentales de ce principe n'ont commencé à apparaître que trente ans après la formulation de Hebb, lorsque l'on a appris à repérer et à corrélérer les décharges de neurones isolés. Toutefois, on croyait que seules les cellules du cerveau participant aux processus de mémorisation présentaient cette plasticité de câblage. Des recherches récentes montrent qu'en fait des modifications plastiques se produisent à tous les niveaux du système nerveux central : le cerveau est un système dynamique qui s'auto-organise.

Des preuves de plus en plus nombreuses démontrent que grâce à une réorganisation et à des changements plastiques, le cerveau peut s'adapter à ces interruptions du fonctionnement sensoriel normal.

Ces résultats fort surprenants sont apparus pour la première fois au cours d'expérimentations animales chez le singe en 1990 : le blocage des impulsions nerveuses qui se transmettent d'un doigt au cerveau ne se traduit pas par une inactivité durable de la région corticale qui, habituellement, traite les signaux envoyés par ce doigt. Contrairement à ce que l'on attendait, cette région « désafférentée » commence à répondre, après un certain laps de temps, lorsque les doigts adjacents sont stimulés.

Sur le plan de la cartographie, la désafférentation ou le non-usage d'un membre a donc une conséquence : la zone corticale adjacente de représentation sensorielle envahit celle qui correspondait auparavant au membre désafférenté. Par ailleurs, l'usage ou la stimulation accrue d'un membre entraînent une augmentation de la représentation corticale. A l'intérieur de cette représentation corticale accrue, les dimensions de chaque champ réceptif, c'est-à-dire de la région de la peau à laquelle un neurone donné répond, sont bien plus petites, d'où une plus grande capacité de résolution spatiale.

La découverte d'une plasticité similaire dans les zones corticales représentant d'autres parties du corps et l'étude d'autres modalités sensorielles, comme voir et entendre, suggèrent donc fortement que le cerveau se réorganise en permanence à l'âge adulte. Grâce à l'entraînement, par exemple, on peut parvenir à réaliser une tâche motrice complexe, telle une suite rapide des mouvements des doigts. La pratique intensive et quotidienne permet au musicien d'atteindre cette virtuosité qui fait l'admiration de son public.

Les individus qui jouent d'un instrument à cordes utilisent les doigts de la main gauche plus fréquemment que ceux de la main droite. Ils stimulent aussi les doigts de la main gauche bien plus souvent que les gens qui ne jouent pas d'un instrument. Ces musiciens semblent ainsi constituer un échantillon idéal pour mettre à l'épreuve cette hypothèse : la stimulation répétée d'une partie du corps entraîne une modification des zones de représentation sensorielle du cerveau. Si cette théorie est vraie, on s'attend à ce que ce changement apparaisse dans la région du cerveau qui reçoit l'information des doigts de la main gauche.

La tomographie par résonance magnétique rassemble des informations structurales sur le cerveau. Avec différentes coupes obtenues grâce à l'IRM, on peut reconstituer une image tridimensionnelle de la structure du cerveau (**figure 1**). Les informations fournies par ces images ne sont toutefois pas suffisantes pour voir le cerveau en fonctionnement. Dans les années 1990, on a développé des techniques fonctionnelles qui, enfin, permettent de localiser la partie du cerveau activée pendant une tâche particulière.

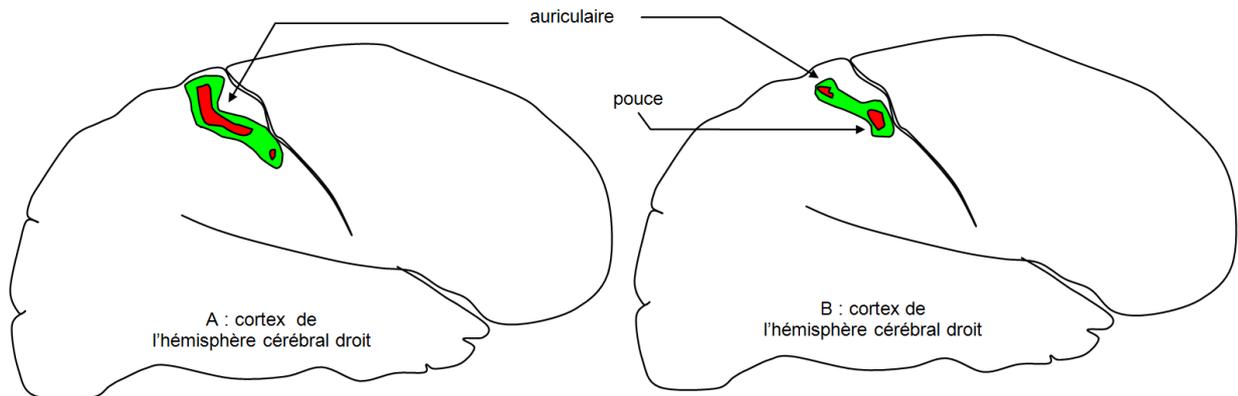


Figure 1 : La forme du cortex a été déterminée grâce à des tomographies par résonance magnétique. En comparant les cortex des deux auteurs de cet article (B.R., instrumentiste à gauche, et T.E., qui ne joue d'aucun instrument, à droite), il y a une variation importante dans la position et les angles des scissures. La zone représentant les doigts est en couleurs. On observe chez l'instrumentiste une réponse plus générale lorsque les doigts de la main gauche (hémisphère droit) sont stimulés. On n'observe aucune différence pour la stimulation de la main droite/hémisphère gauche (non représentée).

