

Impact des gaz sur le plongeur

Préparation niveau 4

Codep 78

Les accidents biochimiques

- En plongée, contrairement à la surface, l'organisme est confronté à des variations importantes de la **pression partielle des gaz respirés**
- Il doit donc s'adapter à ces **variations**
- Il existe des limites de tolérance pour chacun de ces gaz, et des **accidents biochimiques** peuvent survenir lorsqu'elles sont dépassées
- Ce sont des limites physiologiques, qui sont donc approximatives et peuvent **varier selon les individus et les conditions**

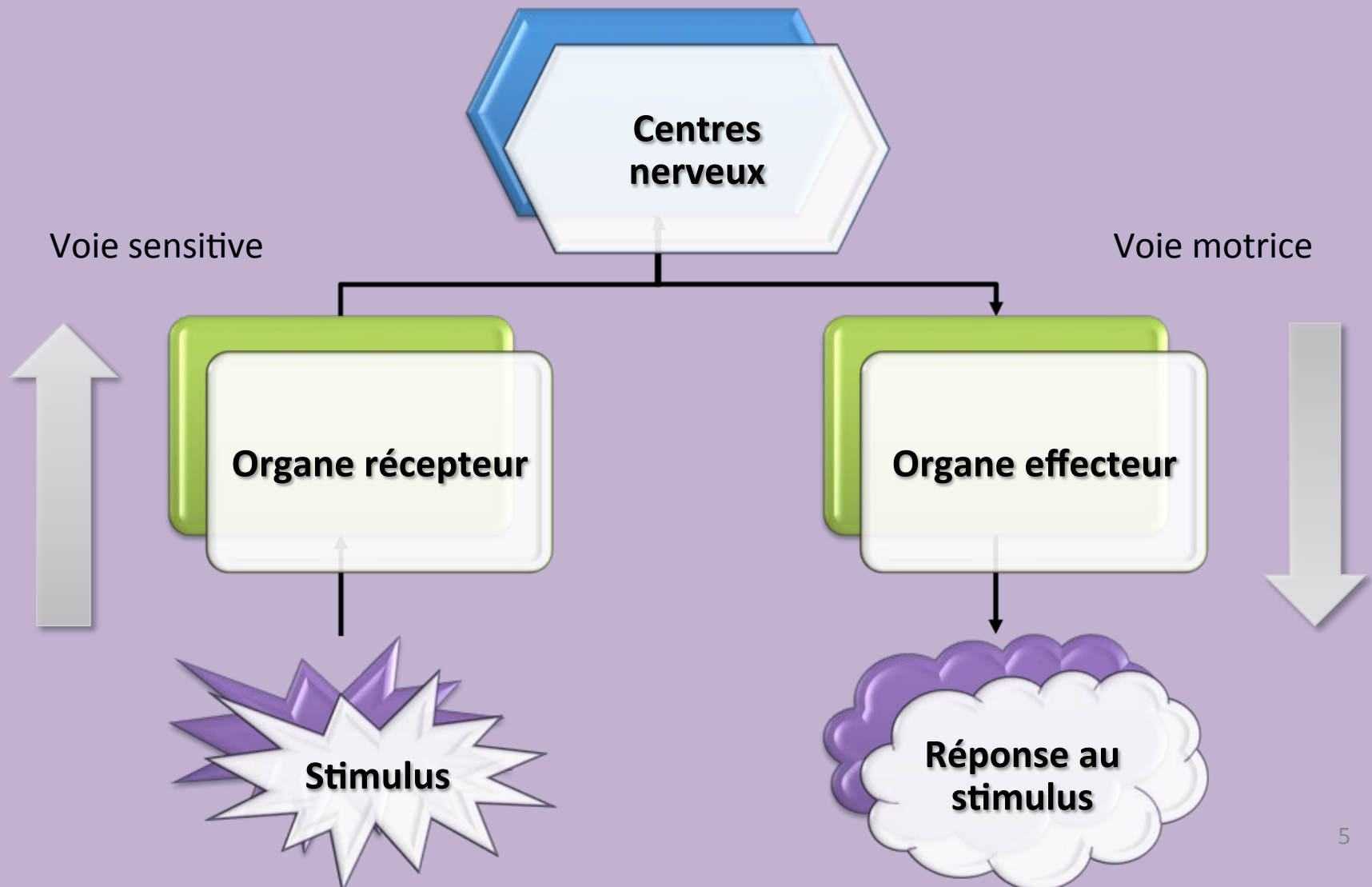
Sommaire

- **Notions d'anatomie : système nerveux**
- **Notions de physique : comportement des gaz**
- **Accidents biochimiques :**
 - **Toxicité du dioxyde de carbone (CO_2)**
 - **Toxicité de l'azote (N_2)**
 - **Toxicité de l'oxygène (O_2)**
 - **Toxicité du monoxyde de carbone (CO)**
- **Cas de l'apnée**
- **Conclusion**

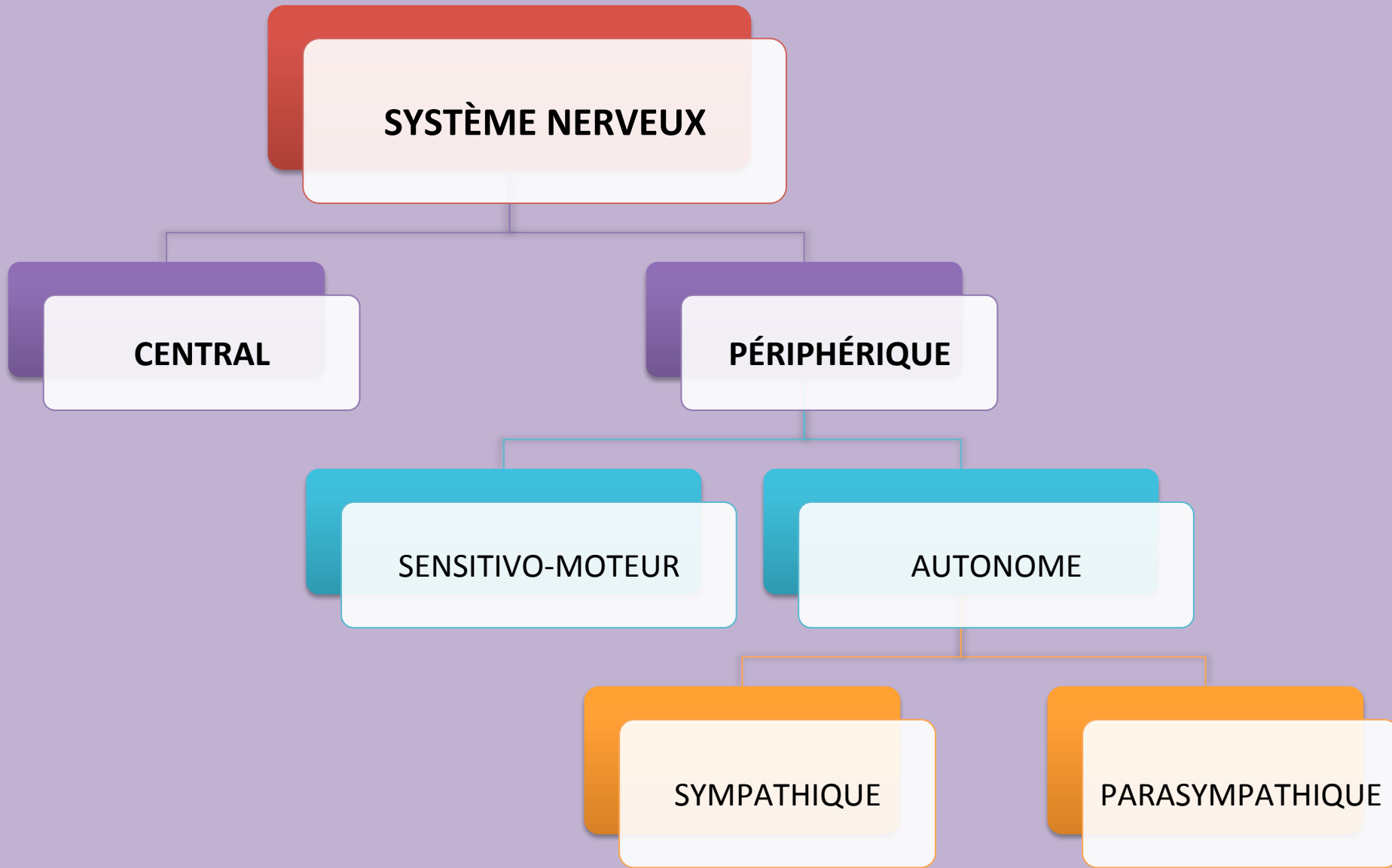
Le système nerveux

- **Description générale**
- **Le tissu nerveux**
- **Le système nerveux central**
- **Le système nerveux périphérique**
- **Le système nerveux autonome**
- **Le système hormonal**
- **Réflexes et automatismes**
- **Conclusion**

