

NIVEAU 4

Incidence de la plongée sur le système nerveux



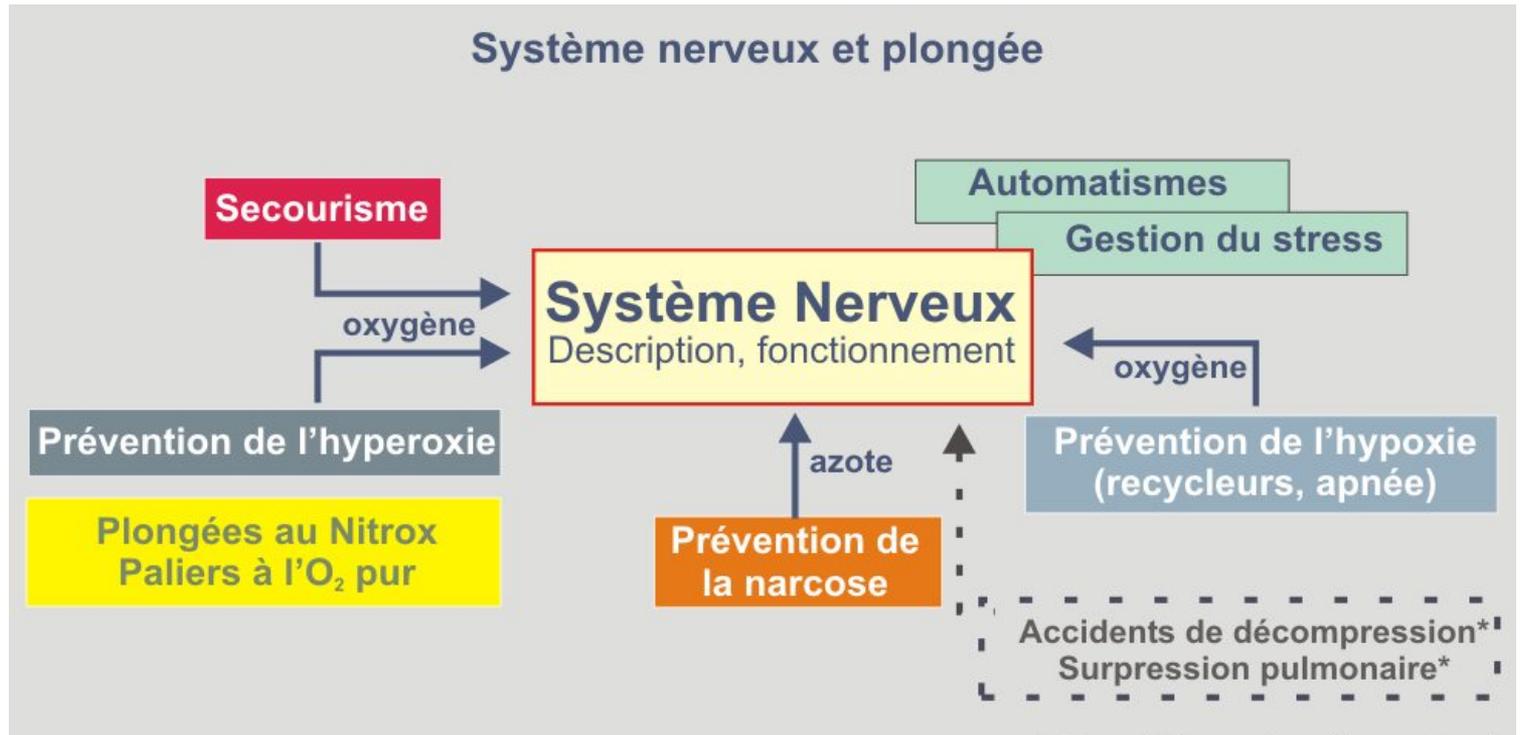
- Introduction,
- description et fonctionnement,
- réflexes et automatismes,
- prévention de la narcose à l'azote,
- stress et plongée,
- prévention de la crise d'hyperoxie,
- prévention de la syncope hypoxique en scaphandre,
- le risque de syncope en apnée,
- la samba.

Introduction

- Au cours de nos plongées nous respirons de l'air sous pression ce qui sollicitera notre système nerveux.
- Chacun des gaz respirés dans l'air (N₂, CO₂, O₂) peut entraîner certains troubles :
 - Effet narcotique de l'azote (N₂) au-delà d'une certaine profondeur,
 - Essoufflement avec le gaz carbonique (CO₂),
 - Risque d'hyperoxie (excès) et anoxie (manque) avec l'oxygène (O₂).
- De plus, l'utilisation en plongée loisirs des mélanges Nitrox, Trimix, recycleur auparavant utilisés essentiellement par les professionnels peuvent eux aussi provoquer des troubles neurologiques.

En tant que futur **responsable de palanquée vous devez connaître les limites d'utilisation** de ces gaz et les incidences sur notre système nerveux pour ne pas mettre votre palanquée en danger.

- Le système nerveux influençable !



Le système nerveux

Le système nerveux reçoit des informations, les traite et réagit automatiquement de façon adaptée ou par réflexe.

Il est composé :

de récepteurs,

de voies afférentes font remonter les infos depuis les récepteurs,

de centres nerveux qui analysent et contrôlent,

de voies efférentes qui transportent les infos vers les effecteurs,

d'organes effecteurs qui exécutent les ordres,

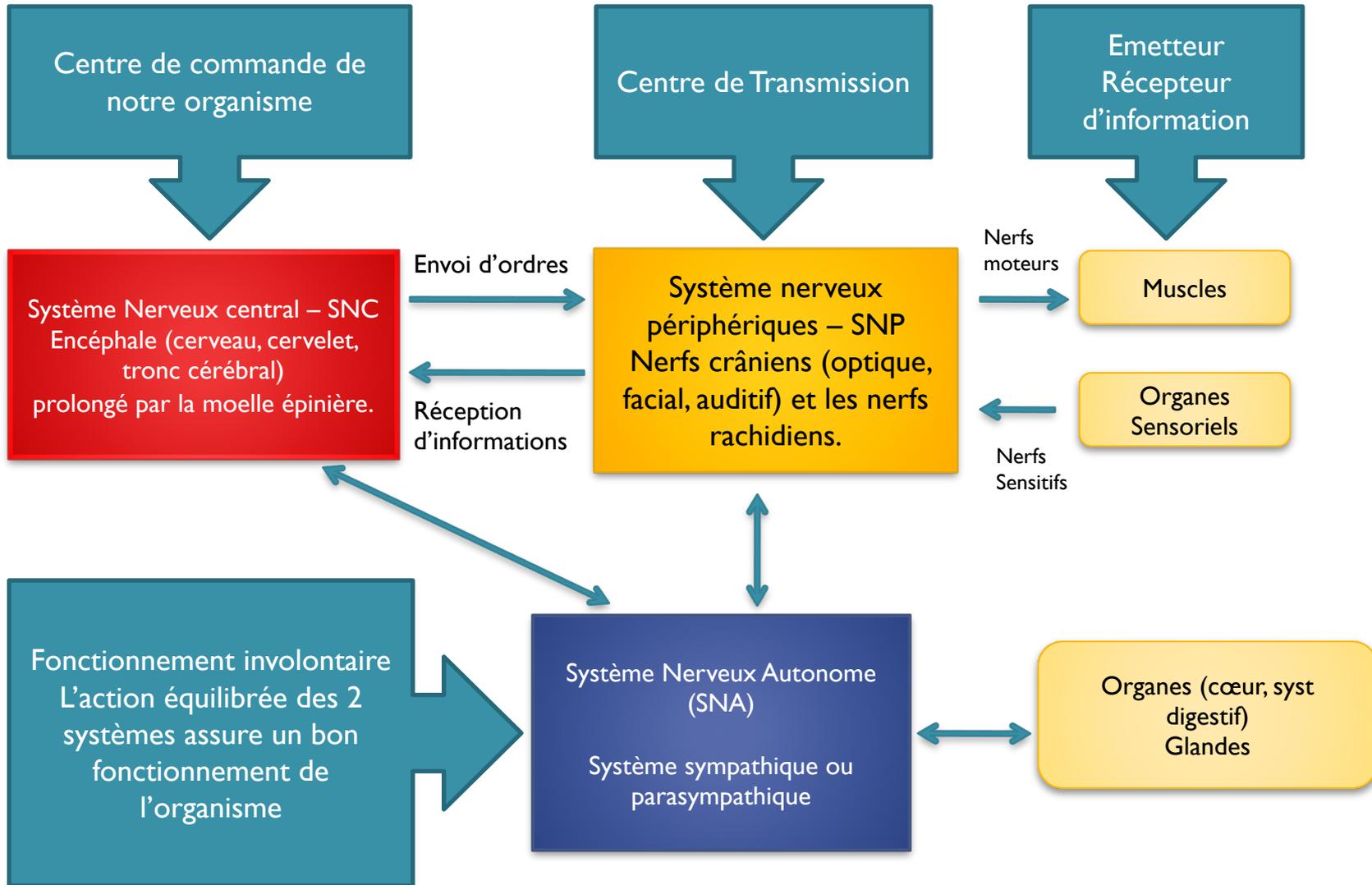
Trois systèmes contribuent à cette mission :

Le système nerveux central - SNC

Le système nerveux périphérique - SNP

Le système nerveux autonome - SNA

Description et fonctionnement de notre système nerveux



Le système nerveux central SNC

Le système nerveux central est composé de :

