



Aspects théoriques de l'activité (2^{ème} partie)

Plan du cours



A voir:

- principales grandeurs physiques et unités utilisées
- la flottabilité (Archimède)
- la compressibilité des gaz (Mariotte et Charles)
- les pressions partielles (Dalton)
- la dissolution des gaz (Henry).
- la saturation et la désaturation (Haldane)
- vision et acoustique

*1^{ère} partie
du cours*

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



Rappels 1^{ère} partie

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Unités :

- 1 L d'eau = 1 dm³ = 1 kg
- 1 bar = 760mm Hg à la surface de la mer
- °C = x+273K (20°C = 293K)

Pressions :

- P_{atm} = 1 bar ou 760mm Hg
- P_{hydro} = 1 bar tous les 10m
- P_{abs} = P_{atm} +P_{hydro}
- P_{atm} = - 0,1bar tous les 1000m

Archimède :

- Poids apparent = poids réel - Poussée Archi
- Poussée Archi = volume * densité

Compressibilité des gaz :

- P₁V₁=P₂V₂
- P₁/T₁=P₂/T₂



Composition de l'air

Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Nom	Formule	Proportion
Azote	N ₂	80 % vol
Oxygène	O ₂	20 % vol

Nom	Formule	Proportion
Azote	N ₂	78 % vol
Oxygène	O ₂	21 % vol
Gaz rares	Ar-Ne-He-Kr	0.97 % vol
Dioxyde de carbone	CO ₂	0.03% vol

Attention au CO (monoxyde de carbone).
C'est un gaz extrêmement nocif, même en faible proportion. Ce gaz résulte d'une combustion imparfaite et se combine d'une manière stable et indissociable avec l'hémoglobine, empêchant ainsi le transport normal de l'O₂. (cf cours physiopathologie)

Nom	Formule	Proportion
Diazote	N ₂	78,08 % vol
Dioxygène	O ₂	20,95 % vol
Argon	Ar	0,934 % vol
Dioxyde de carbone	CO ₂	382 ppmv
Néon	Ne	18,18 ppmv
Hélium	He	5,24 ppmv
Monoxyde d'azote	NO	5 ppmv
Krypton	Kr	1,14 ppmv
Méthane	CH ₄	1,7 ppmv
Dihydrogène	H ₂	0,5 ppmv
Protoxyde d'azote	N ₂ O	0,5 ppmv
Xénon	Xe	0,087 ppmv
Dioxyde d'azote	NO ₂	0,02 ppmv
Ozone	O ₃	0 à 0,01 ppmv
Radon	Rn	6,0×10 ⁻¹⁴ ppmv

Nota: 1 ppm (partie par million) = 0,0001 %

GP N4 – Lois de DALTON – pressions partielles



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

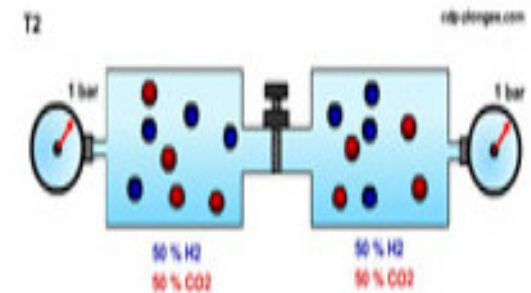
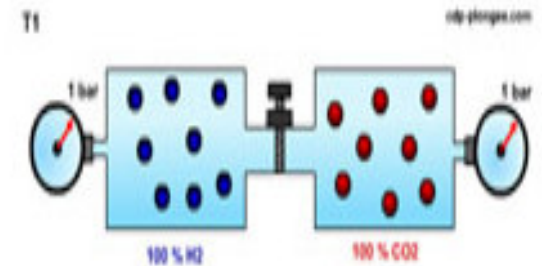
Mise en évidence :

Soit 2 compartiments de 1 litre contenant chacun un gaz différent à la pression de 1 bar. Ces 2 compartiments peuvent être mis en communication en ouvrant un robinet.

Au stade T1, le robinet est fermé, les 2 gaz sont donc isolés l'un de l'autre.

On ouvre alors le robinet et on remarque déjà que la pression de l'ensemble formé par les 2 compartiments ne varie pas et reste égale à 1 bar.

Au stade T2 on referme le robinet. On constate alors que chaque compartiment contient un mélange gazeux composé de 50 % de H₂ et 50 % de CO₂. Ces mélanges étant toujours à la pression de 1 bar. Dans un compartiment chacun des 2 gaz occupe donc la moitié du volume et est responsable de la moitié de la pression totale.



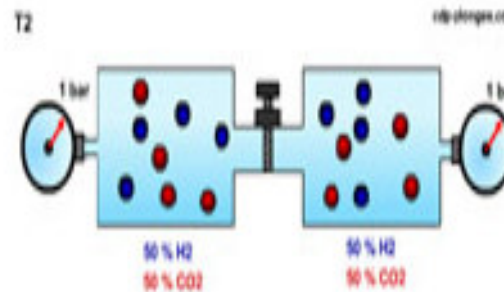
A température constante, la pression d'un mélange gazeux est égale à la somme des pressions des gaz qui le compose.

GP N4 – Lois de DALTON

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. On écrit souvent :

$$P_{abs.} = P_p \text{ gaz } 1 + P_p \text{ gaz } 2 + \dots$$

Ainsi si on reprend notre exemple au stade T2 la pression absolue du mélange est de 1 bar, la pression partielle du H₂, ainsi que celle du CO₂ est de 0.5 bars.



On a bien $P_{absolue}(1 \text{ bar}) = P_{pH_2}(0.5 \text{ bar}) + P_{pCO_2}(0.5 \text{ bar})$.

La pression partielle d'un gaz dans un mélange est donc égale au pourcentage de ce gaz dans le mélange multiplié par la pression absolue :

$$P_{pgaz.} = P_{abs} * \% \text{ gaz}$$



GP N4 – Lois de DALTON

$$P \text{ abs.} = P_p \text{ gaz 1} + P_p \text{ gaz 2} + \dots$$

$$P_{p\text{gaz.}} = P_{\text{abs}} * \% \text{gaz}$$

Exercice I :

Avec les formules ci-dessus, si on prend l'exemple de l'air à la pression atmosphérique (1 bar) :

En considérant l'air comme 20% d'O₂ et 80% de N₂, quelles ont les P_p de chaque gaz ?

$$P_{p\text{O}_2} = P_{\text{absolue}} * 20\% = 1 * 20\% = 0.2 \text{ bar}$$

$$P_{p\text{N}_2} = P_{\text{absolue}} * 80\% = 1 * 80\% = 0.8 \text{ bar}$$

On remarque que la somme de ces 2 pressions partielles est bien égale à la pression absolue, 1 bar.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – Lois de DALTON



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Exercice 2 :

La réglementation française pour la plongée loisirs autorise la plongée à l'air jusqu'à la $P_p O_2$ de 1,6bar*. D'autres pays limitent à $P_p O_2$ à 1,4bar.

Quelle serait donc la profondeur maximale de la plongée air avec cette $P_p O_2$ de 1,6bar? Pour cet exercice nous prendrons un air composé de 21% d' O_2 . Quelle serait la profondeur max autorisée avec une $P_p O_2$ de 1,4bar?

- $P_p O_2$ maximum autorisé = 1,6 bar
- $P_p O_2 = P_{abs} * \%O_2$
- $1,6 = P_{abs} * 21/100$
- $P_{Abs} = 1,6 / 0,21 = 7,6$ bars soient 66m*

- Avec une $P_p O_2$ de 1,4 b max:
- $P_{abs} = 1,4/0,21 = 6,6$ bars soit : 56m

*Rappels : La loi autorise la plongée à l'air jusqu'à 60m selon les prérogatives du plongeur et sans dépassement!!

=> Cf cours sur la réglementation



GP N4 – Lois de DALTON

Application à la plongée :

- Elaboration des tables de plongée
- Accidents dus à la toxicité des gaz
- Les mélanges (nitrox, trimix...)

- Oxygénothérapie hyperbare (caisson) et normobare

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – Lois de Dalton – approfondissement

Les calculs présentés ci-dessous (nitrox) **ne sont pas** au programme. Cependant ils vous permettent de manipuler les formules.

QUESTION

1) Peut-on plonger à 40 mètres avec un mélange composé de 40% d'oxygène et 60% d'azote, sachant que la limite de toxicité de l'oxygène est de 1,6 bar ? Justifier votre réponse. (2 points)

$P_{pO_2} = 5 \times 0,4 = 2 \text{ bars}$ $P_{pO_2} > 1,6 \text{ bars}$ donc Hyperoxie => **Réponse : NON**

QUESTION

Vous effectuez une plongée au Nitrox : O₂ 30 %, N₂ 70 %.

1) Quelle est la profondeur maximale que vous pouvez atteindre ? $P_{max} O_2 = 1,6 \text{ bar}$

$P_{p} O_2 \text{ max} = 1,6 \text{ bar}$

$P_{p} O_2 = 0,30 \times P_{ABS}$ soit $P_{ABS} = P_{pO_2} \text{ max} / 0,30$ soit $P_{ABS} = 1,6 / 0,3 = 5,33 \text{ bar}$.

Soit une profondeur de **43,30m**.

QUESTION

Une sortie est prévue sur 36m max. Quel est le % d'O₂ max que pourra contenir le nitrox pour être certain que le seuil de 1,6b ne soit pas dépassé?

