

Pression partielle
Toxicité des gaz
Règles de Dalton

...

Stéphan JACQUET
MF1 / BEES1 / CAH 2B

Plan du cours

Préambule

Introduction / **J**ustificat**i**on

Rappels

Mise en évidence expérimentale

Règles de Dalton

Exercices intelligents (série 1)

Toxicité et implications

Exercices intelligents (série 2)

Nitrox élémentaire

Préambule

F.F.E.S.S.M.	Commission Technique Nationale	Manuel du Moniteur
--------------	--------------------------------	--------------------

NIVEAU IV “CAPACITAIRE”

ORGANISATION GENERALE

Les sessions de brevet de plongeur de niveau IV peuvent être organisées à l'échelon club, départemental ou régional.

Les clubs ou comités départementaux qui désirent organiser des sessions de capacitaire doivent prévenir la C.T.R au minimum 2 mois avant la date d'examen.

Le président de la C.T.R pourra regrouper des sessions en fonction de la répartition géographique, des dates et (ou) du nombre de candidats.

L'ensemble de l'examen (3 groupes d'épreuves) devra se dérouler de façon continue dans un délai maximum de 4 jours, exception faite de conditions météo très défavorables et jugées telles par le jury.

Préambule

DEUXIEME GROUPE : PLONGEE SCAPHANDRE

(Voir compétences n° 1 à 5 du référentiel)

5	Démonstration technique avec handicap de 20 m.	Coefficient 2
6	Descente en pleine eau jusqu'à 40 m	Coefficient 1
7	Vidage de masque, lâché et reprise d'embout	F/NF
8	Stabilisation à 40 m, réponses aux signes et remontée	Coefficient 4
9	Remontée sans embout de 20 m	Coefficient 2
10	Démonstration d'assistance ou de sauvetage de 30 m avec bouée ou gilet	Coefficient 3
11	Matelotage	Coefficient 2

Total des points attribués : 280 points

moyenne exigée : 140 points

TROISIEME GROUPE : THEORIE ET CONNAISSANCES GENERALES

(voir compétences n° 5 et n°7 du référentiel)

12	Utilisation des tables fédérales	Coefficient 3
13	Symptômes, prévention et traitements immédiats des accidents	Coefficient 3
14	Epreuve de physique appliquée à la plongée	Coefficient 1
15	Epreuve de physiologie appliquée à la plongée	Coefficient 2
16	Notions pratiques et théoriques sur le matériel	Coefficient 2
17	Notions de réglementation	Coefficient 2

Total des points attribués : 260 points

Moyenne exigée : 130 points

Préambule

Compétence n° 7 : CONNAISSANCES THÉORIQUES

Connaissances	Commentaires et limites	Critères de réalisation
<p>PHYSIQUE appliquée à la plongée : <u>Flottabilité :</u> <i>Poids réel, poids apparent, problèmes de relevage en association avec la loi de Mariotte.</i> <i>Densité et masse volumique.</i></p> <p><u>Compressibilité des gaz :</u> <i>*Maîtrise des problèmes de tampon.</i> <i>La température : Loi de Charles.</i> <i>Consommations, relevages.</i></p> <p><u>Pression partielle : règles de Dalton :</u> <i>*Toxicité des gaz.</i> <i>Notions sommaires sur les Nitrox.</i></p> <p><u>Dissolution de N2 dans le corps :</u> <i>*Loi de Henry.</i> <i>Connaissance du modèle de Haldane : notion de compartiment.</i> <i>Connaissance très succincte de l'existence d'autres modèles : diffusion, bulles circulantes,...</i></p> <p><u>Optique et acoustique :</u> <i>Absorption, réflexion, réfraction, champ de vision, vitesse de propagation du son.</i></p>	<p>Problèmes chiffrés simples avec des résultats qui tombent juste.</p> <p>P.V = n.R.T. est hors sujet. Se limiter à des problèmes dont les données chiffrées sont simples.</p> <p>Les mélanges ternaires ou binaires autres que les Nitrox n'ont pas à être traités.</p> <p>Aucune formule trigonométrique n'est au programme.</p>	<p>Epreuve de physique par écrit et comportant au moins 3 problèmes différents et indépendants.</p> <p>Savoir calculer des limites de toxicité et des % des mélanges.</p> <p>Savoir calculer une tension de N2. L'utilisation du Sc, calcul de la profondeur d'un palier pour un compartiment donné.</p>

Préambule

Plongée plaisir niveaux 4 & 5 (A Foret & P Torres) GAP, 2006

Capacitaire NIV, Manuel du Moniteur (CTN FFESSM) 2006

Physiologie et médecine de la plongée (B Broussolle & JL Méliet) Ellipses, 2006

Plongée profonde et plongée technique (C Verdier) Amphora, 2001

Code Vagnon Plongée niveau 4 (P Médalin & D Ricou) Editions du plaisancier, 2000

Le tour de la plongée en 80 problèmes (R Aubert & P Jonville) 1998

La plongée sous-marine à l'air (P Foster) PUG, 1993

Guide de préparation au niveau 4 (P Villevieille) GAP, 1993

Enseigner et organiser la plongée (P Molle) Amphora, 1992

Introduction / Justification

L'air que nous respirons est composé de différents gaz
Lesquels ?

L'azote (N_2) : 78,084% 79 ou 80% dans les exos

L'oxygène (O_2) : 20,946% 20 ou 21% dans les exos

L'argon (Ar) : 0,934% souvent assimilé à l' N_2

Le dioxyde de carbone (CO_2) : 0,037%

Le plongeur respire de l'air comprimé qui est composé de plusieurs gaz qui à partir d'une certaine pression (qui peut être partielle ou totale) peuvent devenir toxiques

Il faut donc savoir calculer la pression partielle de ces gaz

Introduction / Justification

L'azote est un gaz inerte. Il n'est pas métabolisé par l'organisme
Il est sans couleur, sans odeur et sans goût

L'oxygène est le comburant de l'énergie cellulaire aérobie
Il est sans couleur, sans odeur et sans goût

Le gaz carbonique est le déchet produit par la métabolisme cellulaire
Il est éliminé naturellement via l'expiration
Il est sans couleur, sans odeur et sans goût

Et puis...

Le monoxyde de carbone est normalement absent de l'air respiré
Il est issu de combustions incomplètes
Il est sans couleur, sans odeur et sans goût

TOUS CES GAZ SONT TOXIQUES A UNE CERTAINE PRESSION !

Introduction / Justification

Objectif

Prévenir tout incident ou accident dit biochimique pour soi et pour les autres membres de la palanquée dont on est responsable

Rappels

Notions de pression

$$P = F/S$$

$$P_{\text{air}} = P_{\text{atm}} = 1 - (\text{altitude}_{(m)}/10000)$$

$$P_{\text{réelle}} = P_{\text{hydro}} = P_{\text{eau}} = P_{\text{rel}} = (\text{Prof}_{(m)} \times d)/10$$

$$P_{\text{abs}} = P_{\text{tot}} = P_{\text{amb}} = P_{\text{rel}} + P_{\text{atm}}$$

La loi de Mariotte

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{valeur constante}$$

Rappels

Prof (m)	Patm (b)	Prel (b)	Pabs (b)
		Si d = 1	
0	1		
10	1		
20	1		
25	1		
30	1		
40	1		
45	1		
60	1		
65	1		

Rappels

Prof (m)	Patm (b)	Prel (b)	Pabs (b)
		Si d = 1	
0	1	0	1
10	1	1	2
20	1	2	3
25	1	2,5	3,5
30	1	3	4
40	1	4	5
45	1	4,5	5,5
60	1	6	7
65	1	6,5	7,5

Rappels

Prof (m)	Patm (b)	Prel (b)	Pabs (b)
		Si $d = 1,03$	
0	1		
10	1		
20	1		
25	1		
30	1		
40	1		
45	1		
60	1		
65	1		

Rappels

Prof (m)	Patm (b)	Prel (b)	Pabs (b)
		Si $d = 1,03$	
0	1	0	1
10	1	1,03	2,03
20	1	2,06	3,06
25	1	2,575	3,575
30	1	3,09	4,09
40	1	4,12	5,12
45	1	4,635	5,635
60	1	6,18	7,18
65	1	6,7	7,7

Rappels

Et si on est en altitude, dans un lac de montagne ?