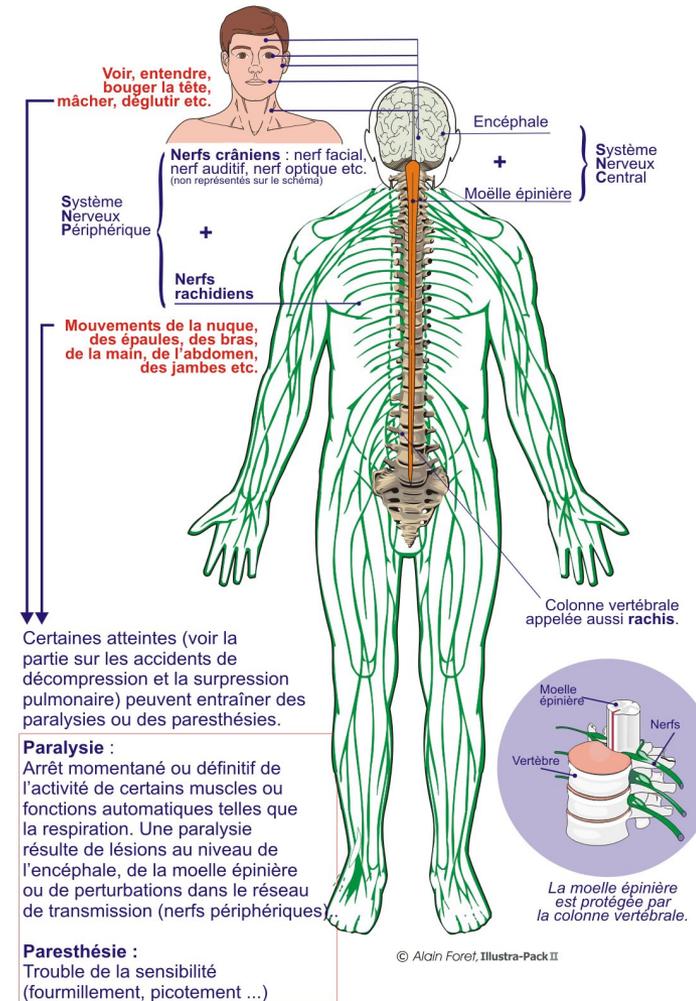
L'encéphale (cerveau, cervelet, tronc cérébral)
1,4 Kg et 97 % du poids de notre système nerveux

Haut lieu du commandement

La moelle épinière c'est une tige de 45 cm avec deux renflements l'un cervical (membres supérieurs) et l'autre lombaire (membres inférieurs)

C'est de la moelle que partent les 31 paires de nerfs rachidiens

Rôle de transmettre l'influx nerveux et gestion d'une activité autonome (les réflexes)



Le système nerveux périphérique - SNP

Le système nerveux périphérique responsable de la transmission des influx nerveux
Il comprend :

Les 12 paires de nerfs crâniens (fonction sensorielle et/ou motrice)

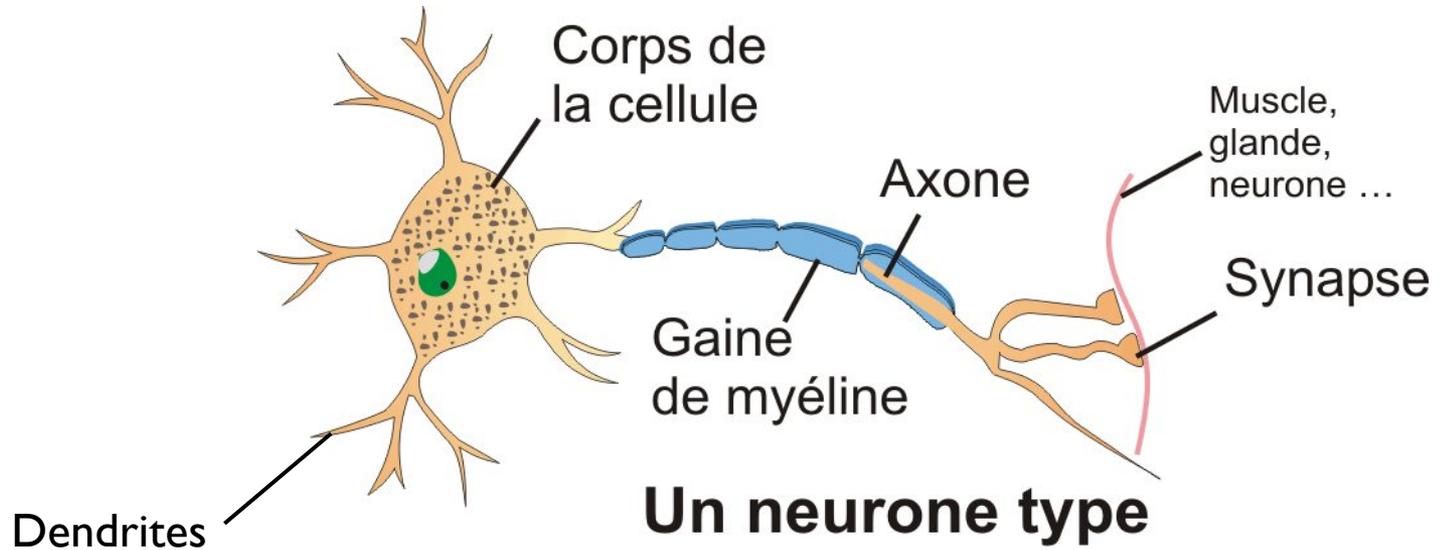
Les 31 paires de nerfs rachidiens ont pour rôle de transporter les informations à l'organisme (motrice) et inversement (sensitive)

Les nerfs atteignent tous les points du corps et ils sont composés de cellules nerveuses (neurones)

Ces neurones véhiculent les informations pour le SNC

Ces infos viennent de l'extérieur (froid, humidité) ou de notre organisme pressions artérielles ou pression partielle dans le sang (CO₂)

La cellule de base



Un neurone type

© Alain Foret, Illustration-Pack II

Le neurone a pour rôle de véhiculer l'influx nerveux depuis ou vers l'organisme
Un nerf est constitué de plusieurs milliers de neurones.

Les neurones consomment beaucoup d'oxygène En l'absence d'oxygène, les cellules nerveuses ont une durée de vie très courte (quelques minutes)
d'où l'importance de l'**oxygénothérapie** pour un accident ou une suspicion d'accident de plongée et de **ne pas l'interrompre**.

Le système nerveux autonome - SNA

Le système nerveux autonome ou neurovégétatif est la partie du système nerveux responsable des fonctions automatiques telles que la digestion, la sudation, il est sous le contrôle du tronc cérébral. Il gère la vie végétative ou viscérale, il est constitué de deux réseaux qui s'opposent et qui s'équilibrent:

Le système sympathique

Par exemple, accélère le rythme cardiaque, dilate les bronches,

Le système parasympathique

Va baisser le rythme cardiaque, contracter les bronches,

On lui oppose les neurones qui contrôlent volontairement ou consciemment des fonctions.

Les nerfs succession de milliers de neurones

On distingue des catégories de nerfs suivant le type d'information qu'ils convoient :

les nerfs sensitifs (ou voie afférente)

Ils font remonter les informations depuis les récepteurs sensitifs (situés dans la peau, les muscles, etc.) et viscéraux jusqu'au système nerveux central,

les nerfs moteurs (ou voie efférente)

Ils transportent la commande motrice depuis le système nerveux central vers les effecteurs (principalement les muscles, mais aussi les glandes) des systèmes somatiques ou autonomes (contrôlant le cœur, les muscles de la cage thoracique, l'estomac et les intestins, le foie, les reins et la vessie).

La plupart des nerfs contiennent des voies afférentes et efférentes.

