

PLAN

- **Pression Partielle : Dalton**
 - Mise en évidence – Énoncé de la Loi
 - Calcul de la Pp d'un gaz
 - Les limites d'utilisation de l'air comprimé
 - Rôle du Guide de Palanquée
- **Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry**
 - Mise en évidence et énoncé de la loi (Saturation et sous/sur-Saturation)
 - Application à la plongée et implications pour le Guide de Palanquée
- **Vision :**
 - L'œil et la vue : pourquoi un masque ?
 - Une vision déformée sous l'eau
 - La vie d'un rayon lumineux dans l'eau : conséquences
 - Incidences de la vision sur la pratique de la plongée
- **Audition**
 - Audition et plongée.

Dominique Marin

MF1 20708

24/11/10

CTD13 - Théorie N4 Physique
Partie 2

1

Pression Partielle : Dalton
Mise en évidence – Énoncé de la Loi

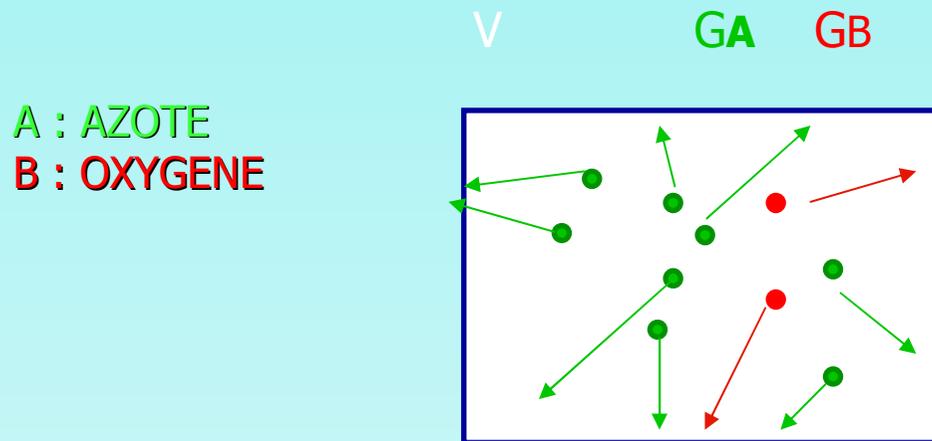
- En plongée sub-aquatique, le fait de respirer de **l'air comprimé**, influe sur notre organisme
- Ce n'est pas la pression absolue du gaz qui importe sur le plan physiologique, ...
.... mais la pression de chacun des gaz qui constitue le mélange (AIR) : c'est la **pression partielle (Pp)** du gaz qui détermine son influence sur notre corps
- de même, ce sont les Pp des autres gaz, endogènes ou exogènes, qui sont importants (CO₂, NO...)

Pression Partielle : Dalton

Mise en évidence – Enoncé de la Loi

RAPPEL : Pression = Force appliquée sur une surface

- A T° fixée, si on place dans une enceinte 2 gaz A et B, non réactifs entre eux, on peut dire que la pression qu'exercera le mélange sur la paroi, sera la somme des forces d'impacts des molécules du gaz A et du gaz B.



- Chaque composant du mélange exerce donc, pour son propre compte, une partie de la pression totale, qui s'appelle, **Pression Partielle (P_p)**, qui est directement liée au nombre de molécules présentes dans le mélange (i.e. le volume)
- Il en découle donc que la **somme des pressions partielles est la pression totale (Pression Absolue ou P_{abs})** et les **P_p sont proportionnelles au % volumique** de chaque gaz dans le volume total du mélange

Pression Partielle : Dalton
Mise en évidence – Enoncé de la Loi

C'est un physicien et chimiste anglais du XVIII^{ème} S :
DALTON, qui l'a énoncée :

$$\rightarrow P_{abs} = P_{pA} + P_{pB}$$
$$\rightarrow P_{pA} = \%A * P_{abs}$$

« Dans un mélange gazeux en équilibre, la pression partielle d'un constituant est la pression qu'il exercerait s'il occupait seul le volume offert au mélange à la température de l'équilibre »

Pression Partielle : Dalton
Calcul de Pressions Partielles d'un Gaz

Application 1: Air = mélange N₂/O₂ : 80% / 20%

En surface P_{abs} = ? :

$$P_{pN_2} = ?$$

$$P_{pO_2} = ?$$

A 40m, P_{abs} = ? :

$$P_{pN_2} = ?$$

$$P_{pO_2} = ?$$

Pression Partielle : Dalton
Calcul de Pressions Partielles d'un Gaz

Application 1: Air = mélange N₂/O₂ : 80% / 20%

En surface P_{abs} = 1b :

$$P_{pN_2} = 80\% * 1b = 0,8 b$$

$$P_{pO_2} = 20\% * 1b = 0,2 b$$

$$\text{On a bien : } P_{pN_2} + P_{pO_2} = 0,8b + 0,2b = 1b$$

A 40m P_{abs} = 5b :

$$P_{pN_2} = 80\% * 5b = 4 b$$

$$P_{pO_2} = 20\% * 5b = 1 b$$

$$\text{On a bien : } P_{pN_2} + P_{pO_2} = 4b + 1b = 5b$$

Pression Partielle : Dalton

Les limites d'utilisation de l'air comprimé dans la plongée

Notre organisme accepte d'être confronté aux gaz courants à l'intérieur de certaines limites de pressions partielles :