$P_{abs} = 4,6b$; $P_{pO_2} = 1,6b$

$1,6 = 4,6 \times \%O_2$

$\%O_2 = 1,6 / 4,6 = 0,348$ soit nitrox 34 (arrondi dans le sens de la sécurité)



GP N4 – La décompression - historique

Un peu d'histoire :

- 1670 : Boyle remarque la présence de bulles dans le corps de vipère brutalement décomprimées
- 1854 : Pol et Watelle décrivent l'accident de décompression.
- 1879 : Paul Bert propose une première table de déco.
- 1908 : Haldane propose un calcul mathématique et établit une procédure de déco.
- 1959 : tables GERS, 3 tissus, avec vitesse de remontée de 15m/min
- 1965 : Tables GERS 65 avec vitesse à 17m/min
- 1990 : tables MN90, basées sur 12 compartiments puis tables fédérales
- 1991 : tables MN90 approuvées par FFESSM et actualisées avec DTR.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

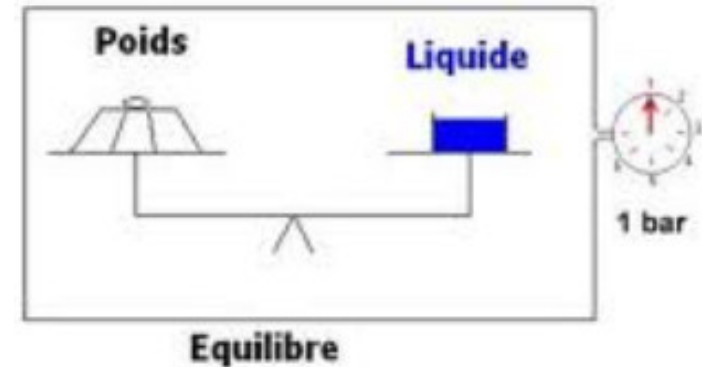
Vision

Acoustique

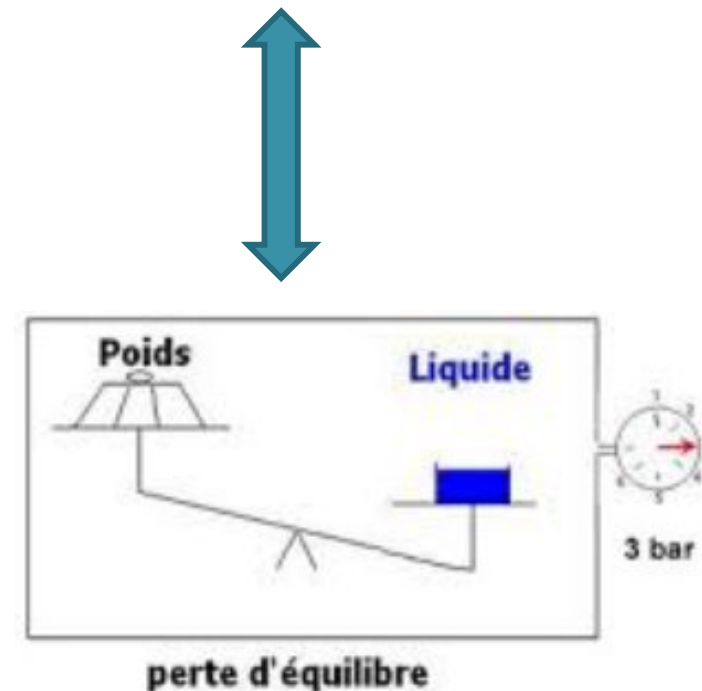
GP N4 – Dissolution des gaz – Loi de Henry

Mise en évidence:

Prenons une balance sur laquelle est placé un récipient avec de l'eau et un poids, en équilibre. Le tout est placé dans une enceinte close dans laquelle la pression est de 1 bar.



On augmente la pression de l'enceinte à 3 bars. Au bout d'un certain temps, la balance n'est plus en équilibre : le récipient contenant l'eau est plus lourd que le poids. => le gaz s'est dissout dans l'eau à cause de l'augmentation de la pression.



Si on redescend la pression de l'enceinte à 1 bar la balance se rééquilibre, l'échange gazeux se fait donc dans les 2 sens.



GP N4 – Dissolution des gaz – Loi de Henry

Mise en évidence 2:

Quand vous ouvrez une bouteille de boisson gazeuse, il y a un dégagement de bulles qui prouve la présence de gaz dans la boisson.

La loi de Henry définit le comportement d'un gaz lorsqu'on le met en contact avec un liquide en fonction de la pression exercée par ce gaz.

vidéo démo

<https://www.youtube.com/watch?v=WuTG0jUVx-4>

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – Dissolution des gaz – Loi de Henry

Henry a démontré que la quantité de gaz dissous dans un liquide augmente avec la pression et inversement.

Application en plongée :

Cela concerne particulièrement le plongeur qui voit la **quantité d'azote dissoute** dans le sang augmenter avec la profondeur.

Cette quantité de gaz dissous est liée:

De manière proportionnelle à la pression et à la surface de contact,

De manière exponentielle au temps de contact,

A la nature du gaz,

A la nature du liquide,

A l'agitation,

De manière inverse à la température.

Définition :

La **pression partielle** d'un gaz (P_p) correspond à la **phase gazeuse**.

Nous parlerons de **Tension (T)** lorsque le **gaz est dissout**.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



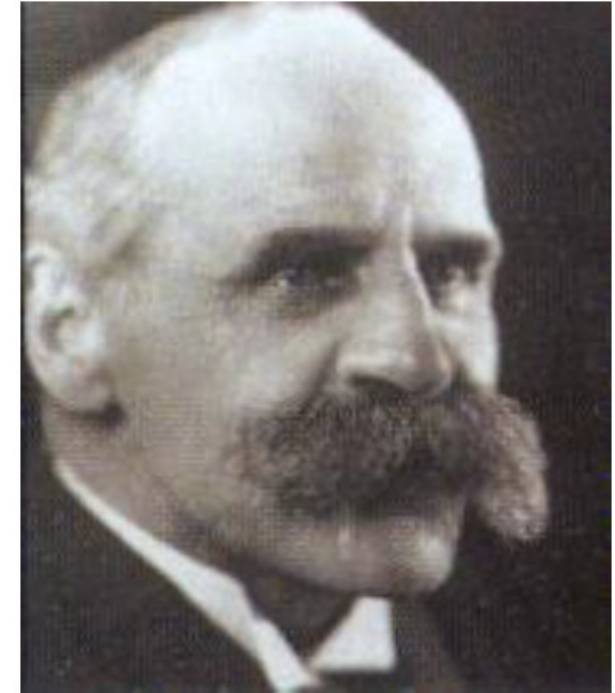
GP N4 – Le modèle de Haldane

Le modèle de Haldane s'appuie sur la Loi de Henry.

Il considère que l'ensemble des tissus de l'organisme peuvent être regroupés au sein de 5 « **compartiments** ». Ces compartiments correspondent à des tissus au comportement similaire face à la saturation. C'est une notion mathématique, théorique.

Il propose un modèle mathématique pour déterminer les coefficients de saturation des différents tissus de l'organisme.

Ce modèle est à la base de l'algorithme des ordinateurs de plongée actuel et de la plupart des tables de plongée.



John Scott Haldane
(3 Mai 1860 - 15 Mars 1936)

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

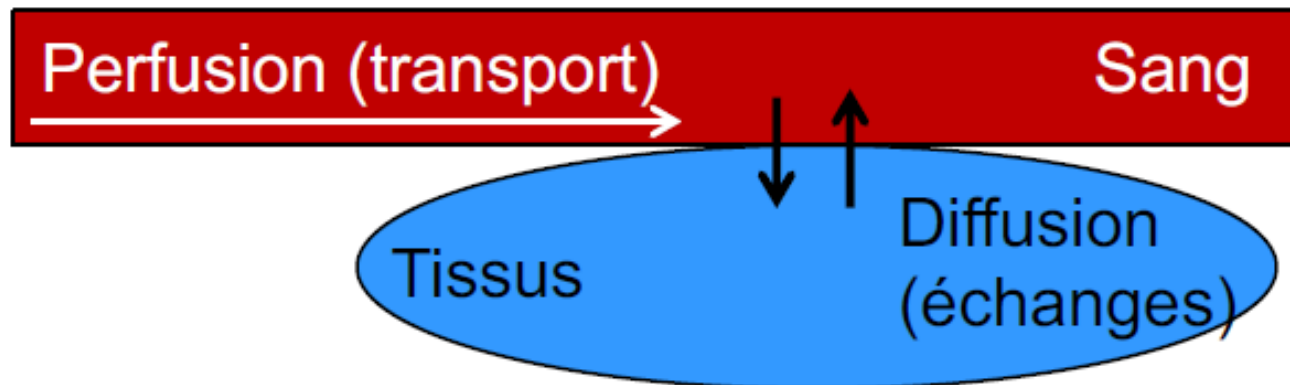
Vision

Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Le modèle de Haldane est un **modèle à perfusion** qui suppose que la quantité de gaz transportée est transmise instantanément au sang et aux tissus et que le phénomène de diffusion peut être négligé. (diffusion : résistance des parois tissulaires et cellulaires).

De fait, on considèrera que $P_{pN_2} = T_{N_2}$. (perfusion instantanée)





GP N4 – La décompression – les états

Les différents états de saturation :

La saturation

$PpN_2 = TN_2$, à la surface le plongeur est à $PpN_2 = TN_2$

Le liquide ne peut pas dissoudre de gaz, la pression = la tension.

État stable, d'équilibre.

La sous-saturation

$PpN_2 > TN_2$, à la descente le plongeur dissout du gaz dans le liquide (sang, plasma).

La sur-saturation

$PpN_2 < TN_2$, à la remontée, la pression diminue, le gaz se libère sous forme de microbulles.