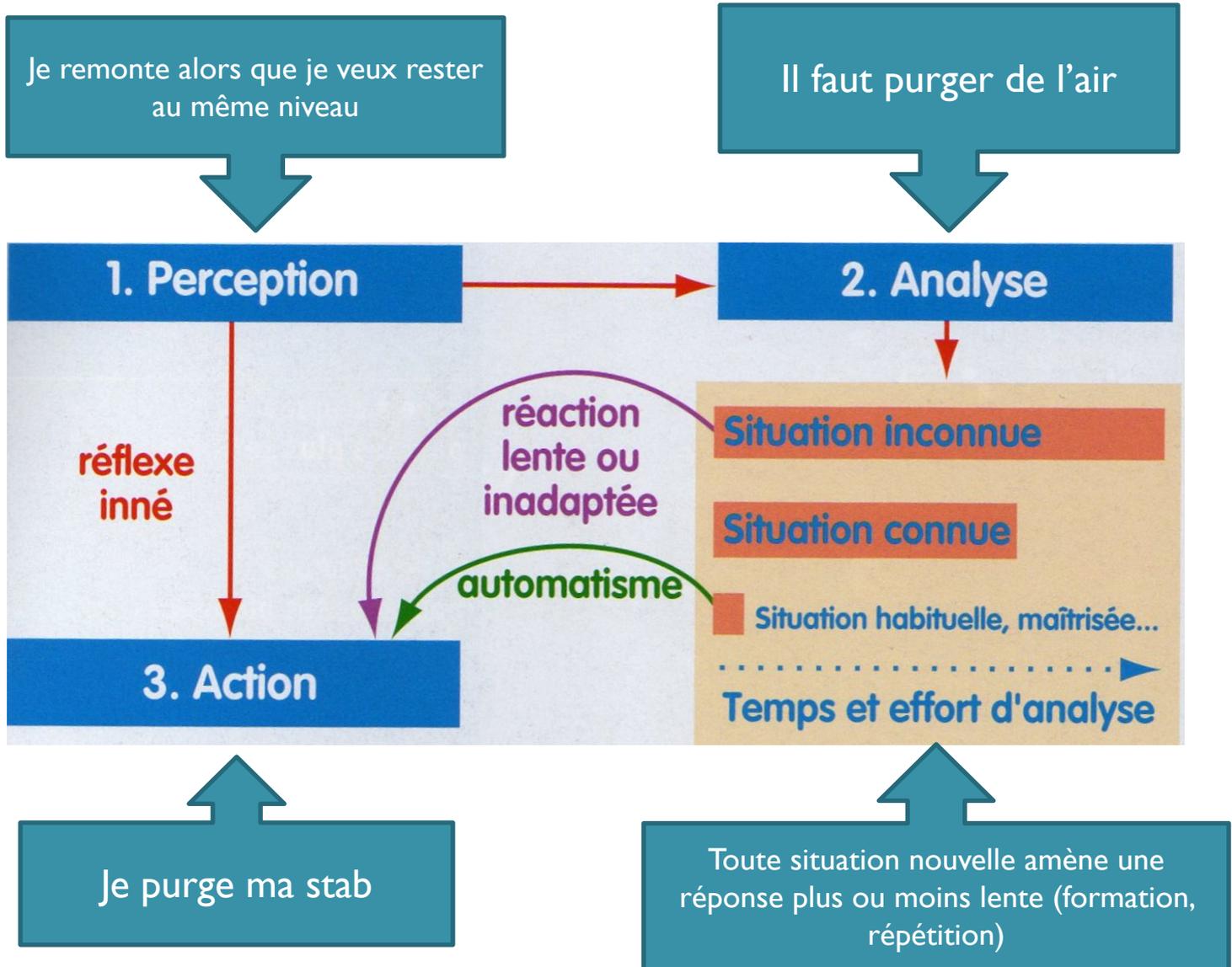
Les nerfs neurovégétatifs

Les nerfs peuvent être purement sensitifs, moteurs ou neurovégétatifs ou avoir plusieurs fonctions en même temps

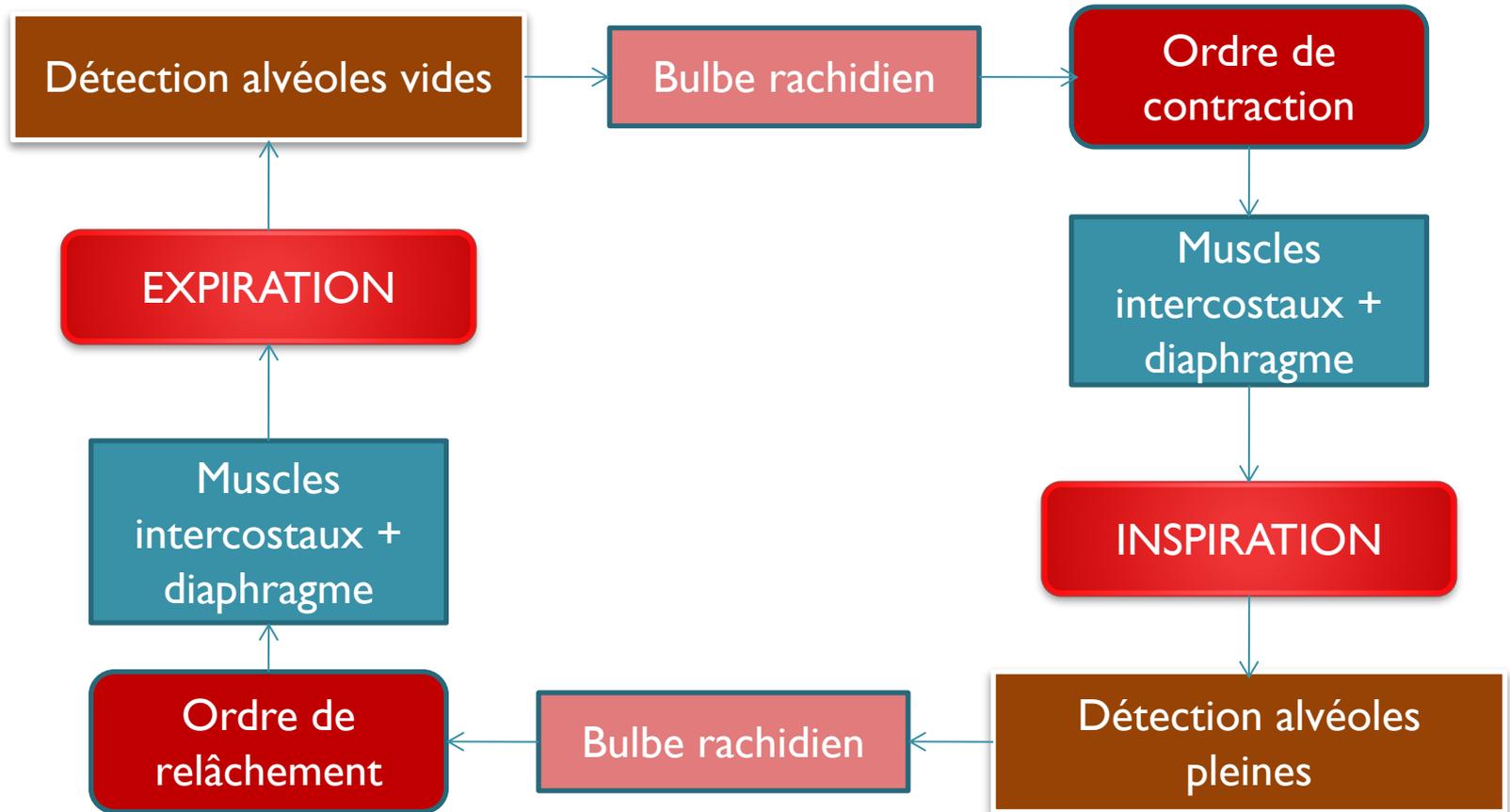
Systeme Hormonal

Le système nerveux n'assure pas à lui tout seul la régulation de l'organisme. Sept glandes sécrètent des hormones aux effets plus lents mais plus durables qui prennent le relais du système nerveux. Ces messages chimiques sont véhiculés par le sang (ex : envie d'uriner en plongée).

Réflexes et automatismes

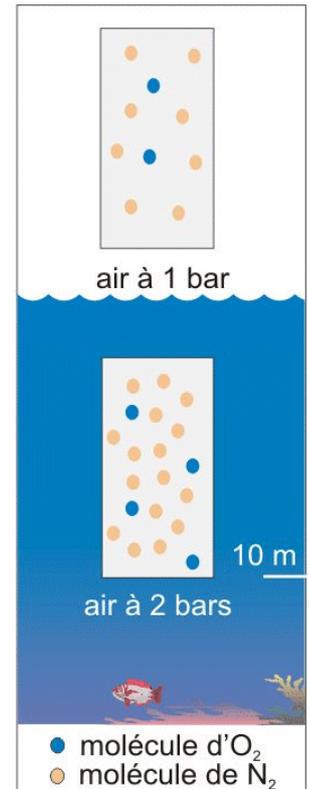


Exemple de commande réflexe

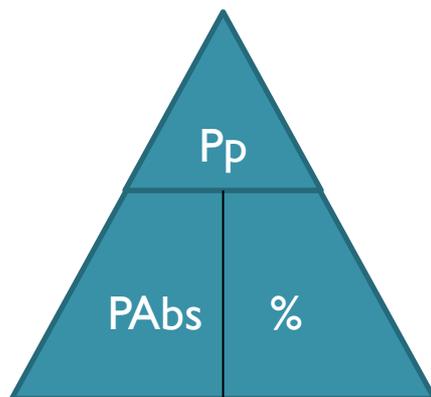


Comportement des gaz

- *l'air est composé de 80 % d'azote N_2 et de 20 % d'oxygène O_2*
- *La pression atmosphérique est de 1 bar*
- *La pression partielle d'azote dans l'air est donc de 0,8 bar*
- *$PPN_2 = P_{Abs} \times \% \text{ du Gaz}$*
 - *La $PP N_2 = 1 \text{ b} \times 0,8 = 0,8 \text{ b}$*
 - *La $PP O_2 = 1 \text{ b} \times 0,2 = 0,2 \text{ b}$*
- *A température donnée, la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions qu'auraient chacun des gaz s'il occupait seul tout le volume.*
- *$P_{abs} = PPO_2 + PPN_2$*
 - *Ex à 10 mètres*
 - *La $PP O_2 = 2 \text{ b} \times 0,2 = 0,4 \text{ b}$*
 - *La $PP N_2 = 2 \text{ b} \times 0,8 = 1,6 \text{ b}$*
 - *$P_{abs} = 0,4 + 1,6 = 2 \text{ b}$*



Aide sur les calculs



$$P_p \text{ Gaz} = P \text{ Abs} \times \% \text{ du Gaz}$$

$$P \text{ Abs} = P_p \text{ N}_2 + P_p \text{ O}_2$$

J'ai		Je cherche	Je calcule
Données	Valeurs	Inconnus	
Profondeur % N ₂	25 m 80 %	P _p N ₂ P _p O ₂	1) P _p N ₂ = 3.5 × 0.8 = 2,8 b 2) P _p O ₂ = P _{abs} - P _p N ₂ P _p O ₂ = 3.5 – 2.8 = 0.7 b
P _p N ₂ %N ₂	3,5 b 80 %	P Abs Profondeur	P Abs = 3.5 / 0.8 = 4.375 b Prof = 33.75 m
P _p N ₂ Profondeur	3.6 b 40 m	% N ₂	% N ₂ = 3.6 / 5 = 0.72 = 72 % % O ₂ = 28 % Nitrox à 28 %

Tolérance des Pressions partielles

Les valeurs de tolérance des Pp peuvent être modifiées par la résistance de chacun, le froid, le stress, la vitesse de descente et le matériel.

