

Données :

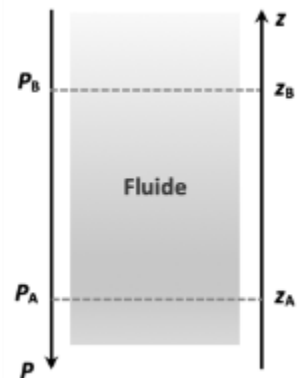
- pression atmosphérique : 1,013 bar ; 1,0 bar = $1,0 \times 10^5$ Pa ;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3$ kg.m⁻³ ;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81$ N.kg⁻¹.

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 ρ , 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 ρ s'exprime en kg.m⁻³ ;
- l'intensité de pesanteur g s'exprime en N.kg⁻¹ ;
- 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.

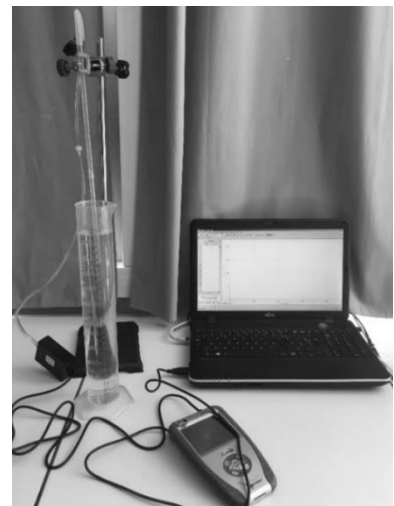
1.2. Justifier, à l'aide de la relation de la statique des fluides, la phrase : « À 20 mètres de profondeur, elle est ainsi le triple de la pression atmosphérique (c'est-à-dire la pression qui règne à la surface de l'eau plus la pression due à la couche d'eau). »

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 :



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

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

- 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

- 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 ».

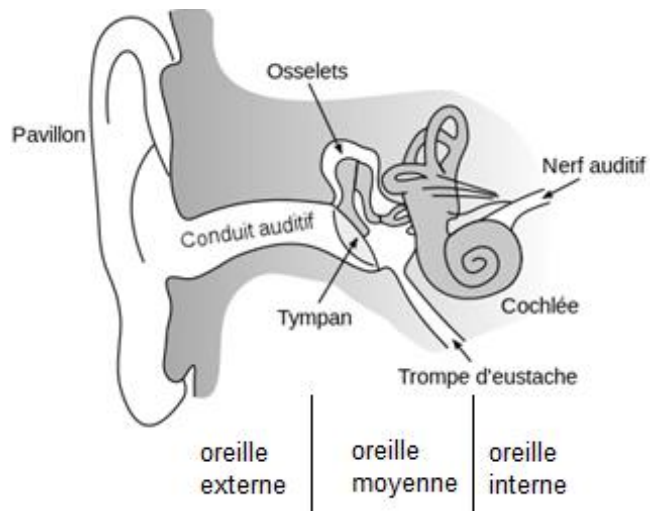
- 2.4. La prise en compte de cette réserve réduit-elle ou augmente-t-elle la durée de la plongée ? Justifier sans calcul.



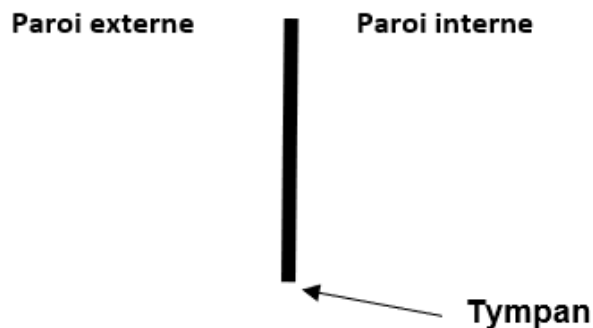
3. La manœuvre de Valsalva

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 mm².
- 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.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

PARTIE B

Allantoïne (10 points)

L'allantoïne est un composé chimique azoté, de formule brute $C_4H_6N_4O_3$, découvert par Louis-Nicolas Vauquelin. On le trouve en particulier dans l'urine de veau ou la bave d'escargot, cependant aujourd'hui, il est synthétisé à grande échelle à partir de l'acide glyoxylique $C_2H_2O_3$ et de l'urée CH_4N_2O pour l'utiliser dans l'industrie cosmétique, car ce composé possède des propriétés adoucissantes et apaisantes. On le trouve principalement dans les produits de soins de la peau et les produits de maquillage, mais aussi dans les dentifrices, shampoings, crèmes à raser, rouges à lèvres, etc.

