

UN CERVEAU, COMMENT ÇA MARCHE ? (V)

VOYONS, OU SUIS-JE ?

Le Cervelet... Une sorte de "petit cerveau" qui fonctionne un peu en parallèle du "grand".

Dans le chapitre précédent, nous avons commencé à parler de la construction des gestes. Le Cervelet joue dans cette construction un rôle critique. Et de plusieurs manières.

- D'abord, parce qu'il permet de maintenir correctement notre équilibre, et de percevoir quelle est la position exacte de notre corps, et de nos membres, au moment où nous calculons les ordres à envoyer aux différents muscles impliqués. Cela se fait de manière tout à fait non consciente, mais qui nous paraît évidente. Evidence trompeuse, car cela donne aux systèmes automatiques dans lesquels notre cervelet joue un rôle fondamental beaucoup de travail !
- Ensuite, parce que même lorsque l'ordre dans lequel les différents muscles doivent intervenir (mais aussi une planification temporelle de leur action et un dosage de la force à mettre en jeu, donc de l'intensité de l'ordre) est faite, et que les zones motrices volontaires situées, nous l'avons vu, près du sillon de Rolando entrent en jeu, il convient d'en contrôler l'exécution. Et là encore le Cervelet joue un rôle critique.

Pour bien situer le problème, je reprends ici un autre écrit que certains d'entre vous connaissent peut-être déjà, mais qui me semble de nature à éclairer la suite en situant bien le problème.

Voir, toucher, se situer...

Sur n'importe quel plan de ville, vous trouvez un petit rond rouge, ou une flèche, qui vous indique "vous êtes ici". Et heureusement, car sans cela, même pour un champion de l'orientation, le plan ne serait pas d'une grande utilité. Quand notre cerveau commande un déplacement à notre main, par exemple, il programme un geste qui dit à la main "*tu es ici, et tu vas là*". Il faut bien que notre cerveau sache exactement où est notre main au moment où il programme le mouvement. Et qui plus est, si notre main est déjà en mouvement, notre cerveau doit anticiper l'endroit où elle sera rendue lorsqu'il programmera le nouveau geste. C'est drôlement compliqué, et s'il y a un "*bogue*", cela va poser des problèmes plus ou moins importants. Par exemple des maladresses : notre cerveau pensait la main plus éloignée de la tasse sur le bord de la table, et il a calculé le geste de la main pour attraper la tasse trop "long". Résultat, la tasse se retrouve par terre ! Après quelques déconvenues, nous allons faire plus "attention" (d'ailleurs, on n'arrête pas de nous le dire, de "faire attention"). Et le geste de prendre la tasse qui, pour quelqu'un n'ayant pas de problème se fait de manière automatique, nous allons l'exécuter de manière contrôlée : au lieu que notre cerveau programme le geste de la main vers la tasse et ne contrôle plus son exécution qu'en fin de parcours, au moment où il faut ajuster précisément la saisie de l'anse, nous allons contrôler le geste de bout en bout pour réajuster continuellement les

choses. Pendant ce court instant, une partie de notre attention est distraite, et on loupe dans la conversation le mot ou la phrase qu'il fallait précisément saisir pour suivre le fil. Et c'est le début d'une solide réputation de "distract"... voire de "un peu... demeuré". Car sans doute, ces petits "grains de sable" dans l'appréciation de la position de départ vont se reproduire, et entraîner d'autres bévues, et donc un mode de fonctionnement habituel mettant en défaut nos capacités d'attention.

Dans cet exemple que j'ai pris, notre cerveau a mal évalué la position de la main. Mais il peut aussi avoir mal évalué la distance exacte de la tasse et du bord de la table. Avec le même résultat, ce qui montre bien qu'une même difficulté peut avoir des causes diverses. Et qu'il faut bien analyser les choses avant de mettre en place une thérapie ou une rééducation.

Alors, comment ça peut se faire que notre cerveau se trompe pareillement ? Je vous propose que nous allions explorer un peu comment tout cela se passe.

On sait, sans avoir besoin d'y réfléchir, si on est debout, assis, ou couché, si notre tête est tournée vers l'avant, ou vers un côté, si elle est penchée vers le sol ou levée vers le haut. On sait si on est bien en équilibre sur nos pieds, ou si un déséquilibre risque de nous faire tomber. On en déduit une connaissance de la verticale et de l'horizontale que l'on croit inébranlable. On sait si on bouge, ou si on est immobile.

