

UN CERVEAU, COMMENT ÇA MARCHE ? (II)

LES FONDATIONS

Quelques précisions préliminaires :

Avant d'aller plus loin, une petite précision s'impose. On a vu tout à l'heure qu'un neurone se composait d'une "tête" (le corps cellulaire), avec porte d'entrée pour l'information, les dendrites, et une queue plus ou moins longue, l'axone, qui porte l'information là où elle doit aller. Tout ça peut prendre différentes formes (voir figure 6).

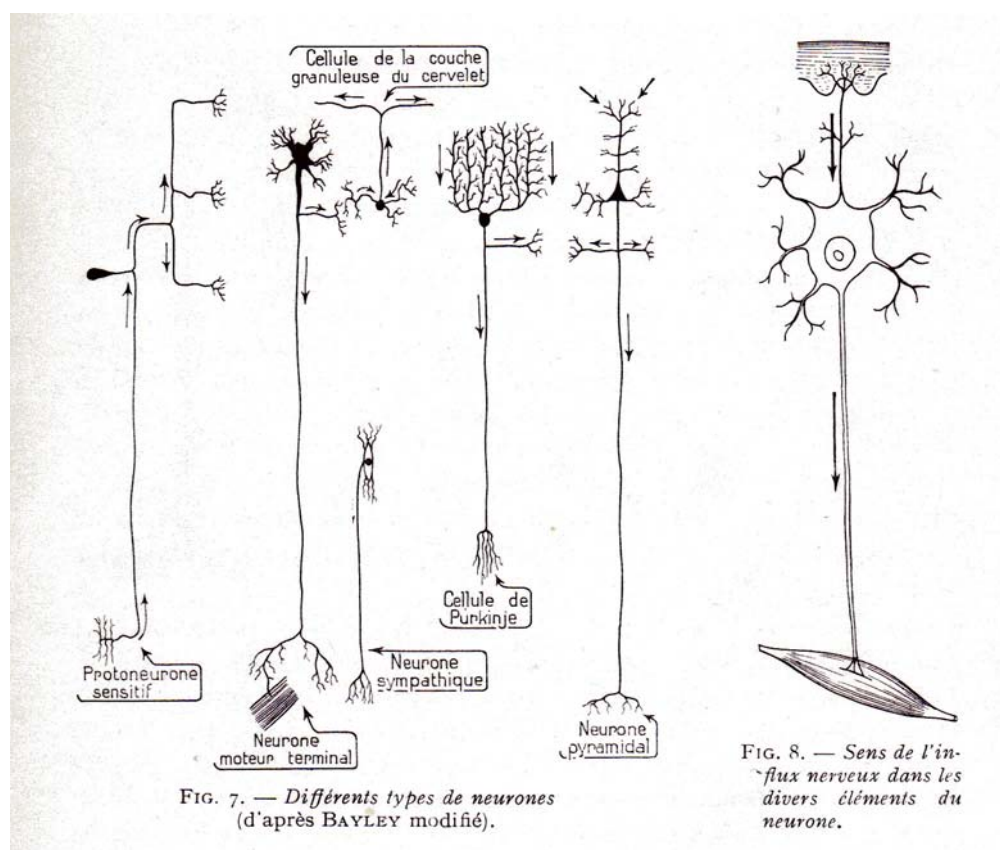


Figure 6, différentes formes de neurones (d'après Delmas)

Assez généralement, les corps cellulaires des neurones qui s'occupent d'une fonction précise sont groupés en paquet, qui forment des **noyaux**, et les fibres qui amènent l'information où qui la portent plus loin forment des **faisceaux**. Ce que nous appelons les "nerfs", ce sont généralement des faisceaux de neurones qui forment des "câbles".

Lorsque nous nous coupons, nous coupons très souvent des petits "nerfs", en fait des axones. Le corps cellulaire n'est pas touché, et reste vivant tant qu'il est nourri par notre organisme. Dans un certains nombres de conditions, la réparation est possible, et le "nerf" se reconstitue après un temps plus ou moins long (c'est pas rapide, la repousse d'un axone!). Mais si le corps cellulaire est détruit, la réparation n'est pas possible. Contrairement à d'autres tissus de notre corps, le tissu nerveux ne se reconstitue pas lorsqu'il est détruit, accidentellement ou par le vieillissement. On a bien découvert récemment que des neurones pouvaient naître tout au long de notre vie, alors qu'on pensait jusque là que notre stock de neurones était établi une fois pour toute dans notre petite enfance, mais on n'est pas encore parvenus à faire se reconstituer un tissu nerveux détruit.

