



Les nerfs du plongeur sous influence...

Maud Quillon – CASA
maud.quillon@gmail.com

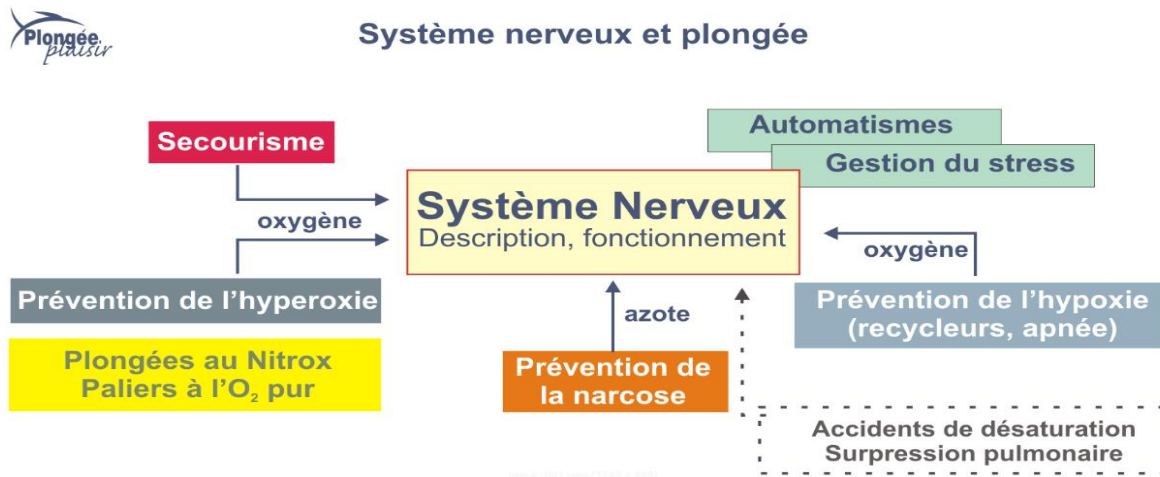
MOTS Clefs : système nerveux, neurone, automatisme, stress, Dalton, pression partielle, dommages toxiques et mécaniques du Système nerveux.

Sommaire

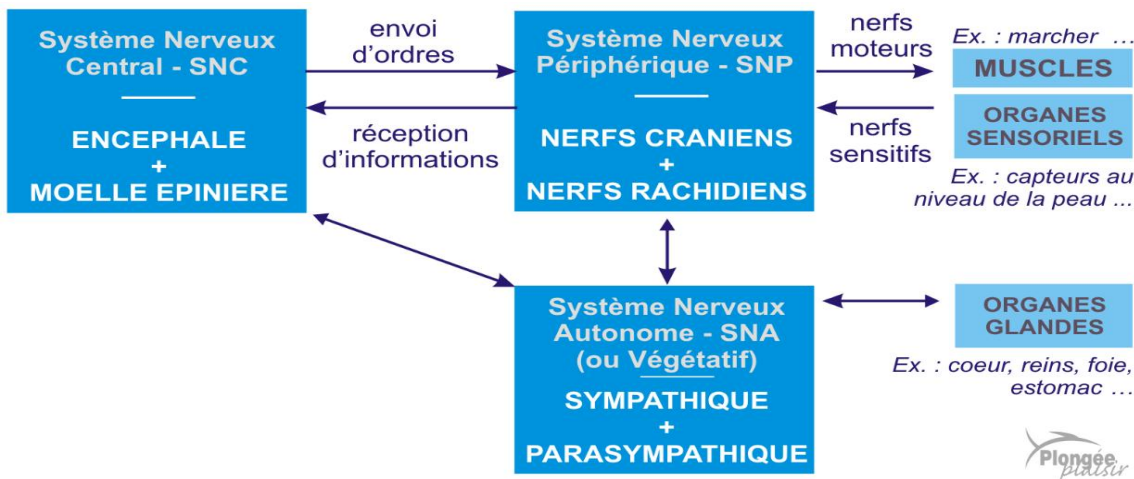
1 Pourquoi s'intéresser au système nerveux?	2
2 Cablage du systèmes nerveux, comment mon corps fonctionne.	2
2.1 Système nerveux central	4
2.2 Système nerveux périphérique	5
2.3 Neurone : message rapide et dirigé.....	5
2.4 Système hormonal : hormone et message diffus , lent et continu.....	6
2.5 Système nerveux végétatif (ou autonome)	6
3 Dommage du système nerveux en plongée.....	7
3.1 Accidents mécanique et biophysique du système nerveux en plongée	7
3.2 Accident biochimiques du système nerveux en plongée.....	8
3.2.1 Gaz sous pression et loi de Dalton	8
3.2.2 Narcose, Hypoxie et hyperoxie	9
4 Système nerveux et comportement du plongeur	11
4.1 Notion de stress.....	11
4.2 Réaction inadaptée.....	11
4.3 Guider sans stress.....	11
4.4 Apprentissage.....	12
4.4.1 Automatisme.....	12
4.4.2 Source de mémorisation et entrainement mental.....	13
5 Conclusion	14

1 Pourquoi s'intéresser au système nerveux?

Il est ce qui nous anime, nous permet de penser et d'apprendre, d'agir consciemment ou inconsciemment. De nombreux phénomènes le sollicitent de manière inhabituelle en plongée voire risque de l'endommager. Ce cours vise à donner un aperçu général du fonctionnement de notre systèmes nerveux, ses adaptations et ses limites en plongée.