Oui, mais...

1. Si on est dans un avion, près du hublot, et que l'avion amorce une courbe, on a l'impression que c'est le sol qui s'incline, et que nous, on est resté bien vertical.
2. On est dans un navire, par mer formée. Si on est debout sur le pont, et qu'on voit les vagues arriver, on parvient à anticiper les mouvements du bateau. A l'intérieur du bateau, les murs, le sol de la cabine nous donnent un repère visuel de verticale et d'horizontale, d'un environnement immobile. Pourtant, on sent bien que ça bouge, sans pouvoir anticiper. On manque de se casser la figure à chaque coup de roulis, et on attrape le mal de mer !
3. On est dans un train, arrêté en gare, le train d'à côté démarre, et on a parfois l'impression que c'est nous qui partons en sens inverse du train en question... où au contraire, c'est notre train qui démarre et on a l'impression que c'est l'autre qui part !
4. Sur un pont, on regarde fixement couler la rivière, et au bout d'un moment, la tête nous tourne, on peut même ressentir un véritable vertige.

Notre perception de notre position et de la position des choses n'est donc pas infaillible. Pourquoi ?

Pour juger de notre position dans l'espace et des divers mouvements environnants, notre cerveau met à profit trois grandes sources de renseignements :

- Les informations transmises par nos organes des sens : yeux et dans une moindre mesure oreilles,
- Les informations envoyées par nos muscles et nos articulations,
- Les informations envoyées par les canaux semi-circulaires de notre oreille interne.

Quand toutes ces informations concordent, tout va bien.

Mais quand ces informations ne concordent pas tout à fait, ou rentrent en conflit, les choses se compliquent :

Dans l'exemple 1 (de l'avion en virage), les capteurs de mes muscles et de mes articulations m'assurent que je n'ai pas bougé et que je suis toujours assis dans la même position. Si le pilote a correctement négocié l'inclinaison de l'appareil, mon oreille interne m'assure que je suis toujours bien à la verticale par rapport à la pesanteur. Seuls mes yeux disent que l'horizon a penché. Mon cerveau est tenté de penser que mes yeux ont tort, et que c'est bien le sol qui s'incline.

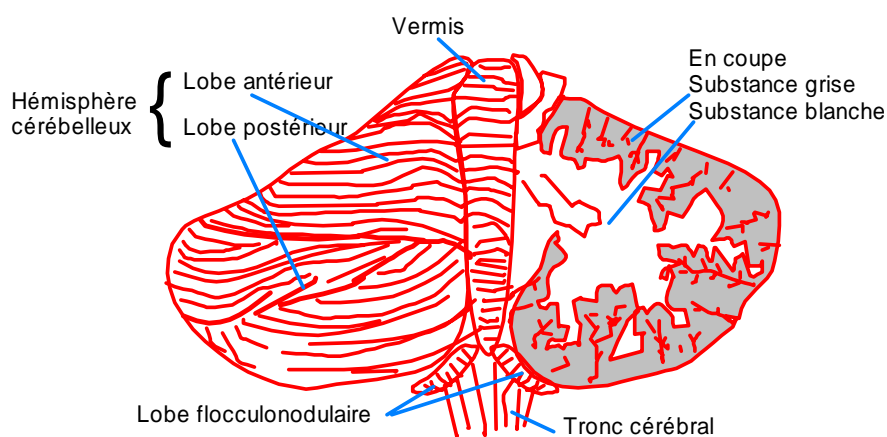
Dans l'exemple 2, mon oreille interne est complètement déroutée par les mouvements du bateau. Si je vois arriver les vagues, mes yeux donnent des explications à mon cerveau, qui peut tenter avec la coopération des capteurs musculaires et articulaires, de rétablir la situation (l'équilibre en l'occurrence), avec plus ou moins de bonheur selon qu'on a ou non le "pied marin", mais c'est une autre histoire). Mais dans la cabine, mes yeux donnent comme information que l'environnement est stable, alors que mes oreilles internes assurent que non ! Et je ne peux compter que sur les capteurs de mes muscles et mes articulations pour essayer de "comprendre" comment ça bouge, et ce qu'il faut faire pour y remédier.