Le système nerveux : description générale

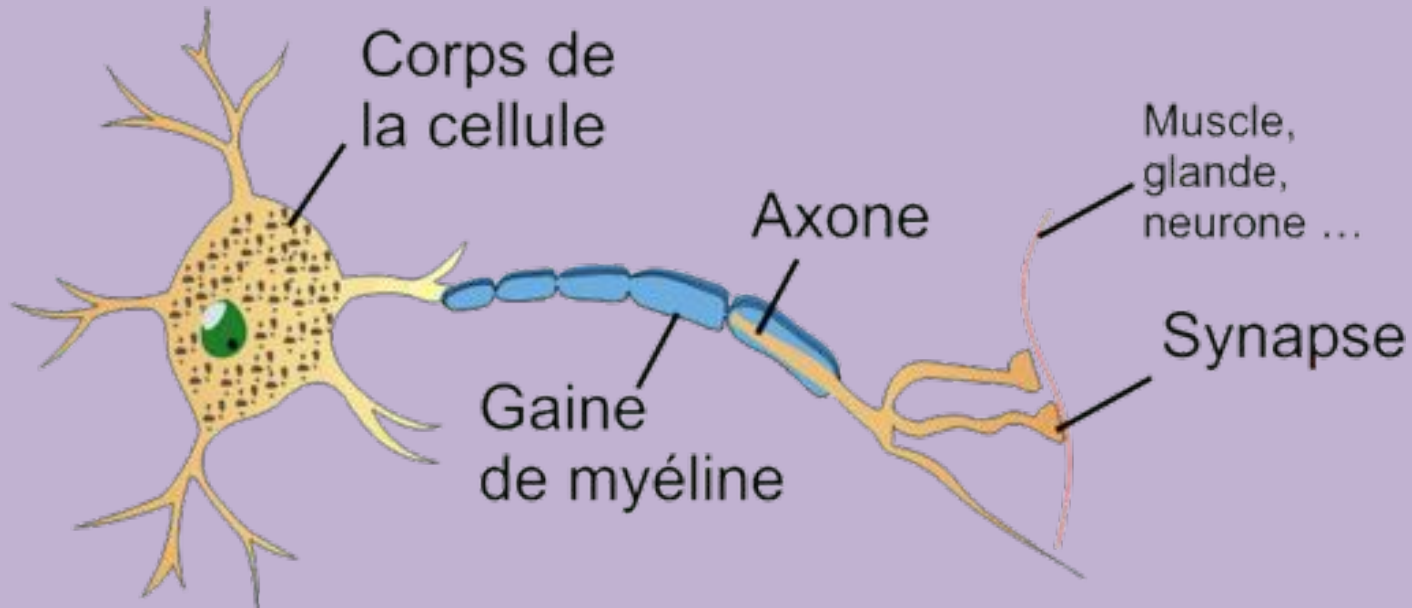


Le système nerveux

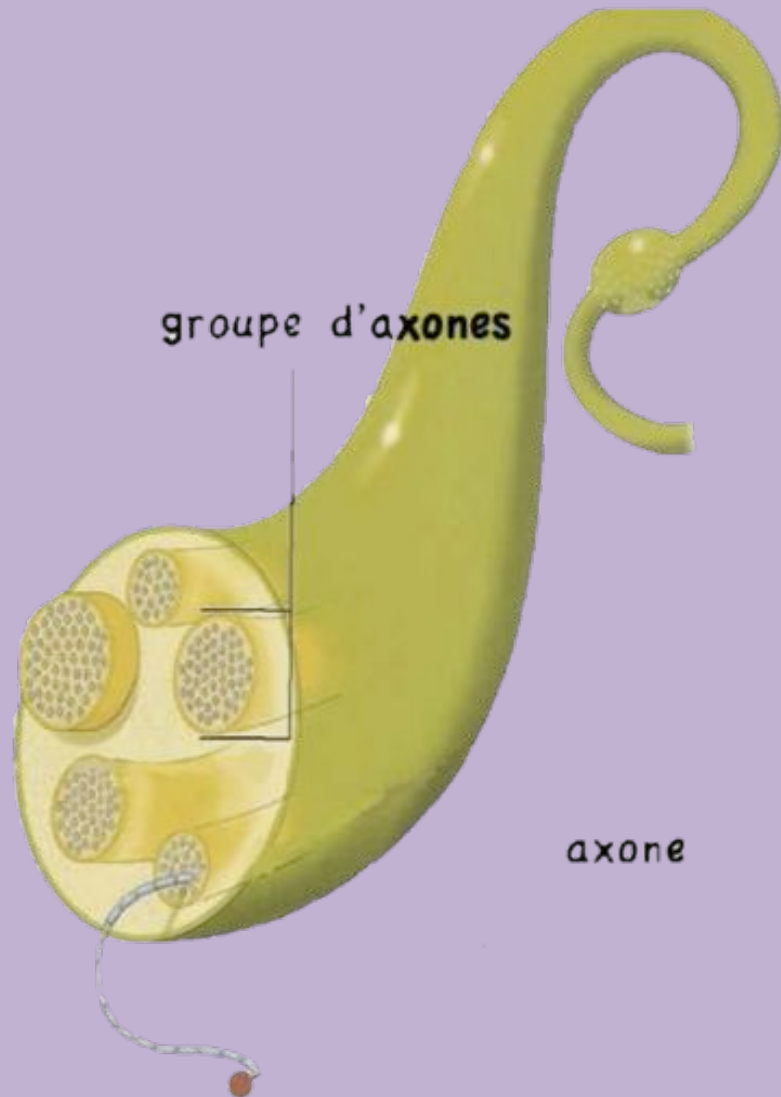


Le tissu nerveux : le neurone

- C'est l'unité de base du système nerveux (SN)
- Il y en a plusieurs milliards
- Il transporte l'influx nerveux (l'information) sous forme d'impulsions électriques, depuis ou vers d'autres parties de l'organisme



Le tissu nerveux : les nerfs



- Un nerf est un ensemble d'axones dont le nombre peut varier d'une centaine à plusieurs milliers
- Les nerfs, sous forme de faisceaux, relient les centres nerveux et les organes
- Ils se ramifient dans tout le corps afin de transmettre l'influx nerveux

Le tissu nerveux : les nerfs

- **Nerfs sensitifs**

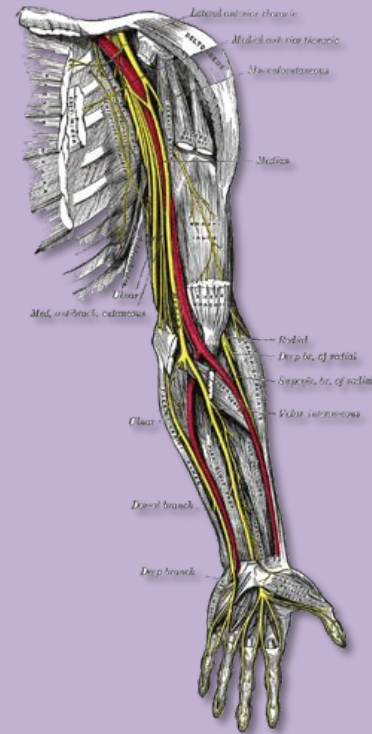
Transmission des informations sensorielles vers le SNC depuis la peau, les muscles, les organes sensitifs

- **Nerfs moteurs**

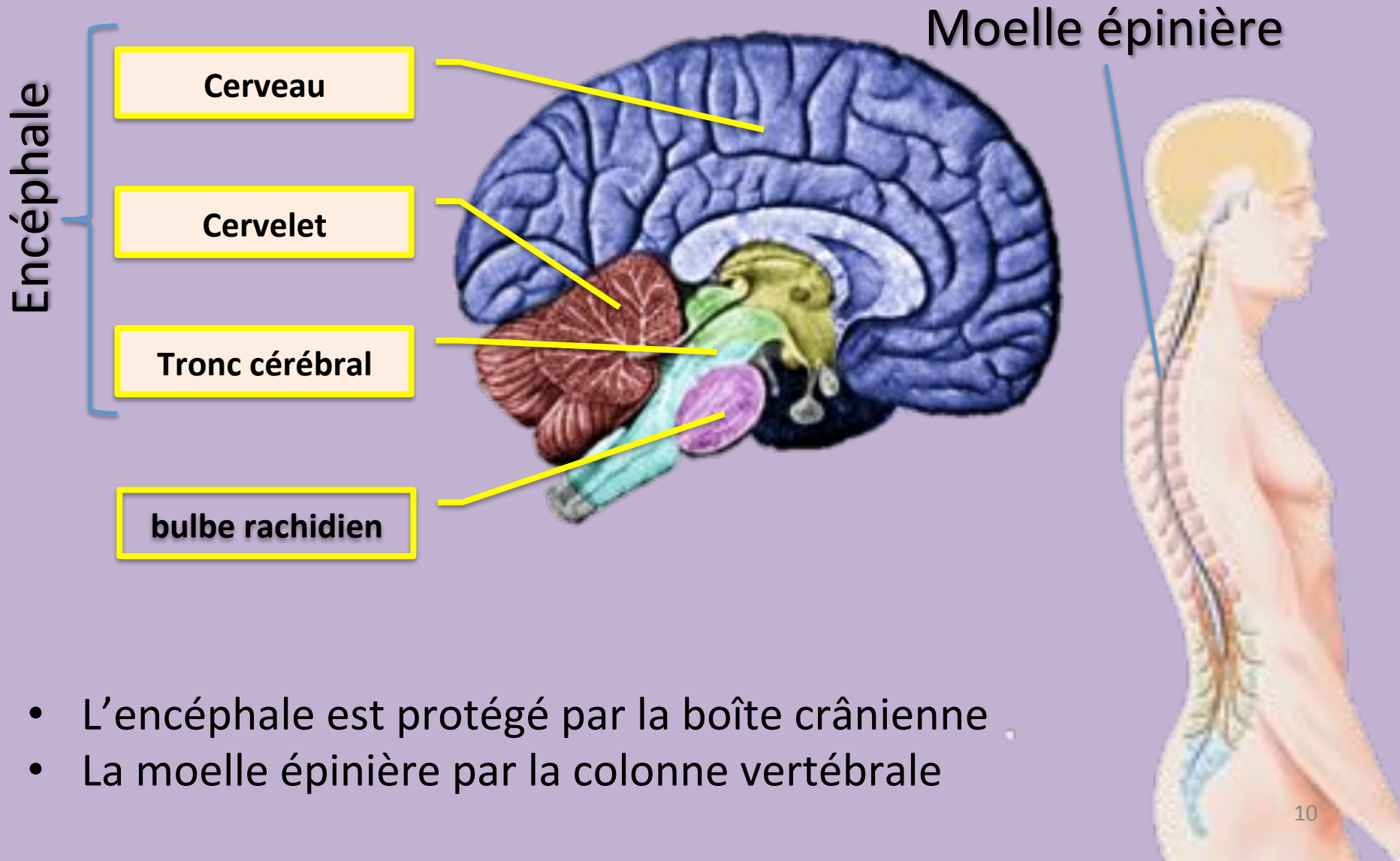
Transmission des informations motrices du SNC vers les muscles, les organes ou glandes

- **Nerfs mixtes**

À la fois sensitifs et moteurs



Le système nerveux central : anatomie



- L'encéphale est protégé par la boîte crânienne
- La moelle épinière par la colonne vertébrale

Le système nerveux central : fonctions

Réception, traitement, intégration des informations et émission d'ordres

- **Cerveau** : émission de l'influx nerveux, analyse des données sensibles, pensée, motricité
- **Tronc cérébral** : centre de la régulation thermique, du rythme cardiaque, de la respiration



Siège d'une partie des 12 paires de nerfs crâniens

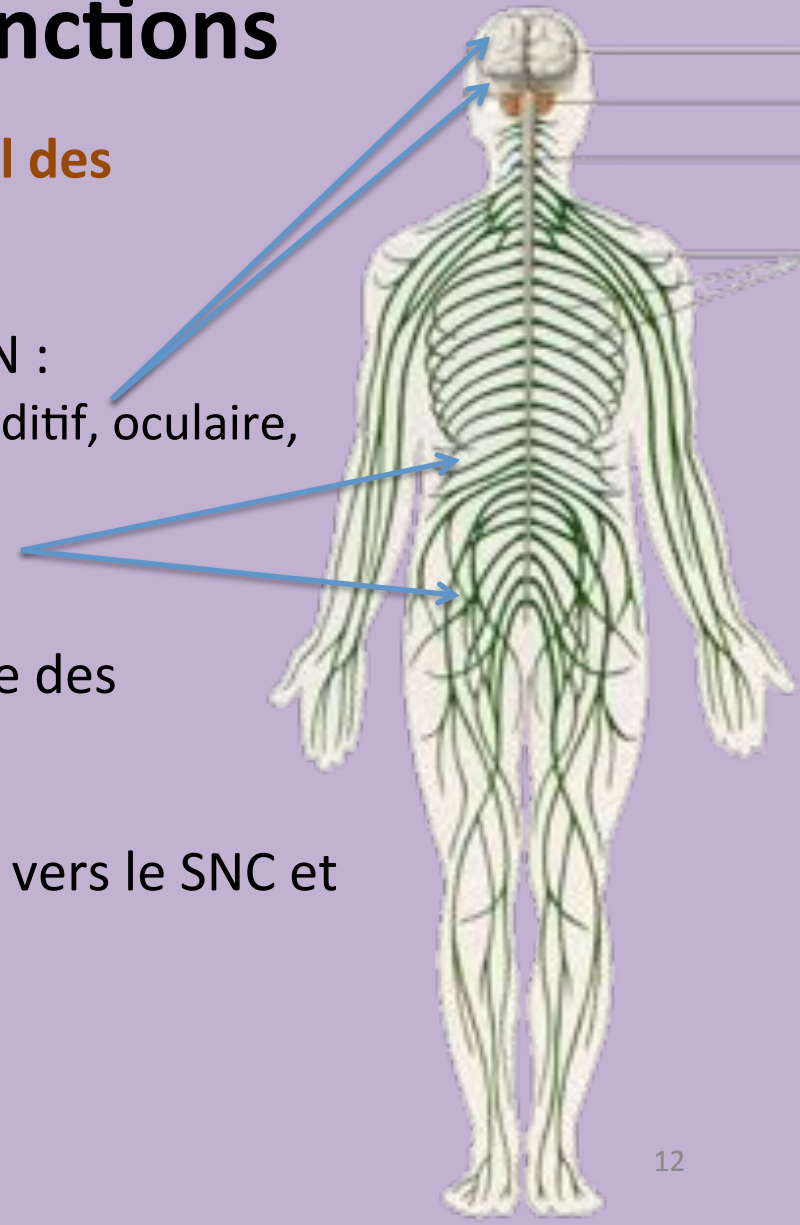
- **Cervelet** : centre de l'équilibre, de la coordination, la mémoire gestuelle...
- **Moelle épinière** : acheminement des informations entre l'encéphale et le SNP