2 Cablage du systèmes nerveux, comment mon corps fonctionne.

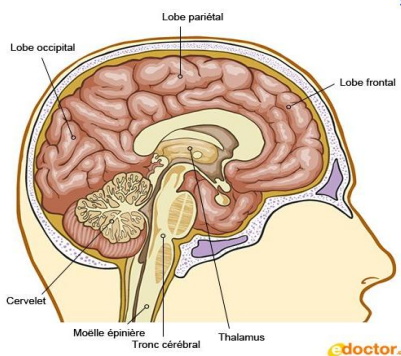
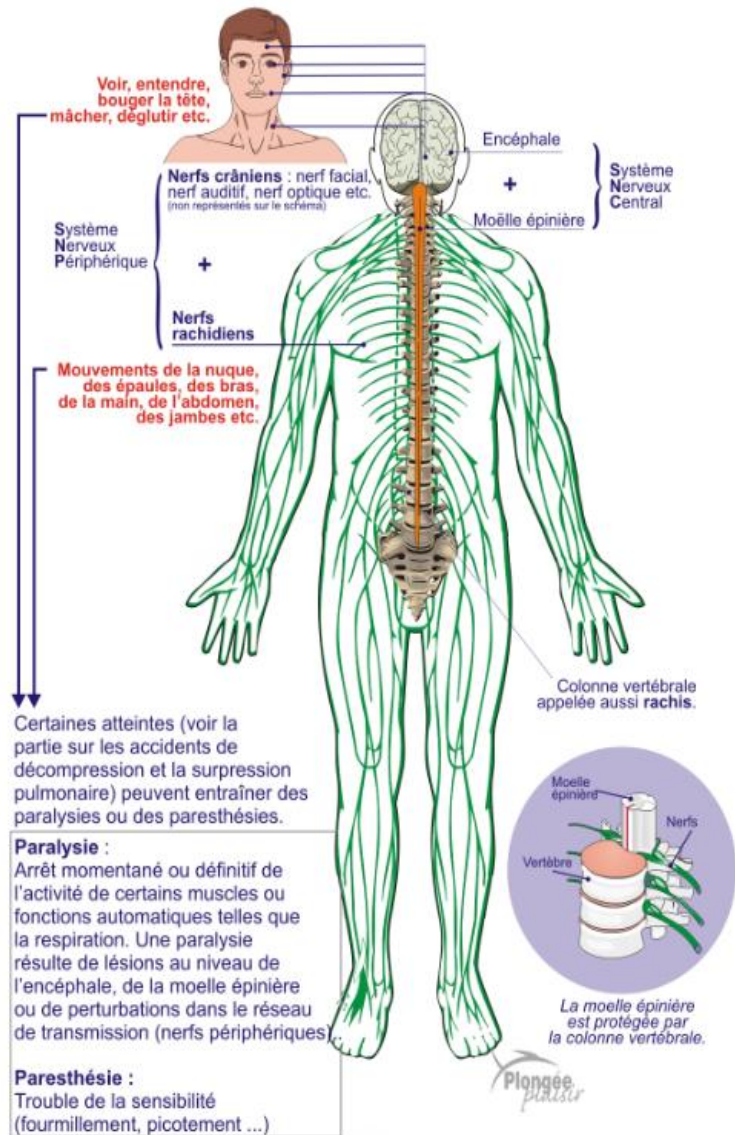


2.1 Système nerveux central

Le système nerveux central est la portion du système nerveux constituée d'une part de l'encéphale, regroupant le cerveau, le tronc cérébral et le cervelet ; d'autre part de la moelle épinière. Il a un rôle de réception, de traitement, d'intégration et d'émission des messages nerveux. **L'ensemble du système nerveux central est protégé par une enveloppe osseuse, constituée de la boîte crânienne pour l'encéphale et de la colonne vertébrale pour la moelle épinière.**

Il est donc constitué :

- du **cerveau**, l'organe central supervisant le système nerveux, et notamment le centre de la pensée consciente ;
- du **tronc cérébral**, à la jonction entre le cerveau, le cervelet et la moelle épinière, constitué de haut en bas du mésencéphale, du pont de Varole (ou protubérance annulaire), et du bulbe rachidien (ou moelle allongée) ;
- du **cervelet**, portion archaïque du cerveau, branchée en parallèle à la face dorsale du tronc cérébral, exerçant les fonctions de maintien de la posture, équilibre, coordination entre les mouvements, mémoire gestuelle ;
- de la **moelle épinière**, au rôle de transmission des messages nerveux entre le cerveau et le reste du corps et assurant une fonction propre d'intégration et d'émission de signaux nerveux, notamment réflexe.