Dans les exemples 3 et 4, il n'y a pas vraiment conflit, mais incertitude sur la manière d'interpréter ce qui se passe. Lorsque le train voisin démarre, s'il n'y a que lui dans notre champ visuel, on manque de repère pour interpréter ce qui se passe. Alors notre cerveau décide un peu au petit bonheur ce qui bouge et ce qui ne bouge pas ! Mais si dans le champ visuel il y a un poteau, un banc, des gens immobiles sur le quai, alors l'effet ne se produit pas. Il ne se produirait pas non plus dans un car ou une automobile, parce que, d'une part, le démarrage est plus brutal, et que notre oreille interne nous avertirait que nous nous mettons en mouvement (le démarrage d'un train est beaucoup plus progressif), et d'autre part, le bruit d'accélération du moteur au démarrage nous fournirait des indications supplémentaires (alors que le démarrage d'un train est beaucoup plus silencieux, du moins depuis qu'on a abandonné la vapeur !)

L'exemple 4 est encore beaucoup plus troublant. Mais tout de même du même ordre, car le phénomène ne se produit que si notre regard est fixé sur l'eau, et qu'on n'a pas d'autres points de repère (la rive, un pêcheur, des arbres...).

Dans ces deux exemples, la notion de vigilance entre également en jeu. Mais c'est un autre problème.

Comme notre cerveau, notre cervelet comporte une partie centrale (la plus ancienne dans l'évolution), et par dessus si j'ose dire, deux hémisphères cérébelleux, divisés en deux parties, le lobe antérieur et le lobe postérieur. Bon, je simplifie naturellement. Au centre, des noyaux d'où partent les neurones qui portent les ordres du cervelet. Comme à la surface du cortex (« l'écorce ») cérébral, le cortex des hémisphères du cervelet sont pleins de plis, qui permettent d'en augmenter la surface. Ajoutons une partie encore plus ancienne, le **lobe flocculo-nodulaire**, qui reçoit des informations en particulier de l'oreille interne et joue un rôle essentiel



Un petit aperçu du Cervelet

dans l'équilibration.

Figure 13

Le vermis, lui, (appelé ainsi parce que son aspect rappelle plus ou moins celui d'un ver, c'est poétique), s'occupe de régler le tonus musculaire, de façon à lutter contre la pesanteur. On n'y pense pas, mais garder notre équilibre malgré cette fichue attirance que la terre exerce sur notre corps, et tous ses abattis, ainsi que sur les corps que nous devons soulever, c'est en soi une entreprise ardue ! Si nous tendons les bras en avant, leur poids tend à nous entraîner vers l'avant, il faut donc que les muscles de notre dos se raidissent juste ce qu'il faut pour contrebalancer ce changement de notre centre de gravité.

Evidemment, les représentations que nous nous faisons du monde et des efforts à faire, élaborées dans d'autres parties de notre cerveau, doivent nous permettre d'anticiper le tonus nécessaire. Là non plus, notre cervelet n'agit pas en free-lance pour son propre compte, il tient compte des indications venues du "grand" cerveau. Un exemple. Vous vous apprêtez à arracher une racine que vous supposez résistante. Votre corps règle son tonus de manière à anticiper l'effort. Pour cela, il utilise les compétences du vermis. S'il advient que la racine ne résiste pas, vous vous retrouvez sur les fesses !

Autre exemple, celui du train voisin du vôtre qui démarre. Votre cerveau, trompé par différents indices, pense que c'est le vôtre qui part, et envoie au Cervelet les indications pour régler le tonus en fonction du mouvement imaginé, de façon à répondre à l'accélération du train. Comme cette accélération ne se produit pas, puisque votre train est en fait resté immobile, cela se traduit, une fraction de seconde, par une sensation bizarre dans votre corps, dont le tonus s'est modifié, car, bon petit soldat, votre vermis a tenu compte de l'accélération probable projetée et a agi en conséquence. Mais, les sensations venues de l'oreille interne et des capteurs musculaires et articulaires qui lui viennent en retour lui permettent très rapidement de rétablir la vérité, et de "détromper" son grand frère en lui faisant part de ses appréciations sur ses prévisions ! Tout ceci se passe très vite, et ce n'est qu'une (bonne) fraction de seconde plus tard que notre conscience va établir des représentations, et qu'on va se dire: "voyons, c'est-y mon train qui part, ou le train d'à-côté" ? Ce qui m'amène à une petite digression.