Comme tous les accidents, les accidents biochimiques peuvent donc être favorisés par :

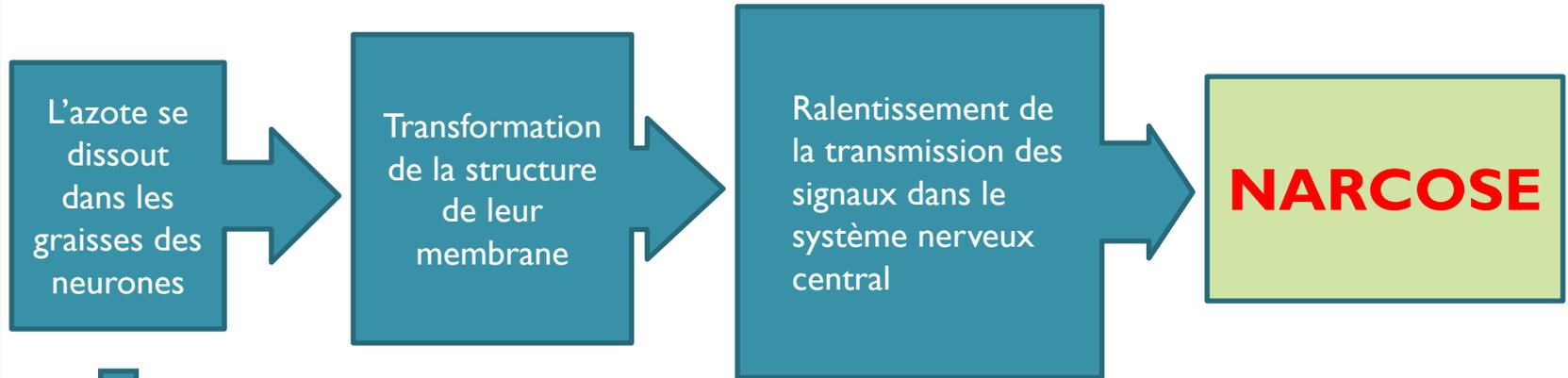
La méforme **physique** (fatigue, mal de mer, manque d'entraînement, prise d'alcool, de médicaments, état fébrile),

La méforme **psychique** (nervosité, peur, stress).

La pression partielle d'un gaz s'appelle une tension partielle une fois que le gaz est dissous dans un tissu.



Narcose à l'azote (ivresse des profondeurs)

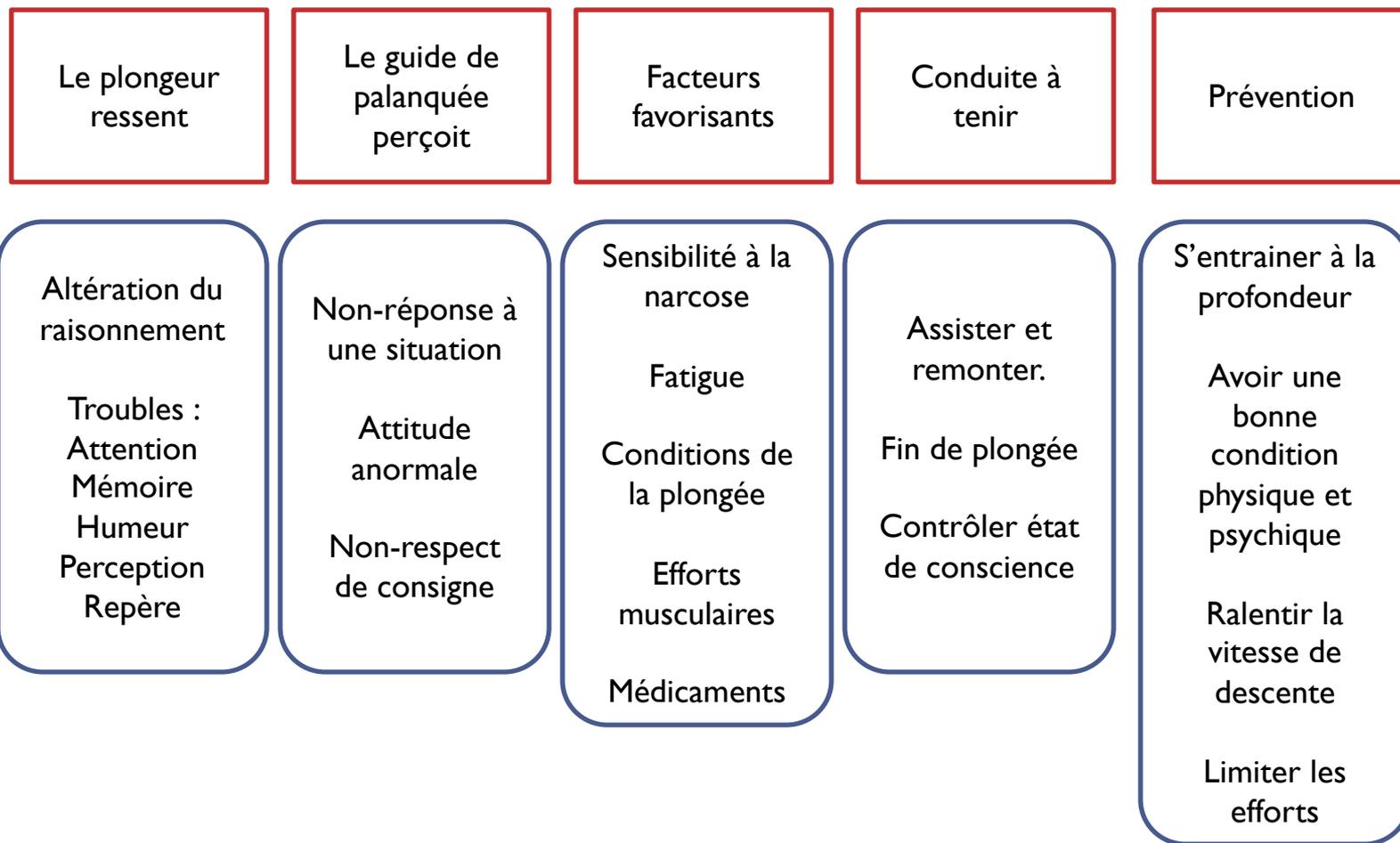


Augmentation de la pression avec la profondeur



Baisse des capacités de raisonnement et de concentration

Prévention de la narcose à l'azote



Narcose

Mon comportement de guide

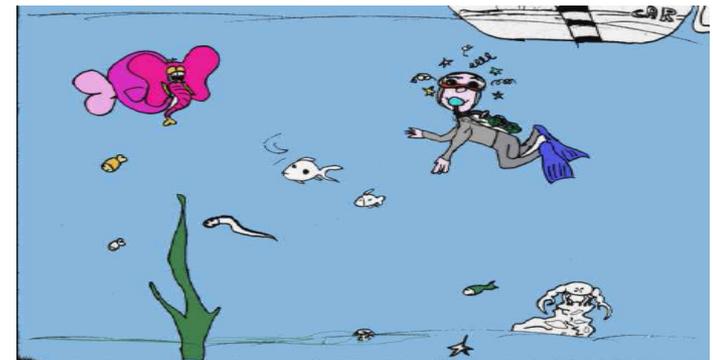
Rassurez les membres de la palanquée
Adaptez la vitesse d'immersion au niveau et à l'habitude des plongeurs à la profondeur,
Contrôlez les comportements à la descente et plus particulièrement dans la zone sensible,
Communiquez régulièrement au fond.

Lorsqu'un plongeur narcose, assistez le, en le remontant de quelques mètres avec toute la palanquée.

Interrompre la plongée, remonter, suivre les procédures de décompression.

Sur le bateau contrôlez que tout va bien.

Toujours avoir une Pp N2 inférieure ou égale à 5,6 bars.



Stress et plongée

Le stress peut conduire à des réactions inadaptées et dangereuses.

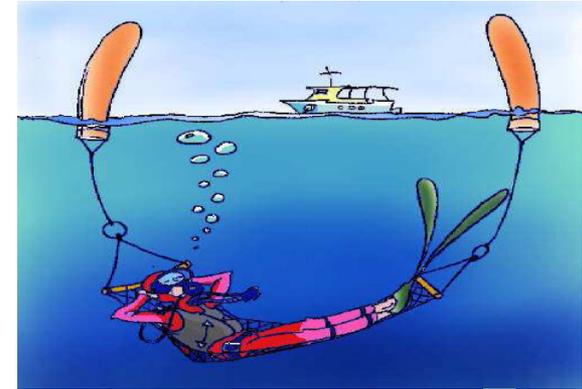
- Chez le plongeur débutant ou expérimenté, le stress ne doit pas être négligé, il amène souvent des comportements imprévisibles auxquels il faudra apporter une réponse rapide.

Le plongeur
débutant

Attention à la
remontée
rapide.