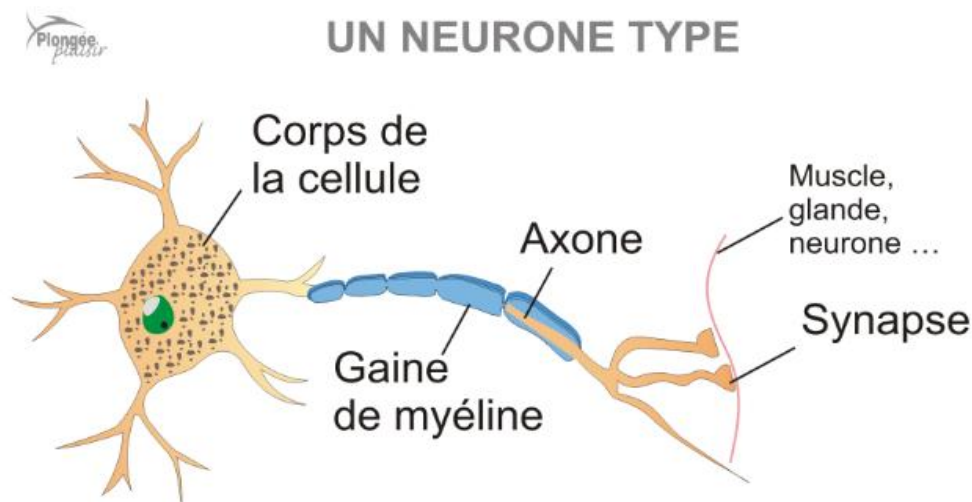
Encéphale

2.2 Système nerveux périphérique

Le système nerveux périphérique est constitué des nerfs sensitifs et moteurs, qui sont issus essentiellement de la moelle et du tronc cérébral, et qui se terminent au niveau d'un ou plusieurs organes (peau, muscle, viscère, ...).

2.3 Neurone : message rapide et dirigé

Le neurone est une cellule constituant la base du système nerveux. Les neurones ont deux propriétés physiologiques : l'excitabilité, c'est-à-dire la capacité de répondre aux stimulations et de convertir celles-ci en impulsions nerveuses, et la conductivité, c'est-à-dire la capacité de transmettre les impulsions.



Axone : c'est la fibre nerveuse, il conduit le signal électrique du corps cellulaire vers les zones synaptiques. La zone terminale du neurone, très ramifiée en **synapses** qui passent le message à d'autres cellules : soit des neurones qui poursuivent la transmission du message soit à des cellules de muscles ou d'organes devant réagir à l'ordre donné. Il existe ainsi 2 types de synapse : les électriques et les chimiques selon à qui s'adresse le message.

Les autres prolongements du neurone sont les **dendrites** qui conduisent le signal des synapses au corps cellulaire. Les neurones ont le plus souvent un seul axone et plusieurs dendrites.

Myéline: Elle sert à isoler et à protéger les fibres nerveuses, comme le fait le plastique autour des fils électriques. Elle est essentiellement constituée de lipides (gras). La **narcole** s'explique en partie à son niveau. L'azote se fixe différemment selon les tissus et en particulier très rapidement sur le gras (voir cours sur les modèles à compartiment). En se fixant rapidement dès l'atteinte de la zone profonde sur la gaine, il perturbe l'influx nerveux. Évacuer rapidement de cette zone, à la remontée les symptômes disparaissent vite également.

Les nerfs du système nerveux sont composés de neurone. Certains remontent les sensations vers le cerveau, la moelle épinière ou une glande du système végétatif par des neurones *afférents*. D'autres commandent les fonctions (muscle, glandes...) par des neurones *efférents*.

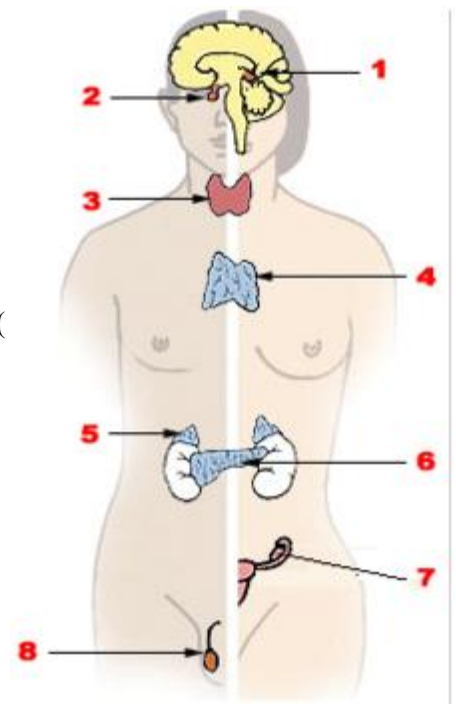
Juste pour la curiosité : 1 neurone peut atteindre le mètre pour épaisseur de 1 à 15 micromètres de diamètres.

2.4 Système hormonal : hormone et message diffus , lent et continu

Une hormone est une molécule messagère produite par le système endocrinien (ou hormonal) en réponse à une stimulation, et capable d'agir à très faible dose.

Le système hormonaux se composent essentiellement de glandes et de tissus endocriniens (qui possèdent une fonction de sécrétion d'hormones).

Contrairement au message transmis par le système nerveux, elle est **diffusée dans l'ensemble de l'organisme** et pourra donc faire réagir plusieurs organes en même temps, durant un temps pouvant être plus long et continue. La transmission des messages hormonaux est plus lent que celui des messages du système nerveux mais peut perdurer plus longtemps.