Pauvre conscience toujours un peu à la traîne par rapport aux rapides réactions automatiques !

A la traîne, oui, mais bien utile quand même, car si elle ne venait pas remettre un peu d'ordre dans les représentations, que se passerait-il ? Dans le cas du train qui part, nous avons un cas typique de conflit entre d'une part les informations venues de l'oreille interne, et d'autre part d'un premier traitement des informations visuelles. Bon, c'est pas terrible, c'est pas brutal, on est bien calé dans son siège, cela ne porte pas à conséquences, la fugace sensation un peu bizarre que nous avons évoquée ne provoque pas vraiment d'angoisse. Mais dans d'autres cas de conflits entre différentes informations (et je pense en particulier aux cas de vertige), cela peut être beaucoup plus sérieux. Perdre l'équilibre au sommet d'une échelle parce que les informations visuelles et les informations venues de l'oreille interne et des capteurs musculaires ne concordent pas n'est pas sans conséquence.

Donc, les fameux centres émotionnels dont nous avons parlé plus haut, (à propos de la branche morte / serpent) peuvent être directement sollicités par cette sensation d'une possibilité de danger plus ou moins intense, et provoquer une réaction pas forcément idéale. Trois types de réaction peuvent être mis en œuvre dans un tel cas :

1. La sensation de danger est forte, et aucune représentation mentale capable de l'apaiser et de donner les moyens de faire face à ce danger n'est disponible. La réaction émotionnelle prend le dessus, et provoque selon les cas une réaction de fuite, une réaction agressive, ou une réaction de type dépressif.
2. La sensation de danger est supportable. Aucune représentation mentale susceptible d'apporter une solution n'est immédiatement disponible. Une représentation mentale de type croyance, et une réaction irrationnelle (des rites par exemple) est élaborée pour alléger la sensation de danger. Ce type de solution peut être évoqué par la suite à chaque fois qu'une situation comparable se présente, et renforcer la croyance et le mode de défense adopté. Dans les cas extrêmes, cela peut conduire à des rites obsessionnels plus ou moins graves.
3. Une représentation mentale rationnelle peut être évoquée (c'est une branche morte, ou c'est un orvet inoffensif dans le cas du serpent / branche morte ; c'est le train voisin qui démarre dans le cas du train voisin qui démarre). C'est évidemment la situation la plus favorable qui conduit à la fois à l'apaisement de la réaction émotionnelle et à l'adoption d'une conduite adaptée.

Si je fais ici cet aparté, c'est pour attirer votre attention sur la manière dont certains "grains de sable" dans le fonctionnement neuropsychologique, générateurs de tels conflits ou incertitudes dans les messages sensoriels, peuvent entraîner des incompréhensions dans l'entourage qui ne vit pas les mêmes sensations, et au pire des troubles du comportement. Et n'oubliez pas que le hiatus entre les traitements automatiques dans le cerveau "profond", qui échappent totalement à notre conscience, et les traitements plus élaborés du cortex cérébral plus accessibles au raisonnement et à la compréhension n'arrange pas les choses.