Siège des centres réflexes et naissance des 31 paires de nerfs rachidiens

Le système nerveux périphérique : anatomie et fonctions

Transmission des influx nerveux et recueil des informations

- Composé de l'ensemble des nerfs du SN :
 - 12 paires de nerfs crâniens : olfactif, auditif, oculaire, facial...
 - 31 paires de nerfs rachidiens (spinaux)
- Chaque nerf se subdivise sur l'ensemble des territoires de l'organisme
- Transmission de l'information **sensitive** vers le SNC et **motrice** vers les organes effecteurs



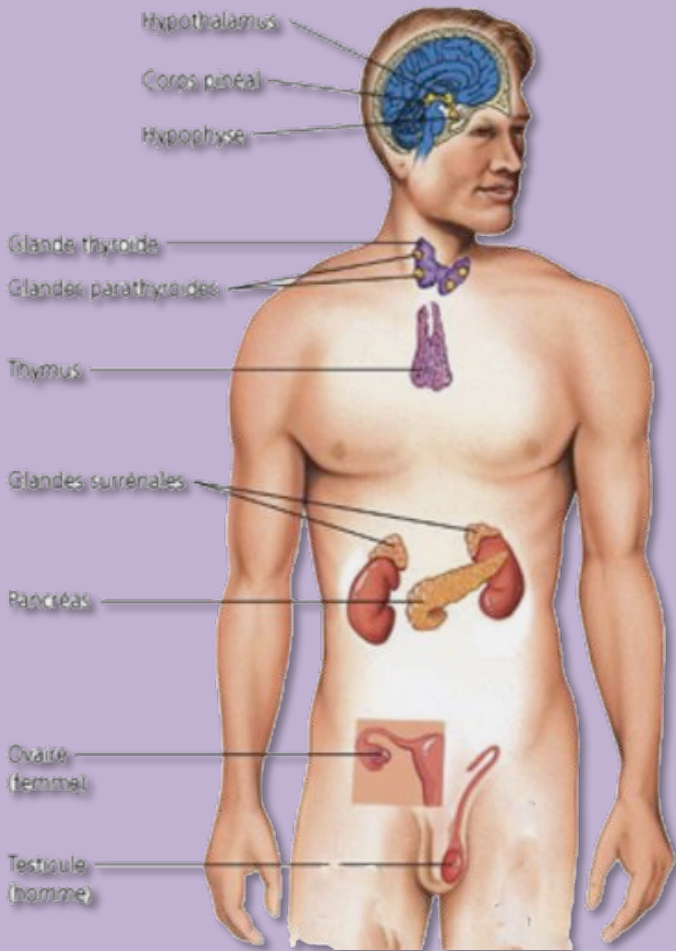
Le système nerveux autonome : fonctions

Son rôle est de réguler et coordonner les fonctions vitales de l'organisme

- Il régule les activités qui échappent au contrôle volontaire, les fonctions vitales internes (cœur, vaisseaux sanguins, appareil respiratoire, appareil digestif...)
- C'est un système fonctionnel plutôt qu'anatomique, et il utilise en partie le SNP
- Deux systèmes qui agissent de façon antagoniste :
 - **système sympathique** (action plutôt accélératrice)
 - **système parasympathique** (action plutôt modératrice)

	Système sympathique	Système parasympathique
f cardiaque	augmente	diminue
f respiratoire	augmente	diminue
Vaisseaux sanguins	vasoconstriction	vasodilatation
Pupille	dilatation	constriction

Le système hormonal



- Aide le SN qui ne peut pas assurer seul la régulation de l'organisme
- Ses effets sont plus lents, mais durables
- Il est composé de sept glandes principales qui sécrètent des hormones : messagers chimiques véhiculés par le sang
- Les principales glandes sont :
 - hypothalamus et hypophyse : ADH ou vasopressine
 - thyroïde et parathyroïdes : thyroxine, parathormone
 - surrénales : aldostérone, cortisol, adrénaline
 - pancréas : insuline, glucagon
 - ovaires et testicules : œstrogènes, progestérone, testostérone

Réflexes et automatismes

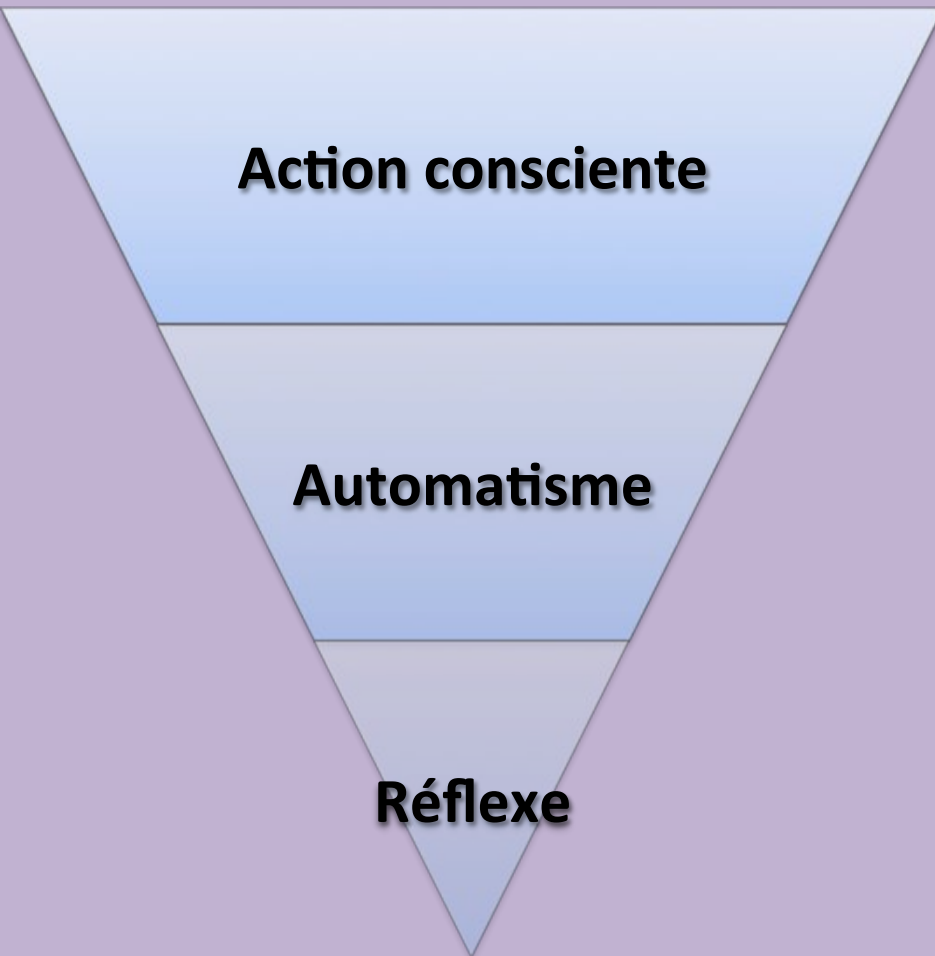
Réflexe

- Inné
- Réaction motrice immédiate, involontaire, incontrôlable et inconsciente à une stimulation
- L'analyse et la réponse se font par la moelle épinière, sans passer par le cerveau

Automatisme

- Acquis avec l'expérience ou l'apprentissage
- Le temps de réflexion et d'analyse va largement diminuer (plongeur débutant / plongeur expérimenté)
- Le SNC est sollicité, mais inconsciemment et sa réaction est plus rapide

Réflexes et automatismes : temps de réaction



1. perception : « je racle le fond avec mes palmes »
 2. analyse : « je dois faire un poumon-ballast inspiratoire »
 3. action : « j'inspire profondément »
- Expiration à la remontée, poumon-ballast...
 - Réflexe rotulien, pupillaire...

Objectifs pour la préparation du niveau 4

- Savoir définir :
 - le cerveau
 - le cervelet
 - le tronc cérébral
 - la moelle épinière
 - les nerfs
 - les neurones

- Exemples

« Quels sont les différents SN ?

Vous donnerez un bref descriptif du rôle de chacun. »

« Le SN comporte 3 sous-systèmes travaillant de concert : SNC, SNP et SNA.

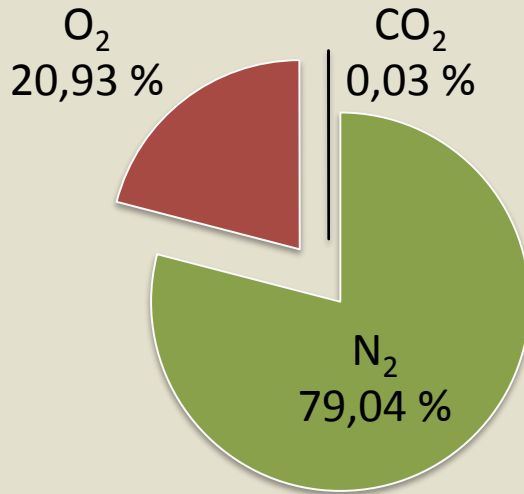
De quoi est composé le SNC, quels sont les rôles de ses composants ?

Quels sont les 2 types de nerfs du SNP et quelles sont leurs actions ? »

Notions de physique : comportement des gaz

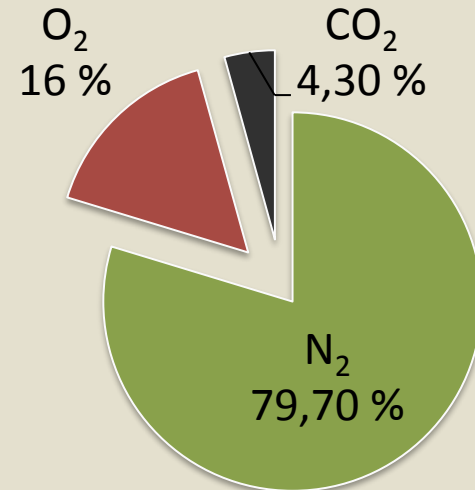
- **Composition de l'air**
- **Rôle des gaz constituants**
- **Pressions partielles et loi de Dalton**
- **Conclusion**

Composition de l'air



Air inspiré

- 79,04 % d'azote (N_2)
- 20,93 % d'oxygène (O_2)
- 0,03 % de gaz carbonique (CO_2)
- traces de gaz rares (hélium, *argon*, néon, crypton...)
- peu de vapeur d'eau



Air expiré

- 79,70 % de N_2
- 16 % de O_2
- 4,30 % de CO_2
- de la vapeur d'eau

Rôle des gaz

- **Azote (N_2)**

Inerte – il est inspiré et expiré sans participer à des réactions

- **Oxygène (O_2)**

On consomme ~20 % de la quantité inspirée

Comburant du métabolisme, il est transformé en CO_2 , en eau, et en chaleur

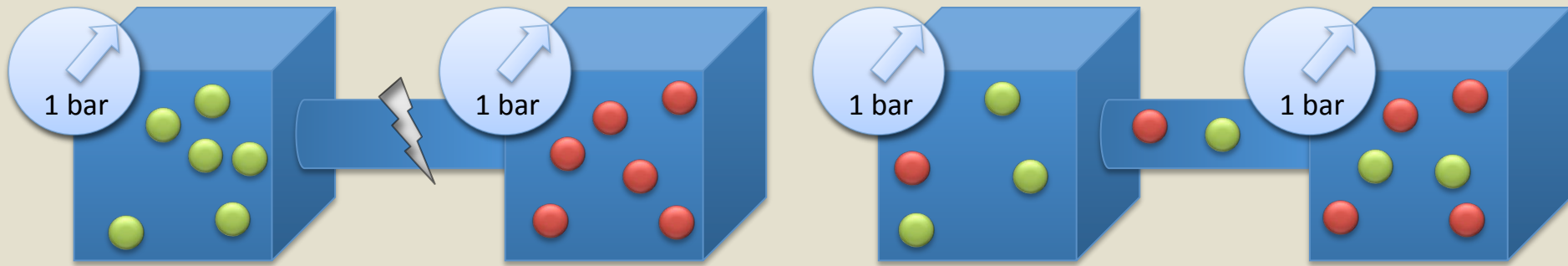
- **Dioxyde de carbone (CO_2)**

Déchet du métabolisme cellulaire

Tout le CO_2 présent est celui fabriqué par l'organisme

Dans certains cas on peut faire varier la nature et la proportion des gaz inspirés (cas de la plongée aux mélanges Nitrox et Trimix)