Sursaturation critique

$PpN_2 \ll TN_2$, si la diminution de la PpN_2 est trop rapide, les microbulles grossissent en nombre et en volume (loi de compressibilité des gaz)

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – La décompression – les états

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

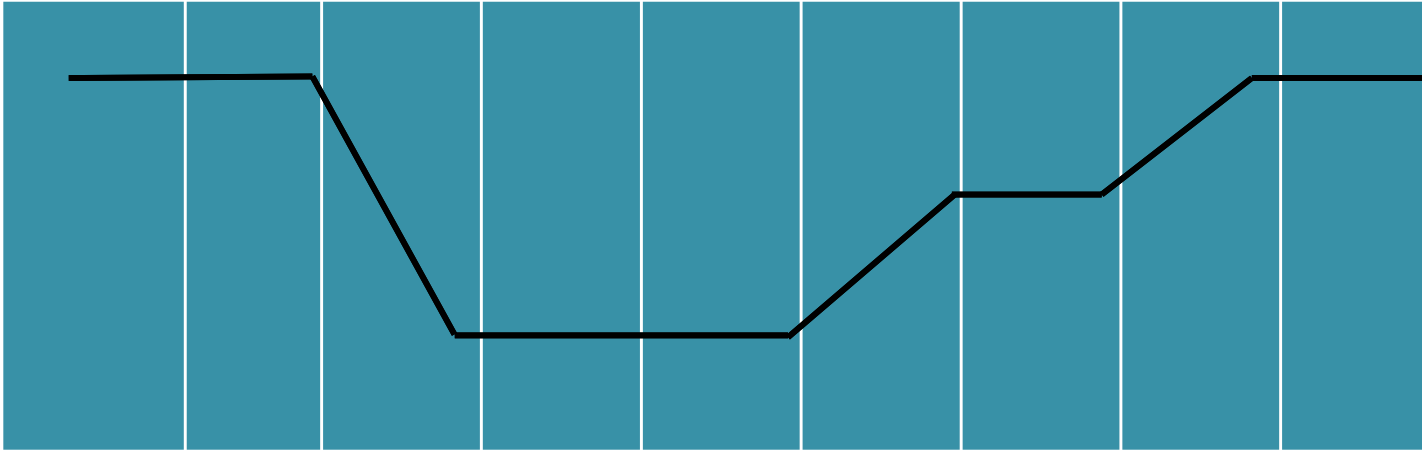
Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – La décompression – les états

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

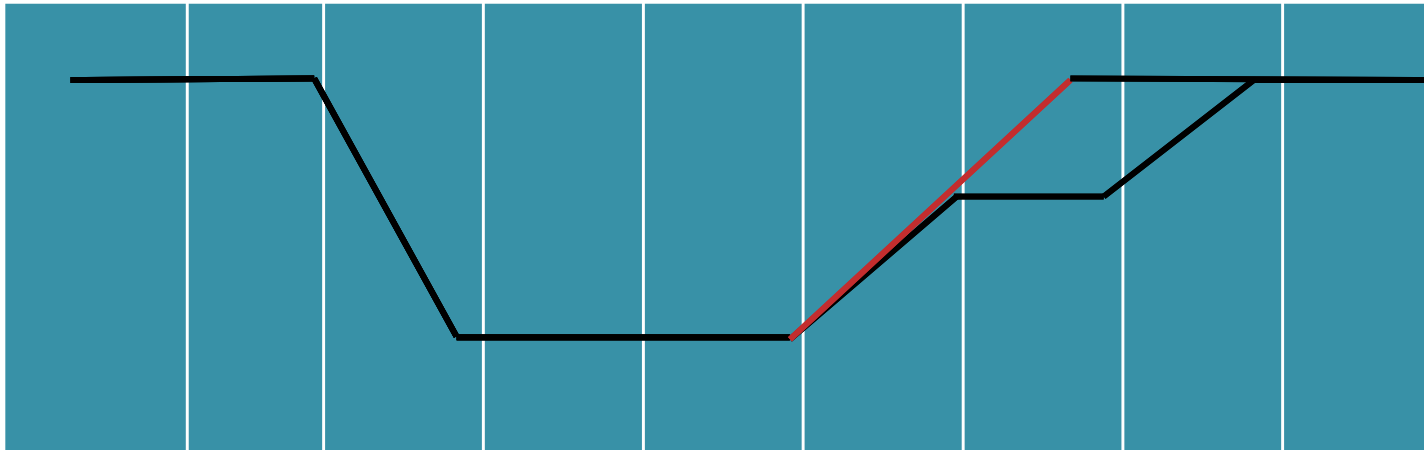
Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

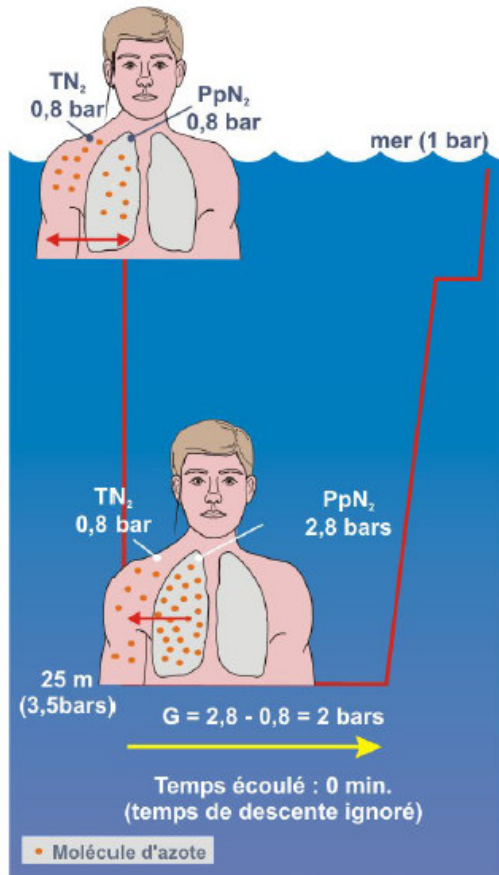


GP N4 – Le modèle de Haldane

Qq définitions (à garder en tête pour le cours sur la déco/attention spoilers!):
Le **gradient** (G) représente la quantité d'azote résiduel devant être dissoute ou éliminée avant d'arriver à saturation.

Le gradient est la différence entre la tension finale (Tf) (à l'équilibre) et la tension d'azote initiale (T0).

$$G = T_f - T_0$$



Rappel : $P_{pgaz.} = P_{abs} * \%gaz$

Ici air=80/20

$T_0 = P_{pN_2}$ en surface = 0,8bar

$T_f = 3,5 * 0,8 = 2,8bar$

$G = 2,8 - 0,8$

$G=2$

Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

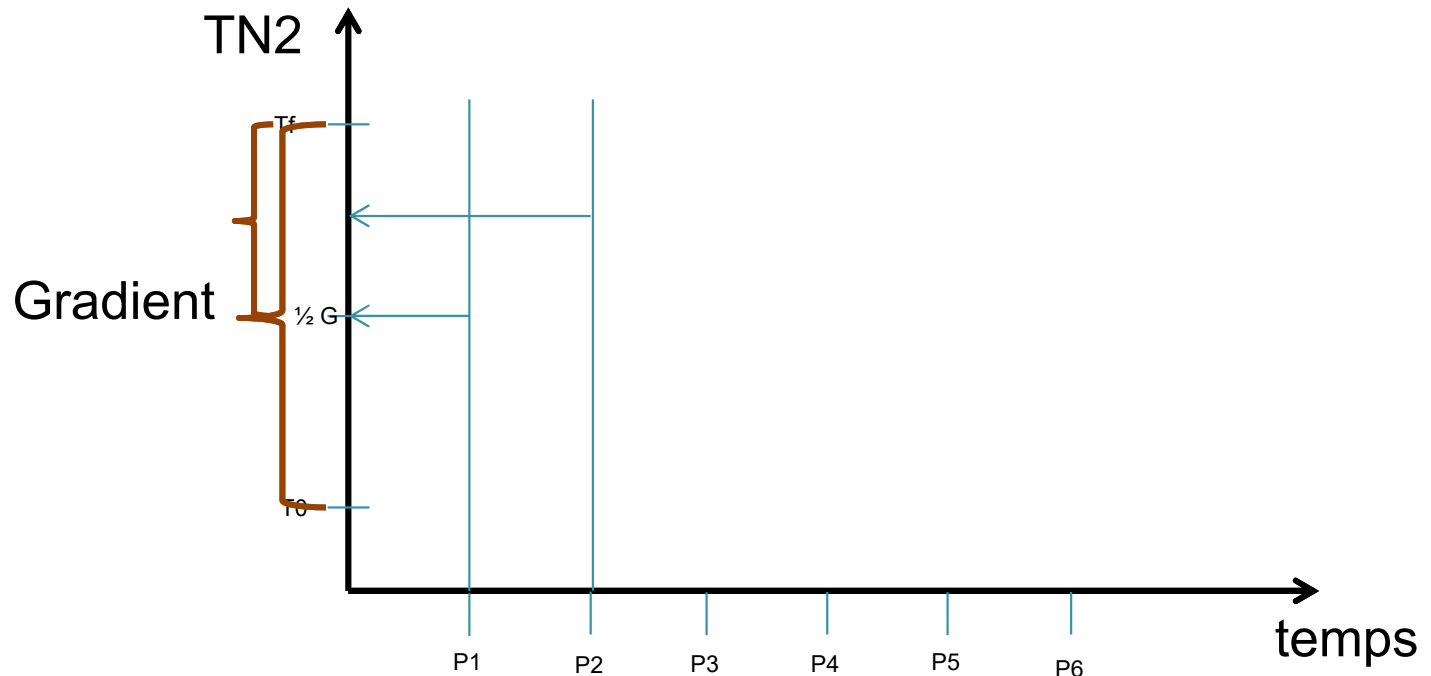
Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Comme déjà vu, les **compartiments** sont une représentation théorique et mathématique d'un système physiologique.