13/03/07

Utilisation des Tables MN90
Cours 2 (Nitrox / Altitude)

Dominique Perrin

20h00

Rappels

À température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression à laquelle elle est soumise. $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ ou $P \times V = \text{constante}$

Prof (m)	Pabs (b)	Vol (l)
0	1	6
10		
20		
25		
30		
40		

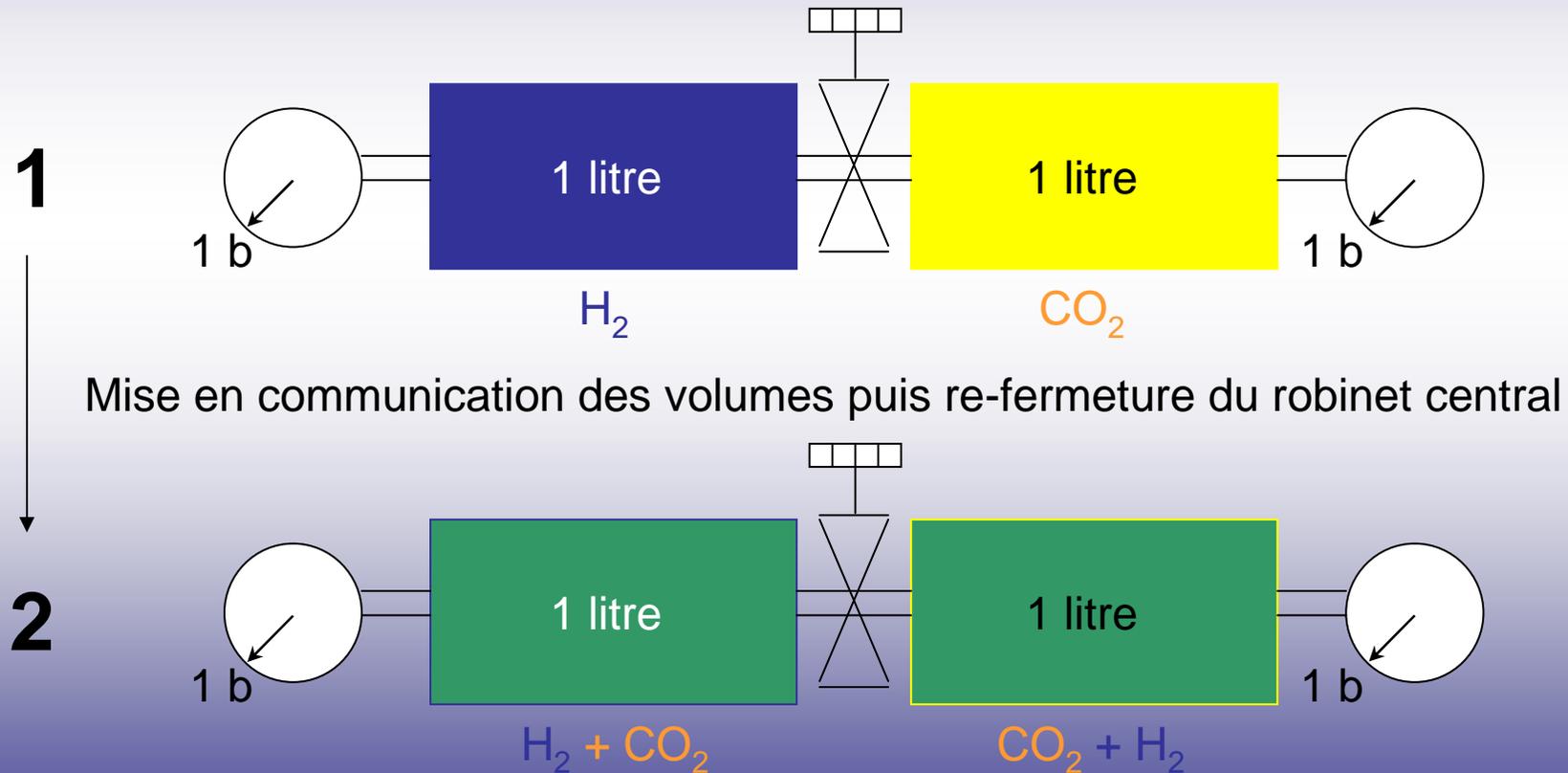
Rappels

Prof (m)	Pabs (b)	Vol (l)
0	1	6
10	2	3
20	3	2
25	3,5	1,7
30	4	1,5
40	5	1,2

Mise en évidence expérimentale

Expérience de Claude Berthollet

(Physicien français, 1748-1822)



Mise en évidence expérimentale

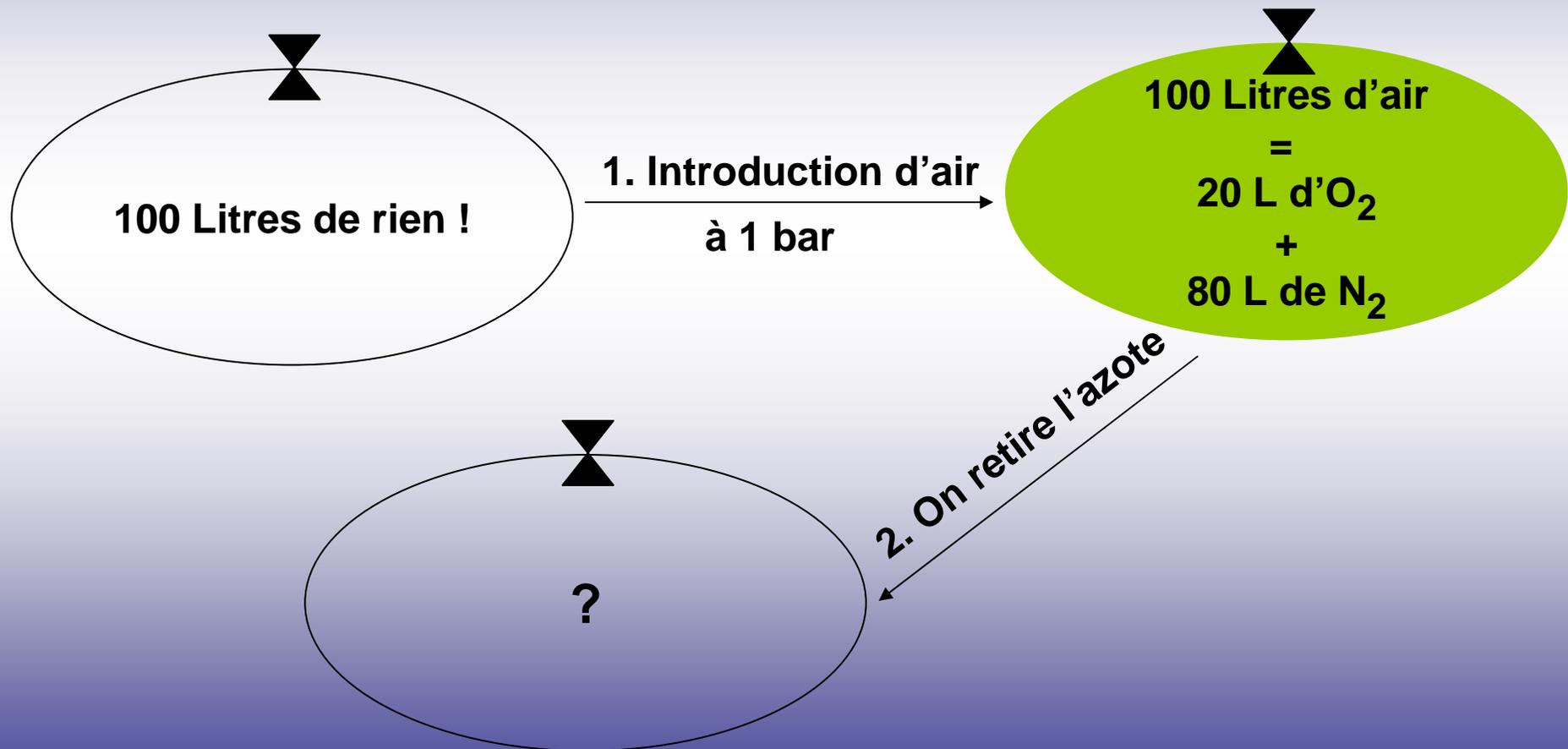
Après avoir refermé le robinet, on constate que :

- chaque éprouvette contient un mélange composé de 50% de H₂ et de 50% de CO₂
- le volume et la pression dans chaque éprouvette n'ont pas changé
- en volume, chaque gaz représente 50% du volume total
- en pression, chaque gaz représente 50% de la pression totale

50% H ₂	=>	0,5 Litre de H ₂	=>	Pp H ₂ = 0,5 b
50% CO ₂	=>	0,5 Litre de CO ₂	=>	Pp CO ₂ = 0,5 b