Pressions partielles et loi de Dalton : expérience de Berthollet

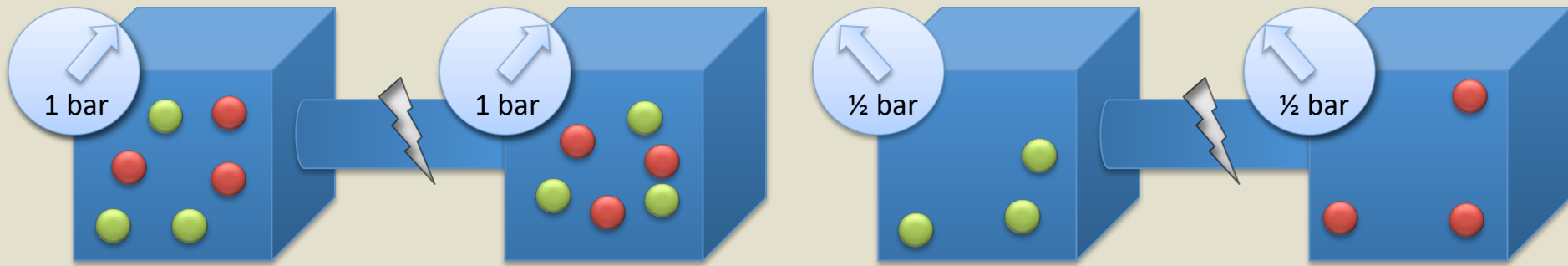


1. Deux enceintes de même volume contiennent deux gaz distincts à la même pression

2. On met les enceintes en relation pendant un certain temps.
La pression ne varie pas



Pressions partielles et loi de Dalton : expérience de Berthollet



3. Les enceintes sont isolées et la pression est de 1 bar encore dans chaque enceinte

4. Un dosage montre que les enceintes contiennent un mélange de 50 % de chaque gaz représentant la moitié de la pression totale à chaque fois





Loi de Dalton

Dans un mélange gazeux, chaque gaz est à la pression qu'il aurait s'il occupait seul le volume

ou

La pression totale d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles des gaz qui le constituent

$$P_{\text{abs}} = P_{p_1} + P_{p_2} + P_{p_3} \dots$$

ou

$$P_p = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{gaz}}$$

Pressions partielles et loi de Dalton : exemples

$$P_p = P_{abs} \times \%_{gaz}$$

- Quelles sont les pressions partielles des gaz constituant l'air respiré en surface ?

20 % O₂, 80 % N₂

$$P_{pO_2} = 1 \times 20 \% = 1 \times 0,2 = 0,2 \text{ bar}$$

$$P_{pN_2} = 1 \times 80 \% = 1 \times 0,8 = 0,8 \text{ bar}$$

$$\text{Vérification : } P_{abs} = P_{pO_2} + P_{pN_2} = 0,2 + 0,8 = 1 \text{ bar}$$

- Et l'air respiré à 30 m ?

20 % O₂, 80 % N₂

$$P_{pO_2} = 4 \times 20 \% = 4 \times 0,2 = 0,8 \text{ bar}$$

$$P_{pN_2} = 4 \times 80 \% = 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ bar}$$

$$\text{Vérification : } P_{abs} = P_{pO_2} + P_{pN_2} = 0,8 + 3,2 = 4 \text{ bar}$$

Pressions partielles et loi de Dalton : exemples

$$P_p = P_{abs} \times \%_{gaz}$$

- Et avec du Nitrox 32 à 20 m ?

32 % O₂, 68 % N₂

32 % de O₂ : $P_{pO_2} = 3 \times 0,32 = 0,96$ bar

68 % de N₂ : $P_{pN_2} = 3 \times 0,68 = 2,04$ bar

$$\text{Vérification : } P_{abs} = P_{pO_2} + P_{pN_2} = 0,96 + 2,04 = 3 \text{ bar}$$

- Et du Trimix 10/70 à 100 m

10 % O₂, 70 % He, 20 % N₂

$P_{pO_2} = 11 \times 0,1 = 1,1$ bar

$P_{pHe} = 11 \times 0,7 = 7,7$ bar

$P_{pN_2} = 11 \times 0,2 = 2,2$ bar

$$\text{Vérification : } P_{abs} = P_{pO_2} + P_{pHe} + P_{pN_2} = 1,1 + 7,7 + 2,2 = 11 \text{ bar}$$





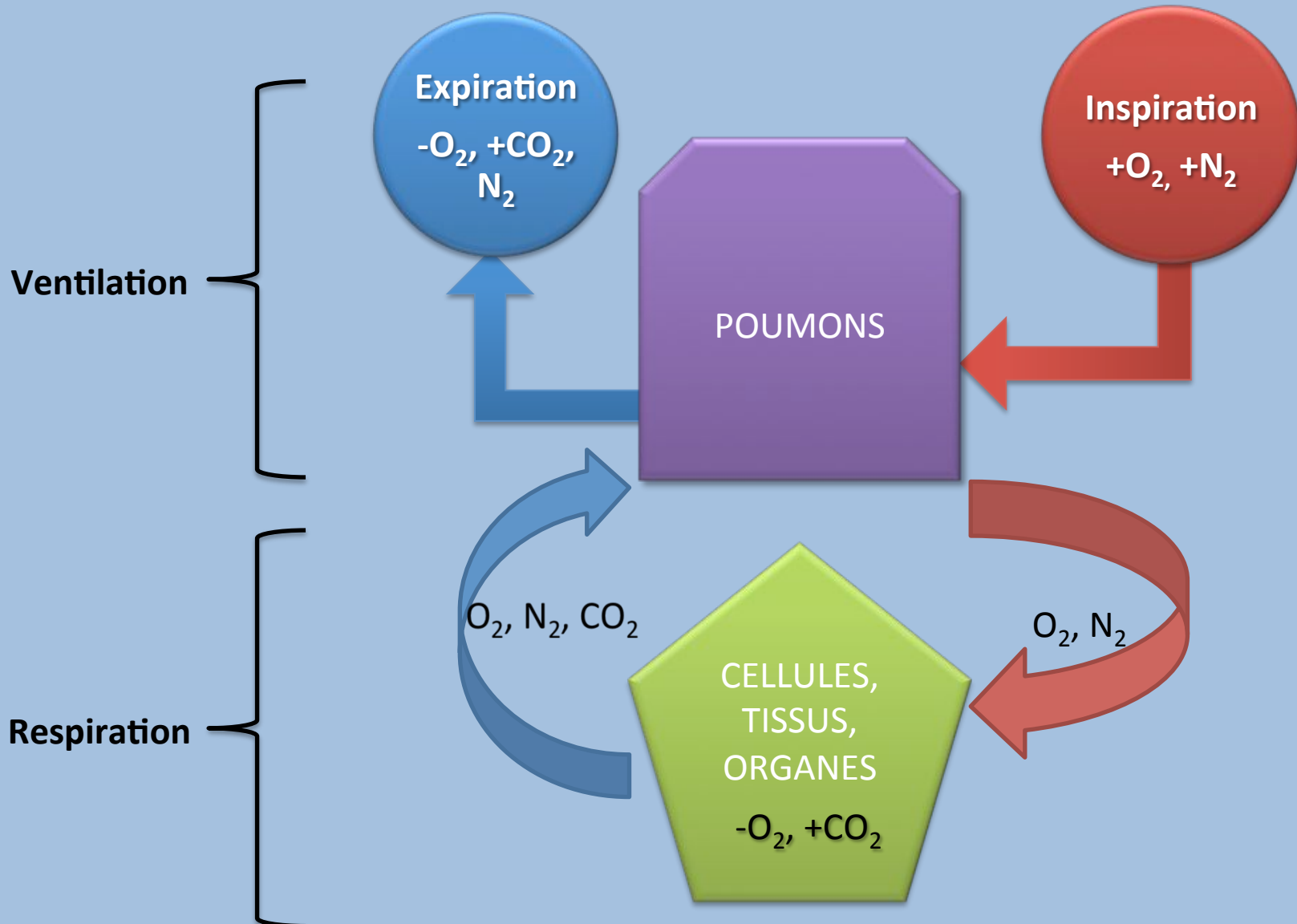
CO₂

Toxicité du dioxyde de carbone : essoufflement

- Rappel : ventilation et respiration
- Circonstances d'apparition
- Mécanismes
- Risques en plongée
- Symptômes
- Conduite à tenir
- Facteurs favorisants
- Prévention
- Le guide de palanquée face à l'essoufflement



Rappel : ventilation et respiration





Essoufflement : circonstances d'apparition

- Le CO₂ présent en très faible quantité (0,03 %) dans l'air inspiré stimule le **réflexe inspiratoire**
- Le CO₂ produit par la respiration peut fortement augmenter en cas d'**efforts importants**
- Une trop forte pression partielle de CO₂ combinée à une expiration insuffisante entraîne un **essoufflement**

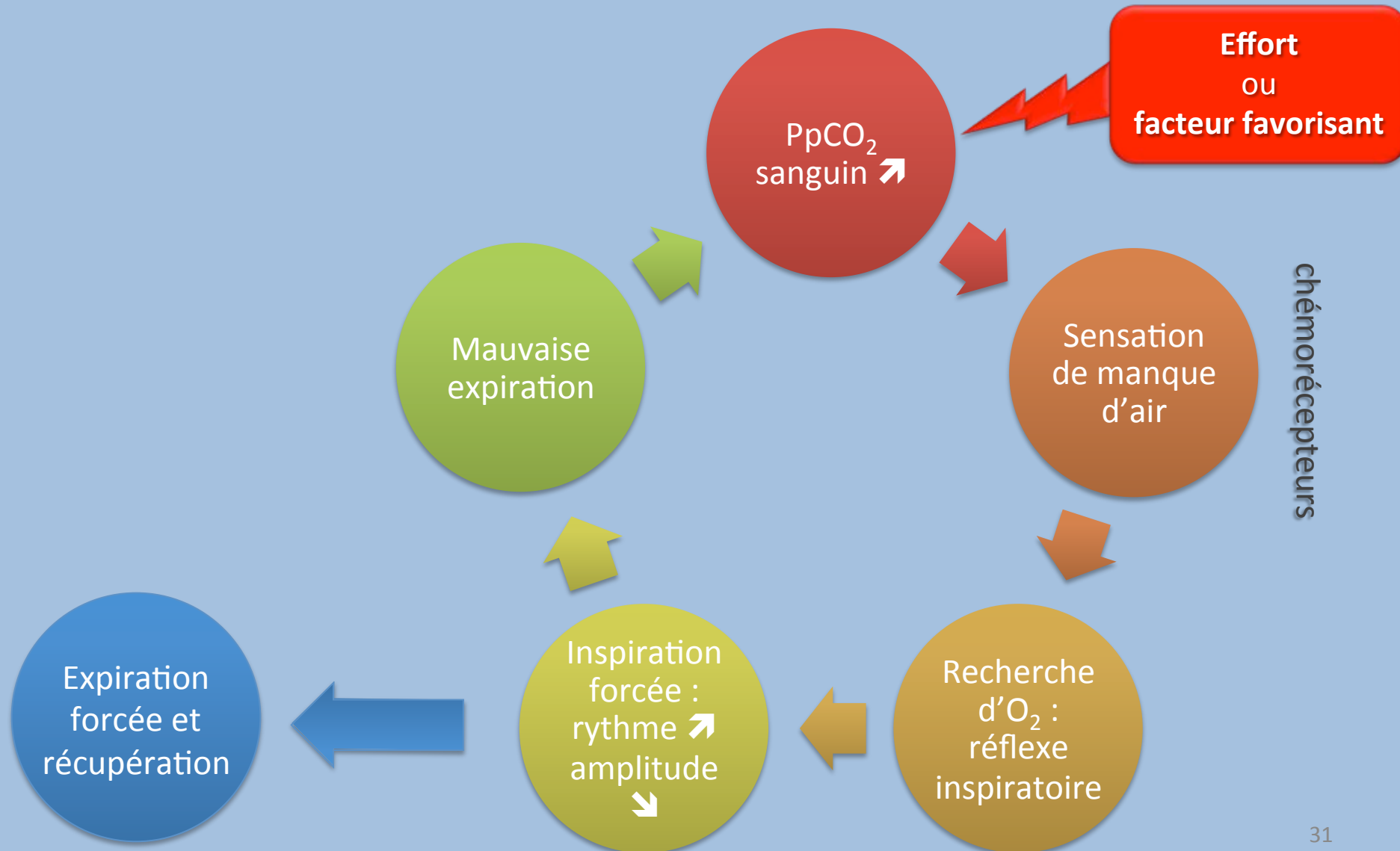
*Pour abaisser la PpCO₂ il faut **cesser tout effort et expirer***



