

Troisième plongée : les barotraumatismes

Situation

Jérémy poursuit sa semaine de plongée dans son club désormais familial. Il est présenté à Claire, son binôme pour la plongée.

Communication

Dimanche, 14h00

- Bonjour Claire, je m'appelle Jérémy, j'ai mon PA20, une cinquantaine de plongées dont presque 10 en autonomie. Ça va être ma 3^{ème} plongée dans ce club et j'ai fait 5 plongées en Bretagne le mois dernier.
- Bonjour Jérémy, moi c'est Claire. Je suis aussi PA20, avec une quarantaine de plongées. Je n'ai pas plongé depuis 1 an. Mon dernier séjour de plongée était aux Maldives. Je vais préparer mon matériel avant de tout mettre sur le bateau.
- Ok, moi aussi.

Arrivés sur site, le DP rappelle les consignes de sécurité et présente le site : un tombant magnifique qui va de 5m jusqu'à 40m.

- Vous pouvez partir à main droite pour revenir à main gauche et retrouver le bateau, mouillé sur une bouée fixe. La mise à l'eau se fait sur la porte latérale du bateau.

Nos deux plongeurs se retrouvent à l'avant du bateau, le long du bout de la bouée.

- C'est bon, tout va bien, tu es prêt à descendre ?
- Oui, OK.

Ils s'immergent en canard. Au bout de 2-3 mètres, Jérémy sent une gêne dans les oreilles et ne parvient pas à descendre plus profondément.





Pourquoi Jérémie ressent-il une gêne dans les oreilles ?