D'après <https://fr.wikipedia.org/wiki/Allantoïne>

L'objectif de l'exercice est d'étudier l'acide glyoxylique et l'urée, puis un protocole de synthèse de l'allantoïne au laboratoire.

Données

Données physiques de quelques espèces chimiques

Espèce chimique	Masse molaire (g/mol)	Température de fusion (°C)	Solubilité dans l'eau
Urée	60,0	134	Très soluble : 1360 g/L à 20°C
Acide glyoxylique	74,0	98	Très soluble
Allantoïne	158,1	238	Peu soluble, 150 g/L si eau bouillante 5 g/L si eau très froide
Acide sulfurique	98,1	734	Très soluble

Données de spectroscopie infrarouge

Liaison	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Intensité
Liaison C – NH ₂	3100 - 3500	Bande double forte
Liaison C - NH	3100 - 3500	Bande simple forte
Liaison O – H acide carboxylique	2500-3200	Bande forte à moyenne, large
Liaison C – H	2800-3000	Bande forte
Liaison C = O avec N voisin	1660 - 1685	Bande forte et fine
Liaison C = O aldéhyde et cétone	1650-1730	Bande forte et fine
Liaison C = O acide carboxylique	1680-1710	Bande forte et fine
Liaison C = C	1640-1680	Bande moyenne

Masse volumique de la solution d'acide glyoxylique à 50 % en masse : $\rho = 1,3 \text{ g.mL}^{-1}$

Valeurs d'électronégativité de quelques atomes :



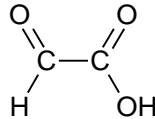
$$\chi(\text{H}) = 2,20 \quad \chi(\text{C}) = 2,55 \quad \chi(\text{N}) = 3,04 \quad \chi(\text{O}) = 3,44$$

Numéros atomiques de quelques éléments :

$$Z(\text{H}) = 1 \quad Z(\text{C}) = 6 \quad Z(\text{N}) = 7 \quad Z(\text{O}) = 8$$

1. À propos de l'acide glyoxylique.

L'acide glyoxylique est un solide, très utilisé dans l'industrie, de formule semi-développée :



- 1.1. Recopier sur la copie la formule semi-développée de la molécule d'acide glyoxylique et identifier les groupes caractéristiques qui la composent.
- 1.2. Représenter le schéma de Lewis de la molécule.
- 1.3. Donner, en justifiant, la géométrie de cette molécule autour de l'un ou l'autre des atomes de carbone.

