

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

## ÉVALUATION

**CLASSE** : Première

**VOIE** :  Générale  Technologique  Toutes voies (LV)

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 2 h

**CALCULATRICE AUTORISÉE** :  Oui  Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

**Nombre total de pages** : 8

## PARTIE A

### La plongée sous-marine en fosse (10 points)

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 :**

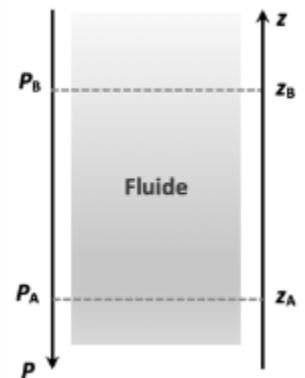
- pression atmosphérique : 1,013 bar ; 1,0 bar =  $1,0 \times 10^5$  Pa ;
- masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,0 \times 10^3$  kg.m<sup>-3</sup> ;
- intensité du champ de pesanteur :  $g = 9,81$  N.kg<sup>-1</sup>.

### **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 kg.m<sup>-3</sup> ;
- l'intensité de pesanteur  $g$  s'exprime en N.kg<sup>-1</sup> ;
- les altitudes  $z_A$  et  $z_B$  s'expriment en m et sont repérées sur un axe vertical ascendant Oz.



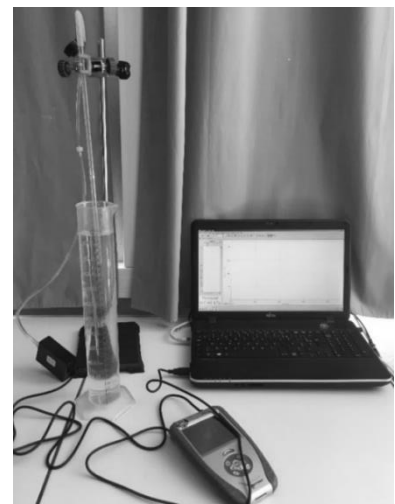
**1.1.** Décrire qualitativement comment la pression dans l'eau évolue lors de la descente du plongeur dans la fosse.

**1.2.** 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). »

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 :



Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité</small> <small>RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
	Né(e) le :			/			/													

1.1

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

- 1.3. Que représente la valeur de la pression  $P_0$  à la profondeur  $h = 0$  m ?
- 1.4. Expliquer pourquoi les mesures expérimentales sont compatibles avec la loi fondamentale de la statique des fluides.
- 1.5. Citer des sources d'erreurs possibles dans ce protocole expérimental.

## 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. 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  $P_2$ .
- 2.2. 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.
- 2.3. 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.

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 ».

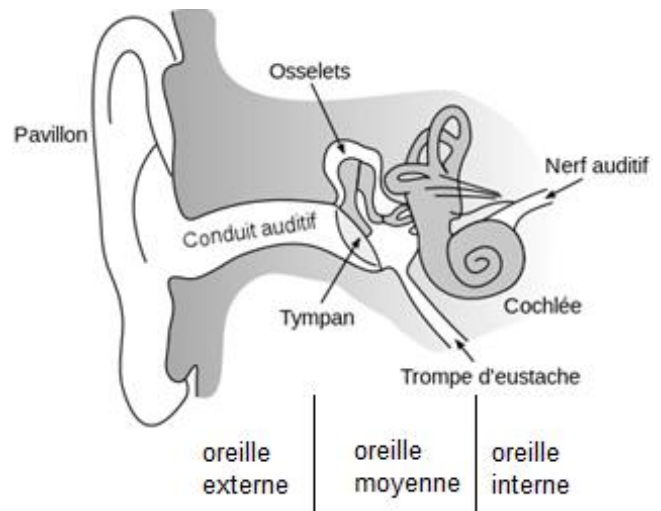
- 2.4. La prise en compte de cette réserve réduit-elle ou augmente-t-elle la durée de la plongée ? Justifier sans calcul.



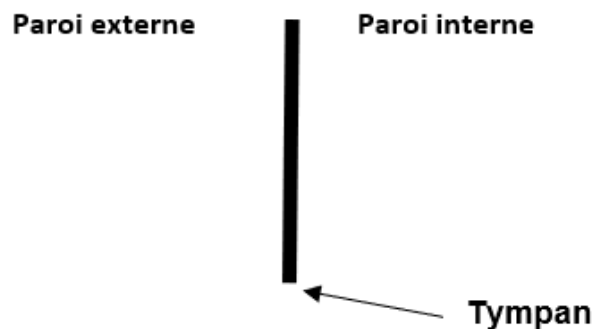
### 3. La manœuvre de Valsalva

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>



- 3.1. Rappeler la relation entre la pression  $P$ , la norme  $F$  de la force pressante et l'aire  $S$  de la surface sur laquelle elle s'exerce.
- 3.2. 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  $70 \text{ mm}^2$ .
- 3.3. La valeur de la norme de la force pressante  $F_2$  exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan pour un plongeur situé à 20 m de profondeur est de 21 N.
- 3.4. Reproduire sur la copie et compléter le schéma ci-dessous, en représentant les forces pressantes exercées sur le tympan :
  - $\vec{F}_1$  la force pressante exercée par l'air emprisonné dans l'oreille moyenne ;
  - $\vec{F}_2$  la force pressante exercée par l'eau sur la paroi externe du tympan.
 Échelle : 1 cm pour 7 N.