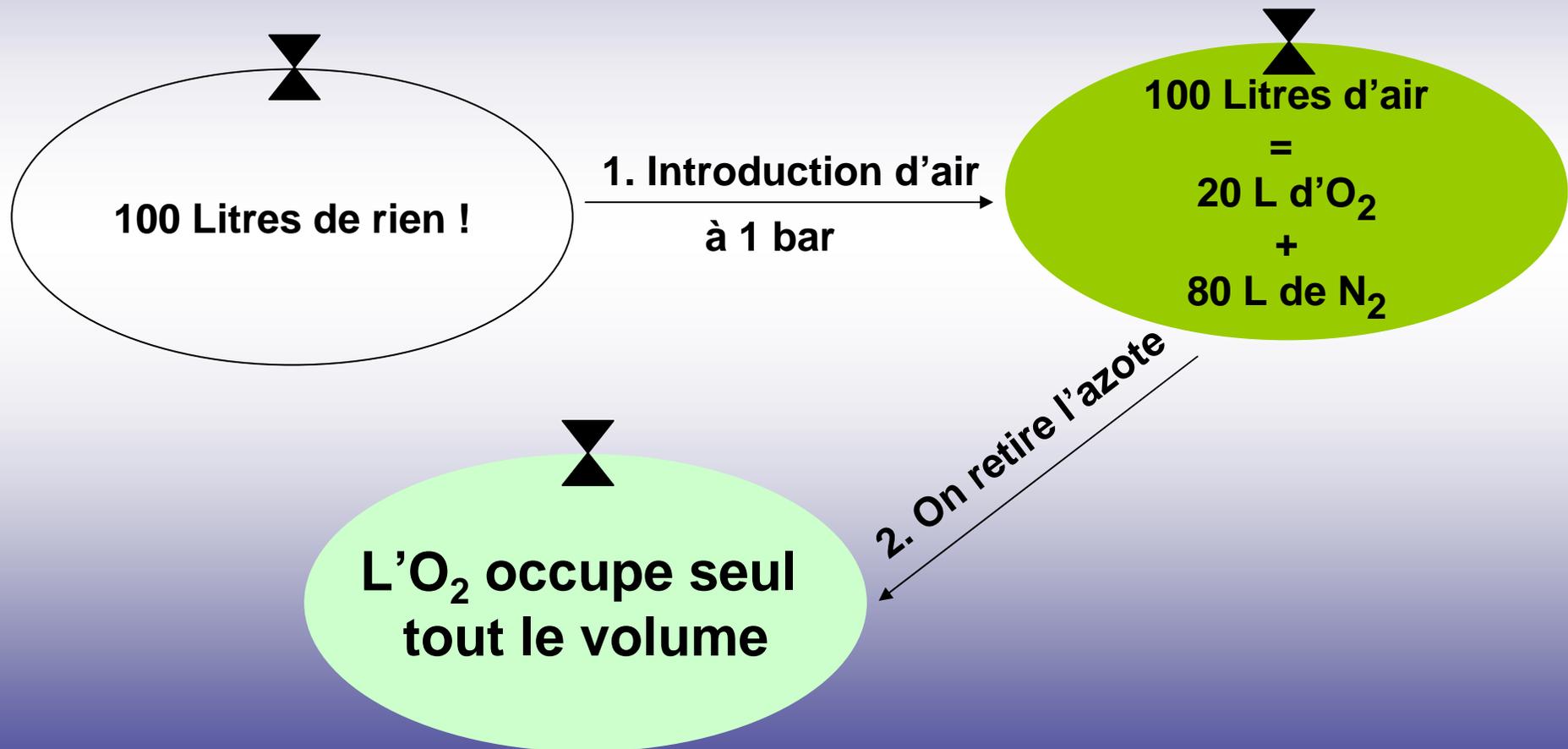
Mise en évidence expérimentale

Autrement, en se servant de la loi de Mariotte



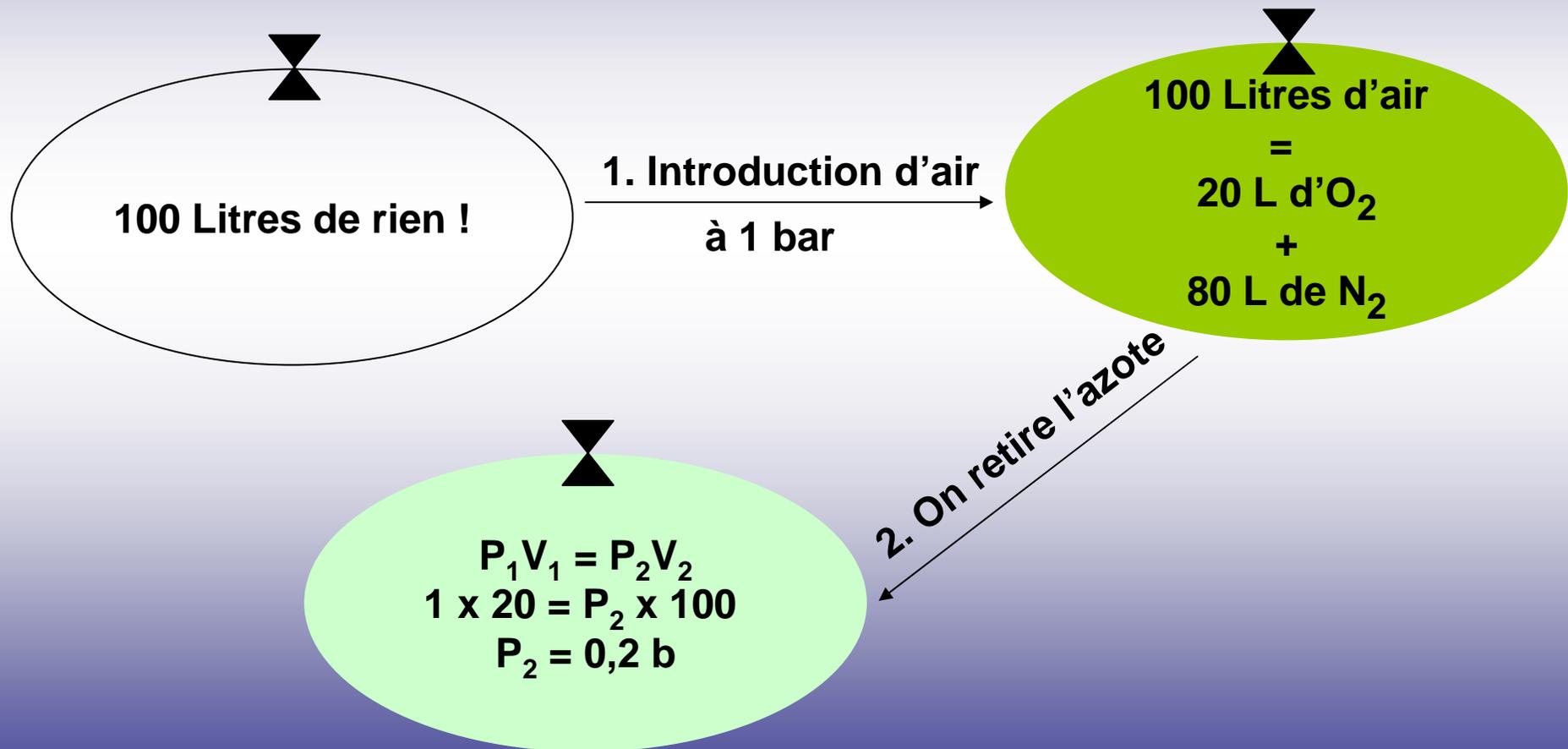
Mise en évidence expérimentale

Autrement, en se servant de la loi de Mariotte



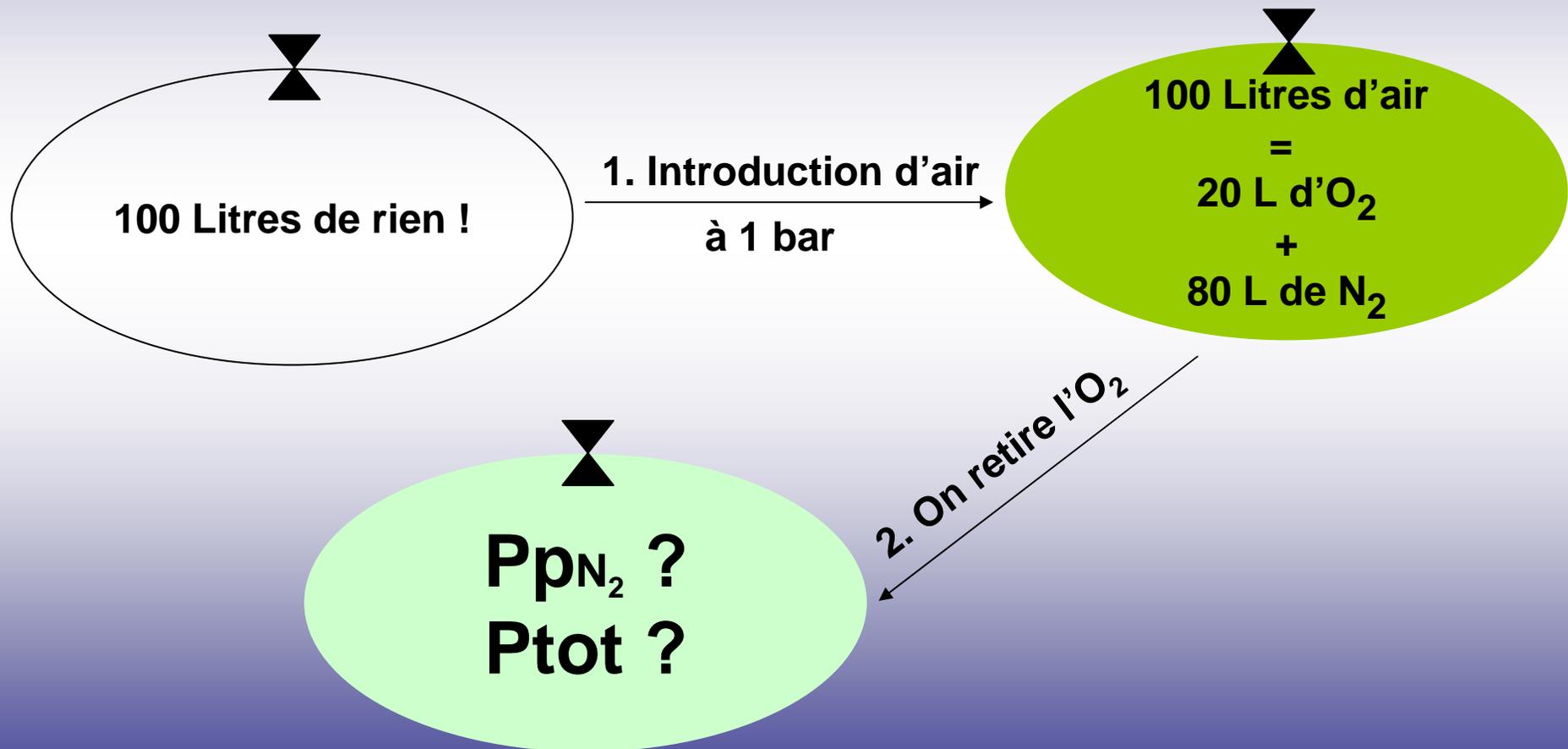
Mise en évidence expérimentale

Autrement, en se servant de la loi de Mariotte



Mise en évidence expérimentale

Autrement, en se servant de la loi de Mariotte



Règles de Dalton

En 1801, John Dalton a énoncé la loi et les règles relatives aux pressions partielles dans les mélanges gazeux.



Il a établi les règles suivantes:

- " La pression exercée par un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles de chacun des gaz constituant le mélange."
- " La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange correspond à la pression que ce gaz exercerait s'il occupait seul le volume occupé par le mélange."
- " La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange est égale au produit de la pression totale par le pourcentage du gaz dans le mélange."

Règles de Dalton



(1766 – 1844)

Chimiste et physicien britannique, qui a développé la théorie atomique sur laquelle fut fondée la science physique moderne

Célèbre pour avoir décrit les troubles de la vision des couleurs

Règles de Dalton

En 1801, John Dalton a énoncé la loi et les règles relatives aux pressions partielles dans les mélanges gazeux.

Il a établi les règles suivantes:

- " La pression exercée par un mélange gazeux est égale à la somme des pressions partielles de chacun des gaz constituant le mélange."
- " La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange correspond à la pression que ce gaz exercerait s'il occupait seul le volume occupé par le mélange."
- " La pression partielle d'un gaz constituant d'un mélange est égale au produit de la pression totale par le pourcentage du gaz dans le mélange."

Règles de Dalton

Dit autrement:

La Pression totale ou absolue d'un mélange gazeux se répartit en proportion de chacun des gaz qui le compose. Dans l'air, 21% de la pression totale est exercée par l'O₂ et 79% par l'N₂

La pression exercée par chacun de ces gaz au sein du mélange gazeux s'appelle la pression partielle

Elle se calcule en multipliant la pression absolue (ou ambiante) par le pourcentage du gaz

Règles de Dalton

Dit autrement:

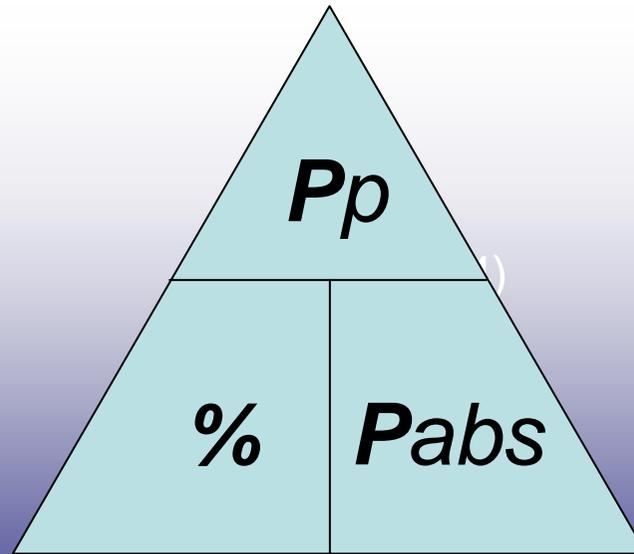
En physiologie respiratoire, ce n'est pas la proportion ou % du gaz dans le mélange qui est important mais sa pression partielle, c'est-à-dire la pression de chaque gaz qui compose le mélange