La **période** est une des caractéristiques du compartiment.

La période (P) est le temps nécessaire à la dissolution ou à l'évacuation de la moitié du gradient. Les compartiments vont donc saturer plus ou moins rapidement en fonction de leur période. La période est exprimée en minutes.
Ex : Pour un compartiment de période 5, indique qu'il faut 5 minutes pour saturer de la moitié du gradient.



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – Le modèle de Haldane

Exemples :

- Haldane a défini 5 compartiments avec des périodes différentes : 5, 10, 20, 40 et 75 minutes.
- Les tables MN90 sont calculées à partir de 12 compartiments : 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 et 120 minutes.
- Les ordinateurs peuvent calculer sur un nombre variable de compartiments. (Cf cours sur le matériel)

Courbe de saturation : on considère atteindre les **100%** de saturation (ou de désaturation) **en 6 périodes**.

Pour un compartiment de période 5, il faudra donc 30 (5×6) minutes pour être saturé.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

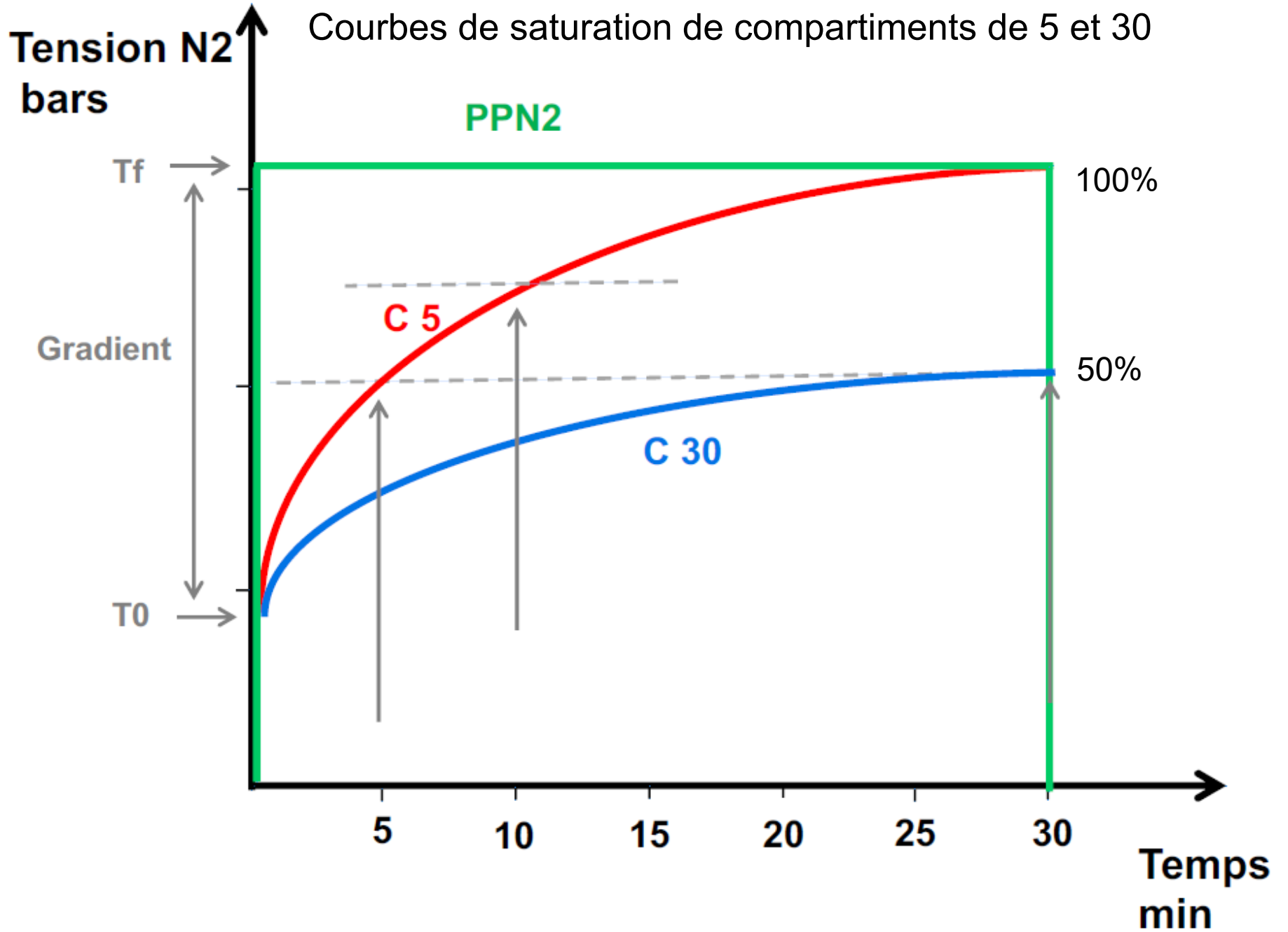
Vision

Acoustique



GP N4 – Le modèle de Haldane

Courbes de saturation de compartiments de 5 et 30



Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Courbe de saturation et taux de saturation (%)

En % de saturation, les différentes périodes représentent :

P1 = 50% de saturation

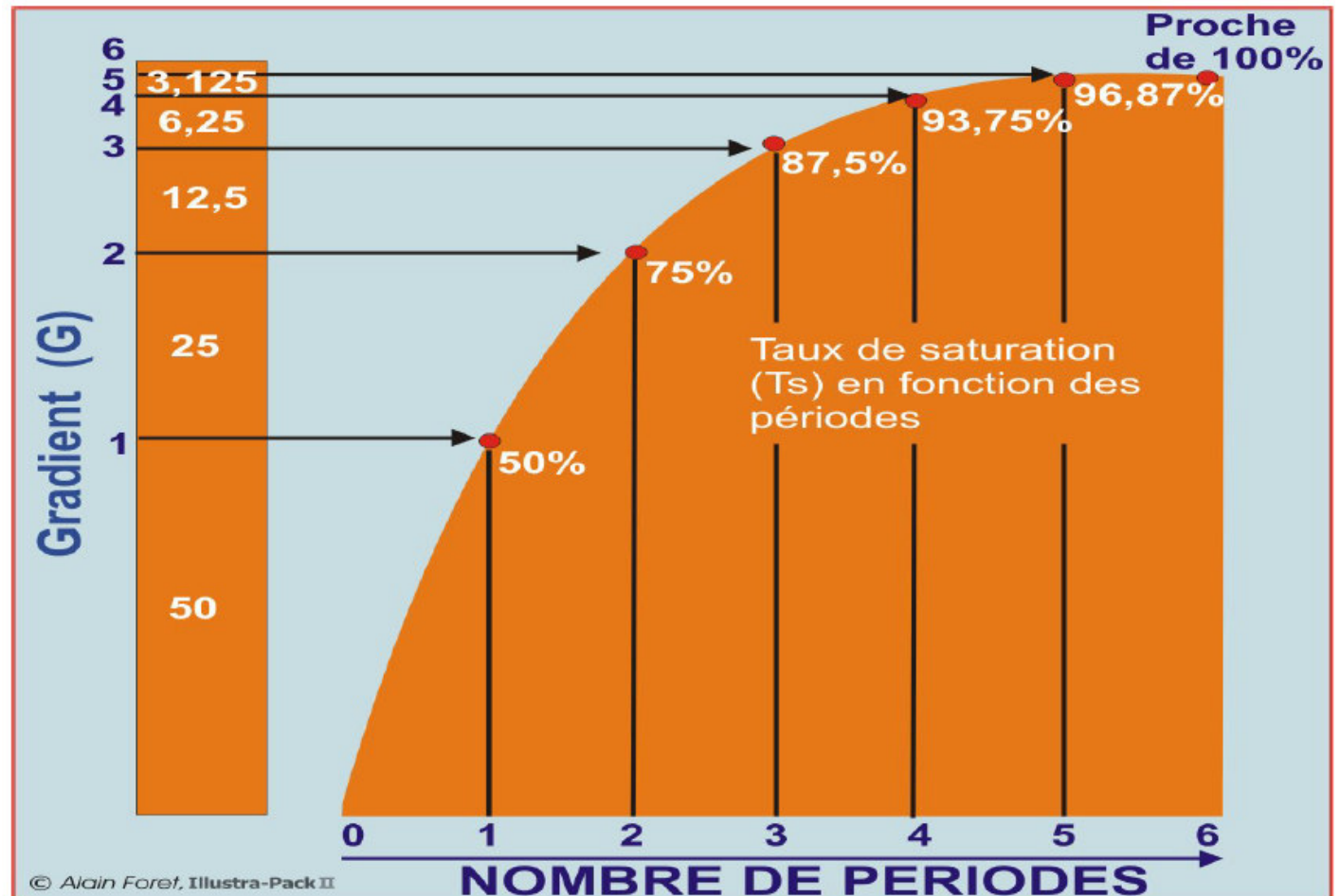
P2 = 75 %

P3 = 87,5%

P4 = 93,75%

P5 = 96,87%

P6 = 100%



Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

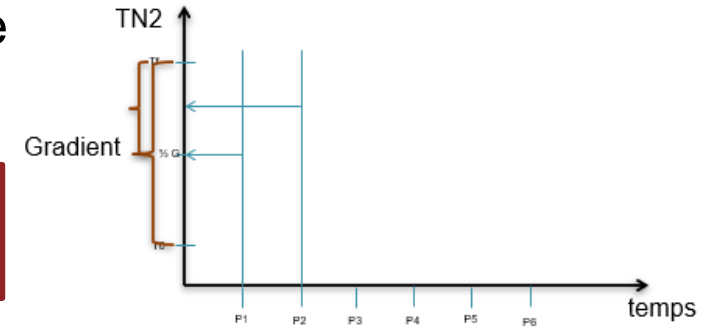
Vision

Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Nous venons de définir la formule qui permet de définir le TN2 absorbée à chaque période :

$$TN2 = T0 + [(Tf - T0) * \%]$$



Avec TN2 = tension d'azote atteinte au bout de la période considérée
% : 2 méthodes pour la calculer :

1. A chaque période vous associez le % de saturation

P1 = 50%

P2 = 75%

P3 = 87,5%

P4 = 93,75%

P5 = 96,875%

P6 = 100%

2. Vous prenez tout le temps 50%, et pour la période suivante, la tension initiale T0 devient le TN2 que vous venez de calculer à la période précédente et ainsi de suite. Le gradient change donc à chaque période. (Cf exemple précédent)

GP N4 – Le modèle de Haldane

Exercice pour application (non prévu à l'examen) :

Pour une plongée à 30m, calculez la valeur du gradient.