→ le franchissement de ces limites d'utilisation provoque des troubles spécifiques

Pression Partielle : Dalton

Les limites d'utilisation de l'air comprimé dans la plongée

☐ **L'Oxygène** est un **gaz vital**, utilisé par notre organisme, pourtant en fonction de certains seuils il est **toxique** :

Hyperoxie Pp O₂ max = 1,6 b :

→ au-delà des troubles neurologiques équivalents à de l'épilepsie, décrits par **Paul Bert**, sont susceptibles d'apparaître, pouvant entraîner une Noyade : concerne surtout la plongée Nitrox, palier O₂ pur.

Hypoxie PpO₂ min = 0,17 b, en dessous perte de connaissance : syncope

En apnée libre, l'hyperventilation peut provoquer cette syncope du fait de l'abaissement artificiellement (PpCO₂) du seuil de déclenchement de la reprise ventilatoire : automatisme ventilatoire déclenché en fonction du niveau de la PpCO₂ et non de la PpO₂ (RdV syncopal des 7m)

En deçà, on parle d'**Anoxie** : cf noyade, etc,

PpO₂ = 0,5 b et si respiration pendant plus de 6h : brûlures de poumons (effets décrits par **Lorrain-Smith**) : → ne concerne pas la plongée Loisir

Anoxie < 0,11 b < Hypoxie < 0,17 b < Normoxie < 1,6 b < Hyperoxie

Pression Partielle : Dalton

Les limites d'utilisation de l'air comprimé dans la plongée

L'**Azote** est un **gaz neutre**, non utilisé par notre organisme, mais qui, à certaine Pression partielle, déclenche des troubles nerveux :

Narcose : $P_{pN_2} > \text{env } 4b$

→ azote affinité avec les tissus graisseux, or les cellules nerveuses (axone, couche de myéline, absorbe ce N_2 ce qui perturbe les transmissions nerveuses qui se font à la surface de l'axone, et les transmetteurs chimiques au niveau des synapses)

Pression Partielle : Dalton
Les limites d'utilisation de l'air comprimé dans la plongée

Surface



Limite à 60 m de la plongée à l'air comprimé :

→ *Risques très forts de Narcose ($PpN_2 = 7b * 80\% = 5,6b$)*

→ *Limite pour Hyperoxie ($PpO_2 = 7b * 20\% = 1,4b$)*

Application 2: l'O₂ est toxique pour une Pp de 1,6 b.

- Des plongeurs vont utiliser un mélange sur-oxygéné à 40% d'O₂ et 60% de N₂ (Nitrox 40/60) lors d'une plongée, calculer la profondeur maxi d'utilisation de ce mélange.
- Idem avec de l'O₂ pur.

Pression Partielle : Dalton

Les limites d'utilisation de l'air comprimé dans la plongée

Application 2: l'O₂ est toxique pour une Pp de 1,6 bar.

- $P_{pO_2} = 1,6 \text{ b} = 40 \% * P_{abs}$

$$P_{abs} = 1,6 \text{ b} / 40 \% = 4 \text{ b}$$

$$P_{abs} = Prof / 10 + 1$$

$$Prof = (4 - 1) * 10 = 30 \text{ m}$$

- $P_{pO_2} = 1,6 \text{ b} = 100 \% * P_{abs}$

$$P_{abs} = 1,6 \text{ b} / 100 \% = 1,6 \text{ b}$$

$$P_{abs} = Prof / 10 + 1$$

$$Prof = (1,6 - 1) * 10 = 6 \text{ m}$$

Pression Partielle : Dalton

Rôle du Guide de Palanquée

En tant que futurs Guides de Palanquée, vous devez connaître les incidences de la respiration d'air comprimé sur notre corps dans le cadre de la plongée sub-aquatique:

→ Nous avons vu que la toxicité des gaz varie avec leur pression partielle, qui est fonction de la Pabs

→ Cela vous permettra de prévenir les accidents liés à cette augmentation de la Pp au-delà de valeurs néfastes pour notre organisme

Ceci, dans le but d'assurer la **sécurité** de votre palanquée dont vous êtes responsables .

Pression Partielle : Dalton

Rôle du Guide de Palanquée

Vous devez être particulièrement **vigilants et attentifs** sur :

- Le vécu des plongeurs de votre palanquée, pour ne pas les mettre en situation de narcose brutale.
- La vitesse de descente sur des plongée profondes pour ne pas se retrouver dans une situation à risque.
- Au respect des seuils de toxicité des gaz pour ne pas se mettre en danger vous et votre palanquée.
- La qualité de la stabilisation des plongeurs et au choix du site pour ne pas dégringoler.
- A la cohésion de la palanquée et la communication entre vous.