Principales glandes du système hormonal ;

- 1 et 2 - Épiphyse, hypophyse et hypothalamus
- 3 - Thyroïde
- 4 - Thymus
- 5 - Surrénales
- 6 - Pancréas endocrine
- 7 - Ovaires
- 8 - Testicules

2.5 Système nerveux végétatif (ou autonome)

Le système nerveux **autonome**, ou système neurovégétatif, dirige et coordonne les fonctions de l'organisme de manière automatique et involontaire. Il assure le contrôle de manière adaptée à l'environnement les fonctions vitales :

respiration, pression artérielle, thermorégulation, digestion, excrétion et résistance au stress.

Le système nerveux autonome s'appuie sur le système hormone et sur le système nerveux, regroupé en 2 sous ensembles appelés **système orthosympathique** (ou *sympathique* tout court) et **système parasympathique**.

En général, les deux systèmes s'opposent par leurs actions, ils sont antagonistes. Ainsi, le cœur est modéré en permanence par le système parasympathique et accéléré par le système orthosympathique.

Exemples d'actions du système nerveux autonome:

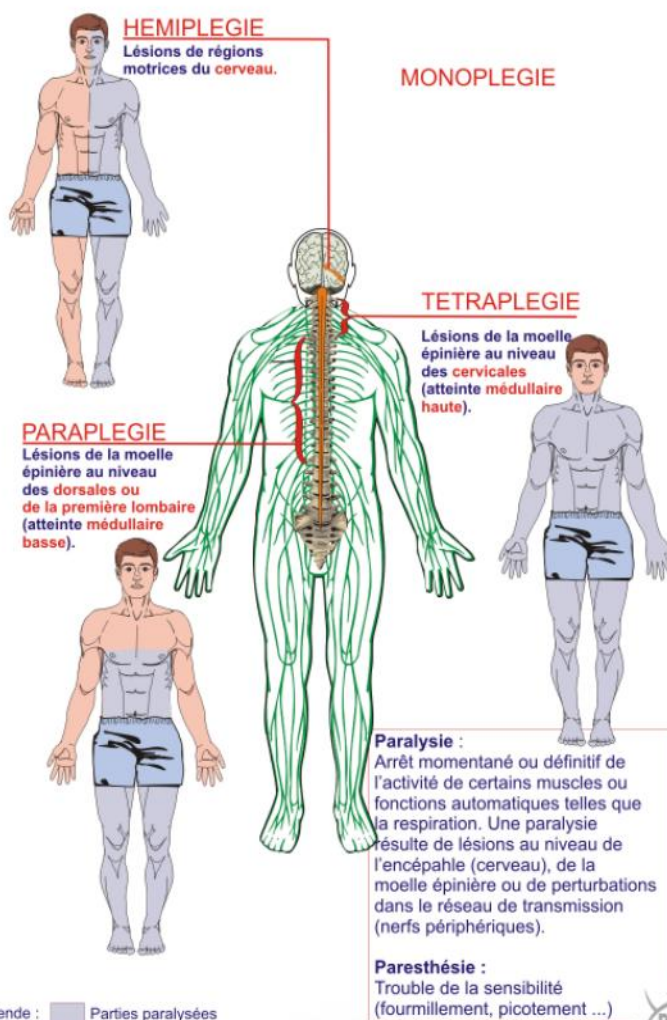
Organe cible	Effet de la stimulation sympathique	Effet de la stimulation parasympathique
<u>Cœur</u>	Augmentation de la fréquence et de la force de contraction	Diminution de la fréquence, diminution de la force de contraction des oreillettes uniquement
<u>Vaisseaux sanguins</u>	Constriction	Dilatation des vaisseaux périeurs et clitoridiens
<u>Poumons</u>	Dilatation des bronches	Vasoconstriction des bronches, sécrétion de mucus
<u>Tube digestif</u>	Diminution de la motricité, contraction des sphincters, inhibition des sécrétions digestives	Augmentation de la motricité, relaxation des sphincters, stimulation des sécrétions digestives
<u>Vessie</u>	Relâchement	Contraction (évacuation)
<u>Œil</u>	Dilatation de la pupille (mydriase), accommodation pour la vision à distance	Contraction de la pupille (myosis), accommodation pour la vision de près
<u>Foie</u>	<u>Glycogénolyse</u>	Pas d'effet

Organe cible	Effet de la stimulation sympathique	Effet de la stimulation parasympathique
<u>Adipocytes</u>	<u>Lipolyse</u>	Pas d'effet
<u>Pancréas exocrine</u>	Inhibition de la sécrétion <u>exocrine</u>	Stimulation de la sécrétion exocrine
<u>Glandes sudoripares</u>	Sécrétion de la plupart de glandes	Sécrétion de quelques glandes
<u>Glandes salivaires</u>	sécrétion d'un faible volume de salive, riche en mucus	Sécrétion d'un grand volume de salive, riche en enzymes
<u>Médullosurrénale</u>	Sécrétion <u>d'Adrénaline</u> et de Noradrénaline	Pas d'effet
<u>Pancréas endocrine</u>	Inhibition de la sécrétion <u>d'insuline</u> , stimulation de la sécrétion de <u>glucagon</u>	Stimulation de la sécrétion d'insuline et inhibition de la sécrétion de glucagon
<u>Organes génitaux</u>	Orgasme, éjaculation	Érection (suite à l'action sur les vaisseaux péniens et clitoridiens)
<u>Activité cérébrale</u>	Augmentation de la vigilance	Pas d'effet