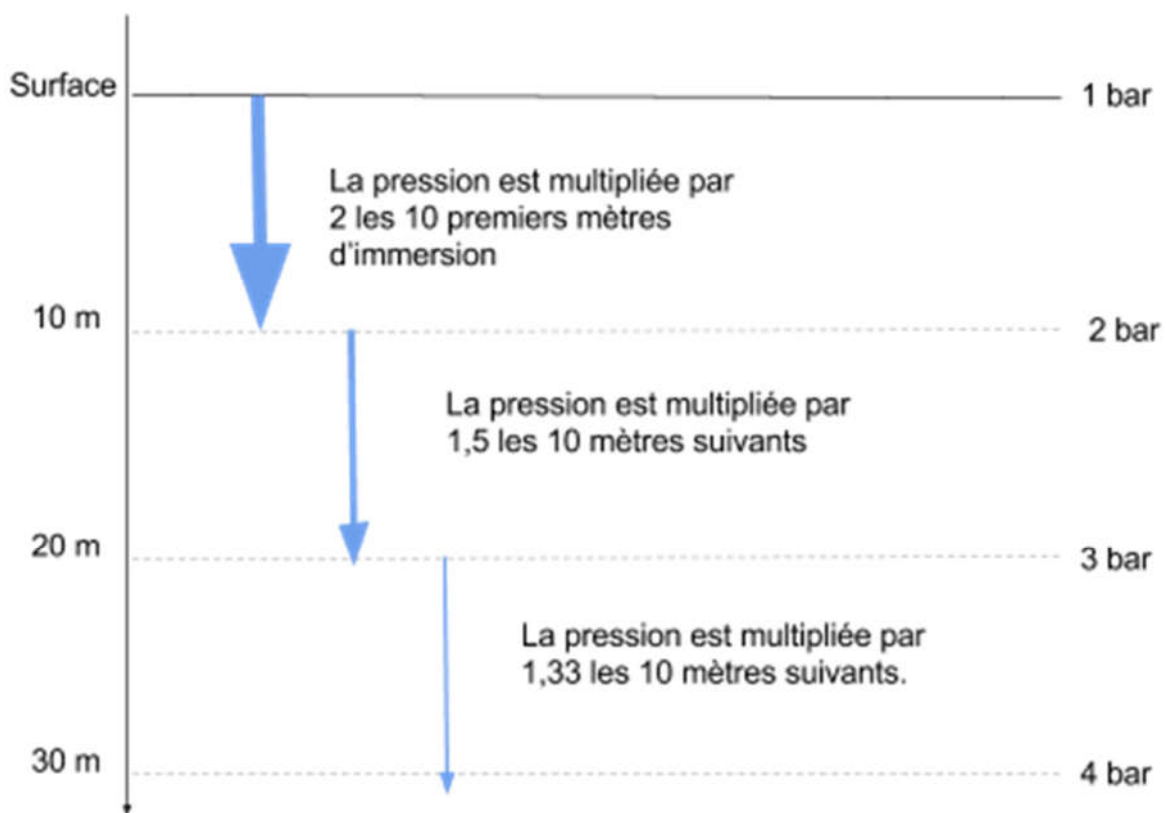
Notion de pression

Ce qui gêne Jérémie est la pression exercée par la masse d'eau au-dessus de lui pendant la phase d'immersion. Plus précisément, c'est la **différence de pression** entre la surface et la profondeur à laquelle il est descendu.

Une pression est **une force qui s'exerce sur une surface**.

En surface, l'atmosphère terrestre exerce une pression dû au poids de l'air autour de la terre. C'est la pression atmosphérique. Elle est de plus ou moins 1 bar selon les conditions climatiques.

L'eau exerce une pression beaucoup plus forte parce qu'elle est beaucoup plus lourde que l'air.



On remarque ici que la différence de pression subie par le plongeur est plus importante en début d'immersion, et que cette différence de pression s'atténue avec la profondeur.



Quelle loi physique nous permet de comprendre le mal d'oreille de Jérémie ?

Loi de BOYLE - MARIOTTE

“A température constante, le volume d'un gaz est inversement proportionnel à la pression qu'il subit”. Ce qui nous donne la formule :

$$\text{Pression (P) x Volume (V) = constante}$$

En plongée, nous nous intéressons particulièrement aux variations de volume. Nous utilisons la formule de Boyle - Mariotte sous la forme :

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

ou P_1 et V_1 désigne la pression et le volume du gaz à l'état 1 et P_2 et V_2 l'état de ce même gaz à l'état 2.

Ex : Vous injectez dans votre gilet un volume de 4 litres d'air à 10 mètres. Quel sera le volume de votre stab à 20 m, 30 m et en surface ?

D'après la loi de Boyle - Mariotte :

$$\begin{aligned} - P_{10}V_{10} &= P_{20}V_{20} \text{ avec : } P_{10} \text{ la pression à 10 m soit } P_{10} = 2 \text{ bar} \\ &V_{10} \text{ le volume d'air dans la stab à 10 m soit } V_{10} = 4 \text{ l} \\ &P_{20} = 3 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$V_{20} = (P_{10} * V_{10}) / P_{20} = (2 * 4) / 3 = 2.66 \text{ l}$$

$$V_{30} = (P_{10} * V_{10}) / P_{30} = (2 * 4) / 4 = 2 \text{ l}$$

De même :

$$\text{Nous aurions pu écrire également : } V_{30} = (P_{20} * V_{20}) / P_{30} = (3 * 2,66) / 4 = 2 \text{ l}$$

$$V_0 = (P_{10} * V_{10}) / P_0 = (2 * 4) / 1 = 8 \text{ l}$$



Qu'est-ce qu'un barotraumatisme ?



Les barotraumatismes

Un barotraumatisme est un traumatisme lié à la pression. L'augmentation de la pression subie par le corps lors de l'immersion fait diminuer les volumes qui contiennent des gaz non dissous. Toutes les cavités du corps qui contiennent de l'air sont donc susceptibles de subir un barotraumatisme :

- Oreilles
- Sinus
- Dents
- Poumons
- Intestin et estomac.
- Le masque contient également de l'air.