Le plongeur
expérimenté

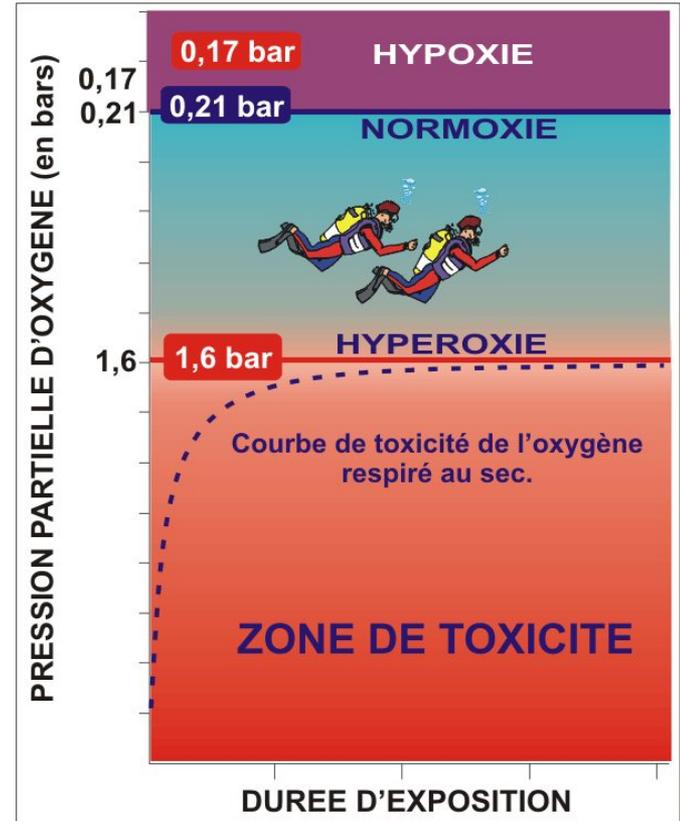
Retour en surface avec un non-
respect des procédures



- La prévention reste la meilleure réponse
 - Connaître les personnes avec qui vous plongez et explicitez ce qu'il vont vivre pour les rassurer en bref créer un environnement sécurisant

Prévention de la crise d'hyperoxie

- Habituellement, nous respirons de l'air à 21% d'oxygène, c'est la normoxie, 0,21 bar
- En deçà, c'est l'hypoxie min 0,17 bar
- Au-delà, c'est l'hyperoxie qui devient dangereuse à 1,6 bar de P_pO_2
- Les Risques de l'hyperoxie, troubler le système nerveux central
- Cette neurotoxicité est appelée **effet Paul Bert** si $P_p O_2 > 1,7$ bar. (plongée profonde et nitrox)
- Cette neurotoxicité est appelée **effet Lorrain Smith** si $0,5 \text{ b} < P_p O_2 < 1,7 \text{ b}$ inhalation d' O_2 durant plus de 2 heures (caisson pour un accidenté).



Les causes de l'hyperoxie

- Augmentation de la pression partielle d'oxygène
- Sensibilité de chacun
- Les facteurs favorisants.



La crise d'hyperoxie

- A l'air apparaîtra à quelle profondeur ?

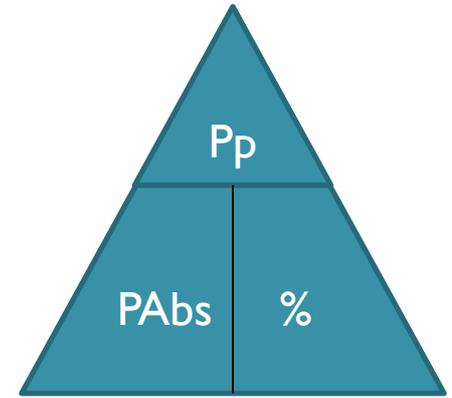
$$P_{Abs} = P_{pO_2} / \% O_2$$

$$P_{Abs} = 1.6 \text{ b} / 0.21$$

$$P_{Abs} = 7.61 \text{ b}$$

Donc à la profondeur de 66 m

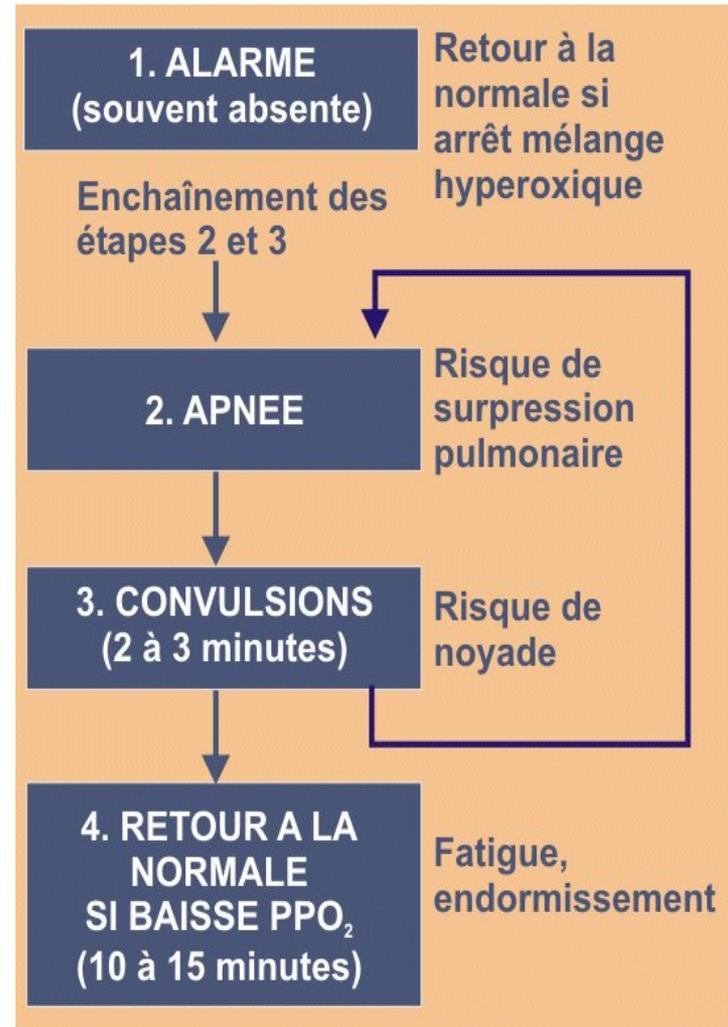
Limitation de la plongée à l'air à la profondeur de 60 m



Mécanisme

Excès d'oxygène stimule les centres nerveux et provoque une crise de type épileptique

NEUROTOXICITE DE L'OXYGENE
(EFFET PAUL BERT)



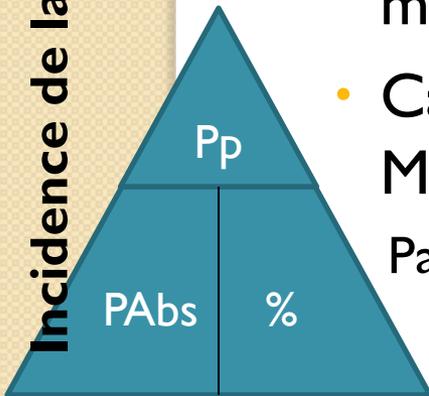
Conduite à tenir

- Remonter de quelques mètres ou interrompre votre plongée
- En cas de crise d'hyperoxie, assister le plongeur en lui maintenant le détendeur en bouche pour éviter toute noyade (Apnée + convulsions)
- Respecter les procédures de décompression, veiller à la ventilation risque de surpression pulmonaire si apnée.
- Dans tous les cas le plongeur doit être évacué.



Prévention

- Strict respect de la profondeur maximale
- Contrôle de la teneur en gaz si Nitrox.
 - Le guide de palanquée doit être capable de
 - Vérifier le profondeur à ne pas dépasser en fonction du mélange $P_{abs} = P_{pO_2 \text{ max}} / \% \text{ d'O}_2$
 - Déterminer le mélange en fonction de la profondeur maxi prévue $\% \text{ d'O}_2 = P_{pO_2} / P_{abs}$
 - Calculer la profondeur équivalente à l'air (utilisation MN90), **on calcule avec l'azote**
 $P_{abs \text{ air}} = P_{pN_2 \text{ max nitrox}} / 0.79$



Exemple (seuil de toxicité 1.6bar)

Avec un mélange de 40/60, profondeur maxi ?

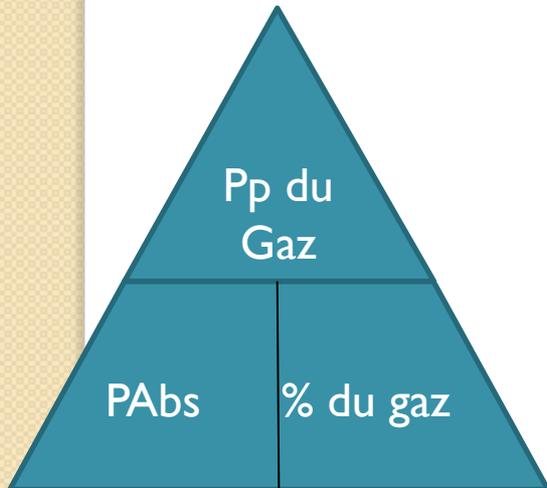
$$P_{abs} = P_{pO_2} / \% O_2 = 1.6 / 0.40 = 4 \text{ bars}$$

Profondeur maxi = 30 mètres

Sur un fond de 25 m est-ce le bon mélange?

$$\% O_2 \text{ max} = P_{p O_2} / P_{abs} = 1.6 / 3.5 = 0.45$$

On souhaite plonger avec les tables à l'air, quelle est la profondeur équivalente ?