Ce qui bouge le plus, tout au long de notre vie, ce sont les connexions (les synapses). Nous avons vu que chaque neurone pouvait avoir plusieurs milliers de connexions avec ses voisins. Tout au long de notre vie, certaines s'activent, se désactivent, disparaissent, mais tant que les corps cellulaires sont maintenus en vie, il y a généralement des possibilités de réorganisation même si certaines connexions sont détruites.

Mais le grand mystère, concernant notre système nerveux, on pourrait l'exprimer ainsi : comment, à partir de l'unique cellule de l'œuf humain, ces milliards de connexions parviennent-elles, pendant les neuf mois de la gestation, à s'établir sans erreur ? Quel "plan" de construction doivent suivre ces voies nerveuses, étant donné qu'il n'y a pas assez de gènes sur nos chromosomes pour coder une par une toutes ces connexions. **On peut penser que, au cours de cet immense chantier, il puisse y avoir des petites variations dans les branchements.** Sans doute, la plupart du temps, ces variations participent à l'établissement de notre personnalité propre, au fait que chacun de nous est unique. **Mais parfois, elles peuvent aboutir à des modes de traitement de l'information un peu différents, et qui ne permettent pas d'emblée de "fonctionner" exactement selon le mode général. Ce que j'appelle les "grains de sable",** terme un peu impropre, puisqu'il ne s'agit pas dans ce cas là de quelque chose qui empêche des "rouages" de fonctionner, mais un **autre arrangement** des "rouages" qui les fait fonctionner un peu différemment. Je pense qu'on peut attribuer la plupart des "dys" à de telles variations dans les modes de "branchement".

En résumé

Les difficultés neuropsychologiques, c'est-à-dire celles qui trouvent leur origine non seulement dans l'histoire de la personne, mais au point de départ dans un mode de fonctionnement un peu particulier de son système nerveux central, peuvent prendre leur source :

- Soit dans la destruction plus ou moins importante de neurones, par accident (traumatismes crâniens, accidents vasculaires cérébraux), maladie (dégénérescences diverses, maladie d'Alzheimer...) ou vieillissement. Dans ce cas, la fonction supportée par ces neurones ne peut être prise en charge que par l'établissement de compensations utilisant d'autres circuits, pas forcément prévus pour au départ d'ailleurs (les "départementales").
- Soit par la perturbation des faisceaux de fibres de transport de l'information sans destruction des corps cellulaires. **Dans certaines conditions**, une récupération est possible dans ce cas. Elle prend plus ou moins de temps, est plus ou moins complète, et nécessite souvent, pendant un temps du moins, l'établissement de compensations comme ci-dessus.
- Soit dans un établissement un peu original des réseaux de communications neuronales lors du développement de l'enfant *in utero* et au cours des premières années. Cas de la plupart des "dys". Dans ce cas, on pourra surmonter les difficultés que cela entraîne de deux manières, essentiellement: soit en "apprenant" à fonctionner "comme les autres", soit en trouvant des méthodes de traitement de l'information différentes, adaptées au mode de fonctionnement particulier de l'individu. Je reviendrai longuement par la suite sur ce point.

Ces précisions posées, reprenons notre examen du fonctionnement cérébral.

Une affaire de renflements

Là où se développent des structures fonctionnelles de plus en plus complexes, on rencontre un nombre toujours plus grand de neurones, qui nouent des relations toujours plus complexes. Cela prend de la place et se traduit par des renflements du tissu nerveux. De tels renflements, on en trouve un au niveau lombaire, c'est-à-dire là où se nouent toutes les commandes des membres inférieurs, au niveau cervical où se nouent les commandes des membres supérieurs. On peut donc s'attendre à trouver un nouveau renflement là d'où partent tous les nerfs qui innervent notre tête. C'est ce qui se passe tout en haut de la moelle épinière, dans ce qui fait le lien entre la moelle et le cerveau proprement dit, qu'on appelle le "tronc cérébral".

On trouve dans cet épaississement, tout d'abord, un réseau dense de faisceaux : toutes les fibres porteuses d'information (sensitives ou ascendantes) qui viennent de l'ensemble de notre corps, et les fibres qui vont porter les ordres du système nerveux supérieur (descendantes, ou motrices), se croisent là en un invraisemblable enchevêtrement. Je n'insisterai pas sur ce point, étudier tous ces faisceaux n'intéresse pas directement notre propos. Il suffit de se rendre compte que ce sont les "autoroutes" de l'information qui amènent au cerveau les infos venues de tout le corps, et qui portent dans tout le corps les infos et les ordres établis par le cerveau.