3 Dommages du système nerveux en plongée

3.1 Accidents mécanique et biophysique du système nerveux en plongée

L'accident, la maladie de décompression et la surpression pulmonaire peuvent endommager le système nerveux et provoquer des dégâts irréversibles. Des cours dédiés à la saturation et au barotraumatisme approfondiront les mécanismes et le comportement à adopter face à ces accidents. La surpression pulmonaire aura plutôt des conséquences sur le haut du système nerveux (les bulles passent dans l'organisme et remontent au dessus des poumons) tandis que ADD et MDD pourront causer tous les types de paralysie:



3.2 Accident biochimiques du système nerveux en plongée

3.2.1 Gaz sous pression et loi de Dalton

En cours de plongée, un plongeur respire de l'air ambiant comprimé, et donc un mélange de plusieurs gaz. La **loi de Dalton** établit une série de règles qui régissent ces mélanges gazeux.

Ces règles sont essentielles car à partir d'une certaine profondeur, chacun des gaz qui composent l'air devient toxique pour l'organisme et peut entraîner des accidents biochimiques.

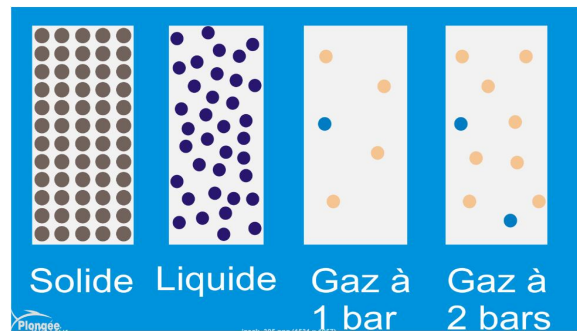


Illustration 1: rappel sur la répartition des molécules dans les états de la matière

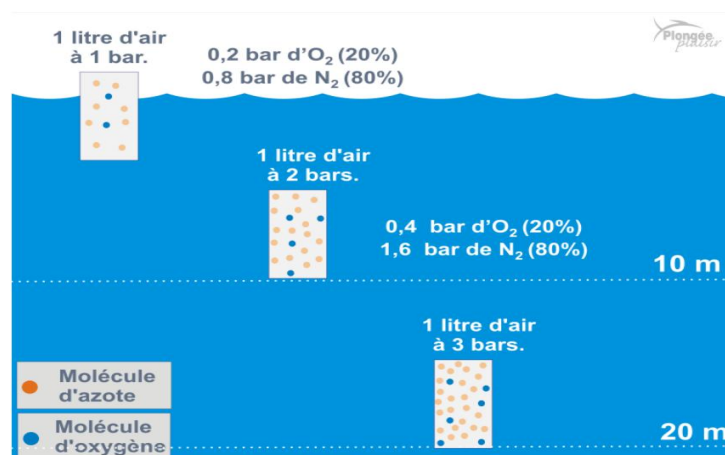
Loi de Dalton : A température donnée, la pression d'un mélange gazeux (pression absolue) est égale à la somme des pressions partielles des gaz qui le composent.

La **pression partielle** d'un gaz dans un mélange gazeux est donc la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul le volume total occupé par ce mélange.

Pression absolue = Pression **Partielle**(gaz1) + Pression **Partielle**(gaz2)+...

Pression Partielle Gaz = Pression **absolue** * Pourcentage Gaz

En conséquence la loi de Dalton est utilisée pour calculer la profondeur limite de plongée à l'air, la mise au point des tables de plongée et la préparation des plongée aux mélanges (Nitrox, Trimix...).



1- Quelles sont les pressions partielles en azote et en oxygène respiré par un plongeur à l'air à 60m?

7 bars de P absolue * 80% = 5,6 bars de N2 => limite de la plongée à l'air (code du sport)

7 bars de P absolue * 20% = 1,4 bars d' O2

Remarque : 5,6 + 1,4 = 7 bars c'est bien la pression absolue à 60m (1+6).

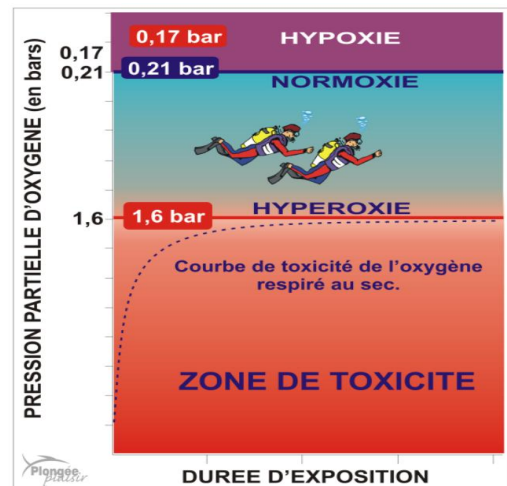
2 – Quelle est la pression partielle en O2 d'un plongeur respirant de oxygène pur à 6m?

1,6 bars de P absolue * 100% = 1,6 bars d'O2 => seuil d'hyperoxie (code du sport) !