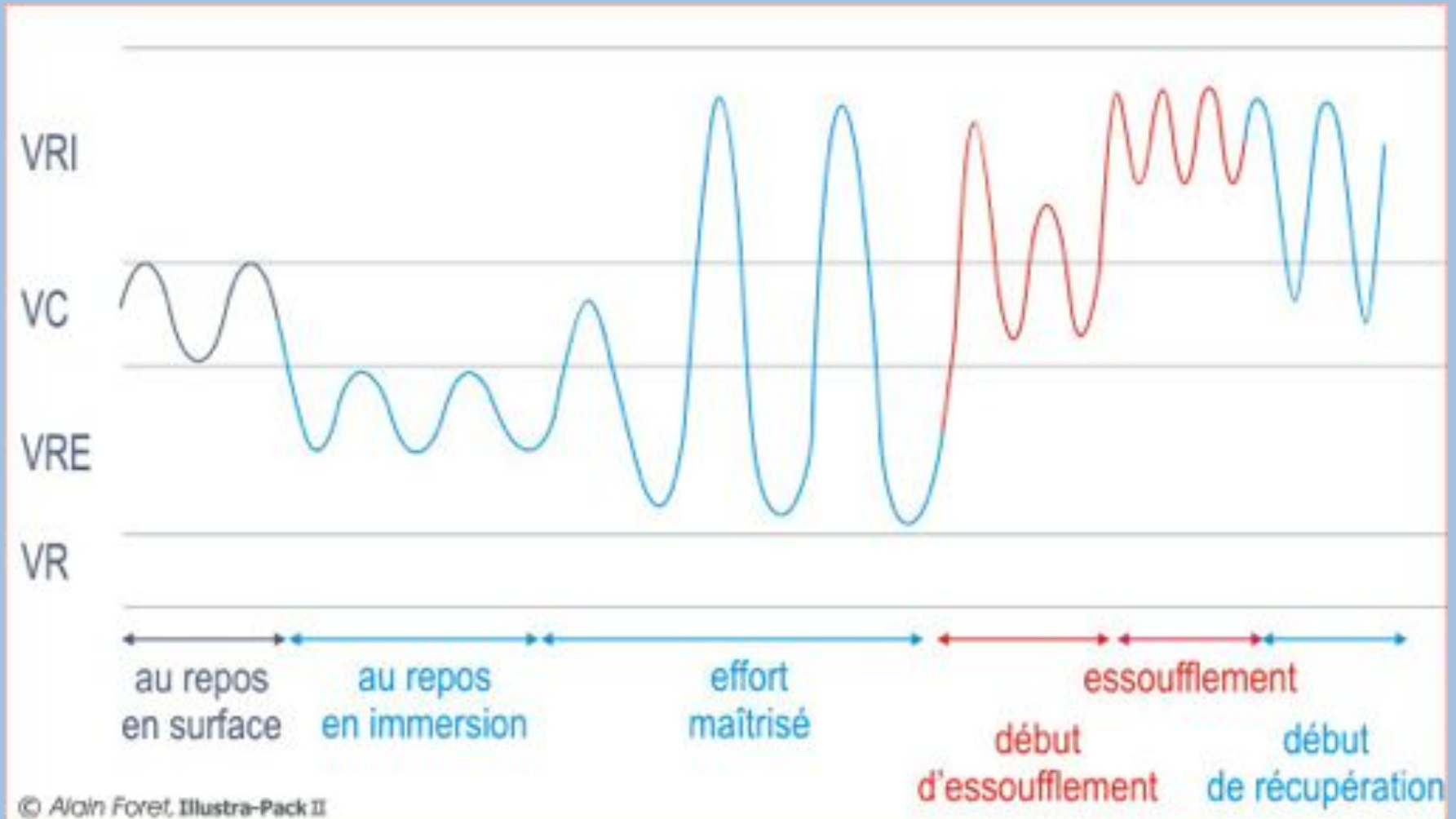
- Dans certains cas, le CO₂ en trop grande quantité peut provenir :
 - de l'air respiré : mauvais gonflage (prise d'air, filtres)
 - de l'augmentation de l'espace mort : tuba trop long ou étroit
 - d'une apnée prolongée en plongée bouteille



Mécanismes de l'essoufflement



Mécanismes de l'essoufflement



Essoufflement : risques en plongée

Augmentation
du rythme ventilatoire



Surconsommation
et
risque de panne d'air

Sensation
d'étouffement



Risque de panique
et
noyade

Mauvaise ventilation



Favorise la narcose,
l'hyperoxie, les ADD

Symptômes de l'essoufflement

- *Maux de tête*
- Augmentation du rythme ventilatoire
- *Angoisse*
- *Nausées*
- Agitation, panique
- Syncope

Hypercapnie

Après la plongée peuvent apparaître des maux de tête et des vomissements, même si aucun essoufflement ne s'est déclaré

Essoufflement : conduite à tenir

- Tenter de raisonner le plongeur
 - faire cesser tout effort
 - inciter à expirer à fond
- Remonter
 - assister le plongeur (si besoin) et remonter de quelques mètres
 - prévenir la palanquée
- Finir la plongée
 - contrôler l'air disponible
 - rallonger les paliers (si possible)
- Sur le bateau
 - prévenir le DP
 - surveiller
 - au besoin mettre sous oxygène normobare*

Essoufflement : facteurs favorisants

- **Relatifs au plongeur**
 - **état du plongeur** : stress, mauvaise forme physique, émotivité
 - **équipement** : combinaison ou gilet trop serré, bloc mal ouvert
 - **surlestage** : essoufflement en surface, hydrodynamisme inefficace en immersion
 - **mauvaise ventilation** : faible expiration, apnée
 - **efforts** importants ou non maîtrisés
- **Relatifs à la plongée**
 - **profondeur d'évolution** : augmentation de la dureté du détendeur et de la viscosité de l'air
 - **conditions** : eau froide, courant, mauvaise visibilité

Prévention de l'essoufflement

- **Plongeur**
 - bonnes conditions physique et psychique
 - niveau du plongeur et technique de plongeur
- **Équipement**
 - bonne protection contre le froid (adaptée, ajustée)
 - lestage adapté
- **Matériel**
 - qualité de l'air dans la bouteille
 - détendeur bien réglé
- **Mise en route**
 - anticiper → pas de précipitation
 - bouteille bien ouverte

Prévention de l'essoufflement

- **Mise à l'eau** : temporiser si un plongeur est essoufflé
- **En surface**
 - utiliser une ligne de vie en cas de courant
 - récupérer si on a fait un capelé avant l'immersion
- **Descente**
 - utiliser un mouillage
 - ne pas aller trop vite
- **Au fond**
 - la profondeur favorise l'apparition de l'essoufflement
 - pas d'efforts excessifs
 - anticiper les efforts
 - favoriser et contrôler les phases expiratoires
 - contrôler la consommation
 - écouter la ventilation (?) et observer les bulles

Le guide de palanquée face à l'essoufflement

La FFESSM préconise d'arrêter la plongée en cas de survenue d'un essoufflement.

Dans la pratique, un guide peut se retrouver face à un « faux essoufflement », le plus souvent rattrapable.

Exemple : à faible profondeur (10/20 m), un plongeur, plutôt N1, probablement stressé, a du mal à retrouver son souffle. Il fait le signe « je suis essoufflé ».

Si le guide réussit à le calmer, éventuellement en remontant de quelques mètres, la plongée peut continuer, ou au moins on retourne au bateau sans avoir à faire surface.

Bien entendu, un vrai **essoufflement**, à fortiori en profondeur (30/40 m) est potentiellement très dangereux et nécessite une **réaction rapide** afin d'éviter :

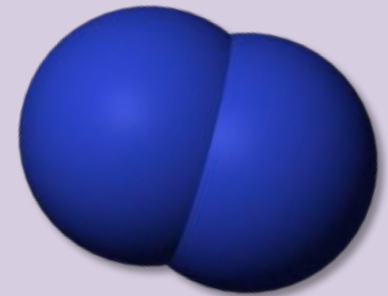
- une panique du plongeur et des réactions inappropriées
- une remontée incontrôlée



N₂

Toxicité de l'azote : narcose

- Circonstances d'apparition
- Mécanismes
- Symptômes
- Quels dangers pour la plongée ?
- Conduite à tenir
- Facteurs favorisants
- Prévention
- À savoir...



Narcose : circonstances d'apparition

- L'azote, gaz inerte pour l'organisme, ne participe à aucune réaction, il est inspiré puis expiré
- Sous pression , ce gaz peut provoquer l' « ivresse des profondeurs »
- On fixe la limite de **toxicité de l'azote à 5,6 bar**

À quelle profondeur rencontre t'on une $PpN_2 = 5,6$ bar ?

$$PpN_2 = Pabs \times \%$$

$$Pabs = PpN_2 / \%$$

$$Pabs = 5,6 / 0,8 = 7 \text{ bar, soit } 60 \text{ m}$$

- **La plongée est limitée en France à 60 m**
- Même si à 60 m tous les plongeurs sont atteints de narcose, chez certaines personnes des symptômes peuvent apparaître dès 30 m

Narcose : mécanismes

Ralentissement de l'influx nerveux

- fixation préférentielle de l'azote dans la gaine de myéline des axones nerveux
- ralentissement des neurotransmetteurs dans l'espace synaptique



Narcose : symptômes

Effets variables d'une personne à l'autre, mais aussi d'une fois sur l'autre :

- euphorie / angoisse
- amplification du dialogue intérieur
- perte d'attention
- perte de la notion de temps
- perte de la mémoire immédiate
- sensations anormales
- retard de réaction, répétition des signes, réactions anormales
- ...

Narcose :

quels dangers pour la plongée ?

- **Narcose d'un plongeur de la palanquée**

Le plus souvent il sera juste ralenti, mais suivra docilement.

Le guide sera attentif à sa consommation et à ses paliers, mais il ne représente pas réellement un danger.

S'adapter aux conditions.

- **Narcose du guide de palanquée**

Il risque de moins bien conduire la palanquée : non respect de la profondeur, du temps de plongée, mauvaises réactions face à un incident.

Et si le guide est narcosé, qu'en est-il des autres ?