On y trouve aussi les **noyaux des nerfs crâniens**, les 12 nerfs qui innervent notre tête, mais également notre cou (on y trouve tous les nerfs concernant la phonation, la production de la parole, donc) et même notre système respiratoire. Il y a là-dedans, je cite pêle-mêle, les nerfs qui commandent la production de salive, les mouvements de nos yeux et le diamètre de notre pupille, les nerfs de la mastication, qui nous permettent de manger, les nerfs qui commandent notre langue, notre pharynx, les nerfs olfactifs et acoustiques, les nerfs vestibulaires, qui nous permettent de connaître la position de notre tête dans l'espace : est-elle penchée à droite, à gauche, en avant, en arrière, en mouvement ou immobile...

Vous le voyez, il y a du monde. Et surtout tous ces nerfs sont très importants pour notre vie de relation, puisqu'ils touchent :

- la **prise d'informations visuelles** (attention, je ne parle pas de la vision proprement dite en ce moment, mais de l'ensemble des petits muscles qui vont nous permettre de diriger nos yeux là où c'est nécessaire, de régler l'ouverture de la pupille, de caler les saccades oculaires lorsque nous apprendrons à lire, etc..). Mais ce n'est pas là que sont analysées les informations venues par les nerfs optiques. Cela se fera plus haut, dans le cortex cérébral.

- La **prise d'informations auditives** (là non plus je ne parle pas de l'audition proprement dite à ce stade. Mais il s'agit par exemple de raidir plus ou moins la cochlée, la membrane où sont les petits cils qui nous permettent d'entendre, et les petits muscles de l'oreille interne, selon l'intensité du bruit ambiant. En notre siècle de baladeurs, d'avions à réaction et de rave parties, ils ont du boulot ceux là ! Mais le contenu auditif est, là aussi, analysé plus haut, dans le Cortex auditif).
- Tout ce qui concerne la **mastication et la déglutition**, l'acte de manger et donc la convivialité. Mais ce n'est pas l'affaire du tronc cérébral de savoir si c'est du caviar ou un infâme rata, un grand champagne ou une piquette. Son affaire, c'est que la mastication se fasse, que la langue, les mâchoires et les glandes salivaires fassent leur boulot, et que "ça passe".
- La commande de la parole (attention, là non plus je ne parle pas de la production de la parole, qui se fait plus haut dans le cerveau, mais de l'appareil phonatoire qui va permettre à cette parole de s'exprimer physiquement).
- Beaucoup de muscles en rapport avec le contrôle du souffle, les nerfs qui commandent la respiration automatique ont leur noyau dans le tronc cérébral.

Il y a donc dans cette structure cérébrale tous les mécanismes élémentaires, les réflexes primordiaux les schèmes (oh! Pardon, encore un gros mot!) qui vont être utiles à l'expression de notre volonté, notre conscience et nos émotions. Par **schème**, j'entends des ensembles de comportements élémentaires et quasi automatiques (par exemple tourner la langue pour pousser la bouchée, ajuster la tension de la cochlée pour entendre ce que dit notre voisin(e) dans un restaurant bruyant, régler les mouvements de la mâchoire et de la langue pour éviter de se la mordre (la langue)... Bref, tous ces petits automatismes qui vont être repris par les étages supérieurs de notre cerveau pour exprimer nos intentions, notre volonté, nos émotions. On retrouve cet empilement de systèmes, du plus automatique au plus contrôlé, que j'ai décrit pour les réflexes d'évacuation tout à l'heure.

Je pense que depuis un moment, les personnes qui ont été confrontées à l'infirmité motrice cérébrale (IMC) doivent tendre l'oreille (ou plutôt ajuster leurs lunettes pour mieux me lire !). En effet, sans réduire toutes les difficultés d'expression verbale à cela, les problèmes de dysarthrie, c'est à dire d'incapacité d'articuler une parole que l'on a pensée dans sa tête, parce que la commande des muscles impliqués dans l'acte de parler est plus ou moins paralysée pèsent beaucoup dans cette pathologie.