La pression partielle d'un gaz dans un mélange gazeux est la pression qu'aurait ce gaz s'il occupait seul tout le volume du mélange

Règles de Dalton

$$P_{abs} = P_{tot} = \Sigma P_p$$

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



Exercices intelligents !

Quelle est la pression partielle de l'azote à 60 m dans un mélange air ?

5,6 b

Quelle est la pression partielle de l'oxygène à 70 m dans un mélange air ?

1,6 b

A quelle profondeur suis-je si la pression partielle de l'azote dans un mélange air est de 5,6 bar ?

60 m

A quelle profondeur suis-je si la pression partielle de l'oxygène dans un mélange air est de 1,6 bar ?

70 m

Exercices intelligents !

Quelle est la pression partielle du CO_2 à 40 m si en surface il est de 0,8% dans un mélange air vicié ?

0,04 b

Applications & Intérêts

Seuil de toxicité des gaz & Accidents imputables à cette toxicité

Confection des mélanges respiratoires binaires et ternaires

Élaboration des tables de plongée

Adaptation des tables à la plongée en altitude

Oxygénothérapie hyperbare

Mécanisme de l'accident de décompression

Toxicité & Implications

Notre organisme accepte d'être confronté aux gaz courants (N_2 , O_2 , CO_2) à l'intérieur de certaines limites de pression ou pression partielle. Le franchissement de ces limites entraîne des troubles spécifiques à chaque cas

Toxicité & Implications

Notre objectif ici :

Nous ne sommes ni des physiologistes, ni des médecins

Savoir que les gaz deviennent toxiques au-delà d'une certaine profondeur et ceci en fonction de leur Pp est bien suffisant pour nous

Cela sous-entend quand même de savoir calculer

- des limites de toxicité soit en terme de Pp ou de profondeur
- des pourcentages de mélange

Savoir reconnaître les symptômes des accidents biochimiques ?

Savoir les prévenir ! Savoir réagir !

Toxicité & Implications

01/05/07	Les intoxications gazeuses	Philippe Barras	20h00
-----------------	-----------------------------------	------------------------	--------------

Toxicité liée à l'Azote

Narcose à l'azote

1835 « Ivresse des profondeurs » constatée chez des sujets respirant de l'air sous haute pression

1939 Mise en évidence du rôle de l'azote et invention du mot « narcose » (Narcose : narkê = sommeil)

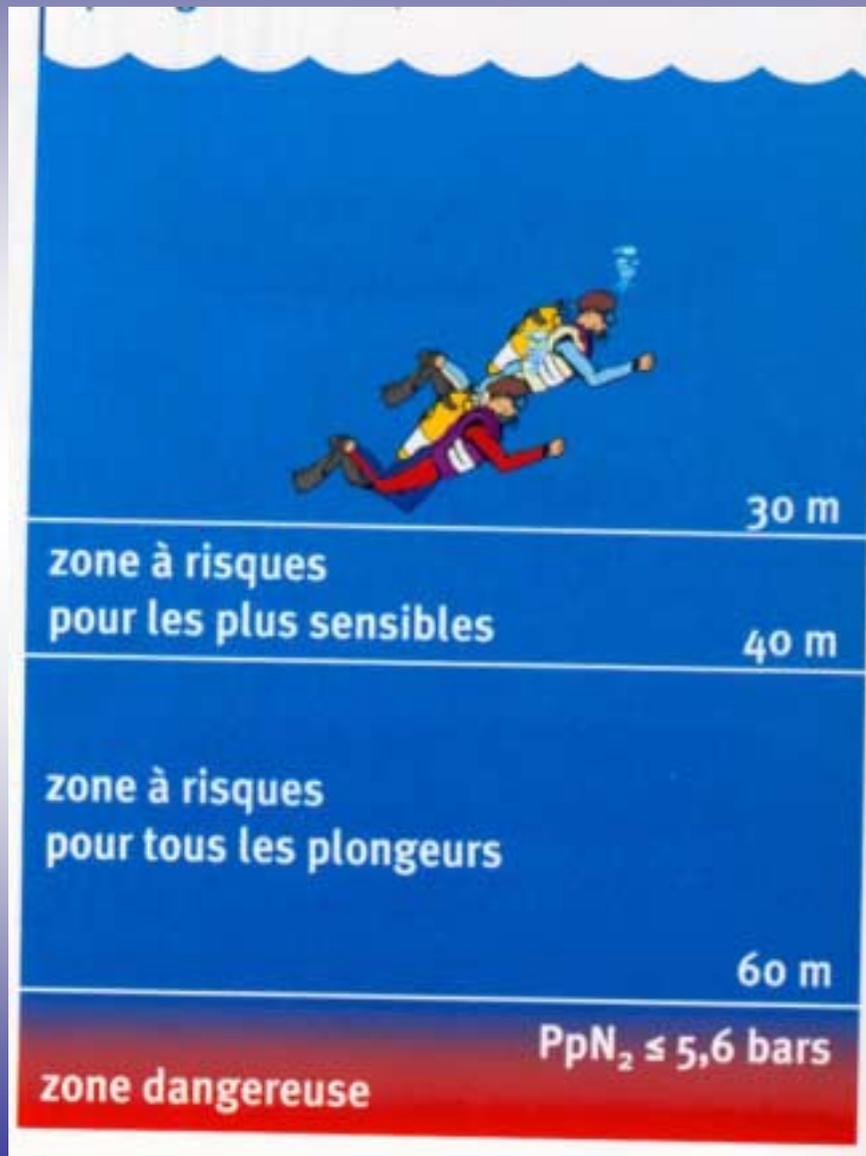
Les gaz inertes se dissoudraient dans les graisses des neurones, provoquant une transformation de la structure de leur membrane. La transmission des signaux dans le SNC serait alors ralentie provoquant une baisse des capacités de raisonnement et de concentration