3.2.2 Narcose, Hypoxie et hyperoxie

Seuil indicatif, en plongée à l'air. Les réactions dépendent aussi de l'individu et du contexte.

Gaz impliqué	Nom	P partielle seuil	Prof. Seuil à l'air
Oxygène	Hyperoxie	PP > 1.6 bars	70 mètres
	Hypoxie	PP < 0,17 bars	
Azote	Narcose	PP > 3.2 bars	30 mètres
	Toxicité N2	PP > 5,6 bars	60 mètres
CO2	Essoufflement	PP > 0.02 bar	suivant effort



L'hypoxie désigne une inadéquation entre les besoins tissulaires en oxygène et les apports. Elle peut être la conséquence de l'hypoxémie (diminution de la quantité d'oxygène contenue dans le sang).

En hypoxie grave (manque presque total d'oxygène, lors d'une noyade par exemple), 20 à 30 secondes peuvent suffire pour entraîner la disparition des fonctions conscientes du cerveau. L'hypoxie entraîne la mort des cellules voir de l'individu au final si le seuil n'est pas corrigé (oxygénothérapie).



La cyanose de la main chez un individu en manque d'oxygène.

L'hyperoxie est due à un excès d'apport en oxygène et notamment à des fractions inspirées d'O2 anormalement élevées (très supérieures à 21 pour cent - ppO2 habituelle) et prolongées, telles que celles utilisées en secours d'urgence, en réanimation médicale ou en plongée professionnelle. Une hyperoxie prolongée peut entraîner des conséquences sérieuses sur l'organisme.

L'effet nocif de l'oxygène provient des propriétés chimiques de l'O₂ et de l'accumulation de radicaux libres portés par tout cet oxygène non consommé dans l'organisme. Ces radicaux libres détruisent les mitochondries (machinerie qui gère l'énergie es cellules / en quelque sortent les « piles » des cellules) des cellules qui elles meurent privés d'énergie. Les radicaux libres provoquent entre autre une altération fonctionnelle des cellules nerveuses et déclenchent des accidents neurotoxiques.



Un prochain cours sera dédié aux accidents liés à la toxicité de l'azote (narcose) et de l'oxygène (hypo et hyperoxie) ainsi qu'à la prévention et à la conduite à tenir par le guide de palanquée .

4 Système nerveux et comportement du plongeur

4.1 Notion de stress

Le stress est l'ensemble des réponses d'un organisme soumis à des pressions ou contraintes de la part de son environnement. Ces réponses dépendent toujours de la perception qu'a l'individu des pressions qu'il ressent.

Dans le langage courant, on parle de stress positif ou négatif. Le stress est différent de l'anxiété, celle-ci est une émotion alors que le stress est un mécanisme de réponse pouvant amener différentes émotions, dont l'anxiété.

Un événement stressant provoque une réaction en chaîne qui débute dans le cerveau et aboutit à la production de cortisol par les glandes surrénales. Le cortisol active alors en retour deux zones du cerveau : le cortex cérébral pour qu'il réagisse au stimulus stressant (fuite, attaque, immobilisation, ...) et l'hippocampe, qui va apaiser la réaction. Si le stress est trop important ou s'il se prolonge, l'hippocampe saturé de cortisol ne peut plus assurer la régulation.

le syndrome de stress évolue en suivant trois stades successifs :

1. « Réaction d'alarme » : les forces de défense sont mobilisées
2. « Stade de résistance » : adaptation à l'agent stressant
3. « Stade d'épuisement » : inexorablement atteint si l'agent stressant est suffisamment puissant et agit longtemps.

4.2 Réaction inadaptée

Lors de la réaction d'alarme, quand l'événement qui surgit est nouveau, la réaction peut être totalement inadaptée. Cela peut être le cas si le plongeur ne connaît pas ou ne maîtrise pas la technique adaptée à la situation. Dans ce cas, la panique peut engendrer des comportements extrêmes :

- la panique et la fuite : des gestes pour repousser l'autre , filer vers la surface
- l'inhibition avec plus aucune réaction du tout : par exemple un plongeur en surface surlesté ou ayant un problème de gilet stabilisateur ne pense pas à tout bêtement larguer sa ceinture pour flotter.

Notre activité nous plonge dans un ensemble d'événement stressant : le milieu qui n'est pas le nôtre, la technique qu'on ne maîtrise pas au début, le froid, le courant, les événements pouvant surgir durant le parcours. Au fur et à mesure de notre apprentissage et de notre expérience, nous nous adaptons en intégrant des connaissances et des compétences sur notre pratique.

4.3 Guider sans stress

Le guide de palanquée a un grand rôle à joué dans le stress qu'il peut engendrer ou au contraire écarter pour sa palanquée. Tout d'abord, il doit bien penser que justement selon le niveau de la personne qu'il devra encadrer l'adaptation au stress pourra être à des niveaux différents : un débutant dans un niveau demandera d'être peut être plus patient, de donner plus d'explication que quelqu'un de plus confirmé dans son niveau.