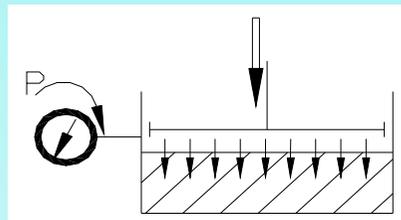
PLAN

- **Pression Partielle : Dalton**
 - Mise en évidence – Énoncé de la Loi
 - Calcul de la Pp d'un gaz et
 - Un cas : les limites d'utilisation de l'air comprimé
 - Rôle du Guide de Palanquée
- **Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry**
 - Exemple et énoncé de la loi (Saturation et sous/sur-Saturation)
 - Application à la plongée et implications pour le GP
- **Vision :**
 - L'œil et la vue : pourquoi un masque ?
 - Une vision déformée sous l'eau
 - La vie d'un rayon lumineux dans l'eau : conséquences
 - Incidences de la vision sur la pratique de la plongée
- **Audition**
 - Audition et plongée

Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry

Mise en évidence - Enoncé de la loi

- Les Gaz sont **solubles** dans les Liquides, or le corps humain est constitué de 80% de liquide et nous respirons de l'AIR : mélange gazeux d'Oxygène (O₂) consommé par notre organisme et d'Azote (N₂) non consommé
- En plongée, nous allons voir que c'est l'Azote qui nous embête...!



Quand un Gaz est mis en présence d'un Liquide, celui-ci absorbe une certaine quantité
→ c'est le phénomène de la **DISSOLUTION**

- Au bout d'un certain temps, et si la Pression et la Température restent constantes, la quantité de Gaz dissoute atteint une **limite**: aucune molécule ne peut être dissoute :
→ c'est la **SATURATION** qui correspond à un état **d'équilibre** entre la pression du Gaz libre et la pression du Gaz dissous dans le liquide
- En surface, notre corps est naturellement saturé de N₂ à la Pp de 0.8 b.

Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry Mise en évidence - Enoncé de la loi

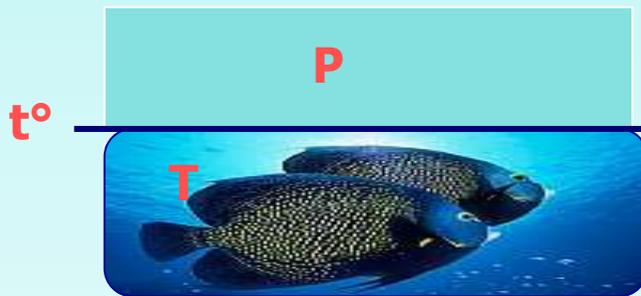
C'est un Physicien Chimiste Anglais du 18-19^{ème} S. qui a énoncé la loi :

« A température donnée et à saturation, la quantité de gaz dissoute dans un liquide est proportionnelle à la pression du gaz au dessus du liquide »

$$Q = k * P$$

→ Par extension, on assimilera la Quantité de Gaz dissous par une **Tension Tg** (Pression) de Gaz dissous.

(NB: Une pression exprimée en mm HG, n'est pas une longueur !!)

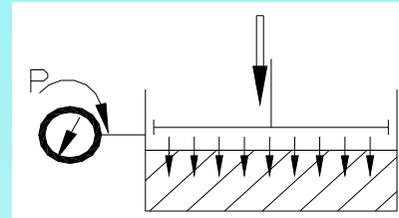


Les Poissons respirent bien dans l'eau !!!

Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry

Mise en évidence - Enoncé de la loi

1. A saturation, si on augmente la pression du Gaz libre au-dessus du Liquide, le Gaz pénètre et continue de se dissoudre :



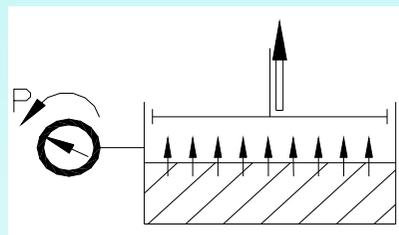
- L'Etat de **Sous-Saturation** correspond à un **état de déséquilibre** : la Pression du Gaz libre est supérieure à la Tension du Gaz dissous

2. A saturation, si on diminue la pression du Gaz libre au-dessus du Liquide, le Gaz s'échappe du Liquide en reprenant sa forme gazeuse : les molécules gazeuses se regroupent sous forme de micro-bulles :

- L'Etat de **Sur-Saturation** correspond aussi à un **état de déséquilibre** : la Pression du Gaz libre est inférieure à la Tension du Gaz dissous

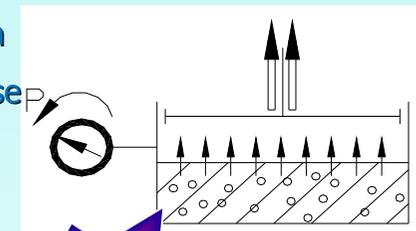
Baisse **suffisamment lente** de la pression

- Les micro-bulles gazeuses se forment et s'échappent au voisinage de la surface de contact



Baisse **rapide** de la pression

- Les micro-bulles gazeuses se forment au sein même du Liquide



C'est l'ADD!!

Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry

Application à la plongée et implications pour le GP

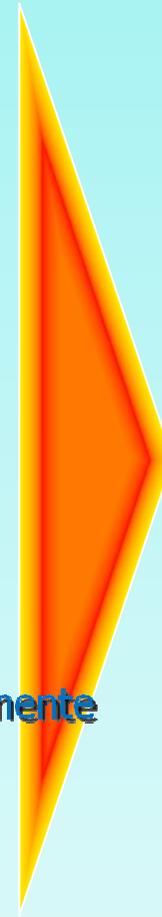
FACTEURS DE DISSOLUTION

Facteurs et Tendances

- Nature du Gaz
- Nature du Liquide
- Si la t°C baisse alors Q augmente
- Si la Pression augmente alors Q augmente
- Si le Temps augmente alors Q augmente
- Si la Surface de contact augmente alors Q augmente
- Si l'Agitation augmente alors Q augmente

Application à la plongée

- O₂ consommé par le plongeur
- N₂ non consommé
- Tissus adipeux, Muscles, Sang, Eau, Os,...
- Plongée en eau froide = danger (t°C plongeur = 37°C)
- Profondeur de la plongée
- Durée de la plongée
- Tissus + ou - vascularisés
- Effort en plongée = danger

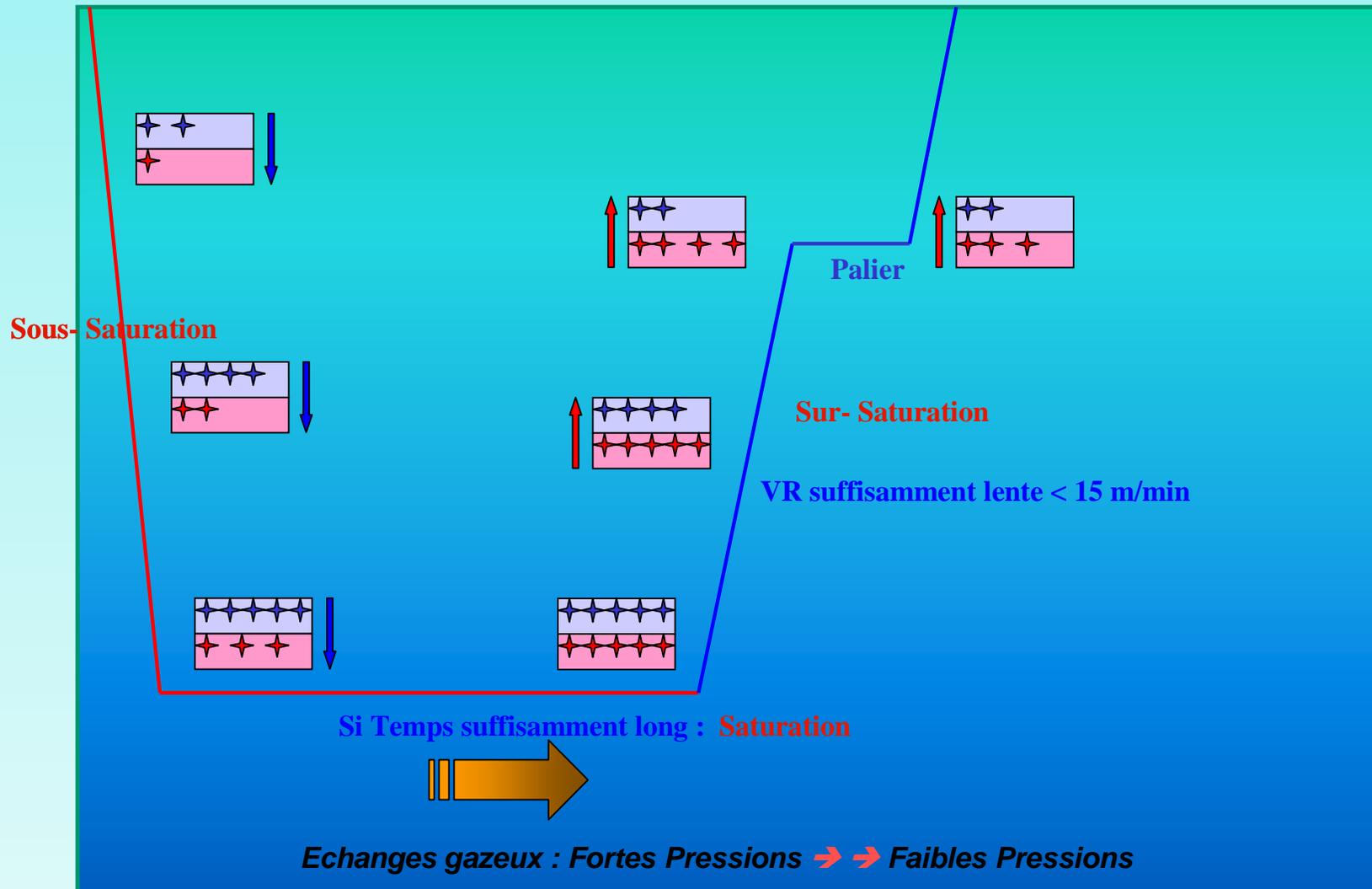


Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry

Application à la plongée et implications pour le GP

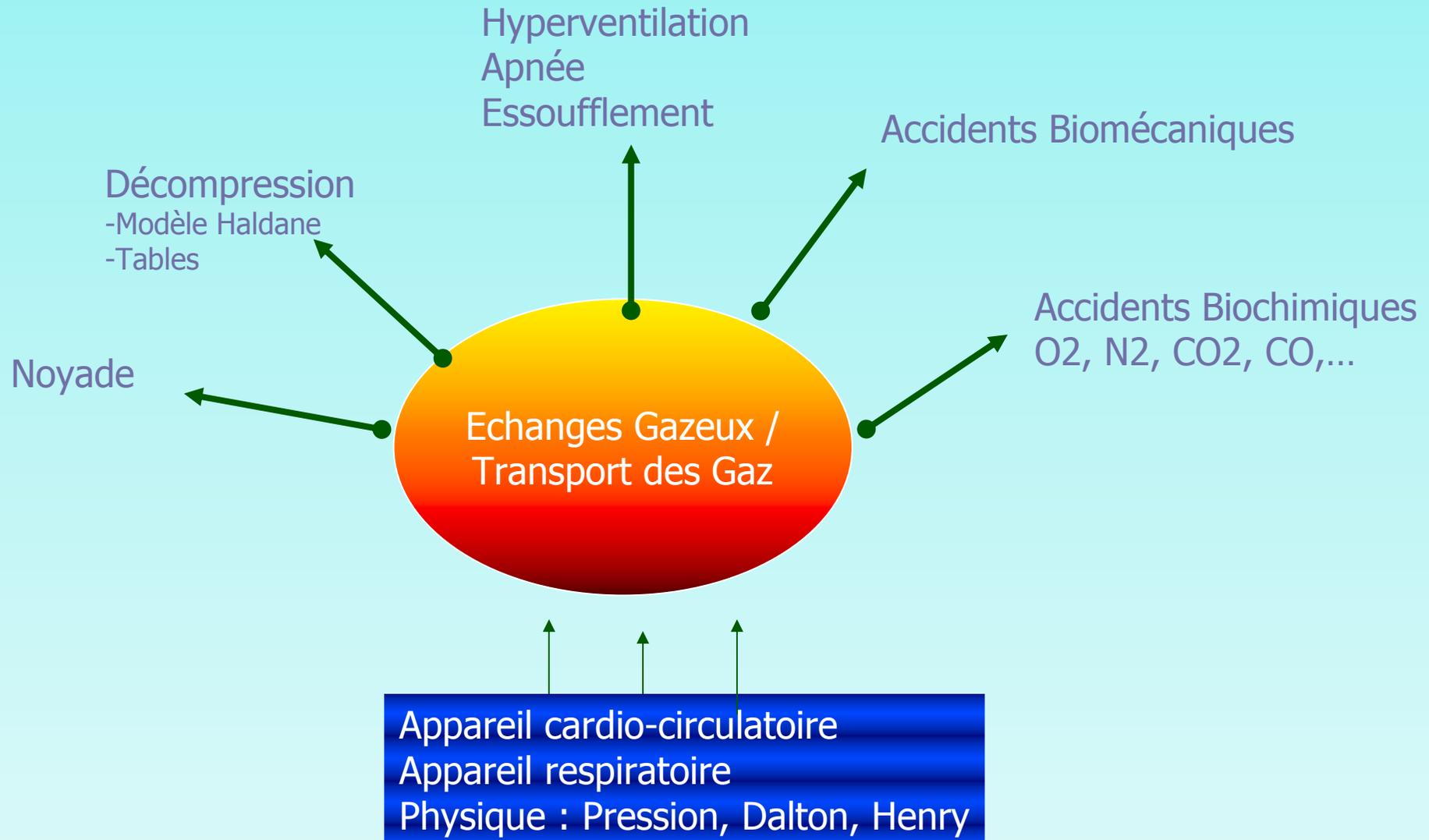
