

Nom et Prénom : .....

| COMPÉTENCES ÉVALUÉES :  | * | ** | *** | **** |
|---|---|----|-----|------|
| S'approprier une problématique, identifier les connaissances associées et rechercher l'information utile.   |   |    |     |      |
| Analyser des données, raisonner et proposer des stratégies de résolution.   |   |    |     |      |
| Conduire une démarche : exploiter des données, calculer, représenter.   |   |    |     |      |
| Valider des résultats obtenus, faire preuve d'esprit critique.  |   |    |     |      |
| Communiquer à l'écrit de manière structurée, raisonnée et argumentée en utilisant un langage rigoureux et des modes de représentation appropriés. |   |    |     |      |

LES REPONSES DOIVENT ETRE REDIGEEES.  
 CHAQUE RESULTAT DOIT ETRE ACCOMPAGNÉ DE SON UNITE (SI LA GRANDEUR PHYSIQUE L'EXIGE).  
 LIRE LE SUJET EN ENTIER AVANT DE COMMENCER ET DEMARRER PAR L'EXERCICE QUI VOUS SEMBLE LE PLUS FACILE.

| Note | Appréciation |
|------|--------------|
| / 20 |              |

### La plongée sous-marine

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.



<http://lepyla.com>

### La plongée sous-marine

[...] 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 XVII<sup>e</sup> 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](#)

### Données :

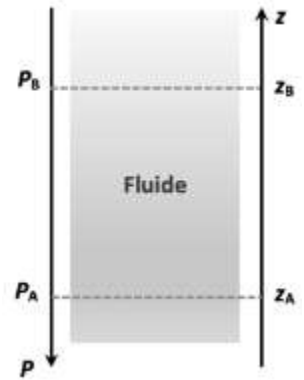
- pression atmosphérique : 1,013 bar ; 1,0 bar = 1,0 x 10<sup>5</sup> Pa ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$  ;
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ .

## 1. Pression à une profondeur donnée

On s'intéresse dans cette partie à la loi fondamentale de la statique des fluides pour modéliser l'évolution de la pression atmosphérique en fonction de l'altitude. Cette loi précise que pour un fluide au repos incompressible de masse volumique  $\rho$ , la différence de pression entre deux points, A et B, s'exprime par la relation :  $P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$

Dans cette relation :

- la masse volumique  $\rho$  s'exprime en  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$  ;
- l'intensité de pesanteur  $g$  s'exprime en  $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$  ;
- les altitudes  $z_A$  et  $z_B$  s'expriment en m et sont repérées sur un axe vertical ascendant Oz.



1.1. (2 pts) En utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides, décrire qualitativement comment la pression dans l'eau évolue lors de la descente du plongeur dans la fosse.

D'après la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$- P_A = \rho g (z_A - z_B) - P_B \text{ donc } P_A = P_B + \rho g (z_B - z_A)$$

D'après le schéma,  $z_B > z_A$  donc  $z_B - z_A > 0$

avec  $\rho$  et  $g$  également positifs,  $P_A$  sera supérieure à  $P_B$  :

la pression augmente avec la profondeur.

1.2. (3 pts) Justifier, à l'aide de la relation de la statique des fluides, la phrase : « 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). »

Dans cette situation :  $P_B = P_{\text{atm}}$  et  $z_B - z_A = 20 \text{ m}$

$$\text{donc } P_A = P_{\text{atm}} + \rho g (z_B - z_A)$$

$$= 1,013 \cdot 10^5 + 1,0 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 20$$

$$= 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_A / 3 = 1,0 \cdot 10^5 = P_{\text{atm}}$$

À 20 m de profondeur, la pression est bien le triple de la pression atmosphérique.

Il est possible de vérifier la loi fondamentale de la statique des fluides au laboratoire.

Pour cela, on réalise une série de mesures de la pression  $P$  au sein d'un liquide en fonction de la profondeur  $h$  à l'aide du dispositif ci-contre.

Le protocole expérimental est le suivant :

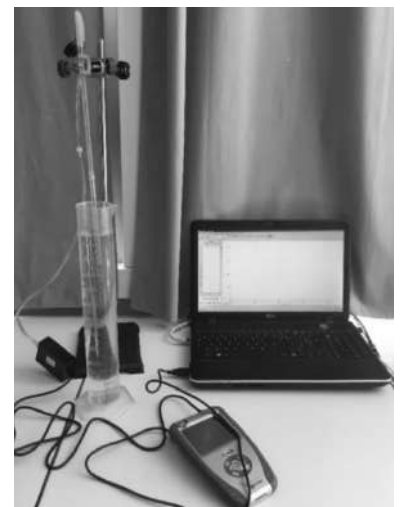
- déplacer verticalement, dans une éprouvette contenant un liquide, un tube de verre relié à un tuyau souple branché à un capteur de pression lui-même relié à une interface d'acquisition. Ce capteur mesure la pression en kPa ;
- faire une première mesure de pression à la surface ;
- relever ensuite les valeurs de pression pour des profondeurs croissantes en descendant progressivement le tube en verre dans l'éprouvette ;
- les valeurs mesurées permettent de représenter le graphe  $P$  en fonction de  $h$  à l'aide d'un tableur. On obtient alors une droite modélisée par le tableur par l'équation mathématique suivante :

$$P = 9,771 \times 10^3 \times h + 101,3 \times 10^3 ; P \text{ est exprimée en Pa et } h \text{ en m.}$$

1.3. (1 pt) Que représente la valeur de la pression  $P_0$  à la profondeur  $h = 0 \text{ m}$  ?

$$\text{Pour } h = 0 \text{ m on a } P = 9,771 \cdot 10^3 \times 0 + 101,3 \cdot 10^3 = 101,3 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

Cela correspond à la pression atmosphérique.