Les centres situés dans le tronc cérébral sont des relais importants pour la commande de la parole. S'ils sont atteints, on arrive à des situations très pénibles : des personnes qui comprennent parfaitement ce qui est dit autour d'elles, qui ont une pensée bien construite, et un langage bien construit aussi, mais ce langage ne peut se manifester, puisque pour des raisons musculaires ne

leur permettent pas. Ou bien ce langage se manifeste de façon hachée, hésitante, qui les fait parfois regarder avec condescendance un peu comme des "débiles". C'est source de beaucoup de souffrance. Pour comprendre un peu ce que vivent ces personnes, pensons à ce qui se passe quand nous avons une difficulté à articuler par exemple "les chaussettes de l'archiduchesse sont-elles sèches..." Si nous laissons filer, nous savons que nous allons nous planter, alors nous portons toute notre attention sur l'articulation, nous remplaçons les modules qui prennent habituellement en charge notre élocution pour diriger cette élocution de manière consciente. Ça marche, en général, mais cela nous oblige à parler plus lentement, et surtout à investir beaucoup de notre attention, ce qui risque de nous faire perdre le fil de nos idées. Eh bien pour parler, ces personnes sont **constamment** obligées de diriger une élocution qui ne parvient pas à s'automatiser. Et parfois la paralysie est totale. J'ai connu un jeune IMC qui ne parlait pas, et dont les seuls membres qu'il puisse contrôler étaient ses pieds. On voyait bien en classe qu'il "n'avait pas l'air bête", mais on ne savait pas du tout ce qu'il captait, et ce qu'il suivait. Une synthèse vocale commandée au pied lui apporta une véritable délivrance, et on s'aperçut alors que, non seulement il comprenait ce qu'on lui disait et savait parfaitement parler, mais encore qu'il avait appris à lire et il put bientôt écrire grâce à un logiciel adapté.

Attention, je ne veux pas du tout dire que ce genre de problème vient **forcément** de lésions au niveau du tronc cérébral, mais c'est une possibilité. Et en tous cas, cela précise bien une partie de sa fonction.

Mais on aurait tort de penser que cette structure très archaïque de notre cerveau n'a qu'une fonction comparable à la moelle épinière pour les nerfs crâniens. Déjà des structures de traitement plus élaborées, et très importantes pour la suite des opérations cérébrales y sont intégrées: noyau rouge, *locus niger*, et formation réticulée, tubercules quadrijumeaux... Voyons ça de plus près.

On a vu tout à l'heure que toutes les grandes voies de communication nerveuses avec l'ensemble de notre corps passaient par le tronc cérébral. Elles ne s'y arrêtent pas pour la plupart, mais se dirigent vers les structures supérieures où les informations seront traitées. Pourtant, les informations que véhiculent ces voies nerveuses ne passent pas inaperçues. Elles sont en quelque sorte espionnées par une formation tout à fait particulière, la **formation réticulée**. Cette formation espionne ne s'occupe pas vraiment de savoir quelle information circule, mais quand un paquet d'informations arrive, elle avertit les structures supérieures qu'il va falloir la traiter. Un peu comme le scanner de votre auto-radio qui "cale" votre poste sur une station, sans s'occuper du contenu de l'émission, mais qui signale : "là, il y a une émission". Après, vous décidez quelle importance vous accorderez à l'émission, si vous l'écoutez ou pas. Et le pire, c'est que si la réticulée ne signale aucune émission nulle part, le cerveau a tendance à ne rien traiter et à s'endormir. Cette formation est donc d'une grande importance pour maintenir notre **vigilance**. Bon, elle ne fonctionne pas non plus toute seule dans son coin (aucune partie de notre cerveau ne fonctionne toute

seule dans son coin, elles sont toujours en rapport les unes avec les autres, et c'est précisément ce qui rend les choses difficiles à cerner). Elle reçoit aussi des informations des étages supérieurs, mais elle est sans doute la composante la plus archaïque de notre système attentionnel. En tous cas elle en est un élément important.

Et puis, certains noyaux (noyau rouge en particulier) qui se situent dans cette zone ont un rôle important dans la construction de notre équilibre. Nous allons nous attarder un peu sur cet aspect.

Si vous avez vu des films tournés au magnétoscope à bord d'une voiture en mouvement (avant que les stabilisateurs d'image ne soient inventés), vous aurez sûrement remarqué combien l'image est bougée et difficile à regarder. Si vous faites l'expérience de prendre un tel film avec le magnétoscope posé sur le tableau de bord par exemple (et non pas tenu par quelqu'un), ce sera pire, et vous ne reconnaîtrez pas du tout l'expérience que vous avez eu, vous, à bord de la même voiture, du même voyage. Pourtant, vous avez été soumis(e) strictement aux mêmes cahots, et aux mêmes mouvements par rapport au paysage. Pourquoi donc n'avez-vous pas ressenti la même chose ? C'est que vous avez, vous, un stabilisateur d'image particulièrement performant. Comment fonctionne-t-il, ce stabilisateur d'image ?