Poumon PpN2
Tissu TN2

Comportements Après Plongée



Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry

Application à la plongée et implications pour le GP



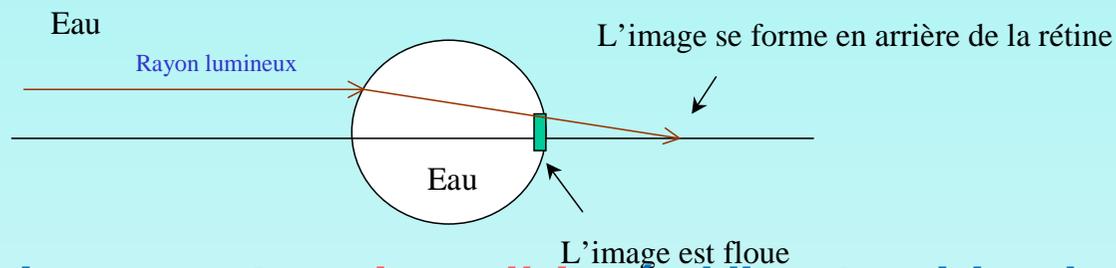
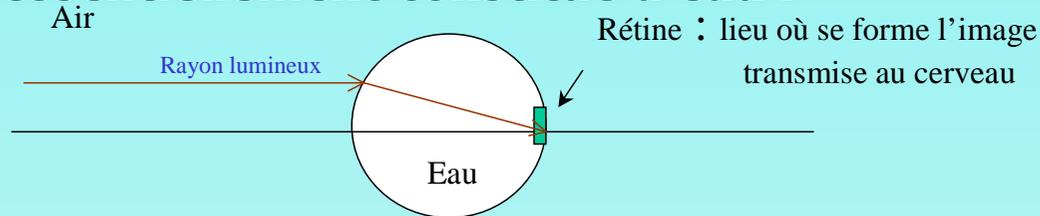
PLAN

- **Pression Partielle : Dalton**
 - Mise en évidence – Énoncé de la Loi
 - Calcul de la Pp d'un gaz et
 - Un cas : les limites d'utilisation de l'air comprimé
 - Rôle du Guide de Palanquée
- **Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry**
 - Exemple et énoncé de la loi (Saturation et sous/sur-Saturation)
 - Application à la plongée et implications pour le GP
- **Vision :**
 - L'œil et la vue : pourquoi un masque ?
 - Une vision déformée sous l'eau
 - La vie d'un rayon lumineux dans l'eau : conséquences
 - Incidences de la vision sur la pratique de la plongée
- **Audition**
 - Audition et plongée

Optique

L'œil et la vue : pourquoi un masque?