Le principe est toujours le même. Un espace clos contient un gaz. Sous l'effet de la pression, le volume de cet espace diminue ou augmente, déformant ainsi sa paroi. Cette déformation peut être douloureuse et avoir des conséquences physiologiques graves. Pour éviter cette déformation, il faut rétablir l'équilibre des pressions extérieures et intérieures, soit en retirant de l'air dans la cavité, soit en ajoutant par une technique propre à chaque partie du corps.

⇒ **Une pression qui s'exerce sur une cavité qui contient de l'air peut provoquer un traumatisme.**

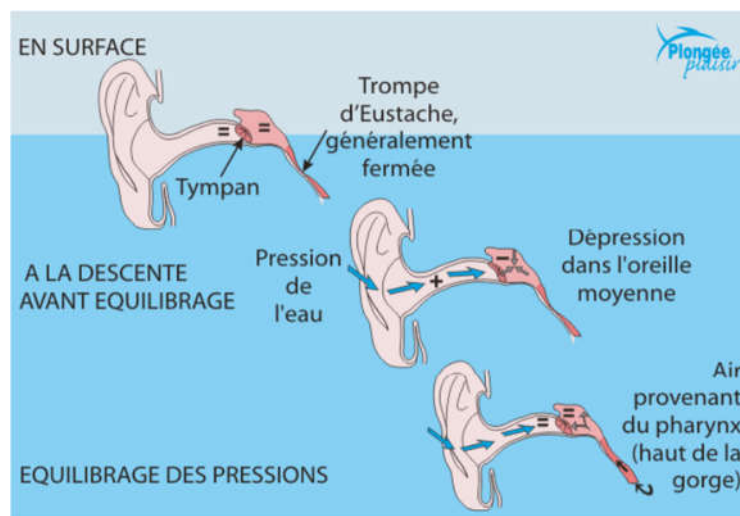




Pourquoi l'oreille ?

Le barotraumatisme de l'oreille

L'espace clos exposé au barotraumatisme est ici l'oreille moyenne. Elle est fermée d'un côté par le tympan, une membrane fine et fragile qui est rapidement douloureuse quand elle est déformée. De l'autre côté, l'oreille moyenne communique avec les fosses nasales par des canaux appelés trompes d'Eustache. Des muscles entourant la trompe d'Eustache peuvent se contracter pour fermer complètement l'oreille moyenne. La trompe d'Eustache est la plupart du temps fermée et s'ouvre à intervalles réguliers pour permettre l'équilibre des pressions et ainsi protéger les tympanes. Ce mécanisme ne peut cependant pas faire face à une augmentation brutale de la pression telle qu'on la rencontre dans les premiers mètres de l'immersion.



Mécanisme

1. En surface, la pression à l'extérieur est identique à la pression de l'air dans l'oreille moyenne.
2. A l'immersion, la pression externe augmente. La trompe d'Eustache est fermée ou pas suffisamment ouverte pour permettre l'équilibre des pressions. Le tympan est déformé ce qui provoque une gêne, voire une douleur.
3. De l'air entre dans l'oreille moyenne par la trompe d'Eustache (naturellement ou par une technique appropriée) et rééquilibre la pression.

Plusieurs **techniques** permettent de rééquilibrer les pressions dans l'oreille moyenne :

- La manœuvre de Valsalva est la plus simple et la plus connue. Elle consiste à se pincer le nez et tenter d'expirer par le nez. La surpression ainsi créée dans les fosses nasales force le passage de l'air par la trompe d'Eustache. Une trop forte pression peut toutefois provoquer l'effet inverse, une surpression dans l'oreille moyenne. Pour éviter ça, une variante consiste à ne pas pincer complètement le nez pour laisser passer un peu d'air. La surpression ainsi créée dans les fosses nasales est moins importante et peut être suffisante pour rééquilibrer les pressions.
- La déglutition a un effet mécanique sur la trompe d'Eustache et provoque son ouverture. C'est une méthode douce mais pas efficace chez tous les plongeurs.
- La béance tubaire volontaire (BTV) consiste à mobiliser volontairement les muscles entourant la trompe d'Eustache, ce qui implique d'avoir pris conscience de ces muscles. Cette technique fait l'objet de formations.