La nature du gaz est importante (ex: He est 100 moins narcotique que N₂)

Risque possible constaté dès 30 m et communément entre 40 et 60 m, avéré au-delà de 60 m

A 60 m, PpN₂ = 5,6 bar : limite de tolérance fixée par les plongeurs pro et loisirs par décret, arrêté pour la plongée à l'air

Toxicité liée à l'Azote



Toxicité liée à l'Azote

Ce que le plongeur ressent:

- Altération du raisonnement et des facultés intellectuelles
- Troubles de l'attention, de la vision
- Troubles de la mémoire immédiate (foccus instruments)
- Troubles de l'humeur
- Troubles de la perception (du temps par exemple)
- Perte de repères spatio-temporelles (vertiges)
- Troubles psycho-moteurs (gestes répétitifs, inappropriés)

Signes ? Bof !

En tant que guide de palanquée, votre vigilance et perception sont de mise

- Non réponse ou réponse inadaptée
- Attitude incohérente
- Non respect des consignes

CAT : Descente à vitesse modérée (<30 m/min) et ralentir après 30 m
Vigilance accrue en profondeur – pas d'effort (CO₂ !)
Remonter (réversible)
Fin de plongée ?

Toxicité liée à l'Oxygène

Crise hyperoxique

21% O₂ dans l'air

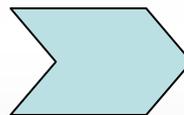
Au niveau de la mer: PpO₂ = 0,21 b (normoxie)

< 0,21 b = hypoxie toléré par l'organisme jusqu'à 0,16 b / Perte de connaissance à 0,1b

> 0,21 b = hyperoxie qui devient dangereuse à partir de 1,6 b

PpO₂ élevée = troubles du SNC (neurotoxicité)

Valeur limite fixée par arrêté 1,6 b (et 45 min)



Est-on concernée par la plongée à l'air?

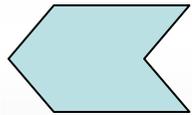
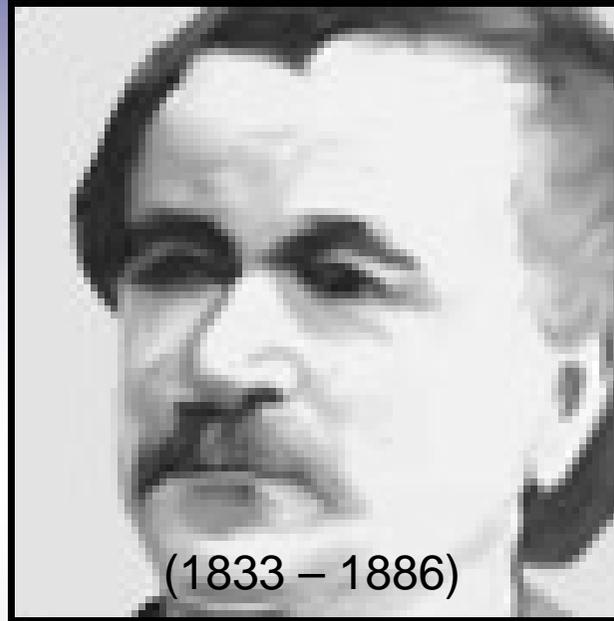
Rappel exo !

La sensibilité à l'O₂ varie avec les personnes (tolérance mesurée entre 7 min et 2h30). Elle est supérieure dans l'eau que dans l'air (d'où des Pp supérieures tolérées en caisson hyperbare pour l'OHB – 2,5 à 2,8 b)

Pas concerné alors ?

Si, dès lors que l'on plonge au NITROX ou que l'on fait des paliers avec de l'O₂ pur

Toxicité liée à l'Oxygène



Physiologiste, Docteur es sciences, docteur en médecine, Académicien, homme politique !

Célèbre pour son ouvrage « *la pression barométrique* » où il décrit les convulsions liées à la toxicité de l'oxygène sous forte pression partielle pour le système nerveux central

Toxicité liée à l'Oxygène

Crise hyperoxique

21% O₂ dans l'air

Au niveau de la mer: PpO₂ = 0,21 b (normoxie)

< 0,21 b = hypoxie toléré par l'organisme jusqu'à 0,16 b / Perte de connaissance à 0,1b

> 0,21 b = hyperoxie qui devient dangereuse à partir de 1,6 b

PpO₂ élevée = troubles du SNC (neurotoxicité)

Valeur limite fixée par arrêté 1,6 b (et 45 min)

Est-on concernée par la plongée à l'air? Rappel exo !

La sensibilité à l'O₂ varie avec les personnes (tolérance mesurée entre 7 min et 2h30). Elle est supérieure dans l'eau que dans l'air (d'où des Pp supérieures tolérées en caisson hyperbare pour l'OHB – 2,5 à 2,8 b)

Pas concerné alors ?

Si, dès lors que l'on plonge au NITROX ou que l'on fait des paliers avec de l'O₂ pur

Toxicité liée à l'Oxygène

Crise hyperoxique et paliers à l'oxygène pur

On sait que $P_p < 1,6$ b donc palier à l'O₂ pur ne doit pas excéder 6 m

MN90: Paliers à 3 et 6 m

MT92: Palier uniquement à 6 m

Crise hyperoxique et plongées au NITROX

NITROX : NITRogen OXYgen

Air enrichi en O₂ et donc appauvri en N₂

Permet de limiter les risques d'ADD et de diminuer la fatigue

Ex: mélange 32/68 !

En tant que GP, on doit savoir réaliser quelques calculs simples pour :

- Vérifier la profondeur plancher à ne pas dépasser en fonction du %O₂ utilisé
- Déterminer le mélange NITROX à utiliser en fonction de la profondeur max prévue
- Calculer la profondeur équivalente pour des plongées à l'air

CECI EST CRITIQUE CAR LES PALANQUEES PEUVENT ETRE MIXTES

Toxicité liée à l'Oxygène



CECI EST CRITIQUE CAR LES PALANQUEES PEUVENT ETRE MIXTES

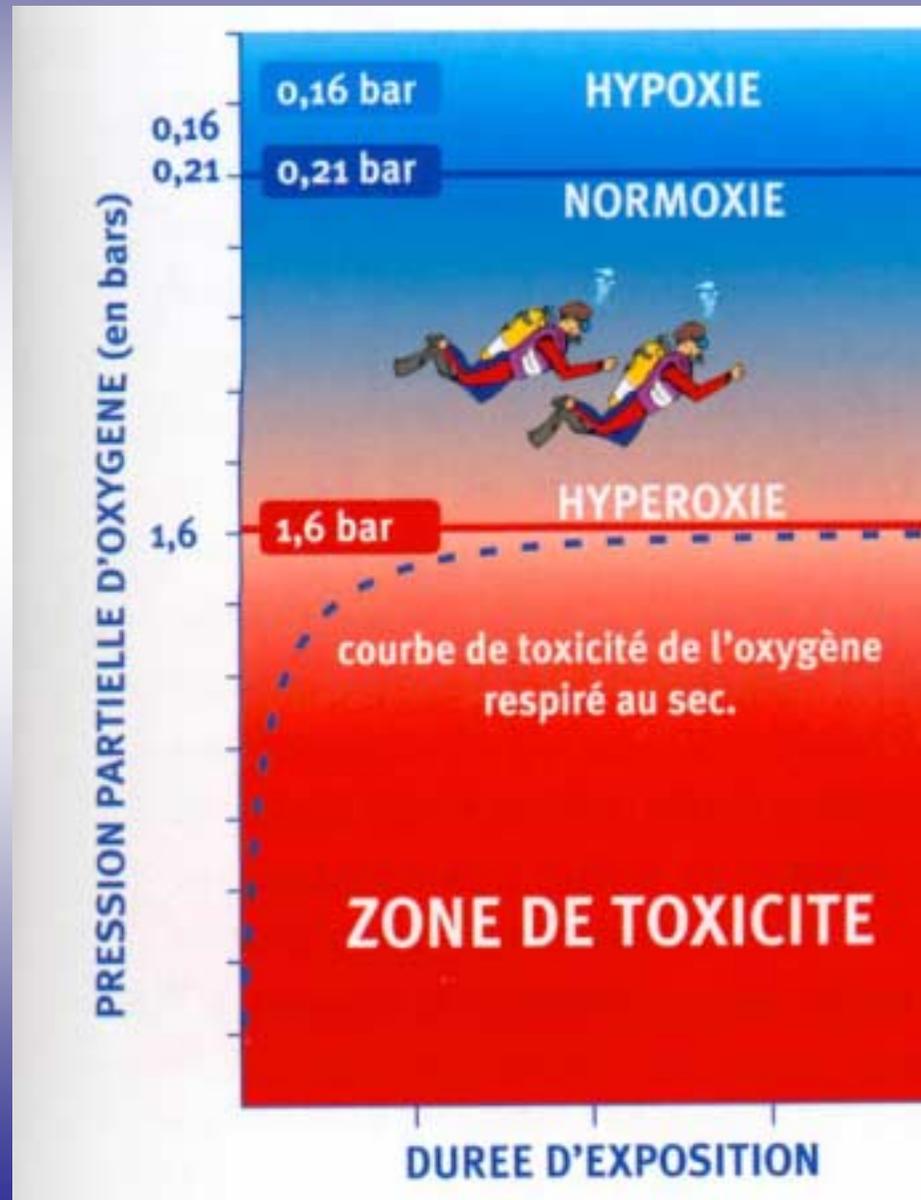
Ça veut dire quoi ?