- L'œil est essentiellement constitué d'eau :



→ Le masque, en incorporant une **lame d'air**, rétablit notre vision de terrien...

→ ... Mais la **vision se rétrécit** du fait du port du masque avec la taille de la jupe et sa distance à l'œil : de 180° → à env. 120°, tant Horizontalement que Verticalement !!

→ Conséquences:

- Pour regarder : il faut pivoter sur soi → tour d'horizon en approche surface
- Pour trouver son matériel, il faut développer ses automatismes
- Pour effectuer des signes de communication, il faut se mettre bien en face du champ visuel de son co-équipier.
- En cas de VDM, attention aux lentilles

CTD13 - Théorie N4 Physique

Partie 2

Optique

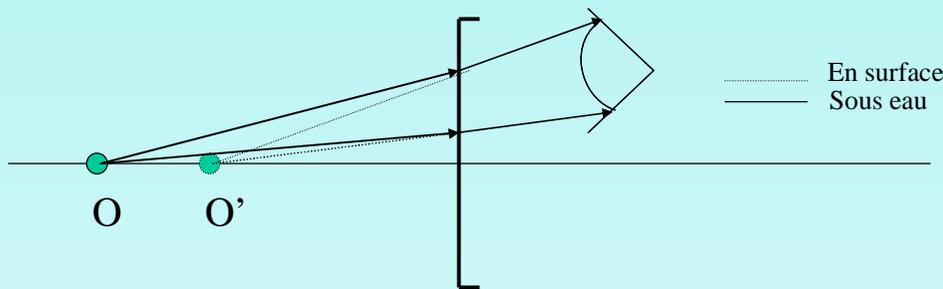
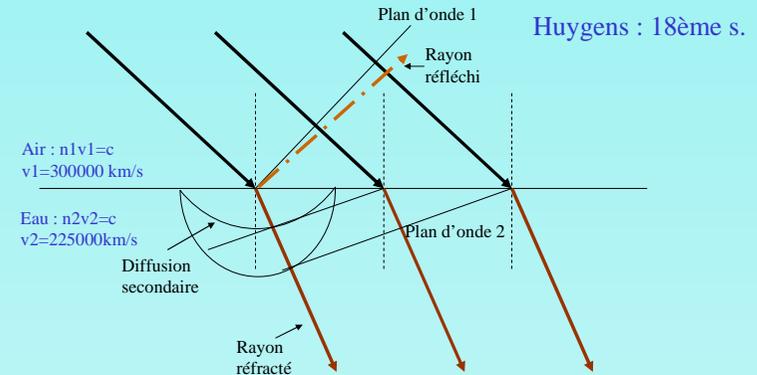
Une vision déformée sous l'eau

→ En changeant de milieu, le rayon lumineux est dévié du fait du changement de la vitesse de la lumière :

