

Pour finaliser sa formation de niveau 1, un plongeur descend progressivement au fond de la fosse de plongée située à La Teste-De-Buch. La profondeur est le principal critère qui distingue une fosse de plongée d'une simple piscine. Cette fosse est composée d'une colonne d'eau de 20 mètres hors-sol et de 6 m de diamètre. Cette fosse permet aux plongeurs de s'entraîner dans une eau à 28 °C tout au long de l'année, et ce quelle que soit la météo.



[...] Toute personne qui a déjà plongé le sait : la pression ambiante augmente à mesure que l'on s'enfonce sous l'eau [...]. À 20 mètres de profondeur, elle est ainsi le triple de la pression atmosphérique (c'est-à-dire la pression qui règne à la surface de l'eau plus la pression due à la couche d'eau). Les tissus mous de notre organisme sont peu compressibles et ne changent quasiment pas de volume au cours d'une plongée. En revanche, le comportement de l'air contenu dans le système respiratoire est tout autre. Les gaz sont beaucoup plus compressibles que les liquides. Dès le milieu du xviie siècle, l'Irlandais R. Boyle et le Français E. Mariotte énoncèrent une loi pour décrire leur compressibilité [...]

Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty 01 septembre 2001 POUR LA SCIENCE N° 287

Problématique

Comment évolue la pression en fonction de la profondeur dans un fluide ?

Etude expérimentale de l'évolution de la pression en fonction de la profondeur

Document 1 – Loi fondamentale de la statique des fluides

En physique, un fluide est une substance qui prend la forme de son récipient : soit un gaz soit un liquide. Un fluide incompressible est un fluide dont son volume ne varie pas en fonction de la pression exercée sur le fluide, c'est le cas pour la plupart des liquides.

Loi fondamentale de la statique des fluides

La différence de pression entre deux points d'un fluide incompressible au repos se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)$$

avec :

- ρ La masse volumique en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
- g l'accélération de la pesanteur en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ ou $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- z la profondeur en mètres

1. Rédiger un protocole qui permet de décrire l'évolution de la pression en fonction de la profondeur d'eau. Préciser le graphique qui sera tracé pour décrire cette évolution.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Activité expérimentale n° 20 - Loi fondamentale de la statique des fluides

2. Faire un schéma de l'expérience, placer un axe ($0z$) orienté vers le haut avec l'origine du repère à la surface de l'eau, puis, exprimer la pression P dans l'éprouvette graduée en fonction de la pression atmosphérique P_{atm} , de g_T , et de la profondeur z .

3. Réaliser l'expérience et noter les valeurs obtenues dans le tableau.

$P(hPa)$									
$z(m)$									

Données : 1 hPa = 10^2 Pa

4. Qualitativement, comment évolue la pression en fonction de la profondeur ?

.....

5. Dans Regressi, tracer le graphique $P = f(z)$. Pour cela :

- Ouvrir Regressi dans le dossier « phy ». Fichier→Nouveau→Clavier. Entrer les grandeurs physiques ainsi que les unités de vos grandeurs puis faire « Ok ».
- Dans l'onglet « graph », afficher le graphique $P = f(z)$. Pour choisir les axes il faut aller dans l'onglet « coord »
- Aller dans l'onglet modélisation (à gauche). Cliquer sur « modèle » puis choisir le modèle mathématique adapté et cliquer sur modéliser.

6. Quel type de fonction mathématique (modèle) est le plus adapté au graphique obtenu ?

.....

.....

7. Noter les valeurs du coefficient directeur et de l'ordonnée à l'origine :

$$a = \dots$$

$$b = \dots$$

8. A partir de la relation de la statique des fluides et du schéma réalisé à la question 2, exprimer la pression P à une certaine profondeur en fonction de en fonction de P_{atm} , ρ , g et z .

9. En identifiant cette expression avec le modèle mathématique choisi, exprimer les coefficients a et b en fonction de P_{atm} , ρ , et g .

10. En déduire la valeur de la pression atmosphérique et l'accélération de la pesanteur g_T .

11. Sur le site de météo France, chercher la valeur de la pression atmosphérique pour aujourd'hui à Noisy le Grand. Comparer la valeur obtenue à la valeur obtenue par modélisation ainsi qu'à son incertitude associée. Comment expliquer l'écart obtenu ?

.....

.....

.....

données :

— *masse volumique de l'eau :* $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Autonomie d'un plongeur

Lors de la plongée en bouteille le détendeur permet au plongeur de respirer de l'air à la même pression que la pression à la profondeur où il se trouve. Mais toute plongée en bouteille s'effectue avec une quantité limitée d'air. Il est donc indispensable de savoir contrôler la consommation de cette quantité d'air au cours de la plongée afin de pouvoir effectuer une remontée et d'éventuels paliers. Cela passe par l'évaluation de son autonomie en air en fonction de la profondeur. Il existe différentes méthodes de calcul de l'autonomie, la plus simple consiste à calculer le volume d'air disponible à la profondeur donnée et de tenir compte de l'air consommé par minutes.