D'autres facteurs peuvent agir en amont de notre stress en plongée, des facteurs exogènes tels que du stress au travail, dans la vie familiale... Le stress de l'activité va donc s'additionner à ces autres stress, le corps étant déjà stressé avant même d'arriver à la sortie plongée. Il est important en tant que guide lors du brief de

quantifier le niveau de stress, de perturbation des personnes que nous aurons à guider. Cela nécessite pour cela une mise en confiance de ceux-ci et une discrétion également de notre part dans les cas où les personnes se confieraient sur des choses très personnelles.

Le stress est communicatif et le guide par son attitude peut apaiser ou au contraire angoisser son public. Un guide ou un encadrant qui crie, qui donne des ordres, critique de manière malveillante, presse sa palanquée, n'aide pas, crée toutes les conditions de stress qui pourront engendrer une situation à problème sous l'eau. Le stress peut également se communiquer du guide vers les élève dans le cas d'une non maîtrise technique ou d'un jour sans : dans ce cas là aussi il vaut mieux se limiter à des situations que l'on sait maîtriser pour emmener les autres. Il y a aussi une progression à respecter dans son apprentissage à l'accompagnement des autres, sauter des étapes engendre du stress et des risques pour soi et les autres (profondeur, nombre de personnes à encadrer...) .

Spirale de la confiance et de la réussite pour vous et pour les personnes que vous accompagnez

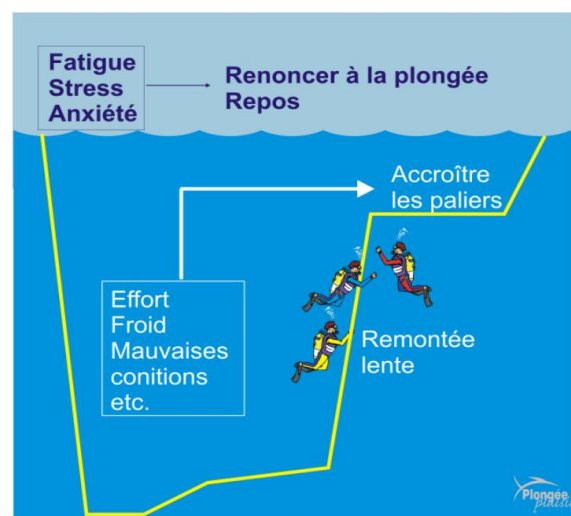
Au contraire un guide qui est calme, parle de manière posée et adapte le rythme à son élève, met toutes les chances de son côté pour que les événements se déroulent bien sous l'eau. La confiance sera établit, le mauvais stress évacué.

Dans le cas d'enseignement – pour nos futurs E2 – demandez vous ce qui sera le plus efficace, enchaîner des séances où tout n'est qu'échec pour l'élèves? On parle alors de spirale de l'échec , le moral et le stress ne feront qu'augmenter inhibant toute capacité d'apprentissage chez l'élève. Au contraire , un bon guide et un bon enseignant savent amener les plongeurs sur la spirale de la réussite, quitte au début , sur les premières séances faire réussir l'élève en l'aidant par exemple sur une remontée, en ne choisissant que des exercices simples... et oui! Au minimum toujours finir une séance sur une réussite.

Enfin si malgré tout le stress est là?

Dans ce cas, il vaut mieux parfois adapter la plongée (moins profond, écourter, remontée lente;

augmentation des paliers) ou attendre une période plus favorable (été) .



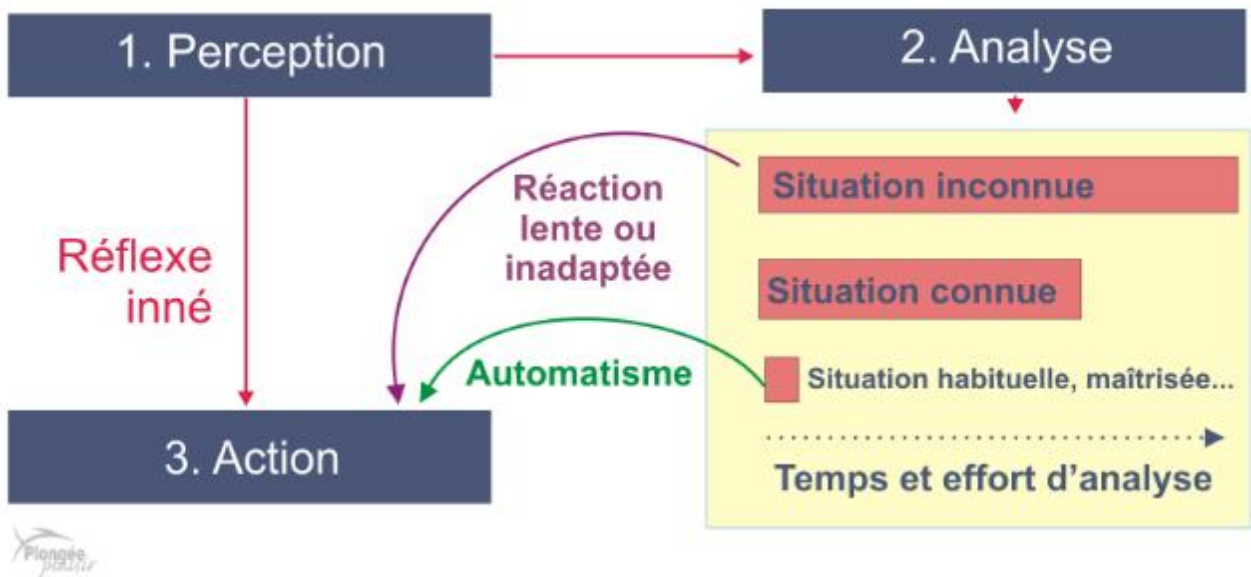
4.4 Apprentissage

4.4.1 Automatisation

La plongée et la conduite automobile sont assez comparables en terme d'automatisme. Au début, on a un peu de mal par exemple à gérer son gilet ou à gérer les pédales et puis.... au bout d'un temps on n'y pense plus, le corps sait sans presque qu'on y pense , l'automatisme est ancré.