Quelle sera la valeur de tension d'azote atteint si je plonge pendant 2 périodes? (air = 80-20)

$$T_0 = PPN_2 \text{ soit } 0,8$$

$$\text{À } 30\text{m, } P_{abs} = 4b \quad T_f = PpN_2 \text{ à } 30\text{m soit } T_f = 4 \cdot 0,8 \quad T_f = 3,2b$$

$$\text{Gradient : } = T_f - T_0$$

$$G = 3,2 - 0,8 = 2,4$$

$$\text{A P1, } TN_2 = \frac{1}{2} G + T_0$$

$$TN_2 = 2,4/2 + 0,8 = 2$$

$$\text{A P2, } TN_2 = \frac{1}{2} G_1 + T_{p1}$$

$$G_1 = 3,2 - 2 = 1,2$$

$$TN_2 = 1,2/2 + 2$$

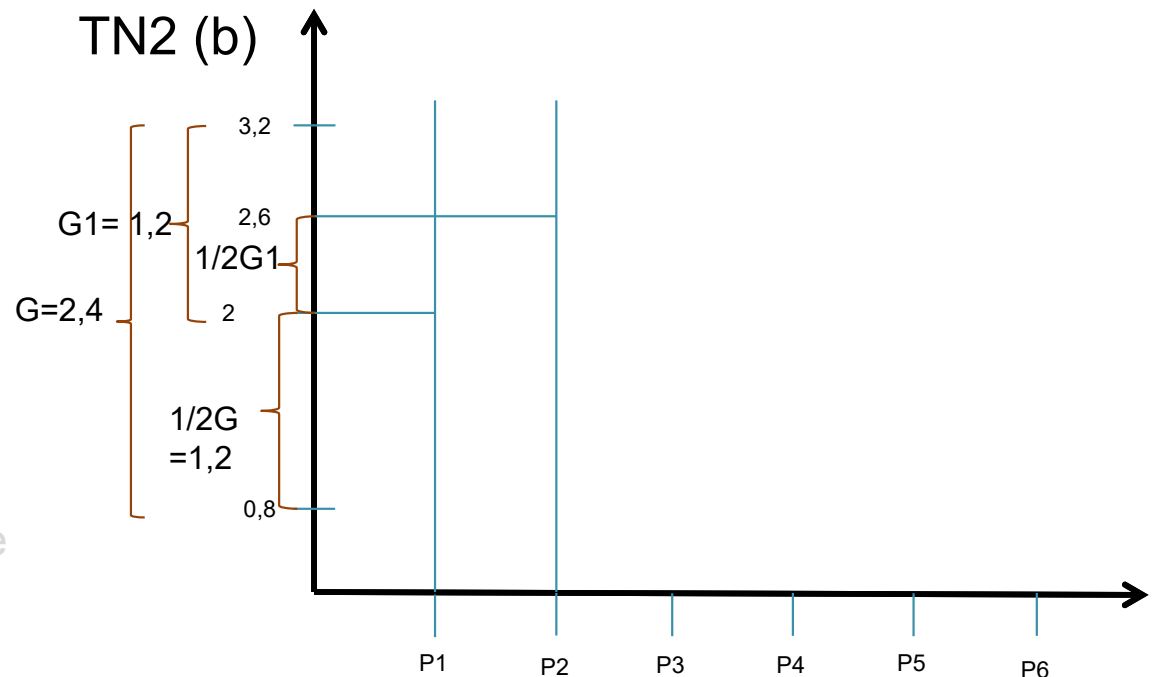
$$\mathbf{TN_2 = 2,6b}$$

Ou

$$\text{A P2, } TN_2 = T_0 + G \cdot \% \text{période}$$

$$TN_2 = 0,8 + (2,4 \cdot 0,75)$$

$$\mathbf{TN_2 = 2,6b}$$



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – Le modèle de Haldane

Exercice :

Pour une plongée à 20m, et une plongée de 40 minutes, calculer le gradient puis les tensions d'azote atteint pour les compartiments de 5, 10 et 20.

1. La profondeur définit la tension finale d'azote et donc le gradient:

$$TfN_2 = P_{abs} * \%N_2$$

$$TfN_2 = 3 * 0,8 = 2,4$$

$$\text{Gradient} = Tf - T_0 \quad G = 2,4 - 0,8 = 1,6$$

2. La durée de plongée associée aux durées de compartiments vont déterminer le nombre de périodes à calculer :

40 minutes :

c'est 8 périodes de 5 minutes

C'est 4 périodes de 10 minutes

C'est 2 périodes de 20 minutes.

Pour le compartiment 5 :

40 min = 8 périodes.

Or on sait qu'à compter de 6 périodes, on considère que le coefficient de saturation = 100%. Donc à 100%, $TN_2 = Tf = 2,4b$

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – Le modèle de Haldane

Exercice (suite) :

Pour une plongée à 20m, et une plongée de 40 minutes, calculer les tensions d'azote atteint pour les compartiments de 10 et 20 min.

$$\text{Gradient} = T_f - T_0 \quad G = 2,4 - 0,8 = 1,6$$

Pour le compartiment 10 :
40 minutes = 4 périodes.

$$T_f = T_0 + G \cdot \%$$

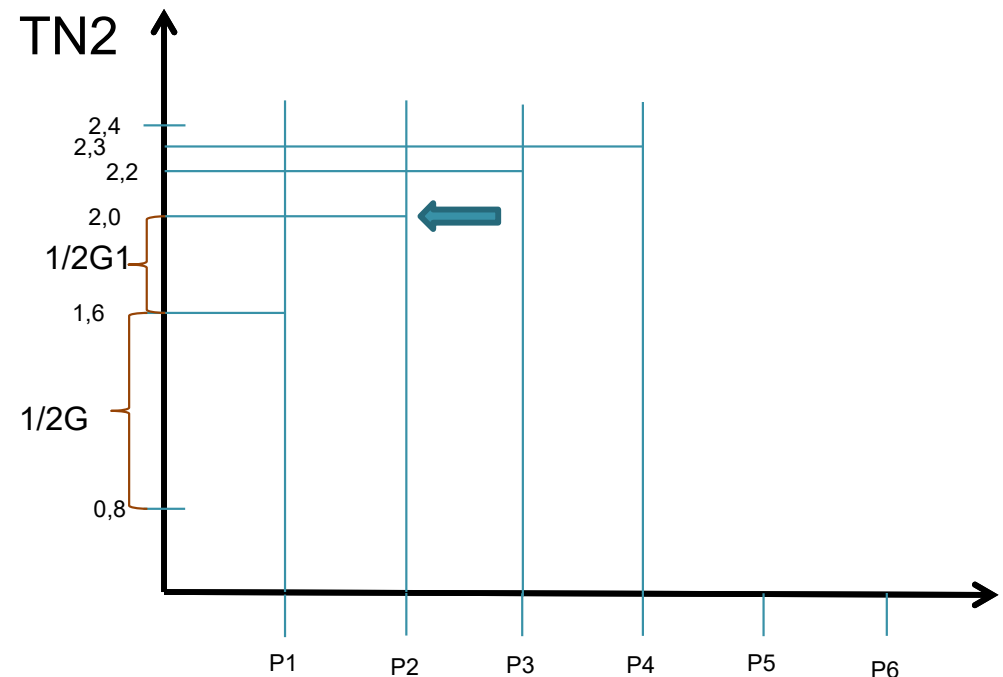
$$T_f = 0,8 + 1,6 \cdot 93,75\%$$

$$T_f = 2,3 \text{ b}$$

Pour le compartiment 20 :
40 minutes = 2 périodes.