1.4. (3 pts) Expliquer pourquoi les mesures expérimentales sont compatibles avec la loi fondamentale de la statique des fluides.

On a  $P = 9,771 \cdot 10^3 h + 101,3 \cdot 10^3$   
d'après la question précédente, l'ordonnée à l'origine est  $P_{\text{atm}}$   
On note le coefficient directeur  $k = 9,771 \cdot 10^3$   
or  $\rho g = 1,0 \cdot 10^3 \times 9,81 = 9,81 \cdot 10^3 \approx k$   
Avec  $h = z_B - z_A$  (point B à la surface)  
On a donc au final :  $P = \rho g h + P_{\text{atm}}$   
 $P - P_{\text{atm}} = \rho g (z_B - z_A)$  soit  $P_{\text{atm}} - P = \rho g (z_A - z_B)$

## 2. 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](http://www.cdp-plongee.com)

2.1. (1 pt) 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  $P_2$ .

D'après la loi de Boyle-Mariotte :  $P_1 V_1 = P_2 V_2$

2.2. (2 pts) 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.

D'après la loi fondamentale de l'hydrostatique, lorsque la profondeur augmente, la pression augmente.

Or  $V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$  avec  $P_2 > P_1$ , on aura  $V_2 < V_1$ .

L'autonomie en air de plongeur étant liée au volume d'air disponible, elle va donc diminuer avec la profondeur.

2.3. (3 pts) 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.

$V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2}$  avec  $P_2 = 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  (question 1.2.)  
 $= \frac{200 \cdot 10^5 \times 12}{3,0 \cdot 10^5} = 8,0 \cdot 10^2 \text{ L}$

$\frac{800}{15} = 53 \text{ min}$

Le plongeur peut rester 53 min à 20 m de profondeur.

### 3. Le sens électrique chez les poissons

#### Les poissons électriques

On appelle poisson électrique les poissons capables d'utiliser un courant électrique pour s'orienter, pour se protéger ou pour communiquer. La majorité de ces poissons vivent dans les eaux turbides ou ont une activité nocturne. Ils génèrent un champ électrostatique autour de leur corps. Un objet placé à proximité modifie la valeur de l'intensité locale du champ électrostatique. Par la suite, des récepteurs électriques situés dans la peau détectent le champ électrostatique et les modifications subies, ce qui permet au poisson de percevoir les caractéristiques de son environnement, détecter des proies et communiquer avec des congénères. Quelques espèces sont capables de produire des décharges électriques de forte intensité, comme les anguilles électriques, les torpilles ou les silures électriques. Elles s'en servent pour se protéger contre des prédateurs, ou pour assommer des proies avant de les consommer.

Source : article « Poisson électrique » de Wikipédia en français. [http://fr.wikipedia.org/wiki/Poisson\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Poisson_%C3%A9lectrique)

#### Force et champ électrostatiques

Un objet possédant une charge électrique  $q_B$  placée dans un champ électrostatique  $\vec{E}$ , engendré par une charge électrique  $q_A$ , subit une action mécanique modélisée par une force électrostatique :

$$\vec{F} = q_B \times \vec{E}.$$

La force électrostatique est donnée par la loi de Coulomb :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A \times q_B}{r^2} \vec{u}$$

avec  $\vec{u}$ , vecteur unitaire de même direction que la droite reliant les deux charges et orienté de A vers B,  $\epsilon_R$  et  $\epsilon_0$  deux constantes appelées permittivités diélectriques,  $q_A$  et  $q_B$  les charges,  $r$  la distance entre les deux charges.

Valeurs des permittivités diélectriques :

- permittivité diélectrique du vide :  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$ ;
- permittivité diélectrique relative de l'eau par rapport au vide :  $\epsilon_R = 78,5$ .

#### Effets des champs électrostatiques sur la santé

Les champs électrostatiques peuvent provoquer des **réactions cutanées**. En effet, ils induisent au niveau de la peau des personnes exposées une modification de la répartition des charges électriques. Cette modification est perceptible surtout au niveau des poils et des cheveux (seuil de perception :  $10 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ , seuil de sensations désagréables :  $25 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$ ).

Source : <http://www.inrs.fr/risques/champs-electromagnetiques/effets-sante.html>

Un plongeur se trouve à 2,0 m d'une anguille électrique. En première approximation, on modélise une partie de l'anguille par un point placé en A et de charge unique  $q_A = 4,4 \times 10^{-12} \text{ C}$ .

3.1. (2 pts) Montrer que l'expression du champ électrostatique  $\vec{E}$  créé au point B par une charge  $q_A$  est donnée par la relation :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A q_B}{r^2} \times \frac{1}{q_B} \vec{u} = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r^2} \vec{u}$$

3.2. (3 pts) Dans le cadre de cette modélisation, calculer la valeur du champ électrostatique ressenti par le plongeur. Ce champ est-il perceptible par le plongeur ? Justifier.

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_R\epsilon_0} \times \frac{q_A}{r^2} = \frac{1}{4\pi \times 78,5 \times 8,85 \cdot 10^{-12}} \times \frac{4,4 \cdot 10^{-12}}{2^2}$$
$$= 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$$
$$= 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1} < 10 \text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$$

donc ce champ n'est pas perceptible par le plongeur.