L'apprentissage de la plongée est beaucoup basé sur l'ancrage d'automatisme. Combien de fois, nous sommes confrontés à une situation en exercice pour ne pas être au dépourvu quand elle surgira en vrai? Il ne suffit pas de voir une situation par quelqu'un pour que la personne sache quoi faire le jour J. Plus on répète mieux c'est.

Le cas de la panne d'air par exemple, sur un signe, le plongeur donne son octopus doit être un automatisme. Il est répété à chaque niveau de plongée.



L'automatisme fait baisser le temps d'intervention.

Il fait aussi baisser le stress. En cas de situation connue, notre corps réagit de manière plus posée. Il connaît et donc ne lance pas d'alarme.

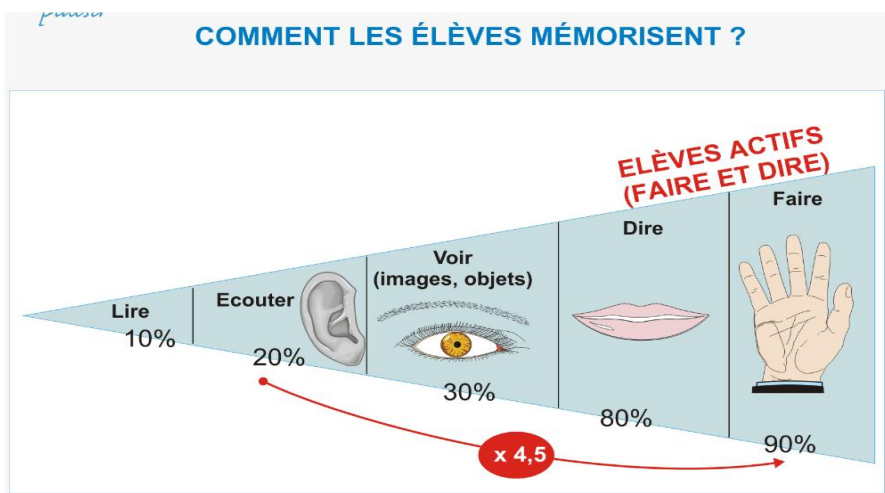
Quand on accompagne quelqu'un en plongée, il est important de respecter une progression dans l'apparition des nouveautés.

Par exemple : un niveau 2 qui ne connaît pas le lac. Eviter d'aller tout des suite en pleine eau descente directe à 40m en hiver... Partir plutôt du bord, se contenter de 10-20m??? Ça vous parle...?

L'apprentissage de nouvelle situation se fait en progression, et de manière répéter pour que les automatisme puisse s'ancrer.

Autre exemple : coté examen N4: avant chaque épreuve, avoir un rituel d'échauffement pratiqué toute l'année d'entraînement, pourra aider à leurrer l'esprit et garder son calme, la situation est connue, le pression baisse.

4.4.2 Source de mémorisation et entraînement mental



Enfin un automatisme est lié à un savoir faire, pour apprendre il faut forcément faire, faire et refaire....

En plongée le temps d'apprentissage est court mais il existe d'autre moment et d'autres méthodes pour aider notre système nerveux à ancrer un apprentissage. Les techniques qui marchent peuvent varier d'un individu à l'autre , à vous de voir ce qui vous convient. Il s'agit toujours de se remémorer un geste ou un enchaînement face à une question , une situation. «Si le plongeur le fait le signe j'ai plus d'air alors... »

- Il peut être pratiqué seul ou en groupe, avec un miroir, les yeux fermés...
- Cela peut être chez soi, lors de trajet, lors d'un footing ou d'une rando, ou avant une épreuve au bord du lac ou sur le bateau...
- En s'expliquant les gestes à voix haute , en l'expliquant à quelqu'un, en les écrivant, ou en simulant les gestes

Ces techniques vont entrainer notre système nerveux : de la même manière qu'on répète un mouvement pour entrainer une chaine musculaire, nous entraînons la chaine de réaction nerveuse. Elle réagira de manière plus rapide et adaptée lors de l'événement.

5 Conclusion

En pratiquant la plongée nous soumettons notre système nerveux à de nouveaux stress. De plongée en plongée il s'adapte à condition que nous ne dépassions ses limites en suivant quelques règles et que nous respectons une progression pour nos élèves et pour nous même...

Nous restons tous des éternels apprenants à chaque plongée et à chaque nouvelle rencontre dans nos palanquées nous nous enrichissons... je vous souhaite de belles rencontres sans stress et sans accident et de belles progressions pour vous et vos élèves.