$$\text{Plongée à 25 m } P_{pN_2} = 3.5 \times 0.6 = 2.1 \text{ b}$$

$$P_{abs \text{ air}} = P_{pN_2} / 0.79 = 2.1 / 0.79 = 2.65$$

soit une profondeur de 16.5 m

sur la table MN90 on choisira la valeur supérieure soit 18 m

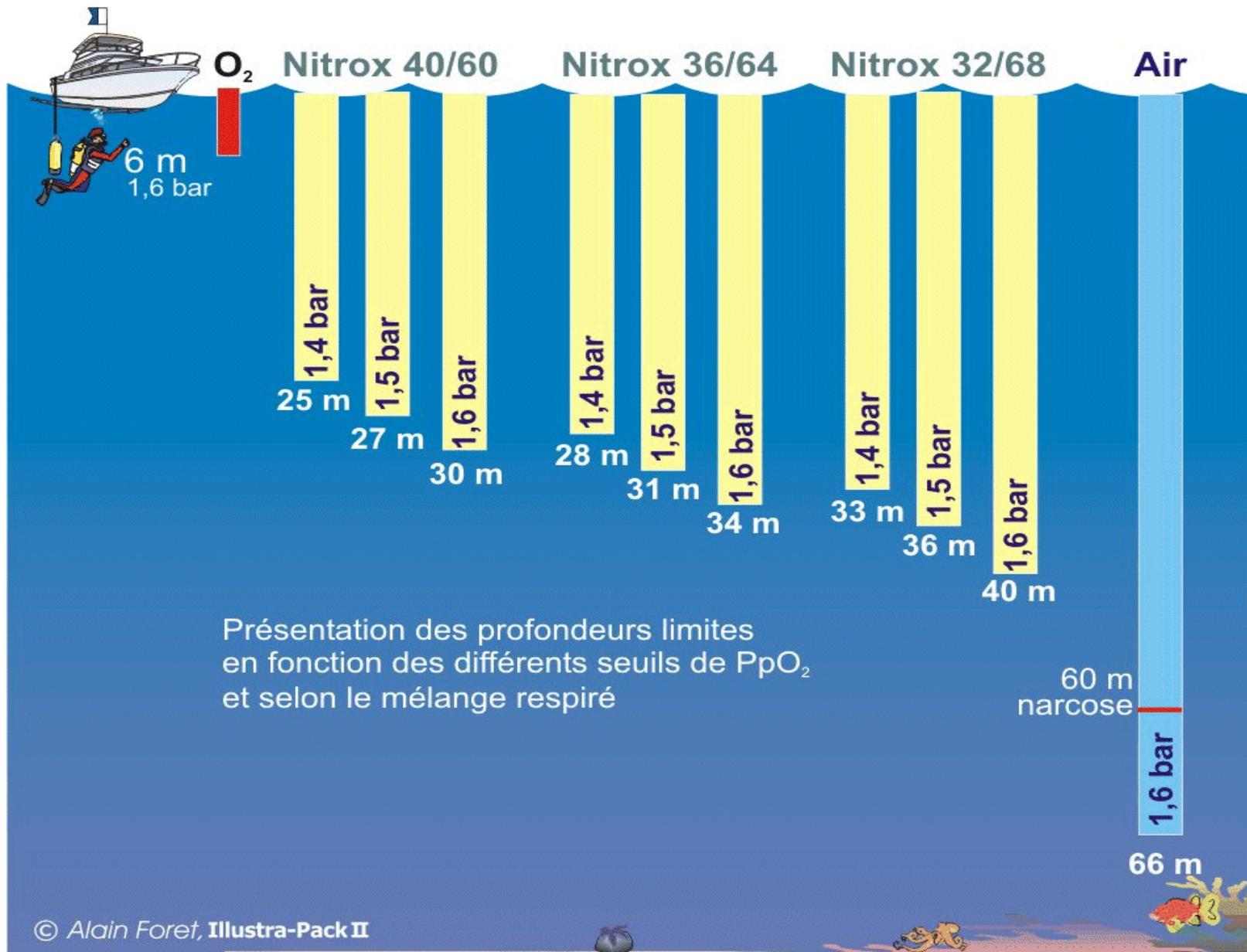
NITROX

- Le pourcentage est indiqué par le responsable du gonflage puis contrôlé et noté par le plongeur sur le bloc
32/68 – 36/64 – 40/60
 - Avantages plongée Nitrox
 - Temps immersion augmente
 - Temps de palier, vol de gaz consommé et les risques d'essoufflement diminuent.
 - Inconvénients
 - Limitation profondeur
 - Augmentation du risque hyperoxique
 - Manipulation plus contraignante

Ordinateurs et Nitrox

- Paramétrage du pourcentage d'oxygène respiré en le diminuant on va vers la sécurité.
- Le CNS% est le pourcentage d'oxygène accumulé par le système nerveux.
- Alarme sonore de profondeur en cas dépassement de ces paramètres.

Incidence de la plongée sur le système nerveux



Prévention de la syncope hypoxique

- Manque d'oxygène favorise l'essoufflement voir une perte de connaissance.
- Pression partielle mini est fixée à 0.16 bar
 - Due aux dysfonctionnement des recycleurs
 - Apnée.

Recycleur

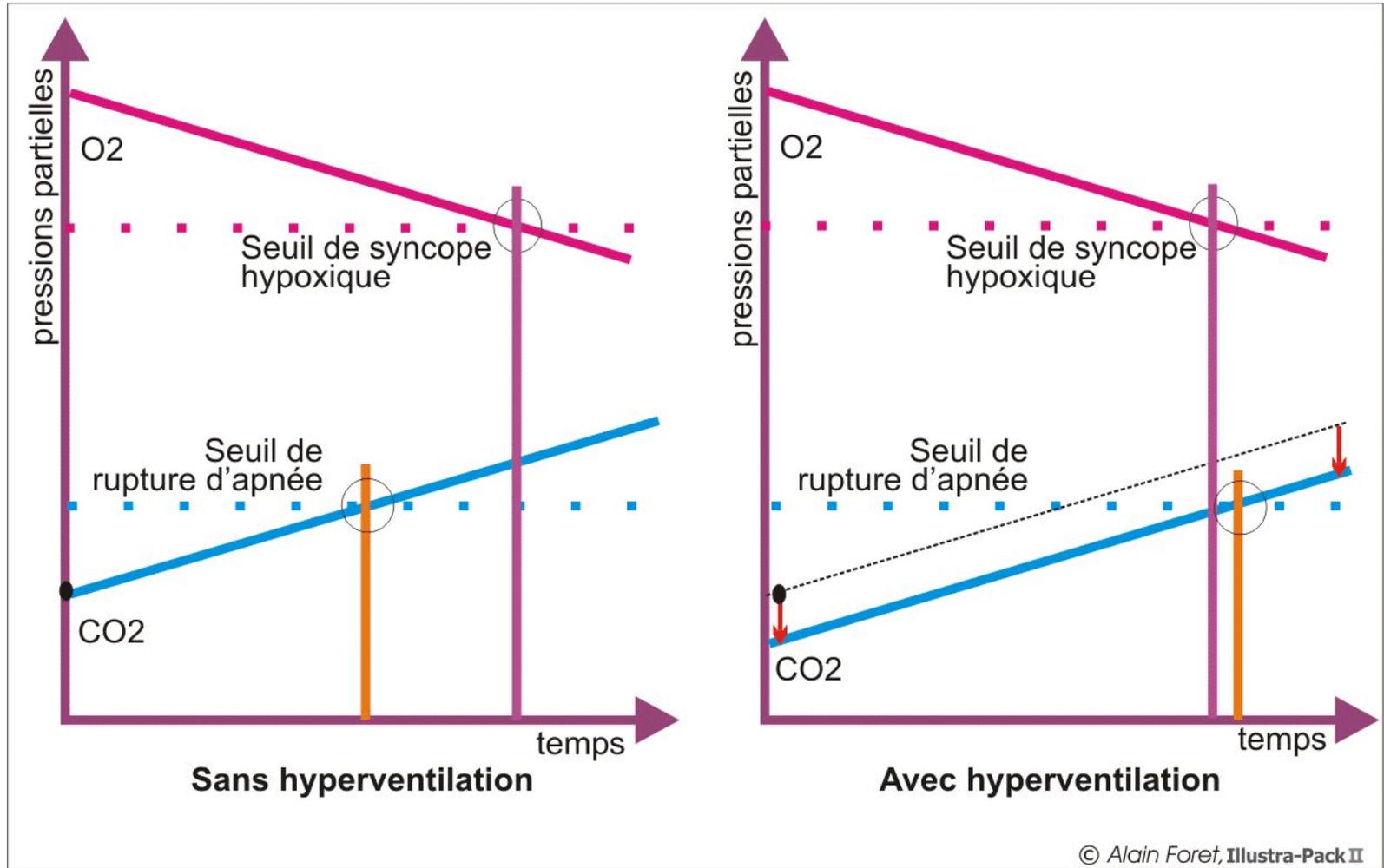
- Appareil à circuits fermés ou semi fermés et la plongée militaire.
- Le recycleur piège le CO₂ (chaux sodée) et ajoute de l'O₂, si une défaillance du recycleur (baisse de l'O₂),
- La respiration d'un gaz appauvri en O₂ favorise l'essoufflement et peut conduire à une perte de connaissance,
- Si un apport en O₂ n'est pas possible (gaz appauvri en O₂), les ressources en O₂ baissent progressivement et conduisent à une syncope (fonctionnement à minima) pour réserver l'O₂ aux organes essentiels (cerveau, cœur, ...).

Syncope hypoxique en apnée

- L'envie de respirer est liée à la quantité de CO₂ dans le sang.
- L'hyperventilation abaisse le taux de CO₂.
- Durant l'apnée qui suit une hyperventilation, l'envie de respirer est diminuée ce qui fait que l'organisme se retrouve en hypoxie (diminution du taux d'O₂ dans le sang), c'est la syncope.
- Puis le taux de CO₂ remontant le réflexe respiratoire est rétabli , dans l'eau si rien n'est fait c'est la noyade .
- Conduite à tenir
 - Sortir la personne de l'eau en l'empêchant de respirer,
 - Stimuler la reprise de la conscience,
 - Ventiler si nécessaire.