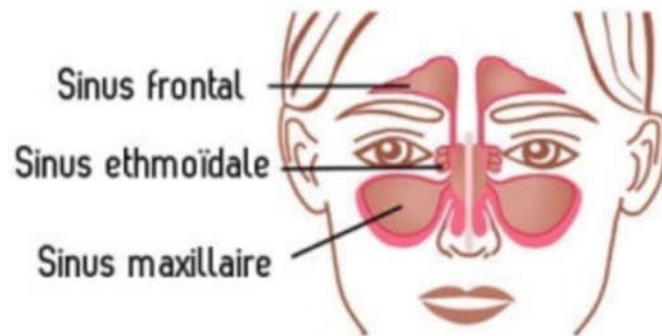




Pourquoi les sinus ?

Le barotraumatisme des sinus

Les sinus sont des cavités contenant de l'air, généralement à la même pression que dans les voies respiratoires.



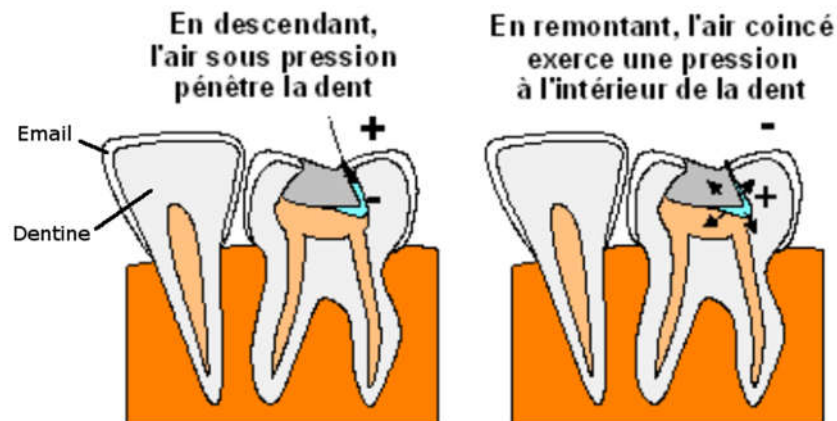
Tout comme l'oreille moyenne, les sinus communiquent avec les fosses nasales par des petits canaux qui peuvent être bouchés en cas de pathologies (rhume par exemple). A la descente, la pression à l'intérieur des sinus est alors inférieure à la pression ambiante, provoquant des douleurs au niveau du front et de la mâchoire supérieure.



Pourquoi les dents?

Le barotraumatisme de la dent

Il peut survenir lorsqu'une cavité s'est formée dans la dent, à l'occasion d'une carie ou d'un plombage mal scellé par exemple. La cavité formée contient de l'air et communique difficilement avec la bouche. On observe alors le même phénomène de déséquilibre des pressions.



Pourquoi les poumons ?