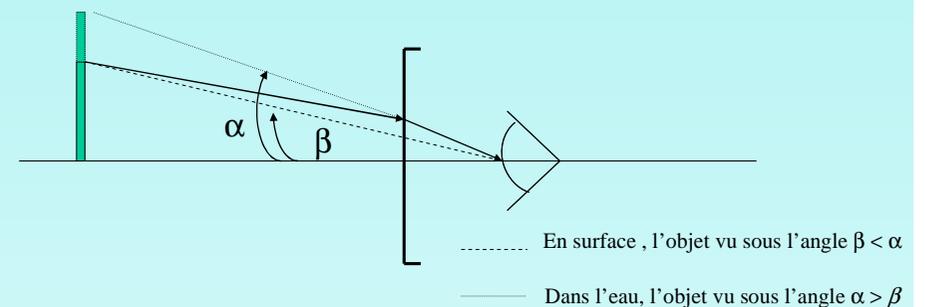
→ c'est la **Réfraction**

Rapport des indices de réfraction Eau/Air :

$$N_{\text{Air}} / N_{\text{Eau}} = V_{\text{Eau}} / V_{\text{Air}} = 225\,000 / 300\,000 = 3/4$$



→ L'Objet O nous semble plus **proche** O': $3/4$
 → Le N4 doit connaître ce phénomène pour être vigilant sur les distances de ses coéquipiers!

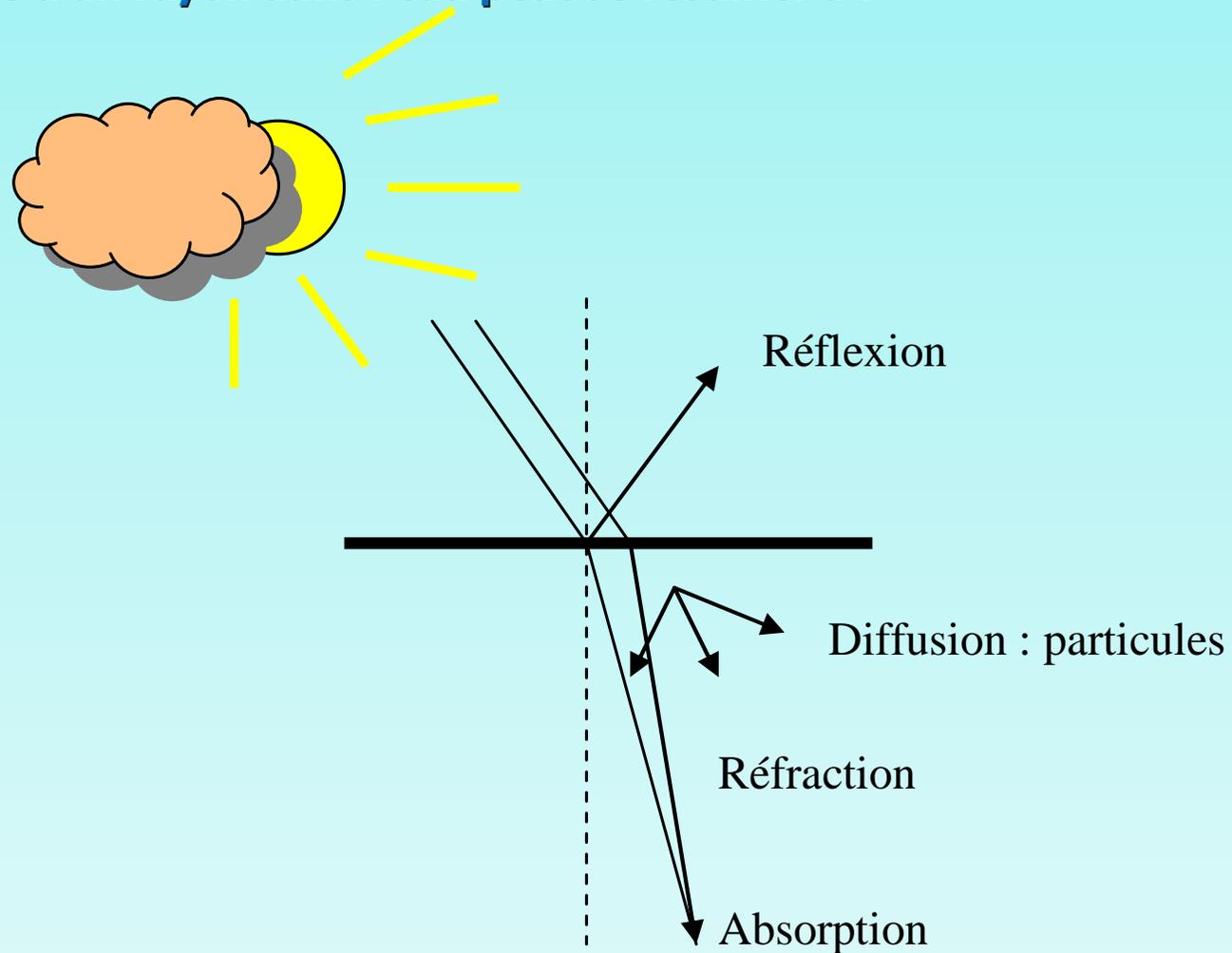


→ L'Objet O nous semble plus **gros** : $4/3$
 → le N4 doit être conscient de cet effet pour évaluer la taille des objets à saisir éventuellement !