$$T_f = 0,8 + 1,6 \cdot 75\%$$

$$T_f = 2 \text{ b}$$



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

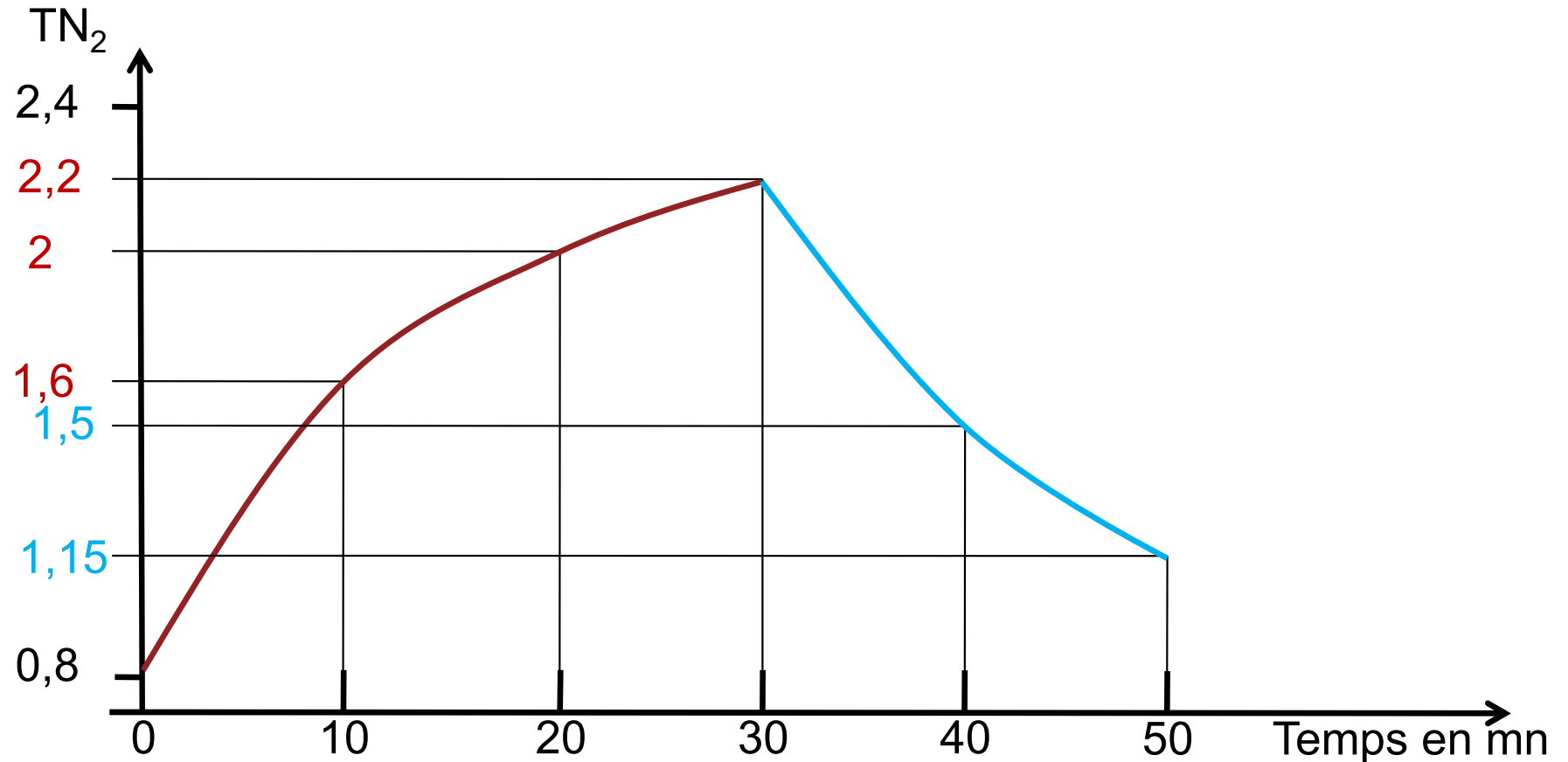
Vision

Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Et qu'en est il de la désaturation?

C'est la même chose, sauf que la tension initiale devient la tension finale à obtenir. Ici, exemple sur un C10 au bout de 30 minutes de plongée.



Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

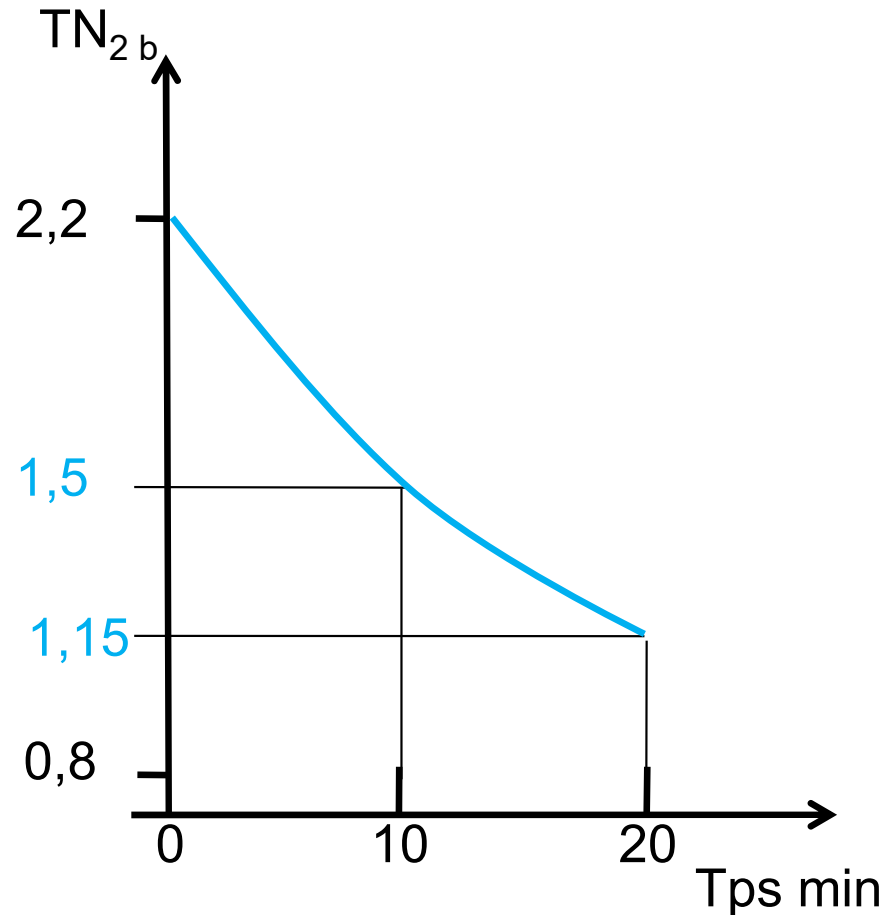
Acoustique

GP N4 – Le modèle de Haldane

Donc cette fois, $T_0 = 2,2b$, et $T_f = 0,8b$

Le gradient : $-1,4$

Ici C10, donc en 20min 2 périodes (75%).



$$T_f = T_0 + G \cdot \%$$

$$T_f = 2,2 + (-1,4 \cdot 0,75)$$

$$T_f = 2,2 - 1,05$$

$$T_f = 1,15b$$

Ou avec les gradients :

$$G_0 = |0,8 - 2,2| = 1,4$$

$$\frac{1}{2} G_0 = 0,7$$

$$T_{f1} = 0,7 + 0,8 = 1,5b$$

$$G_1 = |0,8 - 1,5| = 0,7$$

$$\frac{1}{2} G_1 = 0,35$$

$$T_{f2} = 0,35 + 0,8 = 1,15b$$

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – Le modèle de Haldane

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Le programme de ce cours s'arrête à ces définitions.

Ces définitions sont la base du cours sur la désaturation.

Vous y verrez d'autres notions notamment, les coefficients de sursaturation critique, le compartiment directeur, les profondeurs de palier...

GP N4 – La vision



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Votre expérience de plongeur vous a permis de constater que :

- Les couleurs disparaissent avec la profondeur,
- On voit plus gros
- On voit plus proche
- Le champs de vision est réduit
- Et en eau trouble ou chargée, la lampe est peu efficace.

GP N4 – La vision



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

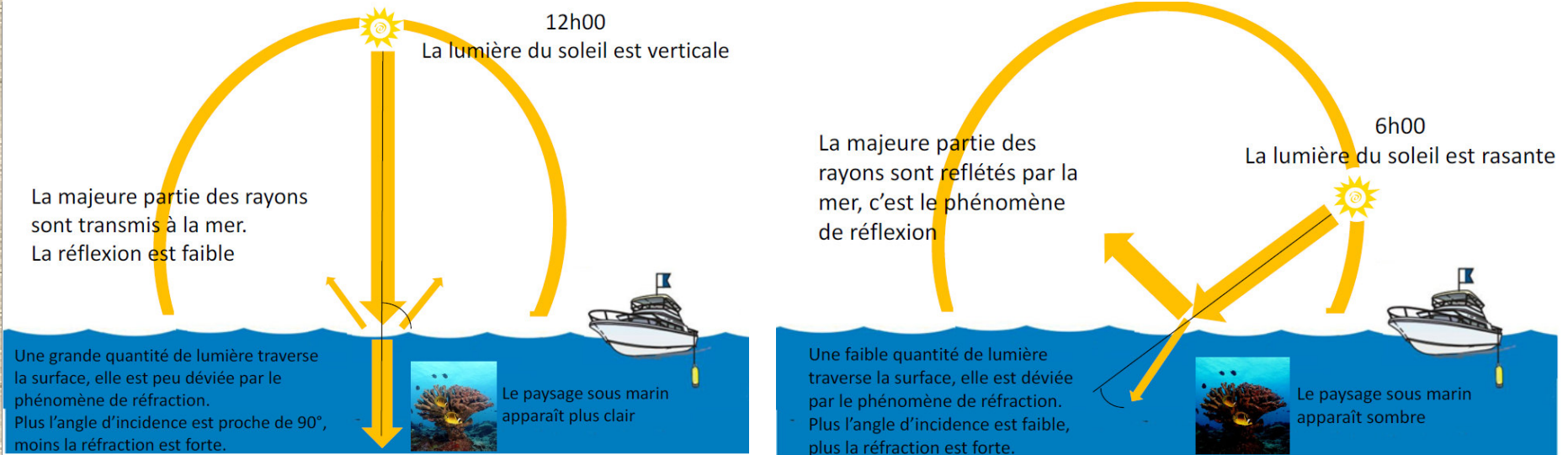
Haldane

Vision

Acoustique

Phénomène de réflexion

Les rayons du soleil n'entrent pas tous dans l'eau. Ils sont réfléchis par la surface de l'eau. Plus le soleil est haut dans le ciel, moins il y aura de rayons réfléchis et les couleurs sous l'eau seront d'autant plus vives.



Penser à prendre une lampe pour compenser la perte de la luminosité.