Un guide de palanquée N4 AIR (mais qualifié NITROX !) peut emmener des plongeurs NITROX avec lui !

En autonomie, plongeurs AIR et NITROX peuvent donc se mélanger !

Il y a de nombreux cas de figure mais une seule règle. Laquelle ?

Toxicité liée à l'Oxygène



Toxicité liée à l'Oxygène

PpO₂ élevée se traduit par

- une phase d'alarme (crampes, tremblements mais souvent absente)
- une phase d'apnée (la glotte se ferme, risque de surpression)
- une phase convulsive (crise d'épilepsie, risque de noyade)
- une phase post-convulsive

Le cycle recommence indéfiniment. Pas de souvenir.

Pour l'éviter

- contrôle en O₂ du gaz respiré (NITROX)
- identification précise des bouteilles
- strict respect de la profondeur

Limite de la plongée à l'air : 60 m : Un hasard ?

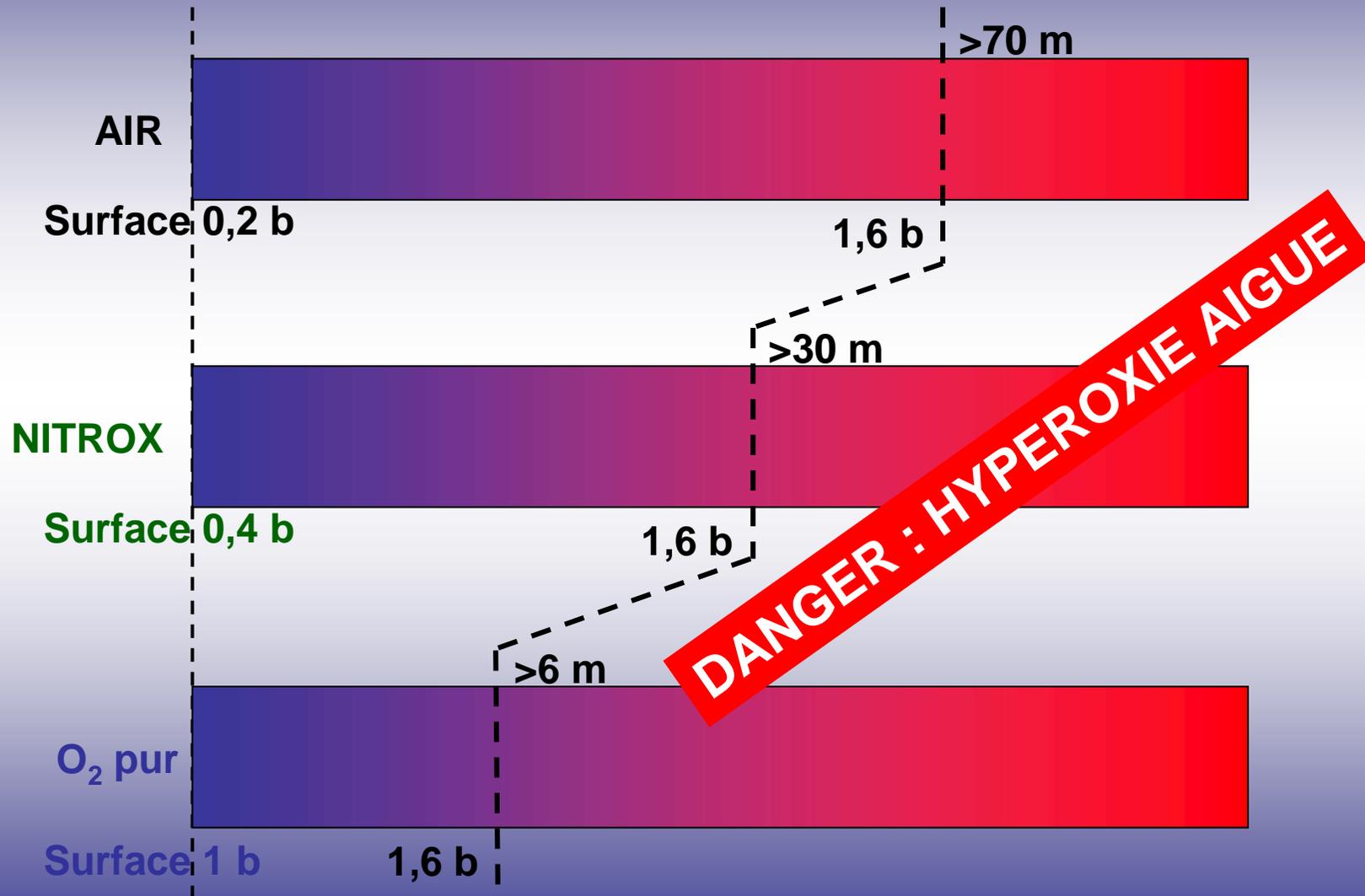
Non !

1 – la narcose

2 – l'hyperoxie qui apparaîtrait vers 66 m

On comprend mieux que le dépassement de 5m à 60 m ne doit être qu'accidentel

Toxicité liée à l'Oxygène



Toxicité liée à l'Oxygène

EN RESUME

Pression partielle d'O₂

$$P_{pO_2} = P_{abs} \times \%O_2$$

Profondeur plancher

$$P_{abs} = P_{pO_{2max}} / \%O_2$$

Teneur en O₂ du NITROX

$$\%O_2 = P_{pO_2 \text{ max}} / P_{abs}$$

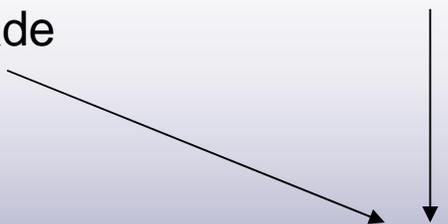
Toxicité liée à l'Oxygène

Et la **crise hypoxique**, on n'en parle pas ?

< 0,21 b = hypoxie tolérée par l'organisme jusqu'à 0,16 – 0,17 b
En deçà, on parle d'anoxie

Les cas de figure sont :

- Recycleur défaillant
- Trimix ne pouvant être respiré qu'en profondeur
- Apnée avec le RDVS7 suite à l'hyperventilation
- Noyade



22/05/07	Apnée / Noyade	Christophe Magnenaz	20h00
-----------------	-----------------------	----------------------------	--------------

Toxicité liée à l'Oxygène

Et l'OHB, on en reparle un peu comme promis !

Méthode thérapeutique qui consiste à faire inhaler de l'O₂ à un patient placé dans une enceinte étanche dont la pression est supérieure à la pression atmosphérique (caisson hyperbare) / l'administration d'oxygène se fait à une pression supérieure ou égale à 2 ATA (2,5 – 2,8 b) pendant un temps supérieur ou égal à 60 minutes. Plusieurs séances généralement

Mode d'action dépendant de toutes les lois physiques (Dalton, Henry, Boyle-Mariotte)

- Diminution de la taille des bulles de gaz pathogènes (ADD)
- Augmentation de l'oxygène dissout

Amélioration du transport de l'O₂

Action anti-infectieuse

Effets circulatoires

Effets sur la cicatrisation

INTERNET : OHB

Intoxication au CO, Embolie gazeuse , Infections nécrosantes des parties molles à germes anaérobies ou mixtes, Gangrènes, Brûlures, Surdités brusques

Toxicité liée au CO₂

Deux causes peuvent conduire à une augmentation de CO₂ non supportable

- Exogène : air de mauvaise qualité – On parle d'hypercapnie
- Endogène: c'est l'essoufflement (réaction au froid, effort, angoisse, etc)

La teneur en CO₂ que nous pouvons supporter sans trouble est de 1% soit à la pression atmosphérique au niveau de la mer de une PpCO₂ de 0,01 b (pour rappel, dans un air sain, au niveau de la mer, PpCO₂ = 0,0003 b !