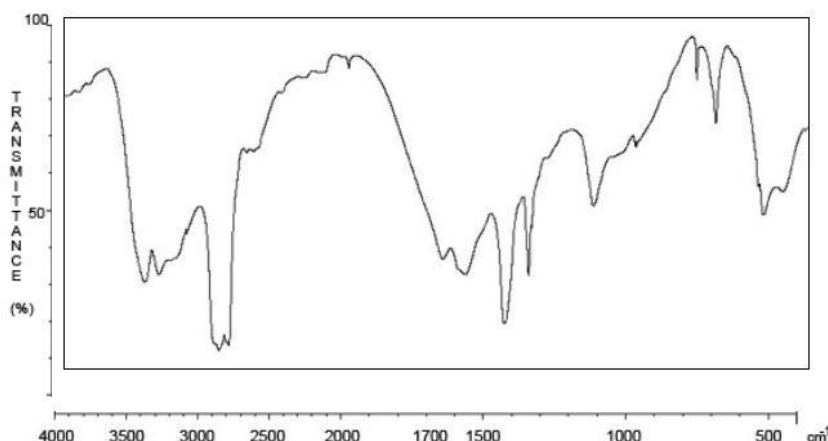
2. A propos de l'ammoniac et urée

L'urée est un composé organique de formule chimique semi-développée : $\text{H}_2\text{N} - \text{CO} - \text{NH}_2$
L'urée naturelle fut découverte en 1773 par le pharmacien Hilaire Rouelle. Formée dans le foie, à partir de l'ammoniac, NH_3 , provenant de la dégradation d'acides aminés, l'urée naturelle est éliminée au niveau des reins par l'urine.

En 1828, le chimiste allemand Friedrich Wöhler réussit à synthétiser en laboratoire l'urée, molécule dite « organique » à l'époque, à partir d'ammoniac. On considérait avant cette synthèse que les molécules « organiques » ne pouvaient provenir que de constituants ou de dérivés d'organismes vivants habités par la « force vitale » (*vis vitalis*). Cette date, gravée dans l'histoire, est retenue comme étant celle fondatrice de la chimie organique.

D'après <http://www.societechimiquedefrance.fr/uree.html>

- 2.1. Donner la configuration électronique de l'azote N et de l'hydrogène H. En déduire la géométrie de la molécule d'ammoniac.
- 2.2. Justifier le caractère polaire de la molécule d'ammoniac.
- 2.3. On s'intéresse au spectre Infrarouge de l'urée.



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



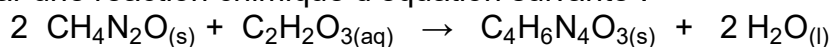
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- 2.3.1. Nommer la grandeur qui figure en abscisse du spectre Infrarouge.
- 2.3.2. Que confirme la bande la plus à gauche du spectre ?
- 2.3.3. Repérer la bande du spectre qui confirme la présence d'une liaison C = O.
Peut-elle être attribuée sans ambiguïté à la liaison C=O de l'urée ? Justifier.

3. Synthèse de l'allantoïne

Une voie de synthèse de l'allantoïne s'effectue à partir d'urée et d'acide glyoxylique et peut être modélisée par une réaction chimique d'équation suivante :



Le protocole expérimental d'une synthèse de l'allantoïne, réalisée au laboratoire, est décrit ci-après :

- Placer un barreau aimanté dans un erlenmeyer de 100 mL puis, à l'aide d'un entonnoir à solide, verser 13,6 g d'urée et 10,0 mL de solution aqueuse d'acide glyoxylique à 50% en masse. Agiter jusqu'à l'obtention d'une solution limpide. Introduire lentement 1,5 mL d'acide sulfurique concentré, sous agitation magnétique. L'acide sulfurique a pour rôle d'accélérer la réaction. Adapter un réfrigérant ascendant.
- Placer l'erlenmeyer dans un bain-marie. Maintenir l'agitation, le chauffage et l'ébullition de l'eau du bain-marie pendant 45 minutes. Le milieu réactionnel se trouble au bout de 15 à 20 minutes avec l'apparition d'un précipité blanchâtre.
- Plonger ensuite le bécher dans de la glace pendant quelques minutes. Récupérer le solide à l'aide d'un dispositif de filtration sous vide de type Büchner.
- Laver avec suffisamment d'eau glacée. Sécher à l'étuve le temps nécessaire.
- Peser le solide obtenu.

- Associer aux différentes étapes (a, b, c, d, e) mises en oeuvre les différentes étapes d'un protocole de synthèse : transformation ; séparation, purification, analyse.
- Préciser Expliquer l'apparition progressive du précipité blanchâtre.
- Justifier l'utilisation de la glace dans l'étape c.
- Justifier l'intérêt de laver à l'étape d du protocole, le solide obtenu avec suffisamment d'eau glacée.
- Déterminer le rendement de la synthèse ainsi effectuée, sachant que la masse d'allantoïne sèche obtenue vaut $m = 8,60$ g.