Tout d'abord, vous disposez d'un "GPS" perso très efficace, et qui ne doit rien à la NASA, pour connaître à tout moment la position de votre tête. Il est situé dans l'oreille interne ("canaux semi-circulaires"), et on l'appelle aussi système vestibulaire. Il fonctionne un peu à la manière d'un niveau à bulle - je simplifie, évidemment -, et détecte immédiatement tous les mouvements de notre tête, quelle que soit leur orientation. C'est fondamental, parce quand on connaît exactement la position de notre tête, cela nous permet de connaître la position de nos oreilles, et d'analyser le lieu d'où proviennent les sons, de connaître la position de nos yeux. Là, c'est plus compliqué, parce que nos yeux tournent dans nos orbites, et il faut aussi, pour localiser les images, connaître en plus leur position exacte par rapport à notre tête.

C'est pas fini. Dans le paysage qui nous entoure, il y a des choses qui ne bougent pas par rapport à nous : les éléments de la voiture, le cadre du pare-brise, le volant, etc... Des choses qui ne "bougent" qu'à cause du mouvement de la voiture : le paysage, les bords de la route... Il est rare qu'un trottoir prenne l'initiative de traverser la route (oui, je sais... mais dans ce cas là, généralement, il y a d'autres facteurs en jeu, le taux d'alcoolémie en particulier !!!). Et des choses qui ont leur mouvement propre : autres voitures, vélos, chiens, piétons ou hérissons...

Nous reviendrons longuement par la suite sur cette analyse qui intéresse tout particulièrement des affections sur les dyspraxies par exemple, mais cette analyse se fait plus "haut" dans le système nerveux central.

Mais pour que notre cerveau puisse analyser tout cela correctement, il faut impérativement qu'il "sache" quelle est la position du corps, de la tête par

rapport au corps, des yeux par rapport à la tête, si tout cela est immobile ou en mouvement... Et c'est ce qui nous intéresse à ce stade, car les nerfs qui amènent les informations des canaux semi-circulaires (position et mouvements de la tête), des muscles oculaires (position et mouvement des yeux), ceux qui donnent des informations sur l'état de tension de nos différents muscles et de nos différentes articulations (position et mouvements de nos membres, de notre tronc, etc...) se rencontrent au niveau du tronc cérébral.

Ce n'est pas tout. Les images que captent nos yeux et qui nous permettent de discerner un chat d'une carpe, de détecter dans le paysage une jolie fille ou un beau jeune homme, etc... sont envoyées par le nerf optique beaucoup plus "haut" vers le cortex cérébral, nous verrons ça, **mais** une petite partie en parvient directement au "toit" du tronc cérébral, vers les tubercules quadrijumeaux, exactement au *Colliculus* supérieur, qui ne s'intéresse pas du tout à la nature des images qu'on lui envoie, mais qui jouera un rôle fondamental dans l'établissement de la "carte" du champ visuel, et permettra le calage précis des saccades oculaires. Il joue un peu le rôle de l'écran GPS que vous voyez dans les avions ou les bateaux : il ne retranscrit pas du tout les beautés du paysage (pour cela, vous avez le hublot), mais il permet de savoir où on se trouve, et quelle direction on suit en gros.

Pour être complet, ajoutons que cette partie de notre cerveau est en lien tout à fait étroit avec une autre structure fort importante, le **Cervelet**, qui joue également un rôle fondamental pour tout ce qui concerne le positionnement dans l'espace et l'équilibration, mais n'anticipons pas, ce sera l'objet d'autres chapitres...

Résumons nous. Dans cette structure en somme intermédiaire entre la moelle et le cerveau "supérieur" qu'est le tronc cérébral, on trouve :

1. Les grandes "autoroutes" nerveuses entre le cerveau et le reste de notre corps, qui traversent sans s'arrêter, mais comportent à ce niveau là une sorte de "détecteur de trafic" , la formation réticulée ascendante, qui "avertit" en quelque sorte le cerveau, le "réveille" lorsque des informations remontent et qu'il va y avoir des choses à traiter;
2. Les centres de commande et de régulation de fonctions végétatives comme la respiration, la déglutition, etc..., mais également de tout ce qui concerne les mouvements en rapport avec la tête : mouvements des yeux, de la langue, des mâchoires, et donc réalisation physique de l'acte de parole, des fonctions alimentaires, de la prise d'informations visuelle.
3. Une sorte de plate-forme GPS donnant la position et l'état de mouvement de la tête, et de l'ensemble du corps, plate-forme qui permettra ensuite aux structures supérieures de faire leur travail d'analyse et de "prise de décisions". Lesquelles "décisions" redescendront ensuite en empruntant les grandes voies nerveuses (les "autoroutes") et transiteront à nouveau sans s'arrêter par le tronc cérébral. Sans s'arrêter, mais là encore, avec une sorte d'espionnage du trafic, à l'intention cette fois du Cervelet.