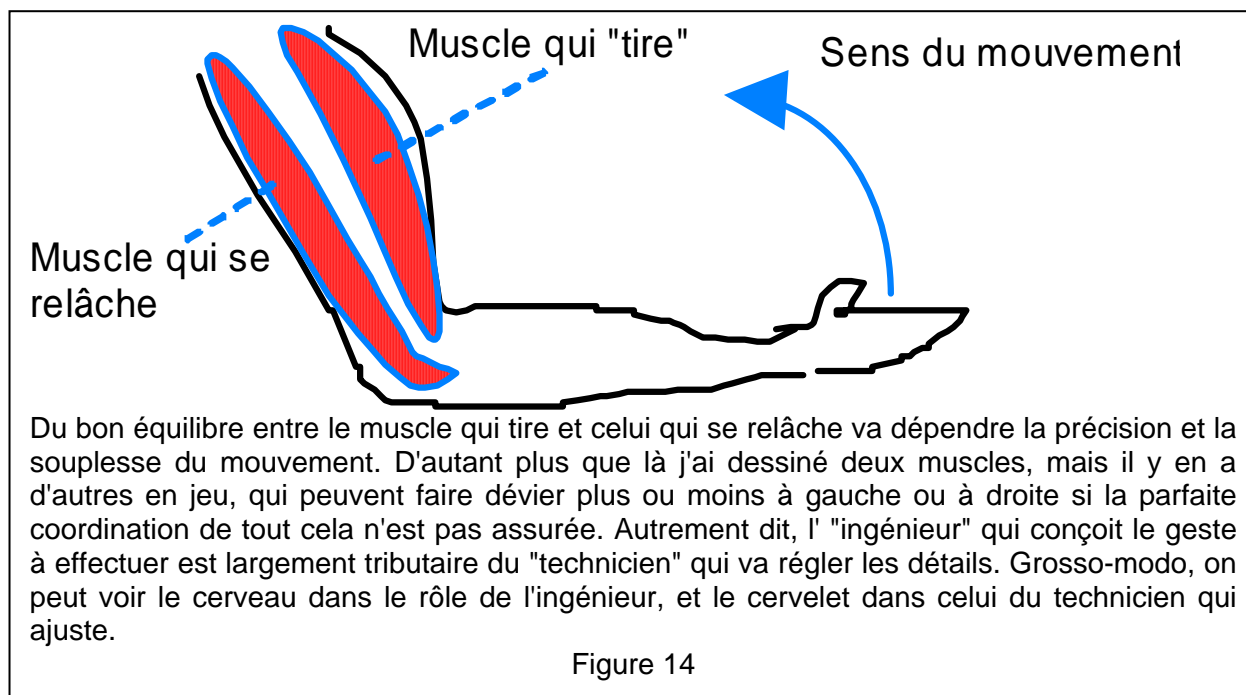
Revenons donc à nos moutons. Le cervelet n'est pas seulement un des maillons principaux des systèmes qui maintiennent l'équilibre indispensable à la précision des gestes, il participe lui-même à l'élaboration, et surtout au contrôle de la réalisation de ces gestes. Nous avons vu le rôle du Vermis et du lobe flocculo-nodulaire, essentiellement dans tout ce qui concerne le maintien de l'équilibre et des postures.

Bon, maintenant, on sait grosso-modo dans quelle position de l'espace sont nos différents abattis, bras, jambes, etc... Mais dans quel état sont nos muscles ?

Etirés ? Contractés ? Relâchés ? En tension ? Quel équilibre entre les muscles antagonistes (les muscles par exemple qui font tendre le bras et ceux que le font se replier) ? C'est important de le savoir pour programmer la suite. Ceux qui ont connu ce phénomène pénible d'avoir "des fourmis" peuvent se faire une idée de ce qui se passe quand on ne sait plus très bien dans quel état et quelle position se trouvent nos muscles...

Eh bien, notre cervelet, et plus précisément le lobe antérieur, fait une petite synthèse de la question en continu pendant l'exécution du geste projeté, et envoie un rapport circonstancié aux autres structures qui, dans le "grand" cerveau programment la suite des événements.

Fort de ces renseignements, le cerveau envoie vers les muscles concernés par le mouvement projeté, les ordres qui lui paraissent appropriés. Et pour les détails, il envoie au cervelet une copie de ces ordres, à charge pour lui de régler les détails matériels comme ajuster l'état de tension des muscles qui doivent "tirer" et le degré de relâchement des muscles qui doivent céder. S'il ne le fait pas, ou pas bien, le mouvement va se trouver dévié, ou ralenti, et en tous cas va louper son but.