D'après www.cdp-plongee.com

1. On note V_1 le volume d'air disponible dans la bouteille de plongée lorsqu'elle est mise sous pression à la pression P_1 et V_2 celui d'air disponible pour le plongeur lorsque qu'il est à la pression P_2 . Les températures sont supposées identiques dans les deux situations. En utilisant la loi de Mariotte, écrire la relation liant V_1 , P_1 , V_2 et P_2 .

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. En supposant que la consommation en volume d'air du plongeur reste toujours la même au cours de la plongée, expliquer sans calcul comment l'autonomie en air du plongeur évolue avec la profondeur.

.....

.....

.....

3. Le plongeur dispose d'une bouteille de plongée d'une capacité de 12 litres mise sous pression à la pression initiale de 200 bars. En utilisant la loi de Mariotte, calculer la durée durant laquelle le plongeur peut rester dans la fosse à 20 m de profondeur sachant qu'il consomme 15 litres d'air par minute.

.....

.....

.....

.....

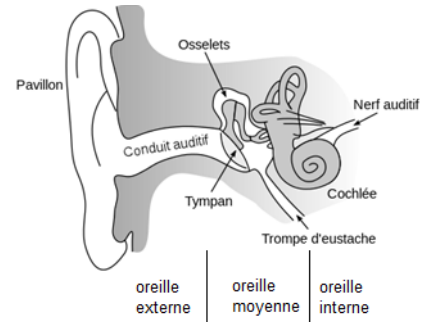
.....

4. En réalité le plongeur doit toujours calculer son autonomie en tenant compte d'une marge de sécurité. Pour remonter en surface en ayant conservé une pression de 50 bars dans sa bouteille : c'est ce qu'on appelle communément « la réserve ». La prise en compte de cette réserve réduit-elle ou augmente-t-elle la durée de la plongée ? Justifier sans calcul.

La manœuvre de Valsalva

En plongée, la différence de pression de part et d'autre du tympan peut provoquer une vive douleur. La manœuvre de Valsalva consiste à souffler par le nez, bouche fermée et nez pincé afin de faire pénétrer de l'air dans l'oreille moyenne. L'air extérieur passe par la trompe d'Eustache.

<https://fr.wikibooks.org>

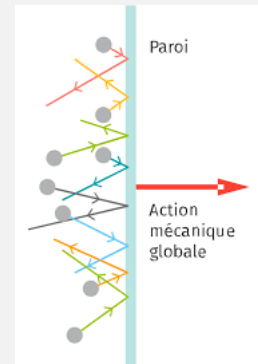


A retenir : Définition de la pression

Les particules contenues dans un fluide (gaz ou liquide) exercent, à cause des collisions avec les parois du système, une action mécanique appliquée sur toute la surface de cette paroi, modélisée par une force appelée **force pressante**. La pression est définie comme la force pressante appliquée sur une surface d'un mètre carré de la paroi. Il vient donc que :

$$P = \frac{F}{S}$$

- F la force pressante en newton (N)
- S la surface en mètre carré (m²)
- P la pression en pascal (Pa)



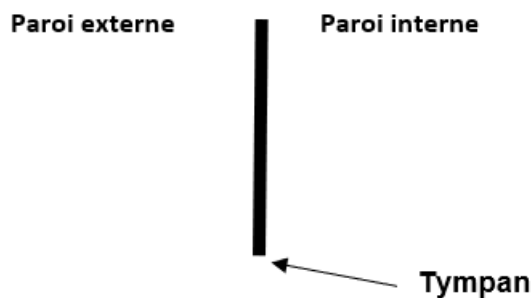
5. Évaluer la valeur de la norme de la force pressante F_1 exercée par l'air emprisonné dans l'oreille moyenne à la pression de 1,0 bar sur la paroi interne du tympan dont la surface est de 70 mm².

6. À l'aide de la relation de la statique des fluides, calculer la valeur de la pression à 20 m de profondeur. En déduire la valeur de la norme de la force pressante F_2 exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan.

7. Compléter le schéma ci-dessous, en représentant les forces pressantes exercées sur le tympan :

- $\vec{F}_{int}$ la force pressante exercée par l'air emprisonné dans l'oreille moyenne ;
- $\vec{F}_{ext}$ la force pressante exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan.

Échelle : 1 cm pour 7 N.



8. En déduire pourquoi le plongeur ressent une vive douleur lors de la descente. Expliquer pourquoi la manœuvre de Valsalva permet de compenser la pression de l'eau introduite dans le conduit auditif.