En déduire pourquoi le plongeur ressent une vive douleur lors de la descente.

- 3.5. Expliquer pourquoi la manœuvre de Valsalva permet de compenser la pression de l'eau introduite dans le conduit auditif.





- Masses molaires atomiques :  
 $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{O}) = 16,0 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{Ag}) = 107,9 \text{ g/mol}$ ,  $M(\text{N}) = 14,0 \text{ g/mol}$ .
- Électronégativités selon l'échelle de Pauling : O : 3,2 , C : 2,6 , H : 2,2.

Les alchimistes décrivent l'arbre de Diane comme une végétation d'argent se déposant sur un tronc fait en cuivre.

On souhaite fabriquer un arbre de Diane au laboratoire. Pour ce faire, on place un fil de cuivre, de masse initiale  $m' = 5,6 \text{ g}$  dans un bécher contenant  $V = 220 \text{ mL}$  d'une solution de nitrate d'argent à la concentration en quantité de matière égale à  $c = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

### 1. Préparation de la solution métallique pour réaliser l'arbre de Diane

Pour les chimistes, l'eau est un solvant très utilisé. Ses propriétés sont utilisées dans la réalisation de la végétation métallique car l'eau est capable de dissoudre le nitrate d'argent  $\text{AgNO}_3 \text{ (s)}$  et les autres ions intervenant dans le phénomène.

- 1.1. Donner le schéma de Lewis d'une molécule d'eau, justifier sa forme coudée et indiquer ses propriétés en lien avec les électronégativités des atomes qui la constituent.
- 1.2. Écrire l'équation de la réaction modélisant la dissolution du nitrate d'argent dans l'eau. Préciser l'état physique des différentes espèces chimiques.
- 1.3. On note  $c$  la concentration en quantité de matière apportée en nitrate d'argent dans une solution. Exprimer, en fonction de  $c$ , la concentration en ions argent dissous  $[\text{Ag}^+]$ , si la dissolution est totale.
- 1.4. En déduire la quantité de matière  $n$  d'ions argent  $\text{Ag}^+$  contenue dans  $250 \text{ mL}$  de la solution de nitrate d'argent de concentration  $c = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et indiquer la masse  $m$  de nitrate d'argent nécessaire pour préparer cette solution.
- 1.5. Proposer un protocole pour préparer cette solution avec le matériel et les éléments de verrerie usuels au laboratoire, dont on précisera le nom et le volume si nécessaire.

### 2. Modélisation de la transformation chimique intervenant dans l'arbre de Diane

On réalise l'expérience, et on prend en photos le système chimique dans son état initial et dans son état final. Dans l'état initial, la solution est incolore (photographie de gauche ci-après). Après plusieurs heures, la solution se colore progressivement en bleu, et le fil de cuivre se recouvre d'un solide brillant déposé sous forme de « feuillage métallique », qui porte le nom d'« arbre de Diane » (photographie de droite ci-après).





```
### Saisie des données initiales ###  
  
m_cu = float(input("Masse du fil en g : "))  
c = float(input("Concentration de la solution de nitrate d'argent en mol/L : "))  
v = 0.001 * float(input("Volume de la solution en mL : "))  
  
### Calcul des quantites initiales ###  
n_cu = m_cu / 63.5  
n_ag = c * v  
  
### Quantité initiale minimale de cuivre ###  
n_mini = n_ag / 2  
|  
### Verification du cuivre en excès ###  
if n_cu < n_mini :  
    print("La masse choisie pour le fil de cuivre est insuffisante.  
        Le fil risque de casser avant que le système n'ait atteint  
        son état final.")  
else :  
### Calcul de la masse d'argent depose ###  
    m_agsolide = n_ag * 107.9  
    print("La masse d'argent déposée vaut : ",m_agsolide," g")
```

Ce programme permet aussi de s'assurer que le cuivre est bien introduit en excès : dans le cas contraire, le fil, qui joue aussi le rôle de support, risquerait de casser et l'on perdrait la végétation métallique qui met plusieurs heures à se former. On exécute le programme. Tout d'abord on indique les conditions expérimentales initiales de l'expérience décrites précédemment. On obtient l'écran suivant :

```
Masse du fil en g : 5.6  
Concentration de la solution de nitrate d'argent en mol/L : 0.1  
Volume de la solution en mL : 220
```

Écrire la ligne qui apparaîtrait dans la console d'exécution à la suite de la saisie des données initiales ci-dessus. Justifier.