...mieux vaut remonter

Narcose : conduite à tenir

- **Remonter avec la palanquée**

Les effets disparaissent généralement rapidement

- **Assister le plongeur** s'il semble incapable de gérer seul sa remontée
- Une fois de retour sur le bateau, il peut avoir oublié ce qu'il s'est passé ou certains détails de la plongée

Donner des explications

Narcose : facteurs favorisants

- **État du plongeur**
 - mauvaise forme physique : fatigue, manque d'entraînement, surpoids...
 - état psychique : stress, pas envie de plonger, angoisse, pas concentré...
- **Conditions de la plongée**
 - froid
 - faible visibilité
 - courant
- **Déroulement de la plongée**
 - descente trop rapide
 - profondeur pour des plongeurs non habitués
 - efforts, mauvaise ventilation (PpCO₂ ↗)

Narcose : prévention

- **Les plongeurs**
 - habitués à la profondeur ?
 - en forme ? envie de plonger ? pas stressés ?
- **La plongée**
 - privilégier une adaptation progressive à la profondeur : sur un vécu, sur un séjour, sur une plongée (descendre par paliers ?)
 - être attentif à la descente : pas trop rapide, avec des repères (tombant, fond, pendeur) et ralentir à partir de 30 m
 - limiter les efforts
 - « encadrer » la ventilation des plongeurs
- **Le guide de palanquée**
 - être en forme (éviter les profondes en cas de fatigue)
 - être attentif à soi et aux autres
 - être attentif aux paramètres de la plongée

Narcose : à savoir...

- L'entraînement technique permet l'acquisition d'**automatismes** qui peuvent prendre le relais en cas de défaillance psychomotrice
- La concentration et l'attention aident à lutter contre l'apparition de la narcose
- Des mélanges comme le Nitrox ou le Trimix permettent de diminuer la PpN₂ et donc l'effet de la narcose

Effet narcotique des gaz inertes :

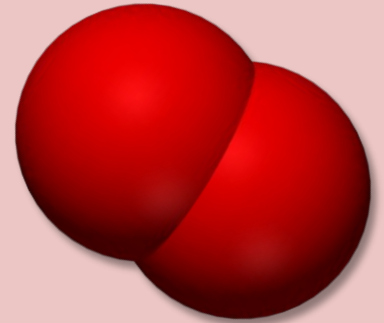




O_2

Toxicité de l'oxygène : hyperoxie

- Définitions et limites de toxicité
- Circonstances d'apparition
- Hyperoxie et atteinte pulmonaire : effet Lorrain-Smith
- Hyperoxie et atteinte du système nerveux : effet Paul Bert



Pour les mécanismes de l'hypoxie et de l'anoxie, voir la partie sur l'apnée

Définitions et limites de toxicité

Anoxie : $PpO_2 < 0,12$ bar

Pas d'absorption d'O₂ dans les alvéoles

Hypoxie : $PpO_2 < 0,16$ bar

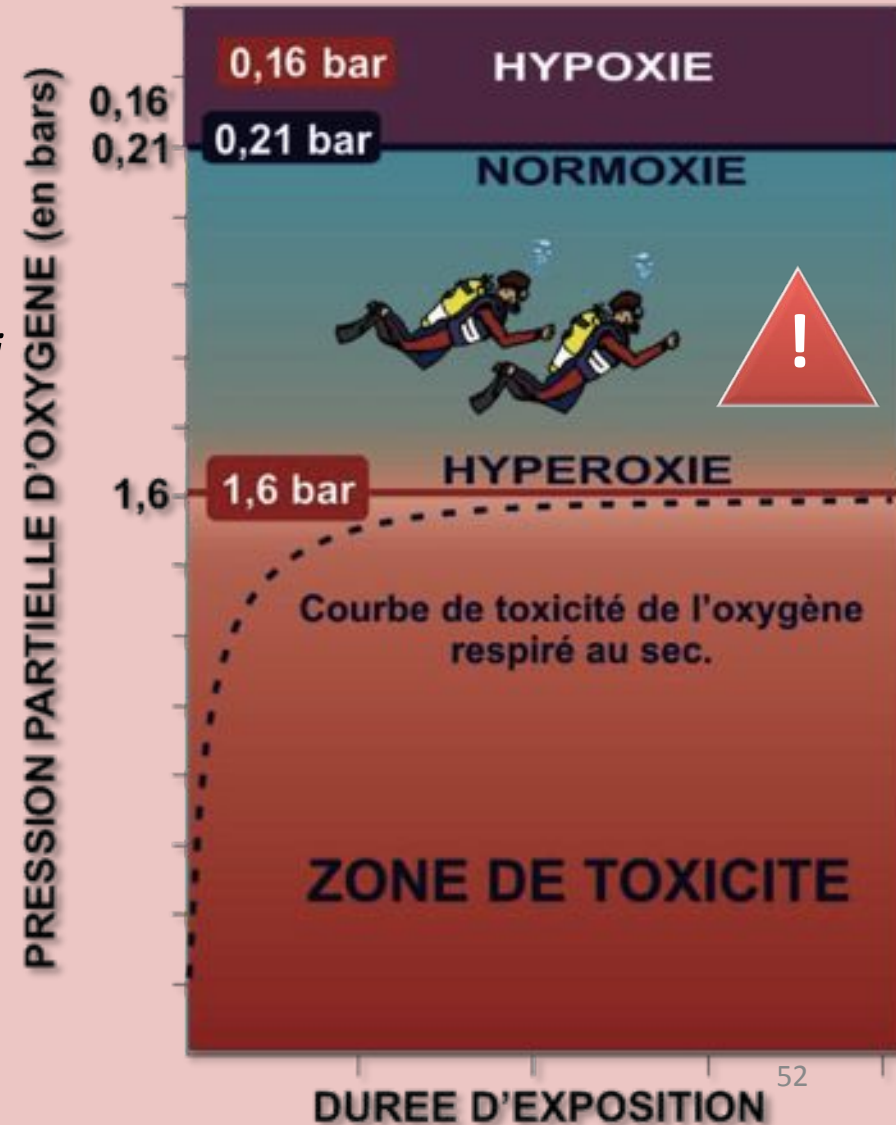
Quantité trop faible pour l'organisme qui tente de s'adapter

Normoxie : $0,17 < PpO_2 < 1,6$ bar

0,21 bar est la quantité moyenne présente dans l'air respiré

Hyperoxie : $PpO_2 > 1,6$ bar

*L'O₂ devient toxique pour l'organisme
Dès 0,5 bar sur une longue période*



Circonstances d'apparition

- **Cas de l'apnée : hypoxie**

En cas d'apnées prolongées et/ou répétitives

- **Cas de la plongée à l'air : hyperoxie**

L'air provient de la bouteille, celui qu'on respire en surface

→ *pas d'hypoxie possible*

L'hyperoxie peut apparaître avec la profondeur

Laquelle ?

Toxicité quand $P_{pO_2} > 1,6$ bar

$$\begin{aligned} P_{abs} &= P_p / \% \\ &= 1,6 / 0,20 \\ &= 8 \text{ bar soit } 70 \text{ m} \end{aligned}$$

Circonstances d'apparition

- **Cas de la plongée aux mélanges** : hyperoxie et hypoxie

Les mélanges doivent être testés et approuvés avant l'immersion, donc le problème survient durant la plongée



Nitrox : dépassement de la profondeur plancher



Trimix : utilisation d'un mélange à la mauvaise profondeur



Recycleur : défaillance de l'appareil qui contrôle le mélange

Quelle est la profondeur plancher au Nitrox 32/68 ?

$$P_{pO_2\max} = 1,4 \text{ bar}$$

$$P_{\text{abs}} = P_p / \%$$

$$= 1,4 / 0,32$$

$$= 4,375 \text{ bar soit } 33 \text{ m (40 m avec } P_{pO_2\max} = 1,6 \text{ bar)}$$

Circonstances d'apparition

- **Cas de l'oxygénothérapie : hyperoxie**

L'oxygène peut devenir toxique en oxygénothérapie hyperbare (caisson)

L'hyperoxie peut apparaître aussi avec le temps : exposition de plusieurs heures à une $PpO_2 > 0,5$ bar

C'est le cas de l'oxygénothérapie normobare sur une longue durée

On utilise des table de toxicité de l'O₂

Ça ne nous concerne pas en plongée

Hyperoxie et atteinte pulmonaire : effet Lorrain-Smith

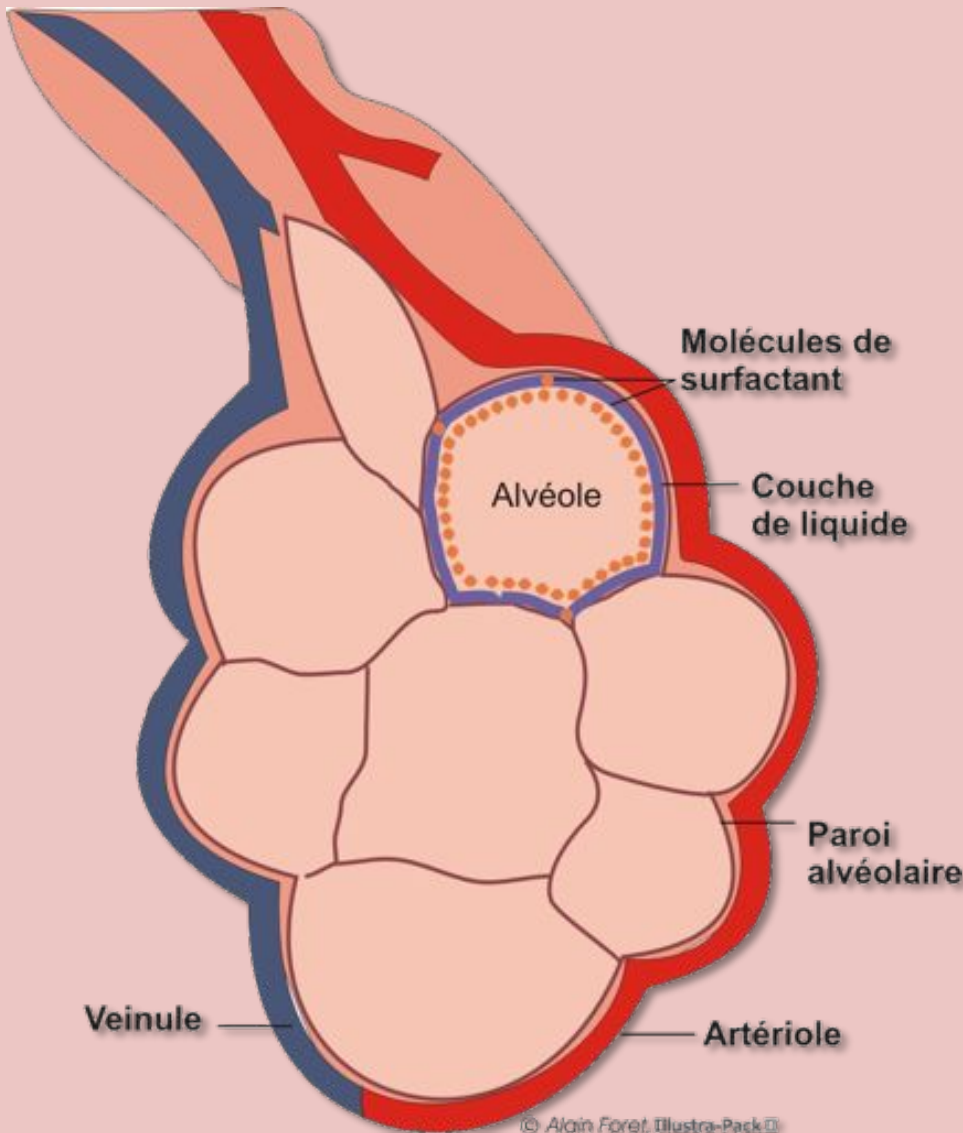
Respiration prolongée d'O₂
à Pp élevée (> 0,5 bar)

Destruction du surfactant des
alvéoles pulmonaires pouvant
conduire à un œdème aigu du
poumon

On observe un visage rose, des
brûlures pulmonaires, une toux et des
difficultés respiratoires



Hyperoxie et atteinte pulmonaire : effet Lorrain-Smith



Surfactant

- maintient les alvéoles ouvertes à l'expiration
- offre une protection contre les micro-organismes
- aide à la perméabilité pulmonaire