Vision

La vie d'un rayon lumineux dans l'eau

→ La vie d'un rayon dans l'eau peut se résumer à :



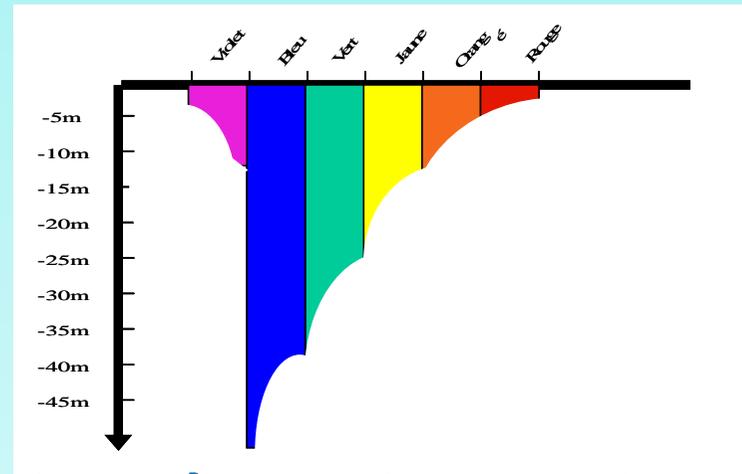
Vision

La vie d'un rayon lumineux dans l'eau

La lumière en plongée :

En fait, la lumière blanche est composée de plusieurs couleurs : du rouge au violet (arc-en-ciel).

→ Dès les 1ers mètres, le Rouge disparaît, puis le violet autour de 15 m, ensuite les autres couleurs : vers 20m, tout apparaît plutôt bleu.



→ D'où la nécessité de posséder une lampe ou phare (Lumière blanche : T° de couleur ~ 6000 °K), afin de restituer les couleurs lors d'une plongée et d'intéresser sa palanquée.

→ Cela est dû au phénomène d'absorption de la lumière par l'eau.

Vision

Incidence de la vision sur la pratique de la plongée

- Quand la vision intervient-elle dans la plongée ?
- Qu'est-ce qui se passe en plongée ?

Éléments à prendre en compte :

Dès la surface :

orientation : position du soleil

intensité de la lumière : matin, midi, ou soir ?

Dans l'eau :

baisse de la visibilité, champ de vision rétrécie, vision déformée :

- **Se regrouper : attention aux plongeurs d'un plus petit niveau: évaluation des distances, saisie d'objet,...**
- **Bien se positionner pour communiquer (axe masque)**
- **Développer des automatismes pour saisir son équipement**
- **Tour d'horizon**
- **Utiliser une lampe**

PLAN

- **Pression Partielle : Dalton**
 - Mise en évidence – Énoncé de la Loi
 - Calcul de la Pp d'un gaz et
 - Un cas : les limites d'utilisation de l'air comprimé
 - Rôle du Guide de Palanquée
- **Dissolution des Gaz dans les liquides : Henry**
 - Exemple et énoncé de la loi (Saturation et sous/sur-Saturation)
 - Application à la plongée et implications pour le GP
- **Vision :**
 - L'œil et la vue : pourquoi un masque ?
 - Une vision déformée sous l'eau
 - La vie d'un rayon lumineux dans l'eau : conséquences
 - Incidences de la vision sur la pratique de la plongée
- **Audition**
 - **Audition et plongée**

Audition

Audition et plongée

- Le son est une **onde** ou vibration acoustique
 - Le son se déplace **5 fois plus vite** dans l'eau ($\sim 1500\text{m/s}$) que dans l'air (330m/s) : l'eau étant **800 fois plus dense** que l'air
 - Nos 2 oreilles captent, amplifient (osselets) puis transmettent ce son, via le nerf auditif, à notre cerveau :
 - Dans l'eau, compte tenu de cette vitesse le cerveau ne peut analyser correctement la localisation de la source du fait :
 - ✓ que la boîte crânienne, et non plus seulement les tympans, transmet le son
 - ✓ de l'écart ici trop faible entre nos 2 oreilles (différentiation dans l'espace pour déterminer une direction)
- **Sécurité** : Nécessité de faire un tour d'horizon pour voir si un objet se rapproche de nous : **direction et distance.**

Audition

Audition et plongée

□ Fréquence des sons :

Aigus, graves

Vibrations : explosions, condition météo (ressac, ...)

□ Codes de communication : car on ne peut pas parler sous l'eau

Signes conventionnels, non conventionnels

□ Moyens de rappel :

Bruits échelle, Pétards,...

□ Attirer attention co-équipier :

Choc bouteille, avertisseurs sonores, crécelles,,...