GP N4 – La vision



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Phénomène de réfraction

Les rayons du soleil qui passent dans l'eau sont déformés et inversés.

Lorsque l'on plonge un bâton dans l'eau, une illusion d'optique tend à faire croire que ce bâton s'est brisé au contact de l'eau. L'indice de réfraction est différent en fonction du milieu (air/liquide/matériau).

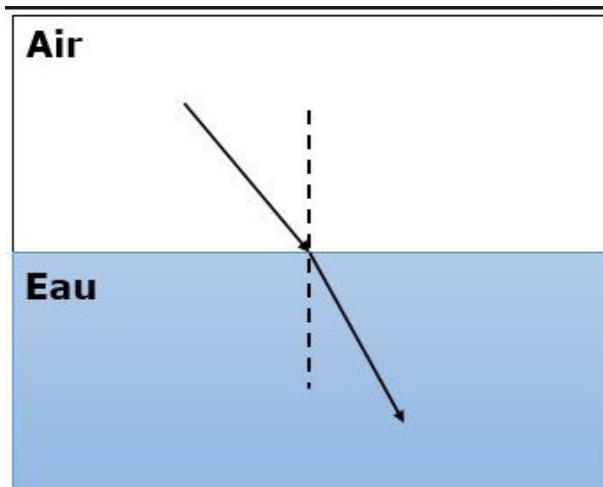
Qq indices de réfraction n :

Air $n = 1$

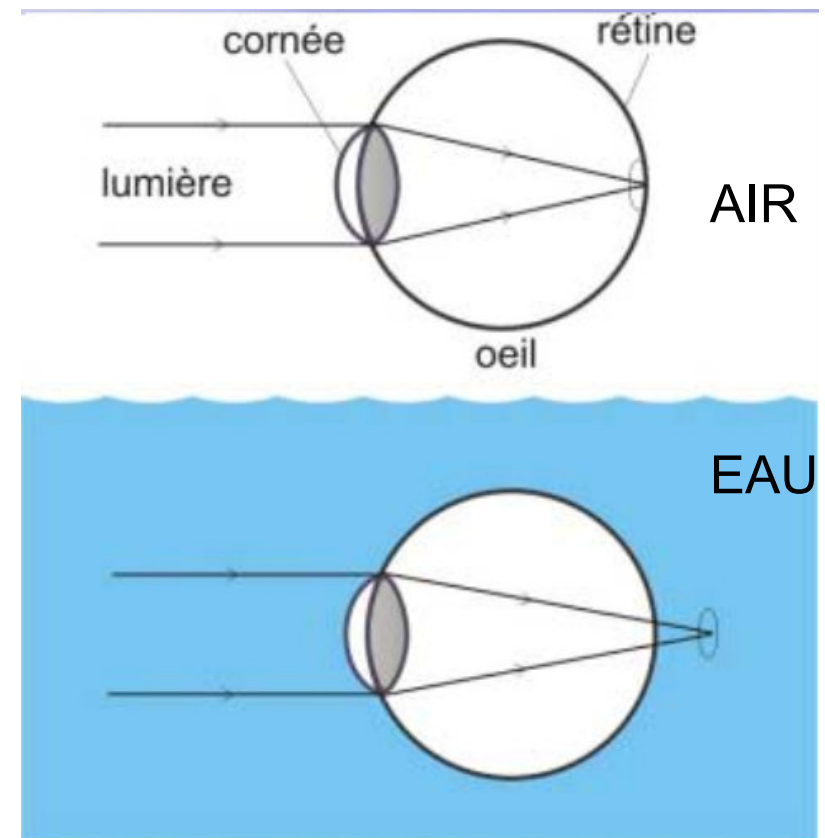
Eau $n = 1,33$

Verre $n = 1,52$

Diamant $n = 2,54$



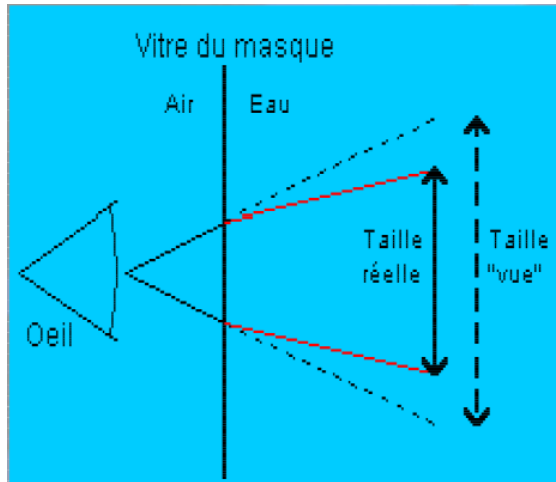
Impact sur la vision



GP N4 – La vision

Phénomène de réfraction (suite)

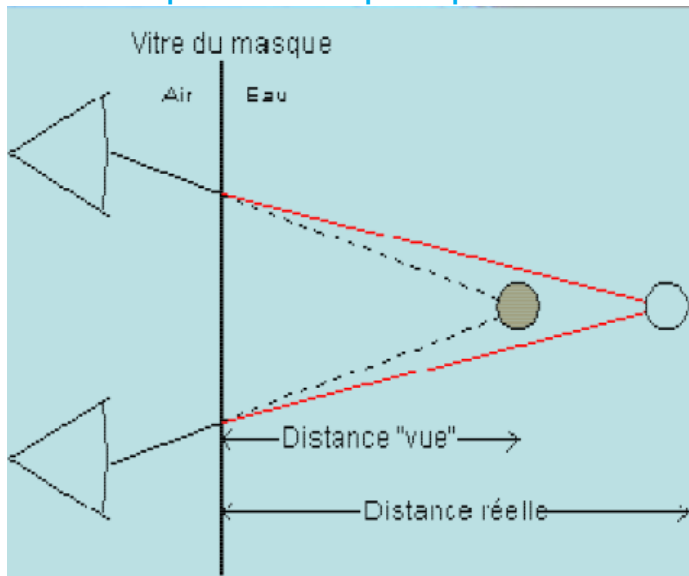
L'air n'a pas le même indice de réfraction que l'eau. Le fait de passer d'un milieu à l'autre déforme l'objet et le fait paraître 4/3 plus gros.



Essayer de relativiser les choses vues.

Attention aux peurs primitives des « grosses » bêtes!

Et le fait paraître $\frac{3}{4}$ plus proche.



Attention pour attraper le bout.

Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – La vision



Phénomène de diffusion

Les rayons qui passent dans l'eau, peuvent rencontrer des particules dans l'eau. Ces particules renvoient ces rayons lumineux dans tous les sens. Ce phénomène diminue l'efficacité des rayons lumineux.



GP :

- Eviter de soulever les particules du fond
- Vérifier le lestage
- Vérifier que le matériel soit bien attaché pour que rien ne traîne
- Choisissez des couleurs claires et peu absorbées pour être reconnaissable sous l'eau,
- N'hésitez pas à vous munir de matériaux réfléchissants.
- Une lampe flash pour être facilement repéré par sa palanquée peut être utilisée.

Par visibilité réduite, imposez un positionnement des membres de la palanquée, limitez la zone d'exploration, allumez les lampes/flash surtout pour être vu, éviter d'avoir à faire des paliers. Vérifier que les membres de la palanquée trouvent leurs instruments sans les voir.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP N4 – La vision

Phénomène d'absorption

2. Les rayons du soleil qui passent dans l'eau perdent leurs couleurs au fur et à mesure de la profondeur. D'abord le rouge, puis le jaune, le vert, ...

Grande
physiq
unités

Archim

Mariotti

Charles

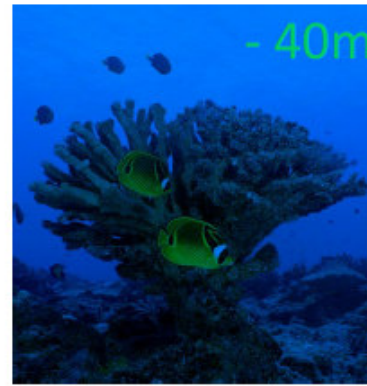
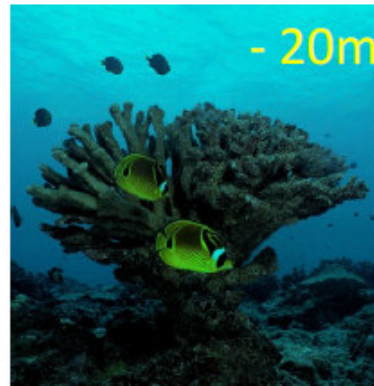
Dalton

Henry

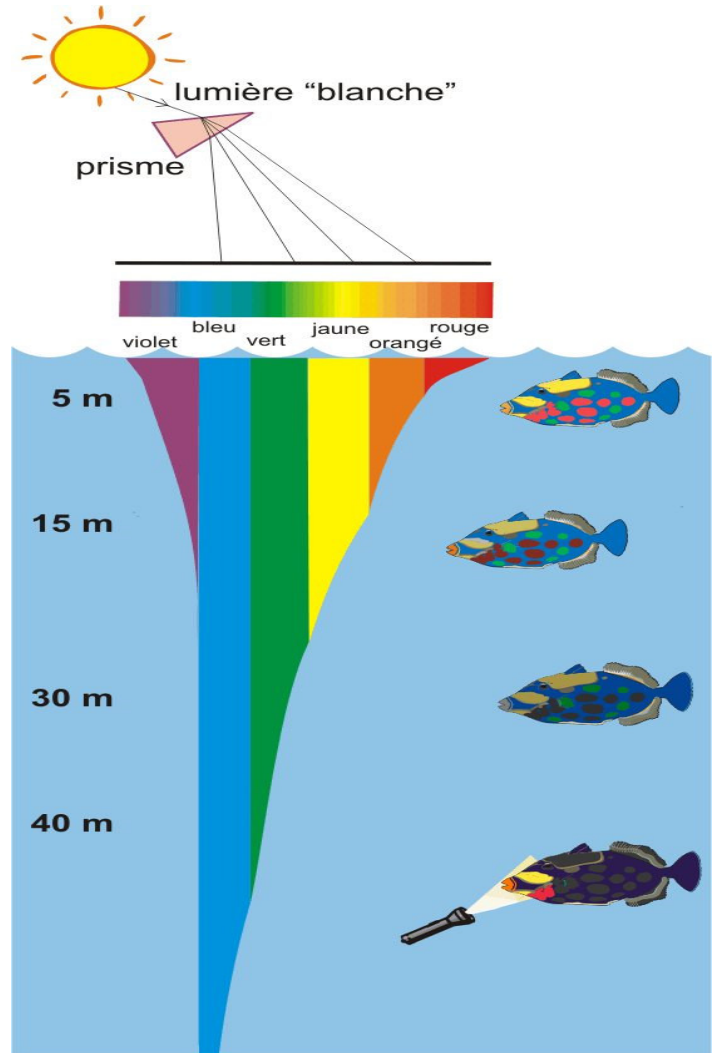
Haldane

Vision

Acoustique



GP : Une lampe est donc nécessaire pour montrer toute la beauté des fonds sous marins.