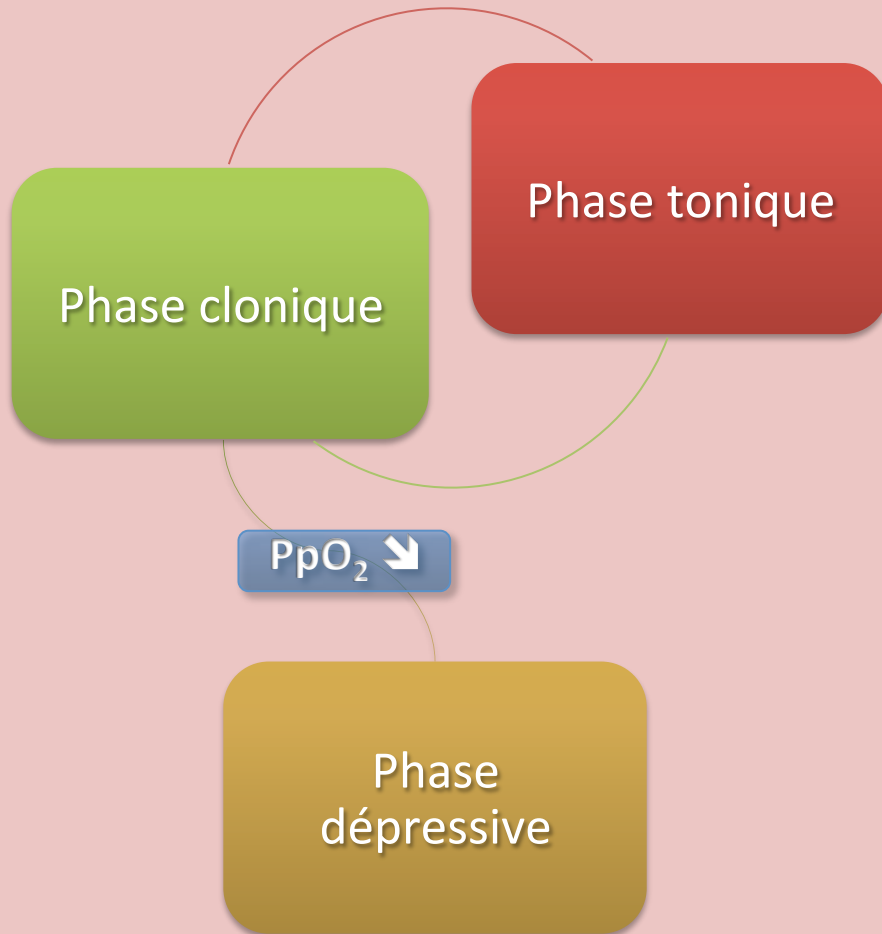
Hyperoxie et atteinte du système nerveux : effet Paul Bert

- Respiration d'un gaz avec une pression partielle d'O₂ élevée (**PpO₂ > 1,6 bar**)
- On observe une crise de type convulsive parfois précédée de signes avant-coureurs :
 - « effet tunnel »
 - tachycardie
 - nausées
 - crampes
 - anxiété
 - confusion
- L'effet de la crise est réversible avec la baisse de PpO₂
- Elle ne laisse pas de trace, voire pas de souvenirs
- Temps avant déclenchement variable en fonction :
 - de la PpO₂
 - de facteurs favorisants : efforts, mauvaise condition physique, stress, hypercapnie, froid
 - des individus



Hyperoxie et atteinte du système nerveux : effet Paul Bert

CRISE HYPEROXIQUE

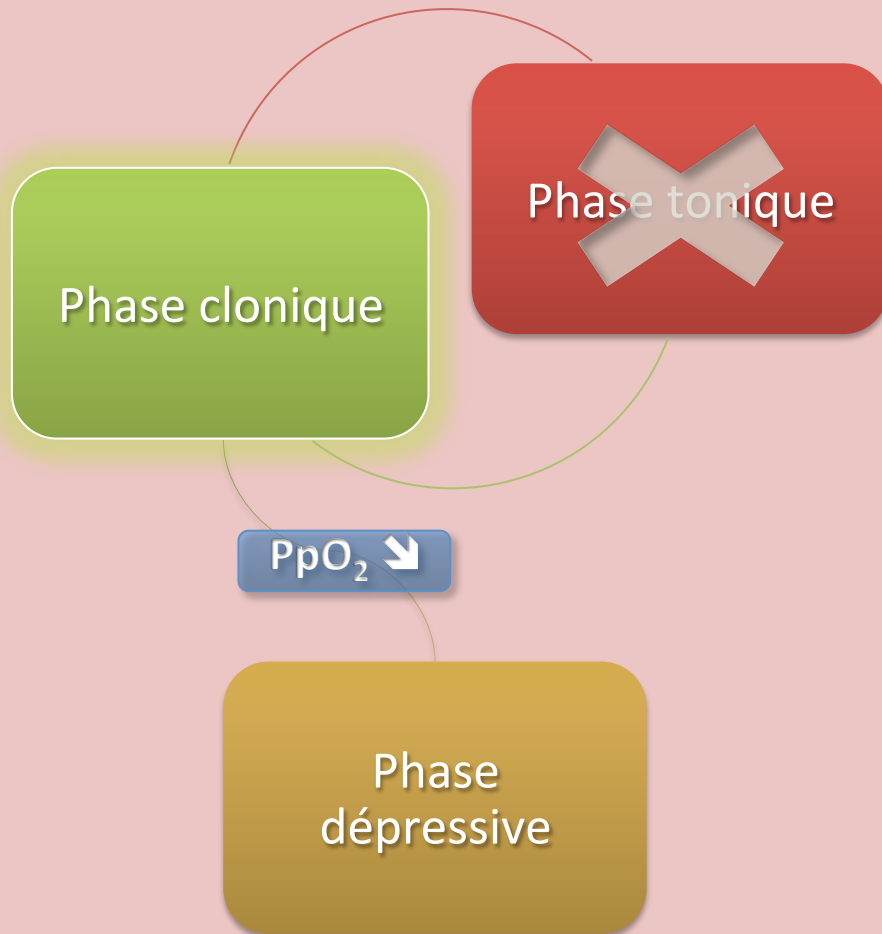


- **Phase tonique** : 30'' à 2'
 - contractions musculaires généralisées
 - arrêt ventilatoire (blocage de la glotte)
 - avec ou sans perte de connaissance
- **Phase clonique** : 2 à 3'
 - convulsions (type épileptique)
 - ventilation irrégulière
- **Phase dépressive** : 5 à 30'
 - relâchement musculaire
 - reprise progressive de la conscience
 - confusion, agitation

Hyperoxie et atteinte du système nerveux : effet Paul Bert

CONDUITE À TENIR

- **Phase tonique** : 30'' à 2'
Ne pas remonter la victime :
risque de surpression pulmonaire
- **Phase clonique** : 2 à 3'
Remonter la victime en maintenant son
détendeur en bouche et en se protégeant
- **Phase dépressive** : 5 à 30'
La victime peut s'endormir



Hyperoxie et atteinte du système nerveux : effet Paul Bert

Prévention

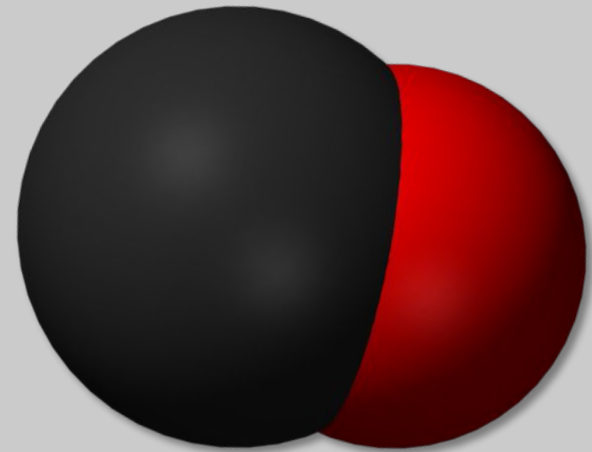
- Respecter la profondeur maximale de la plongée
- Plongée au Nitrox :
 - contrôler le pourcentage d'oxygène du mélange
 - calculer et respecter les profondeurs plancher
 - par sécurité on peut utiliser une $PpO_2\text{max} = 1,4$ bar
- Trimix, recycleur : matériel connu, entretenu et bien utilisé !
- Pas de palier à plus de 6 m à l'O₂ pur

A large, dark blue seven-pointed star is centered on a light gray background. Inside the star, the letters 'CO' are written in a bold, white, sans-serif font. The 'C' and 'O' are closely spaced.

CO

Toxicité du monoxyde de carbone : asphyxie

- Circonstances d'apparition
- Mécanismes
- Symptômes
- Traitement
- Prévention





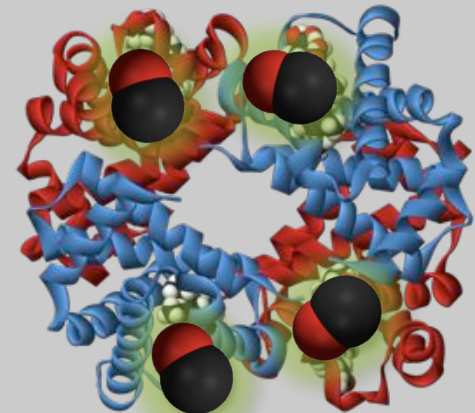
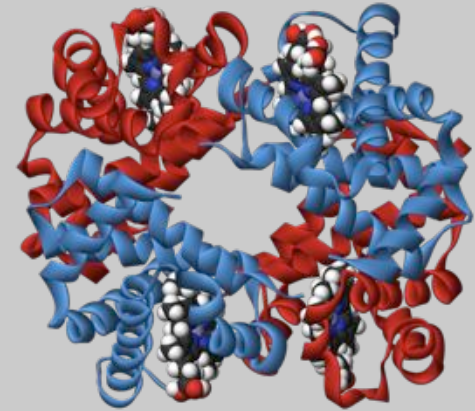
Intoxication au CO : circonstances d'apparition

- Le CO n'est normalement pas présent dans l'air
- Il provient d'une **combustion imparfaite** (chauffe-eau, chauffage, feu de bois, gaz d'échappement, groupe électrogène)
- Il se concentre dans les locaux mal aérés
- Il est **incolore, inodore et sans saveur**
- On peut le retrouver dans les bouteilles si la prise d'air du compresseur est polluée



Intoxication au CO : mécanismes

- Le CO se fixe sur l'hème de l'hémoglobine et de la myoglobine avec une affinité 250 fois plus forte que l'O₂
- La vitesse d'association est légèrement plus lente que l'O₂, mais la vitesse de dissociation 1500 fois plus lente



Plus d'O₂ pour l'organisme !