Au cours d'une étude nous avons étudié six violonistes, deux violoncellistes et un guitariste. Nous avons mesuré par imagerie par source magnétique (ISM) l'activité cérébrale dans le cortex somatosensoriel des sujets en réponse à des stimuli légers sur l'extrémité des doigts, puis nous avons comparé les résultats obtenus sur des musiciens et des non-musiciens. Au toucher des doigts de la main gauche, les musiciens ont activé une région du cortex plus grande que les non-musiciens : en particulier, la représentation corticale de l'auriculaire gauche était augmentée chez les musiciens. La représentation du pouce gauche, un doigt beaucoup moins utilisé que les autres, était à peine plus grande, et l'on n'a observé aucune différence en ce qui concerne les représentations des doigts de la main droite. L'agrandissement de la représentation de l'auriculaire gauche était plus important pour les sujets qui ont commencé à pratiquer avant l'âge de 13 ans, mais il était également substantiel chez ceux qui ont commencé plus tard (figure 2). Ces observations montrent que si le cerveau peut se modifier plus facilement dans l'enfance, il est encore remarquablement plastique chez les adultes. Une telle plasticité n'était pas du tout reconnue il y a seulement dix ans.

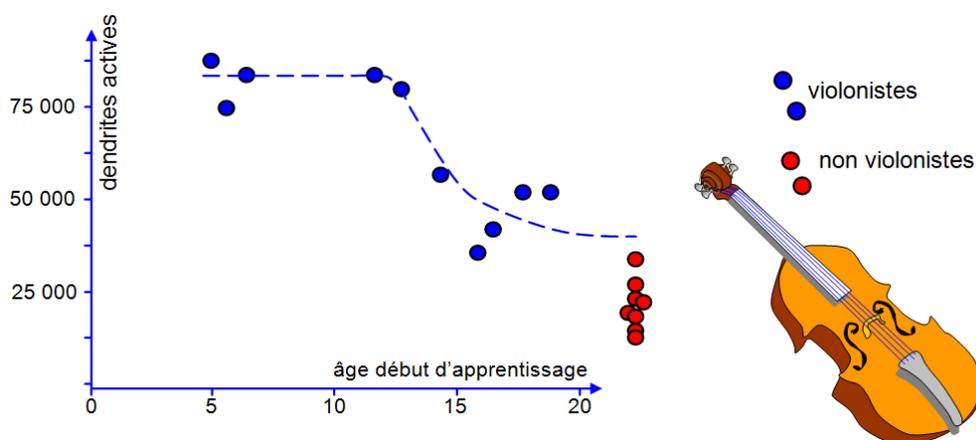


Figure 2 : Le moment magnétique, généré par les neurones lorsque l'extrémité de l'auriculaire est stimulée, est représenté en fonction de l'âge du début de la pratique de l'instrument. Chaque symbole représente un joueur d'instrument à cordes (points noirs). L'amplitude des réponses à la stimulation de l'auriculaire est significativement plus petite pour les sujets témoins (points bleus) que pour les musiciens. On notera l'augmentation importante du moment dipolaire pour les individus qui débutent l'apprentissage de l'instrument avant 12 ans.

L'idée que le cerveau est une masse immuable de cellules dont les circuits de base se forment avant la naissance ou peu après n'est donc plus admissible. Lorsque nous aurons compris les mécanismes de la réorganisation du cerveau, on pourra alors envisager de les stimuler ou de les manipuler en vue d'un meilleur apprentissage et, surtout, d'un remplacement des fonctions perdues à la suite de lésions cérébrales.

Le fait de modifier l'importance relative des connexions du système nerveux en augmentant la stimulation ou en désactivant une voie nerveuse peut entraîner un changement de l'organisation cartographique. Une prédiction de Hebb a été confirmée par des études sur des animaux : une stimulation synchrone sur des sites adjacents (c'est-à-dire d'autres doigts) a pour résultat une fusion des aires corticales associées à ces doigts, alors qu'une stimulation asynchrone sépare les aires corticales.

Dans le même ordre d'idées, les musiciens qui travaillent leur instrument chaque jour pendant des heures s'habituent à stimuler presque simultanément certains doigts. En utilisation normale de la main chez les non-musiciens, la stimulation des doigts ne s'effectue pas suffisamment rapidement pour être qualifiée de simultanée au regard du laps de temps (5-20 ms) qui semble gouverner le chevauchement des zones représentationnelles dans le cortex. Mais, si une stimulation simultanée l'emporte sur cette activation asynchrone chez un virtuose, les zones représentationnelles des doigts peuvent fusionner.

Le célèbre compositeur Robert Schumann, par exemple, souffrait de cette « dystonie focale » de la main qui l'empêchait de jouer du piano. Cette pathologie est encore très répandue chez les musiciens contemporains.

A quelle vitesse les changements perceptifs et comportementaux peuvent-ils se produire dans le cerveau ? Pour l'instant, nous ne pouvons pas répondre clairement à cette question. Dans l'étude d'un cas isolé, nous avons découvert que l'apprentissage intensif de la lecture en braille par un sujet débutant a entraîné une augmentation de la représentation des doigts « lecteurs » au bout de quelques jours seulement (après 30 heures d'apprentissage). A l'évidence, la représentation des différentes parties du corps dans le cortex somatosensoriel primaire de l'homme peut changer rapidement pour s'adapter aux nécessités du moment et à l'expérience individuelle.

Si nous pouvons déterminer les mécanismes qui sous-tendent la plasticité, nous pourrions enfin comprendre et surmonter les difficultés liées à l'apprentissage, depuis les troubles d'apprentissage jusqu'aux déficits provoqués par des lésions cérébrales. Il n'y a certainement pas de régénération des cellules nerveuses chez l'adulte, mais de nouvelles connexions peuvent s'établir assez rapidement pour permettre le recâblage, en contournant les régions lésées ou endommagées du cerveau.

Thomas Elbert, Brigitte Rockstroh (1996)