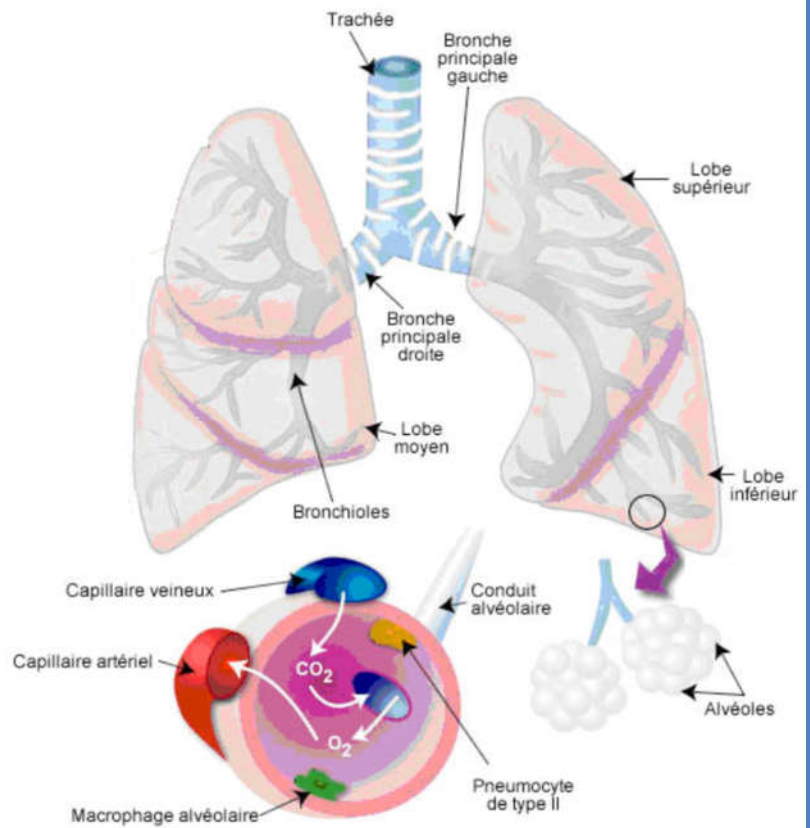
La surpression pulmonaire

La respiration permet l'échange gazeux entre le sang et le milieu extérieur. Les poumons, en charge de ces échanges permettent le passage de l'oxygène de l'air dans le sang et le rejet du dioxyde de carbone produit lors de l'activité métabolique. Ces échanges ont lieu au niveau des alvéoles, petits sacs fermés alimentés en air par le réseau de bronches, bronchioles et conduit alvéolaire.

Une augmentation de la pression dans les alvéoles provoque leur déformation, diminuant leur efficacité. Une forte augmentation de la pression peut provoquer l'éclatement des alvéoles et des capillaires qui les entourent.

L'air sous pression peut alors pénétrer dans la circulation sanguine et **obstruer les vaisseaux sanguins**. L'accident est plus ou moins grave selon l'endroit où se produisent ces obstructions, la plus grave étant l'embolie cérébrale.

L'air peut également passer entre les poumons et la plèvre, ce qui désolidarise les poumons d'une part et le diaphragme et les muscles intercostaux d'autre part. C'est le **pneumothorax**. Le mécanisme de respiration est alors très inefficace.



Pourquoi les intestins et l'estomac ?

Les douleurs abdominales

La mauvaise digestion des féculents provoque une fermentation dans l'intestin. Cette fermentation libère des gaz (méthane, hydrogène). L'absorption de boissons gazeuses conduit à l'accumulation du gaz carbonique de ces boissons dans l'estomac et l'intestin.

En plongée, la dilatation de ces gaz lors de la remontée va distendre les parois stomacale et intestinale et provoquer des douleurs au niveau de l'abdomen. Ce phénomène n'est généralement pas grave, mais peut parfois provoquer des lésions intestinales.



Comment éviter ces barotraumatismes ?

Techniques d'équilibrage et prévention

1- Les oreilles

Plusieurs techniques permettent de rééquilibrer les pressions dans l'oreille moyenne dont les plus courantes :

- La manœuvre de **Valsalva** est la plus simple et la plus connue. Elle consiste à se pincer le nez et tenter d'expirer par le nez. La surpression ainsi créée dans les fosses nasales force le passage de l'air par la trompe d'Eustache. Une trop forte pression peut toutefois provoquer l'effet inverse, une surpression dans l'oreille moyenne. Pour éviter ça, une variante consiste à ne pas pincer complètement le nez pour laisser passer un peu d'air. La surpression ainsi créée dans les fosses nasales est moins importante et peut être suffisante pour rééquilibrer les pressions.
- La **déglutition** a un effet mécanique sur la trompe d'Eustache et provoque son ouverture. C'est une méthode douce mais généralement moins efficace.
- La **béance tubaire volontaire** (BTV) consiste à mobiliser volontairement les muscles entourant la trompe d'Eustache, ce qui implique d'avoir pris conscience de ces muscles. Cette technique fait l'objet de formations.