Au-delà de 0,01 b

Rappel exo !

Si PpCO₂ atteint

0,02 b (2% surface)

0,03 b (3% surface)

0,04 b (4% surface)

0,06 b (6% surface)

0,07 b (7% surface)

Au-delà

Que se passe t-il ?

Augmentation de la fréquence ventilatoire

Maux de tête, nausées

Maux de tête violents – sensation d'oppression

Suffocation

Perte de connaissance

Mort

Toxicité liée au CO₂

Dès PpCO₂ = 0,04 b : vrai danger en plongée car

- Acte réflexe : Perte d'embout
- noyade !

Article



CAT

Si sensation étouffante, maux de tête, nausées, etc :

- Remonter (Fin de plongée)
- **Assistance**
- Traiter

Prévention

- Prise d'air du compresseur
- Compresseur thermique portable

Toxicité liée au CO₂



Histoire Vécue

Un entraînement à couper le souffle

Un entraînement pour le MF 1 qui tourne au cauchemar. C'est ce qu'a vécu Stéphane Jacquet. Un essoufflement comme si vous y étiez, raconté en toute humilité.

Brest, le goulet, un dimanche de fin d'hiver. 27 m, c'est la profondeur affichée par le profondimètre. Il ne fait pas particulièrement chaud ni très clair. Mais il ne s'agit pas aujourd'hui de prendre du plaisir à contempler la faune et la flore. Plutôt, le temps de reprendre des automatismes, de réviser ou réapprendre des gestes effectués il y a quelques années pour le niveau IV. Au programme : sauvetage palmes pour se présenter dans quelques mois à l'examen du MF 1. J'ai bien révisé ma théorie, répété les gestes. Nous voilà partis. Dans deux minutes, moi la satisfaction d'avoir ramené vers la surface, vitesse contrôlée, un camarade qui en a bien besoin. Les premiers mètres se passent bien. Un regard sur le profondimètre. Il affiche 22 m. La vitesse est bonne. C'est quand même un peu dur mais il faut le remonter. 20 mètres. Je pensais être plus haut. Il va falloir forcer davantage. Je le sens. Pas au niveau musculaire, mais clairement au niveau de la respiration. Elle est plus difficile. Ça s'entend et ça se voit : gros chapelet de bulles. 17 mètres. Là, c'est clair, il y a un problème. Mauvais palma-

ge, fort courant, manque de verticalité. Me voilà redoublant d'effort, chercher mon air. L'horreur. Maintenant, c'est moi qui ne vais pas bien du tout. J'ai normalement de mal respirer ou plutôt expirer. Je lèche Philippe et fais une croix avec mes bras, ponctuant l'exercice qui est désormais le dernier de mes soucis. Moi, ce que je veux, c'est aller en surface et reprendre mon souffle. Les derniers mètres seront particulièrement pénibles. On connaît tous l'expression : prendre sur soi. C'est ce que je fais pour ne pas filer comme une bombe vers l'air atmosphérique salvateur, arracher ce dard de douleur empêchant de respirer. Au cours de cette remontée, je me souviens très bien, m'efforçant d'expirer, d'utiliser mes muscles abdominaux pour comprimer mon abdomen et purger mes poumons et surtout la vision de Philippe, prêt à intervenir. L'exercice aurait très bien pu être inversé, pour de vrai ! Que m'est-il arrivé ? Un essoufflement. Je m'en tirerai avec un bon mal de tête.

Faut-il connaître pour mieux enseigner ? Je ne vous invite pas à vous mettre dans une situation similaire. Imaginez le débat. Pour savoir, il faut connaître ! Imaginez que l'on nous enseigne à essouffler nos élèves pour qu'ils ressentent les sensations ? Il paraît que ça se fait. Tout comme remonter les poumons pleins en apnée, histoire de sentir la distension alvéolaire. Ça fait froid dans le dos. Je voulais plutôt accentuer l'idée que la prévention de l'essoufflement reste avant tout du domaine de l'information et de la connaissance de nos propres limites. Une bonne maîtrise de la technique individuelle personnelle est la meilleure prévention et l'exercice du sauvetage à la palme peut trouver ici sa justi-

fication, si besoin était. Il semble en effet peu probable que l'on soit un jour confronté à une situation nous obligeant à réaliser ce type d'effort : les plongeurs ayant tous aujourd'hui des bouées en état de fonctionnement et la probabilité de voir deux gilets crevés reste fortement improbable. Gardons donc bien l'esprit que l'essoufflement en plongée est prendre très au sérieux cause des conséquences dramatiques qu'il peut engendrer si il n'est pas considéré à temps. Au fait, cet été-là, j'ai réussi mon MF 1 !

Stéphane Jacquet

ENVOYEZ VOS HISTOIRES !

Vous avez vécu une plongée extraordinaire ou carrément ratée, vous avez eu peur ou froid, vous êtes dans une grotte ou une paille, vous êtes débutant ou bardé de toiles, toutes vos expériences nous intéressent. Cette rubrique, c'est vous qui la dirigez. Merci d'écrire les romans fleuve, contentez-vous de raconter vos histoires **brèvement** (pas plus de 500 mots). L'auteur dont le témoignage sera publié gagnera un abonnement d'un an à Plongée Mag. À vos plumes !

Adressez votre courrier
à la rédaction, Future Building 2, 1280 av. des
Platanes, Boirargues, 34970 Lattes, t.l.
04.67.22.22.78, fax 04.67.20.06.83.
Mail : l.veziat@plongee-mag.net.

Toxicité liée au CO₂

Dès PpCO₂ = 0,04 b : vrai danger en plongée car

- Acte réflexe : Perte d'embout
- noyade !

CAT

Si sensation étouffante, maux de tête, nausées, etc :

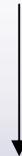
- Remonter (Fin de plongée)
- **Assistance**
- Traiter

Prévention

- Prise d'air du compresseur
- Compresseur thermique portable

Toxicité liée au CO₂

01/05/07	Les intoxications gazeuses	Philippe Barras	20h00
-----------------	-----------------------------------	------------------------	--------------