GP N4 – La vision



Le rétrécissement du champ de vision à cause du masque



Grandeurs physiques et unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP : Vérifier que les membres de la palanquée trouvent leurs instruments (mano, purges, détendeurs...) sans les voir avant de plonger par exemple.

Attention notamment à la remontée, pour attraper le bout, le fil du parachute, l'échelle du bateau...

Attention au positionnement, et à bien montrer les signes en face de son encadré et dans son champ de vision.

GP N4 – La vision - synthèse



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

Différents facteurs :

La réflexion
La réfraction
La diffusion
L'absorption
La salinité et la clarté de l'eau
Le masque



contribuent à
la modifier la
perception du
plongeur sous marin



Et notamment :
La Distance
La Dimension
La couleur des
objets.

GP N4 – La vision



Exercice :

*Je me retrouve nez à nez avec un mérrou de 1,2 m à 2,4 m de moi.
Quelle est sa taille réelle et à quelle distance réelle se trouve t il?*

Taille observée : 1,2m

Taille réelle = taille obs * $\frac{3}{4}$ = $1,2 * \frac{3}{4} = 0,9\text{m}$

Distance réelle = distance perçue * $\frac{4}{3}$ = $2,4 * \frac{4}{3} = 3,2\text{m}$



Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique



GP N4 – L'acoustique

A retenir :

Dans l'air, le son se propage à une vitesse d'environ **330m/s**.

Dans l'eau, la vitesse de propagation de l'onde sonore est d'environ **1500 m/s**. (soit presque 5 fois plus vite que dans l'air).

Compte tenu que cette vitesse de propagation est importante, et considérant un écart entre nos 2 oreilles de 10 cm environ. Il est difficile de déterminer la source d'un bruit.

Grandeurs
physiques et
unités

Archimède

Mariotte

Charles

Dalton

Henry

Haldane

Vision

Acoustique

GP : à l'approche de la surface, Attention aux bruits (moteur de bateau) + un **tour d'horizon** nécessaire pour vérifier le dégagement de l'espace. Le **parachute** doit être déployé lorsque vous ne remontez pas au pendeur.

Pour l'**appel d'un plongeur** de sa palanquée, on pourra taper sur la bouteille avec un couteau ou plomb par exemple ou dans ses mains.

Pour le **rappel des plongeurs** en immersion (en dehors des pétards de rappel) : frapper la partie immergée de l'échelle, frapper violemment la surface de l'eau avec un objet dur et plat.

Attention à la faune, le bruit les fait fuir.

GP N4 – L'acoustique

Exercice

Alors que vous êtes en plongée, vous entendez le son d'une explosion sous-marine 6 secondes après qu'elle ait eu lieu.

A quelle distance de l'explosion êtes vous situé ?

Le son se propage à 1500 mètres par seconde dans l'eau.

Distance de l'explosion : $1500 \times 6 = 9000$ mètres soit 9 km.



Merci de votre attention

Exercices d'application supplémentaires

Exercice 1

Vous réalisez une plongée à l'air (80-20) à 30 mètres durant 20 minutes, en considérant les seuls compartiments de période 5 minutes (C5), 10 minutes (C10), et 20 minutes (C20) - déterminez la tension d'azote finale (TN2 finale) dans chacun des 3 compartiments.

Exercices supplémentaires

Exercice 1 corrigé

Plongée à l'air, donc TN2 avant de partir => 0,8 bar

30 mètres => $P_{abs} = 4 \text{ bar}$ donc TN2 = $4 \times 0,8 = 3,2 \text{ bar}$

Gradient = $3,2 - 0,8 = 2,4 \text{ bar}$

Pour le compartiment de période 5 minutes :

Sur une plongée de 20 minutes, 4 périodes (5 minutes x 4 = 20 minutes).

taux de saturation au bout de 4 périodes = 93,75% du gradient

TN2 finale = $0,8 + (2,4 \times 0,9375) = 3,05 \text{ bar}$

Pour le C10 :

TN2 finale = $0,8 + (2,4 \times 0,75) = 2,6 \text{ bar}$

Pour le C20 :

TN2 finale = $0,8 + (2,4 \times 0,50) = 2 \text{ bar}$

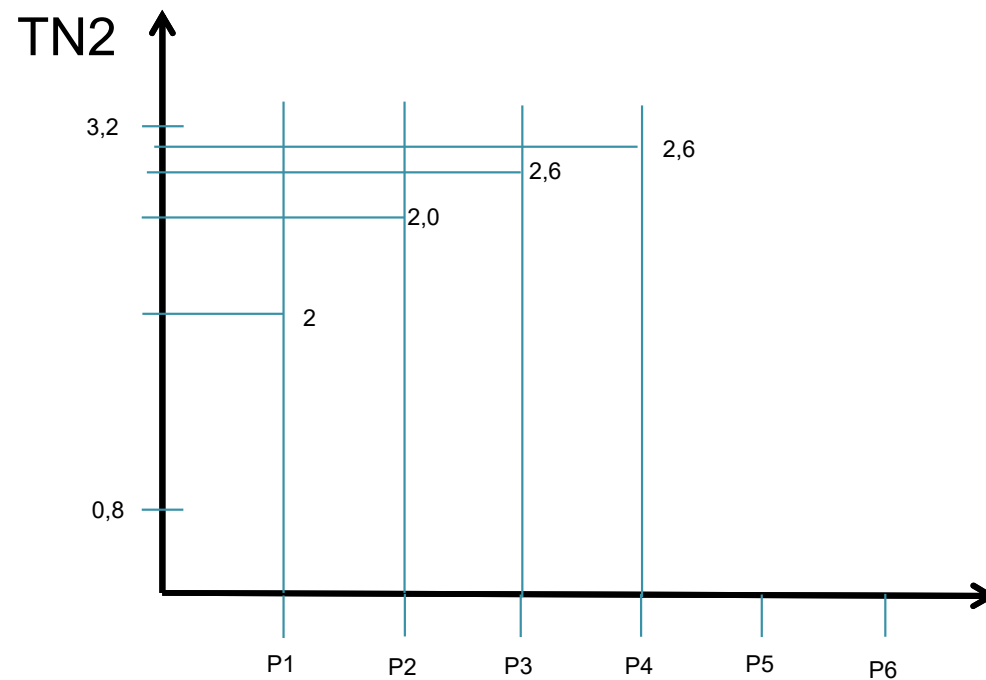
Exercices supplémentaires

Exercice 1 corrigé graphique

Plongée à l'air, donc TN2 avant de partir => 0,8 bar

30 mètres => $P_{abs} = 4 \text{ bar}$ donc $TN2 = 4 \times 0,8 = 3,2 \text{ bar}$

Gradient = $3,2 - 0,8 = 2,4 \text{ bar}$



Exercices supplémentaires

Exercice 2

En ne prenant en compte que les compartiments de période 5 minutes, 15 minutes et 30 minutes vous donnerez pour chacune des deux plongées suivantes la tension d'azote finale de chaque compartiment (plongée réalisées à l'air 80-20). 30 minutes à 40 mètres et 1 heure à 20 mètres

Exercices supplémentaires

Exercice 2 corrigé

Pour la première plongée : 30m à 40m

TN2= 0,8 bar

40 mètres => Pabs = 5 bar donc TN2 = 4 x 0,8 = **4 b**

Gradient = 4 – 0,8 = 3,2 bar

Pour le C5 : Sur une plongée de 30 minutes, ce compartiment va donc réaliser 6 périodes. Taux de saturation au bout de 6 périodes =100%.

TN2 finale = PpN2 finale soit **4 b**

Pour le C15

TN2 finale = 0,8 + (3.2 x 0.75) = **3,2 b**

Pour le C30

TN2 finale = 0,8 + (3.2 x 0.5) = **2,4 b**

Exercices supplémentaires

Exercice 2 corrigé

Pour la deuxième plongée de 1 h à 20m :

TN2 => 0,8 bar

20 mètres => Pabs = 3 bar donc TN2 = 3 x 0,8 = 2,4 bar

Gradient = 2,4 – 0,8 = 1,6 bar

Pour le C5 :

TN2 finale = 0,8 + (1,6 x 1) = **2,4 bar**

Pour le C15 :

TN2 finale = 0,8 + (1,6 x 0.9375) = **2,3 bar**

Pour le C30 :

TN2 finale = 0,8 + (1,6 x 0.75) = **2 bar**