2 - Les sinus

La plupart du temps, les sinus s'équilibrent tout seuls. En cas de rhume cependant, il peut être nécessaire de rééquilibrer par les mêmes techniques que les oreilles. De manière générale, il vaut mieux **éviter de plonger enrhumé**.

3- Les dents

Il n'existe pas de technique permettant de rééquilibrer les pressions dans une dent. Le seul moyen d'éviter un barotraumatisme de ce type est la prévention :

- À la remontée, progresser lentement pour laisser à l'air contenu dans la dent le temps de s'échapper
- Avoir une bonne hygiène bucco-dentaire
- Consultez régulièrement un dentiste
- Indiquer à votre dentiste que vous êtes plongeur. Il prendra soin de ne pas laisser d'air dans une dent au moment des soins.

4 - Les poumons

La surpression pulmonaire peut être évitée en **respirant régulièrement lors de la remontée**, sans jamais bloquer sa respiration (donc ne pas faire de manœuvre de Valsalva).

5 - Le plaquage de masque

Pour éviter le plaquage de masque, lors de la descente **soufflez régulièrement par le nez** et évitez de trop serrer la sangle de votre masque. La jupe du masque ne doit pas vous laisser de marque en fin de plongée.

6 - Les intestins

Pour éviter les douleurs intestinales, **éviter les féculents et les boissons gazeuses** pendant votre séjour de plongée. Pendant la plongée, évacuer les gaz de la digestion (éructation et flatulences ne sont pas proscrites en plongée)





Que faire si ces accidents se produisent ?

Diagnostic et conduite à tenir

1 - Barotraumatisme de l'oreille

Dans les premiers mètres de l'immersion, le plongeur ressent une vive douleur. Il peut également être sujet à une perte d'orientation et une perte d'équilibre de retour sur le bateau. Si le tympan est atteint, on peut constater des saignements de l'oreille.

⇒ Le plongeur doit arrêter de descendre, voire remonter, et tenter la manœuvre de Valsalva.

⇒ Le plongeur doit consulter de toute urgence un ORL en cas de saignement ou si la douleur persiste après la plongée.

2 - Barotraumatisme des sinus

Dans les premiers mètres de l'immersion, le plongeur ressent une vive douleur au niveau du front et / ou au niveau de la mâchoire supérieure, d'un côté du visage ou des deux côtés. De retour sur le bateau il peut moucher du sang.

⇒ Le plongeur doit arrêter de descendre, voire remonter, et tenter la manœuvre de Valsalva.

⇒ Il devra consulter un ORL si ces symptômes ne sont pas associés à un rhume et s'ils sont systématiques.

3 - Barotraumatisme des dents

Lors de la remontée, le plongeur ressent une vive douleur à une dent. La dent peut éclater ou la prothèse dentaire peut se décoller.

⇒ Le plongeur doit ralentir sa remontée.

⇒ Il devra consulter rapidement un dentiste en lui indiquant qu'il est plongeur.

4 - Surpression pulmonaire

A la remontée, le plongeur ressent une vive douleur au thorax. Il peut cracher du sang, avoir du mal à respirer voire perdre connaissance. La réaction du binôme est décisive dans ce type d'accident qui peut laisser des séquelles lourdes (hémiparésie, parapésie) voire provoquer le décès.

⇒ Le binôme doit immédiatement alerter le directeur de plongée par le signe de secours (battement du bras sur la surface de l'eau ou mouvement vertical de la lampe de plongée en plongée de nuit).

⇒ Il doit accompagner ou tracter le plongeur vers le bateau ou le point d'émergence le plus proche.

⇒ le plongeur doit rapidement être mis sous oxygène à 15 litres / minute sans interruption jusqu'à l'arrivée des secours.

⇒ le directeur de plongée doit prévenir les secours par radio (CROSS) ou par téléphone (112).