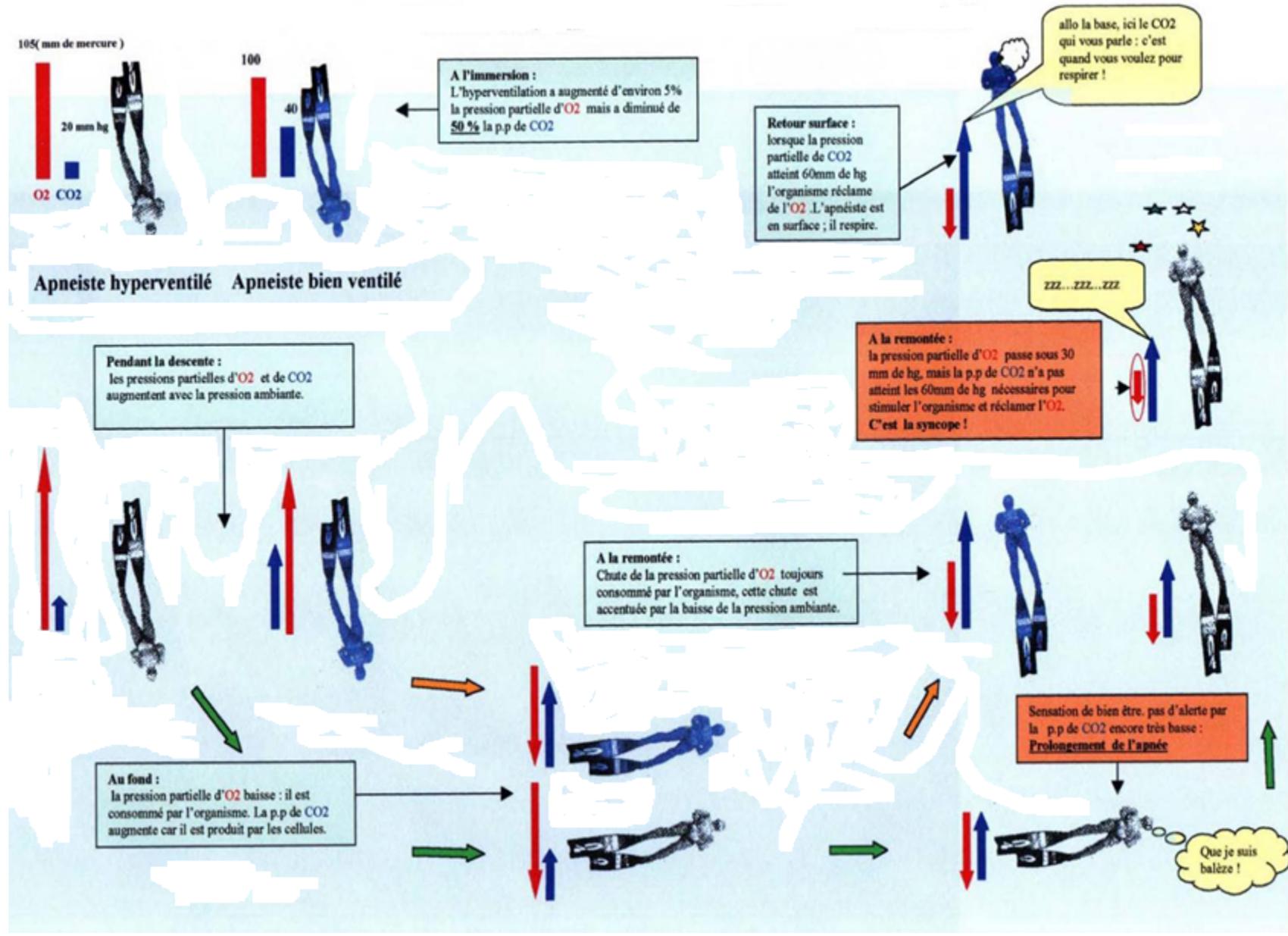


Risque d'hyperventilation



La rupture d'apnée intervient après le seuil de syncope

Incidence de la plongée sur le système nerveux



Samba (apnéiste)

- Dans le cas d'une samba, on ne passe pas directement de la conscience à la syncope mais par un état intermédiaire où il y a perte de vigilance, le sujet ne sait plus ce qu'il fait sans pour autant être évanoui.
- Il bouge de façon désordonné et convulsive.
- La samba peut survenir jusqu'à 15 à 20 secondes après la fin de l'apnée.
- En effet entre la reprise respiratoire et l'arrivée du sang oxygéné au niveau des récepteurs, il s'écoule un certain temps pendant lequel la PpO_2 continue à décroître et le processus d'hypoxie cérébral à s'aggraver => d'où l'intérêt de maintenir la surveillance jusqu'à 30 secondes après la fin de l'apnée.

POUR PREVENIR LA SAMBA ...



•PAS D'HYPERVENTILATION



•PROSCRIRE LA REGLE DU TIERSTEMPS : trop subjective pour permettre de supprimer le risque de perte de connaissance.



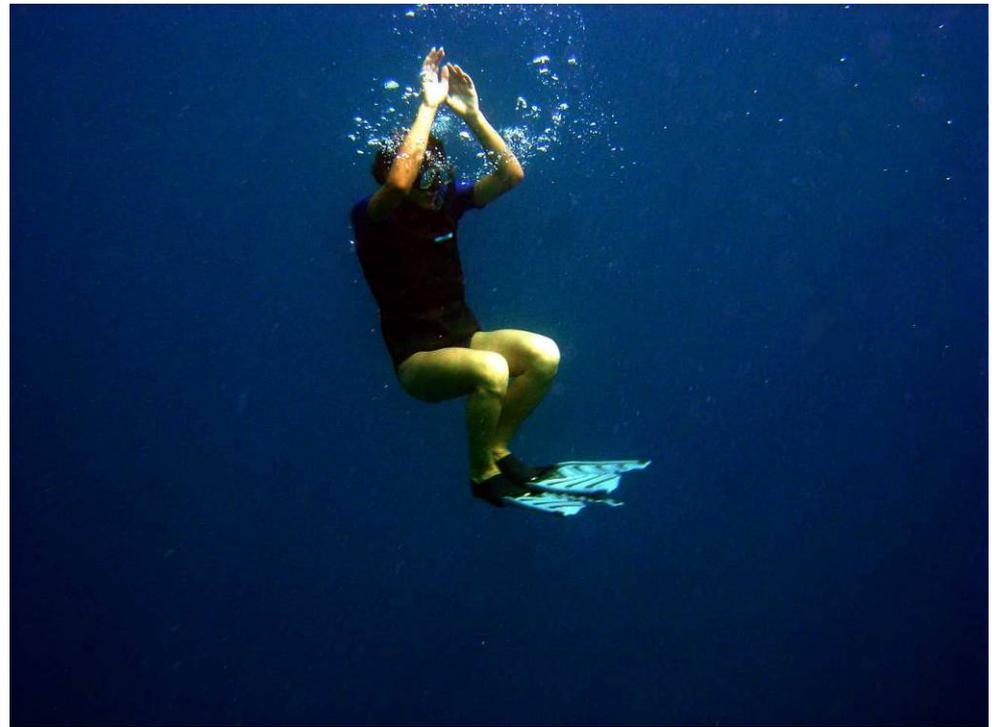
**Préférer une ventilation le visage hors de l'eau
Espace mort dû au tuba.**

- **Etre détendu et serein**

- **Adapter son lest**

- **limiter les efforts musculaires**

- **Pas plus de 6 à 8 plongées profondes par heure : Récupération suffisante pour éviter l'hypercapnie lente**