Mais ce n'est pas fini. Tout le monde sait qu'envoyer un ordre, c'est bien gentil, encore faut-il que cet ordre soit assez précis pour que l'exécutant sache très exactement ce qu'il a à faire. Or, dans bon nombre de cas, les gestes à effectuer doivent être très rapides. Exemple, une mouche vous agace (c'est mon cas en ce moment), et sans être particulièrement sanguinaire, vous voudriez bien l'attraper pour lui faire passer l'envie de se poser à tout moment sur votre nez ou toute autre partie de votre anatomie. S'il est un geste précis et rapide, c'est bien celui d'attraper une mouche. Donc, vous développez une stratégie d'enfer pour la choper à un moment où elle a bien voulu se poser. Votre cerveau a calculé la position de la mouche, et les paramètres du geste de capture, vous avez subrepticement amené votre bras dans la position la plus favorable, et quand vous "sentez" que tout est prêt, vous déclenchez le geste exterminateur. Une fois parti, vous ne pouvez plus modifier ce geste. C'est ce qu'on appelle un geste lancé, qui utilise des gestes préprogrammés dans votre "bibliothèque des gestes", et les a combinés au centième de seconde. Mais justement, une fois que c'est parti, si vous avez fait une petite erreur dans l'envoi ou la précision de l'ordre envoyé, le temps que cette information remonte et que vous puissiez rectifier le tir, la bestiole s'est envolée et vous avez loupé votre cible. Encore quelques minutes d'agacement en perspective ! En effet, je vous l'ai déjà dit, les messages circulent assez lentement le long de nos nerfs, et ce système qui consiste à combiner des gestes préprogrammés est ce que notre cerveau a inventé de plus fiable au cours de l'évolution pour pallier à cette lenteur. Un autre exemple, si vous êtes pianiste, tout d'un coup vous jouez une fausse note. Vous avez senti que votre doigt n'allait pas taper sur la bonne touche, mais vous

n'avez pas pu rectifier : toujours cette fichue lenteur de la transmission de l'information nerveuse.

Eh bien, dans un certain nombre de cas, notre cervelet va pouvoir intervenir pour limiter les dégâts. D'abord, dans la préparation du geste, le cortex cérébral a envoyé au cervelet une copie de l'ordre qu'il s'apprêtait à lancer incessamment. Et le cervelet (plus particulièrement le lobe postérieur), qui a toutes les données concernant l'état de tension des muscles, la position des articulations, etc... a immédiatement réagi en ajustant les paramètres de l'ordre. Puis, une fois l'ordre lancé, une copie de l'ordre préparé, et une de l'ordre réellement envoyé parviennent au cervelet, qui ne peut plus modifier l'ordre déjà parti, mais peut envoyer directement des ordres complémentaires pour tenter de réajuster. On peut comparer avec une boîte à lettres : une fois que vous avez mis la lettre dans la boîte, vous ne pouvez plus la récupérer. Mais vous pouvez mettre dans la boîte une autre lettre qui rectifie ce qui n'était pas assez précis dans la première. Enfin, ma comparaison a des limites : les messages nerveux vont tout de même plus vite que le courrier, heureusement.

Alors la prochaine fois que vous verrez quelqu'un d'un peu maladroit, j'espère que ma petite démonstration vous incitera à quelque indulgence, et que vous ne l'accablerez plus de remarques plus ou moins amènes. Vous penserez peut-être que pour des raisons diverses, il y a eu quelques grains de sables dans les transmissions entre son cervelet et son cortex cérébral ! Ou si vous-mêmes souffrez de cette maladresse, au lieu de vous traiter intérieurement de tous les noms, pensez à tout ce qui a pu se passer dans votre petite boîte crânienne, et qui peut expliquer cette défaillance.

Ceux qui ont un jour été confrontés à la dyspraxie doivent après avoir lu ces lignes voir les choses un peu différemment, et avoir je l'espère une meilleure idée de la complexité des choses. Même si les problèmes de communication cervelet-cortex ne sont pas seuls en cause, ils jouent un rôle considérable.

Et quand je parle de gestes, encore une fois, cela concerne un nombre considérable d'évènements de notre vie quotidienne : dans l'écriture, il y a des gestes. Mais dans la parole également : les mouvements complexes de notre larynx et des muscles qui règlent les mouvements de notre langue et la forme de notre cavité buccale sont aussi soumis à cette dynamique.

Bon, je ne prétends pas avoir épuisé le sujet "cerevet", mais dans le cadre de ce petit travail d'initiation, je crois avoir dit l'essentiel¹.

Diffusé par CORIDYS

¹ Pour en savoir plus, vous pouvez vous référer à l'excellent article de Christian Darlot "Le Cervelet", dans la revue "Pour la Science", n° 285 de juillet 2001.