Intoxication au CO : symptômes

Troubles neurologiques et musculaires

- troubles de l'équilibre, vertiges, perte de connaissance
- nausées, vomissements
- asthénie
- céphalées
- convulsions
- troubles visuels, hallucinations
- perte de mémoire à court terme
- anomalies comportementales
- infarctus du myocarde
- accident vasculaire cérébral

Intoxication au CO : symptômes

Effets selon la quantité dans l'air respiré

- 0,04 % : maux de tête au bout d'1 à 2 h
- 0,08 % : étourdissements, nausées, convulsions apparaissent dans un délai de 45'
- 0,1 % : maux de tête, vertiges, nausées apparaissent dans un délai de 20' ; mort en moins de 2h
- 0,32 % : maux de tête, étourdissements et nausées en 5/10' ; mort en moins de 30'
- 0,64 % : maux de tête et vertiges apparaissant en 1 à 2' ; mort en moins de 20'
- 1 % : mort en 15'
- 1,28 % : perte de connaissance après 2 à 3 respirations ; mort en moins de trois minutes
- 10 % : mort immédiate

Intoxication au CO : traitement

- Il faut une **prise en charge médicale** urgente

Demi-vie d'élimination du CO :

- 5 à 6 heures en air ambiant
- 90 minutes en FiO_2 100 % au masque
- 20 minutes en caisson hyperbare à 2,5 ATA

- La récupération dépend du niveau d'intoxication

Il peut y avoir des **conséquences à long terme** :

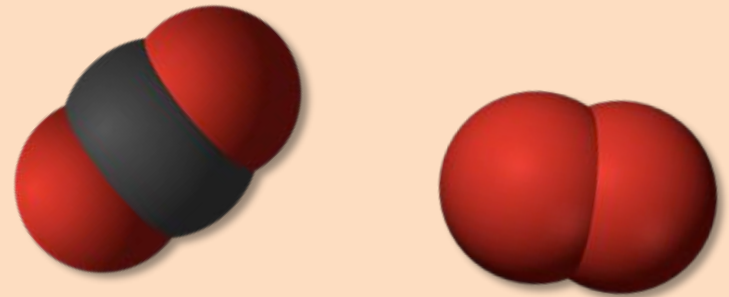
- diminution de l'espérance de vie (atteinte du muscle cardiaque)
- troubles de la mémoire
- troubles du comportement, de l'humeur
- démence précoce
- céphalées chroniques
- insomnie

Intoxication au CO : prévention

- Compresseur et remplissage des bouteilles :
 - veiller à avoir une prise d'air « saine »
 - procéder à un entretien régulier du compresseur et des filtres
 - attention aux compresseurs embarqués
- Ne pas préparer une apnée à proximité d'un échappement de moteur

La syncope hypoxique en apnée

- Définition
- Cause principale
- Mécanisme
- Symptômes
- Prévention



Anoxie : $PpO_2 < 0,12 \text{ bar}$

Hypoxie : $PpO_2 < 0,17 \text{ bar}$

Normoxie : $0,17 < PpO_2 < 1,6 \text{ bar}$

Définition :

syncope hypoxique en apnée

- C'est une **perte de conscience** due à un **manque d'apport d'oxygène** au cerveau
- Il se met en veille afin de réserver le peu d'O₂ restant aux fonctions essentielles de l'organisme
- La syncope ne dure que quelques secondes et ne cause jamais de dommage au cerveau
- **Le danger provient de l'environnement** dans lequel se trouve la personne inconsciente
- L'apnéiste, en général, n'a aucun souvenir de cet incident

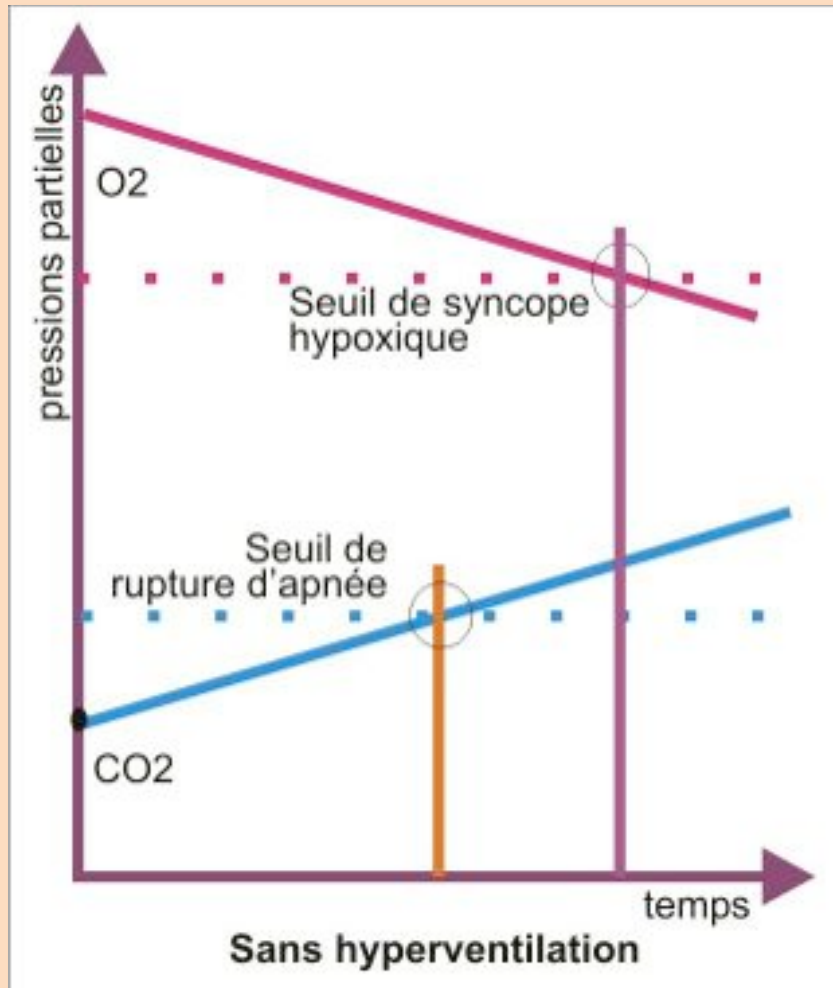
Cause principale

Hyperventilation

Technique consistant à pratiquer des inspirations et expirations amples et rapides, afin de retarder le seuil d'apparition du réflexe inspiratoire

Elle baisse artificiellement le taux de CO_2 de l'organisme avant l'apnée, mais elle n'augmente pas le taux d' O_2

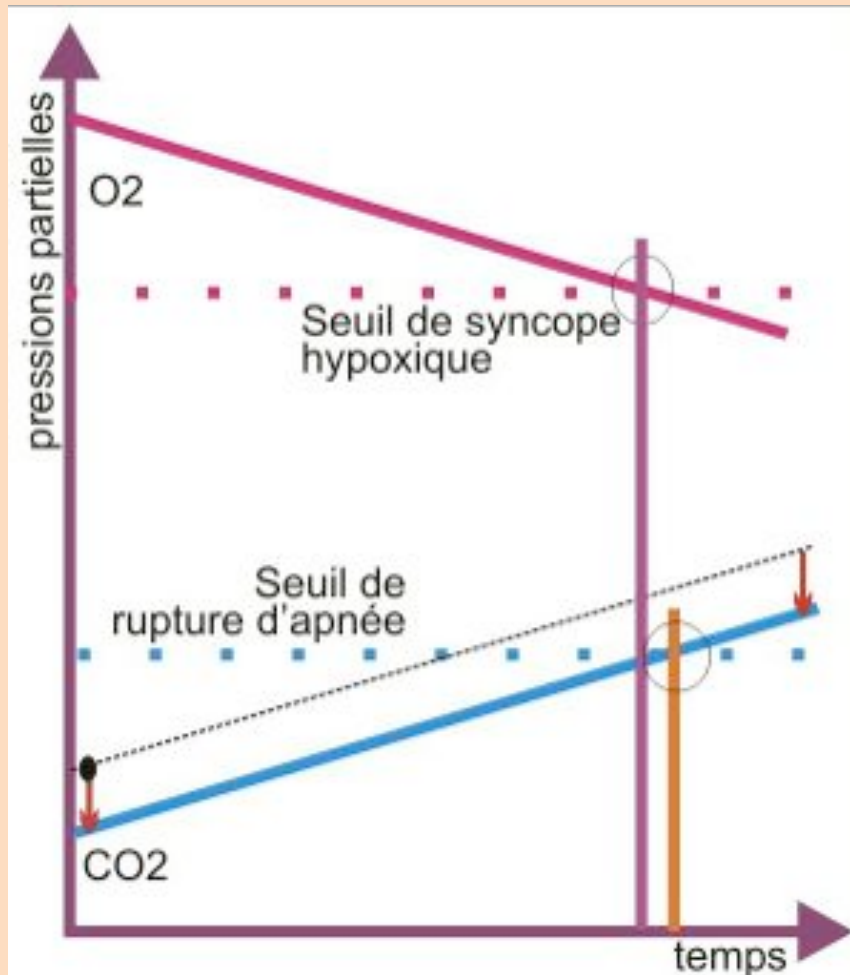
Apnée sans hyperventilation



- Les centres respiratoires (BR) sont alertés par **l'élévation du taux de CO_2** et non par la baisse du taux d' O_2
- Le seuil d'excès de CO_2 est atteint avant que ne soit atteint le seuil minimum d' O_2

*stimulation du **réflexe**
inspiratoire → rupture d'apnée*

Apnée avec hyperventilation



- L'**hyperventilation** abaisse le taux de CO_2
- Le seuil de rupture d'apnée est repoussé après le seuil d' O_2

pas de stimulation du réflexe inspiratoire

le cerveau se met en veille

→ syncope hypoxique

Symptômes de l'hypoxie

Suivant la baisse des valeurs de pression d'O₂, les symptômes neurologiques sont :

1. troubles de la mémoire
2. trouble du jugement critique
3. troubles visuels

4. **perte de connaissance**



SAMBA (ou PCM)

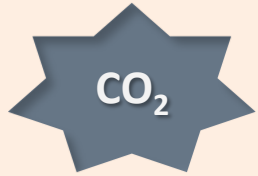
- lâcher de bulles
- Convulsions, mouvements désordonnés
- troubles de la parole
- coloration des lèvres et du visage
- regard absent
- pas de réponse aux stimuli

Ce que ressent l'apnéiste / ce que voit son binôme

- **Avant l'apnée** : picotements extrémités, sensation de flottement, excitation importante
- **Au fond** : confort inhabituel, pas d'envie de respirer ou de remonter
- **A la remontée** : lourdeur, chaleur dans les muscles des cuisses, troubles visuels, confort prolongé ou pénibilité anormale
- **En surface** : amnésie, négation de l'épisode
- **Au fond** : durée excessive, absence de mouvements
- **A la remontée** : largage ceinture, mouvements rapides et désordonnés, lâcher de bulles, arrêt du palmage, apnéiste coule ou remonte
- **En surface** : lèvres cyanosées, pâleur du visage, pas de reprise de la ventilation

Prévention

- Ne jamais faire d'apnée seul
- Avoir un binôme de même niveau
- Surveillance avec contact visuel permanent et possibilité d'intervention
- Proscrire l'hyperventilation
- Lestage modéré
- Ne pas dépasser ses limites



Impact des gaz sur le plongeur

Conclusion

Examen Niveau 4 Capacitaire - 2008

EPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUEE A LA PLONGEE

(Coef.1)

QUESTION 1 : Les GAZ (3 points)

- Q1a. En France l'exposition à une pression partielle d'azote supérieure à 5,6 bar est interdite, que ce soit en plongée loisir, ou en plongée professionnelle. Définir la profondeur maximum autorisée ? (1 point)
- Q1b. En France le seuil de l'hyperoxie est de 1,6 bar. Quelle est la profondeur à laquelle ce seuil sera atteint en plongée à l'air ? (1 point)
- Q1c. Quelle conclusion en tirez-vous vis à vis de la réglementation en vigueur en France ? (1 point)

Examen Niveau 4 Capacitaire - 2008

ACCIDENTS de PLONGEE

(Coef 3)

QUESTION 2 : (8 points)

Vous encadrez une palanquée de deux N2 dans la zone des 40 mètres lors d'une plongée « épaves » en avril. À cause du courant présent en surface et d'une faible visibilité, vous décidez de descendre rapidement. Arrivé sur zone, vous vous apercevez qu'un des plongeurs a du mal à suivre et ventile très fortement.

- Q2a. Quel problème a ce plongeur ? (1 point)
- Q2b. Préciser le mécanisme d'apparition de cet accident ? (3 points)
- Q2c. Pourquoi la profondeur interdit-elle la possibilité de récupération ? (2 points)
- Q2d. En tant que guide de palanquée, quels conseils et vérifications prendriez-vous afin d'éviter cet accident ? (2 point)



C'est fini, merci !

Sources

- www.afssa.fr
- www.sante.gouv.fr
- Plongée Plaisir et Illustra-Pack II
- annales d'examens du Codep 78 - <http://www.ffessm78.fr>