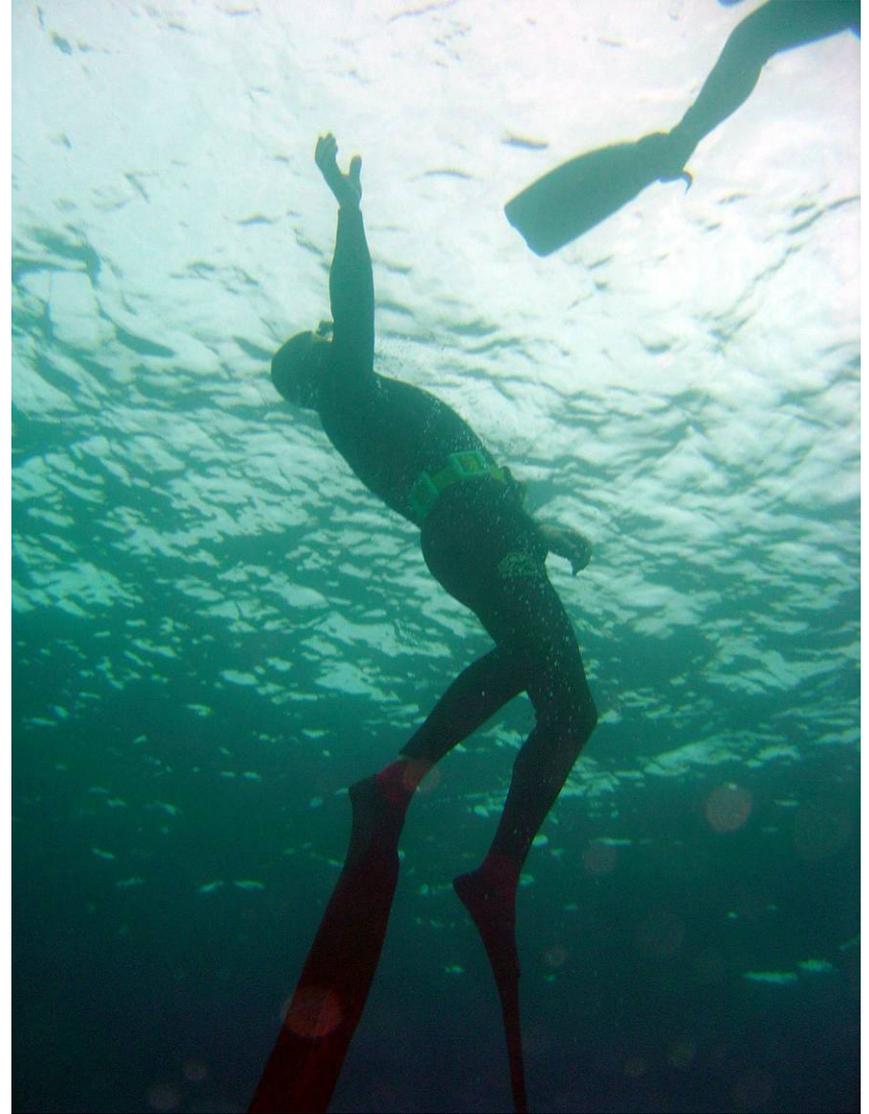


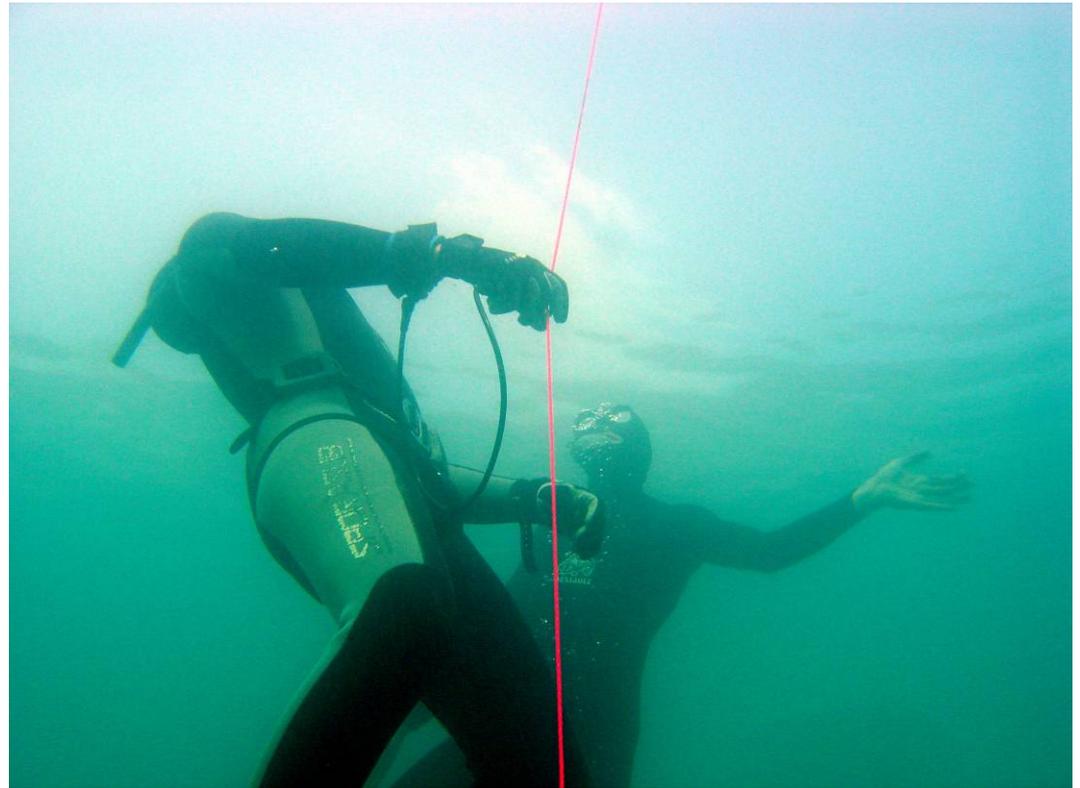
- **Maîtriser les techniques d'immersion, le palmage et la compensation.**

• **Ne pas prolonger exagérément les apnées, surtout si la profondeur atteinte dépasse une dizaine de mètres.**



• Éviter les mouvements parasites, la tête en extension et les tours d'horizon, gros consommateurs d'énergie.





• Plonger à deux : les deux coéquipiers doivent avoir le même niveau et plonger alternativement. le binôme doit être capable physiquement et techniquement d'aller chercher son coéquipier.

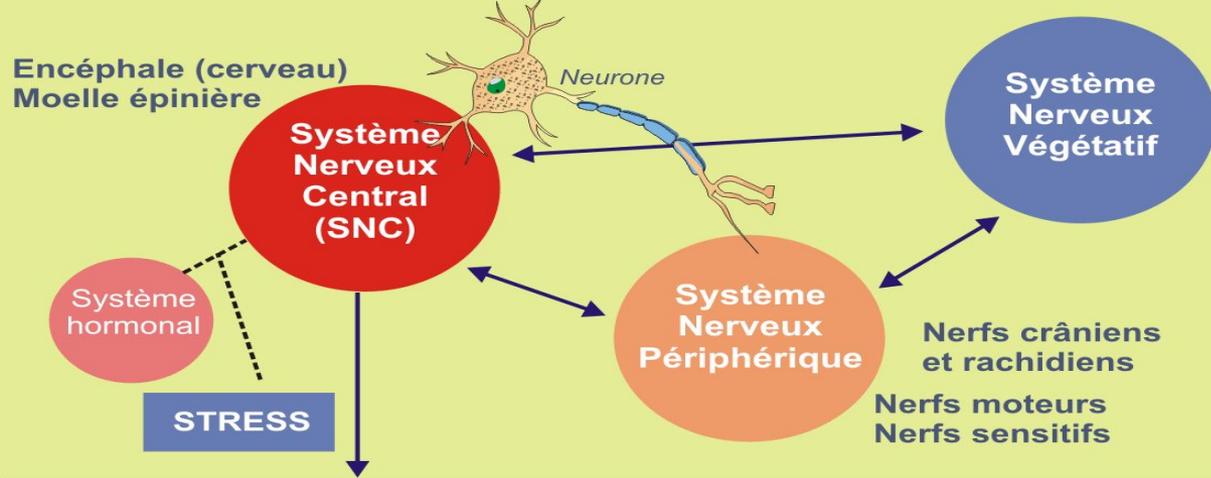


• Ne pas prolonger exagérément les apnées, surtout si la profondeur atteinte dépasse une dizaine de mètres.

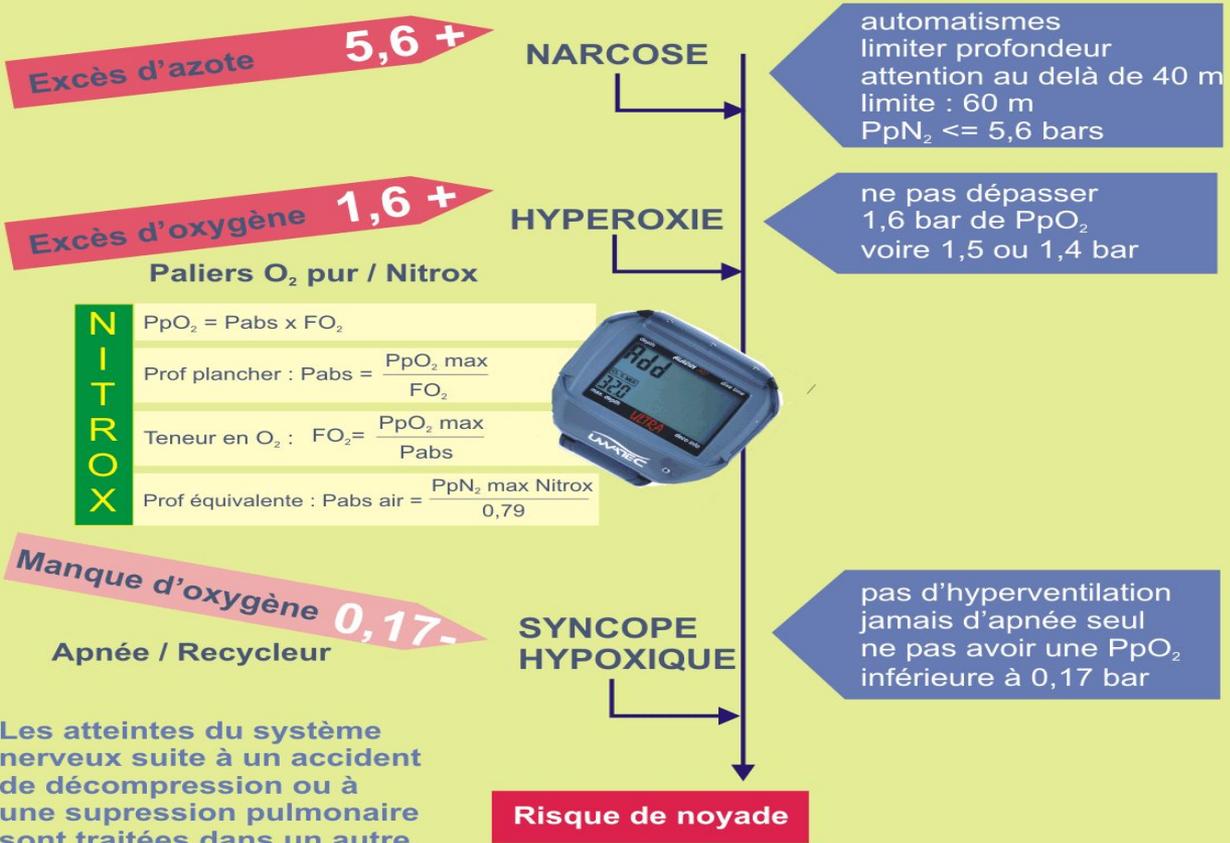
- **Ne pas plonger sans être en forme**
- **Ne pas pratiquer la plongée en apnée après une plongée en bouteille au cours de la même journée.**
- **Pas d'apnée statique au fond.**



9



RISQUES EN PLONGEE



NITROX

PpO₂ = Pabs x FO₂

Prof plancher : Pabs = $\frac{PpO_2 \text{ max}}{FO_2}$

Teneur en O₂ : FO₂ = $\frac{PpO_2 \text{ max}}{Pabs}$

Prof équivalente : Pabs air = $\frac{PpN_2 \text{ max Nitrox}}{0,79}$



Les atteintes du système nerveux suite à un accident de décompression ou à une suppression pulmonaire sont traitées dans un autre chapitre.