Mécanismes et symptômes de l'essoufflement

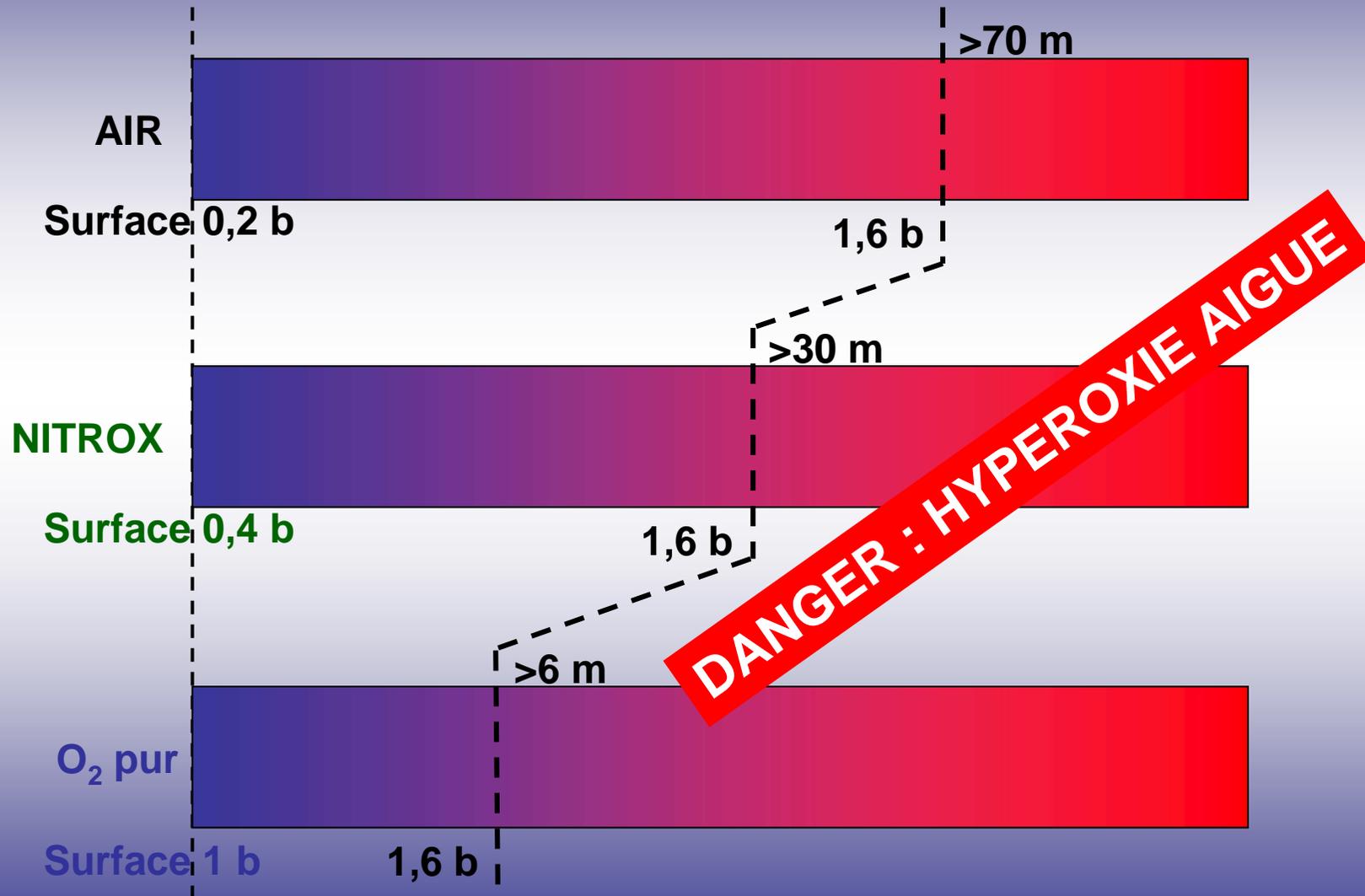
NITROX

- Les plongées au Nitrox trouvent leur intérêt dans la baisse du taux d' N_2
- Le Nitrox : Nitrogène + O_2 trouve ses limites à 40 mètres (Nitrogène est l'ancien nom de l'azote)
- Elles nécessitent une technique, des infrastructures et des moyens particuliers
- Il existe trois types de Nitrox reconnus :
40/60 36/64 32/68
- La F.F.E.S.S.M. prévoit 3 types de qualifications NITROX :
Plongeur NITROX
Plongeur NITROX confirmé
Moniteur NITROX confirmé

NITROX

- Les plongées au Nitrox sont réglementées / arrêté du 9 juillet 2004
(Texte mis en ligne)
- La profondeur maximale permise en mer est celle de la $PpO_2 = 1,6$
(limite pour l'hyperoxie)
- La durée maximale d'une plongée au Nitrox est de 2 heures
- Comme la concentration de N_2 avec une plongée NITROX est plus faible, nos tissus sont moins saturés => donc cela équivaut à plonger à 1 profondeur équivalente inférieure à la profondeur réelle
- On parle de Profondeur Air Équivalent :
Celle-ci se détermine ainsi : $PAE = P_{abs} \times \%N_2/79$

Toxicité liée à l'Oxygène



NITROX

On veut plonger avec un mélange $O_2 - N_2$ autorisant une plongée à 30 mètres sans risque d'hyperoxie.

1. Quelle est la teneur en O_2 ?
2. Quelle est la profondeur équivalente d'entrée dans la table de plongée à l'air ?

On sait que $PpO_{2max} = 1,6 \text{ b}$

Pour aller à 30 m soit à 4b de pression absolue

Le % O_2 max autorisé sera de

$$\%O_2 = PpO_{2max} / P_{abs} = 1,6 / 4 = 0,4 = 40\%$$

Table air = mélange air !

Ce que l'on cherche est donc la profondeur équivalente air

$$PAE = P_{abs} \times \%N_2 / 80 = 4 \times 60 / 80 = 3 \text{ b}$$

Soit une profondeur de 20 m

NITROX

On veut plonger avec un mélange $O_2 - N_2$ pour avoir à 30 m une PpN_2 égale à la PpN_2 de l'air à 15 m ? Prendre $N_2 = 80\%$ pour l'air

Méthode 1

$$PpN_2 \text{ air} = 2,5 \times 80\% = 2 \text{ b}$$

$$2 = 4 \times \%?$$

$\% = 0,5 = 50\%$ Le mélange doit être constitué de 50% de N_2 et 50% d' O_2

Méthode 2

On veut que PpN_2 mélange à 30 m = PpN_2 air à 15 m

$$4 \times \%? = 2,5 \times 80\%$$

$$\% = 50$$

MATHIEU

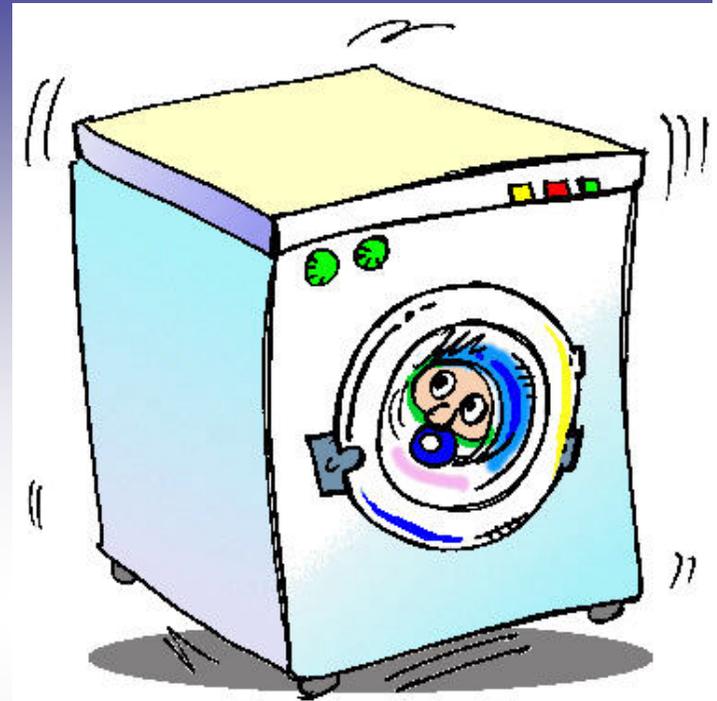
**D'autres exercices que l'on corrigera
ensemble vous seront
bientôt proposés**

REVISIONS

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{archi}}$$

$$d_{\text{obj}} = P_{\text{réel}} / V_{\text{obj}}$$

$$P_{\text{app}} = V_{\text{obj}} \times d_{\text{obj}} - V_{\text{obj}} \times d_{\text{eau}}$$
$$V_{\text{obj}} \times (d_{\text{obj}} - d_{\text{eau}})$$



Formation niveau 4

Exercice type

Remonter une ancre, avec un parachute de densité égale à 1

- de 40 kg

- de volume 10 dm^3

- d'un fond de 30 m

1. Dans une eau de densité égale à 1 ?

2. Dans une eau de densité égale à 1,02 ?

3. Quel doit être le volume du parachute pour que rien n'en sorte jusqu'à la surface (on reprendra $d_{\text{eau}} = 1$)?

Niveau 4.....



1 Si $d_{\text{eau}} = 1$

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{archi}} = 40 - 10 \times 1 = 30 \text{ kg}$$

30 Kg = 30 litres

2 Si $d_{\text{eau}} = 1,02$

$$P_{\text{app}} = P_{\text{réel}} - P_{\text{archi}} = 40 - 10 \times 1,02 = 29,8 \text{ kg}$$

Le volume tenant compte de la densité est

$$V = P/d = 29,8/1,02 = 29,2 \text{ litres}$$

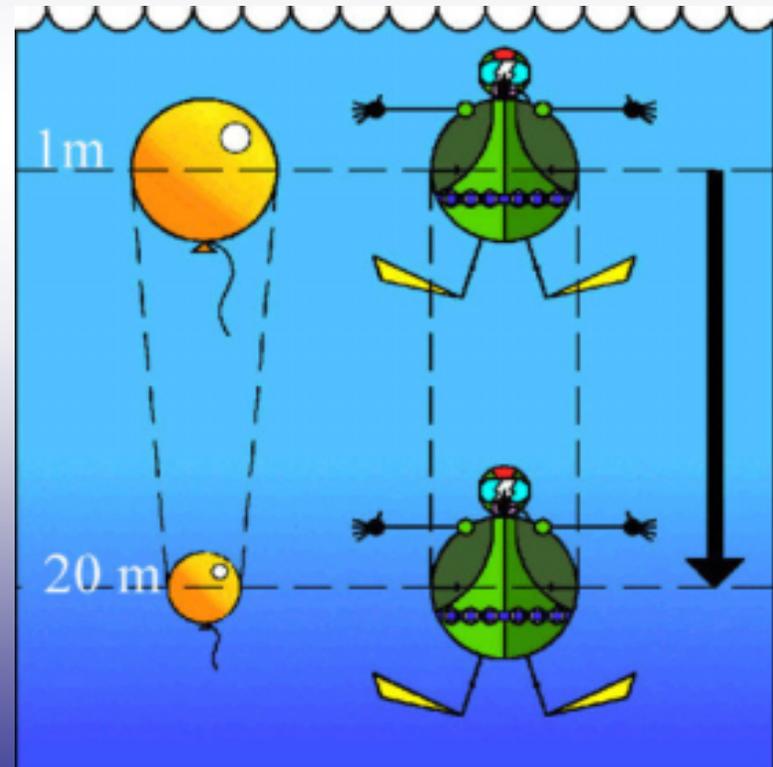
...une autre façon d'être

- 3 On se souvient que l'on a du injecter 30 l à 30 m
Ce que l'on veut savoir, c'est quel sera ce volume
en surface (on parle aussi souvent d'air détendu)

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$4 \times 30 = 1 \times V_2$$

$$V_2 = 120 \text{ litres}$$



P x V = Constante ou la supériorité du plongeur sur le ballon !