

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

Liberté • Égalité • Fraternité
 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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 : 9

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^e 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 :

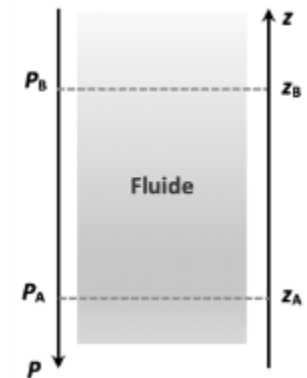
- pression atmosphérique : 1,013 bar ; 1,0 bar = $1,0 \times 10^5$ Pa ;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \times 10^3$ kg.m⁻³ ;
- intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81$ N.kg⁻¹.

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.

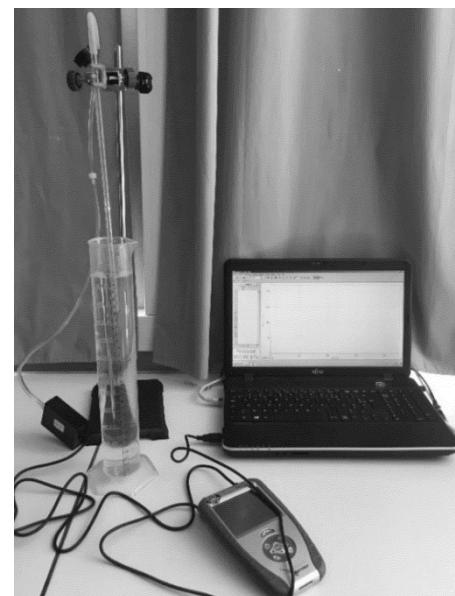
Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
Né(e) le :	/ /
N° d'inscription :	

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

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.



- 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.



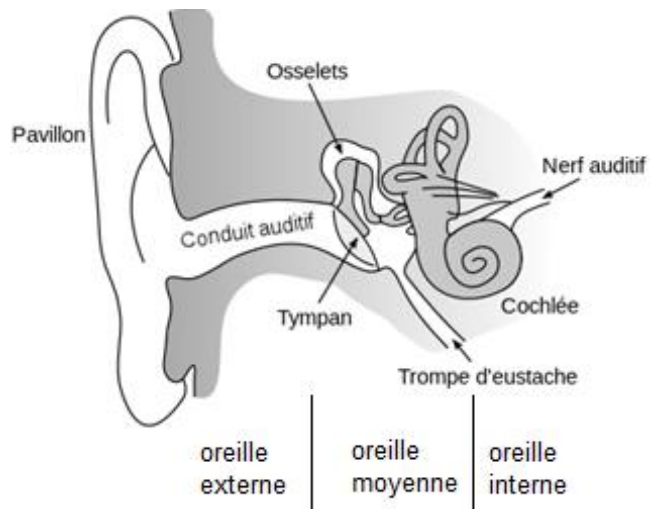
En réalité le plongeur doit toujours calculer son autonomie en tenant compte d'une marge de sécurité. Pour remonter en surface en ayant conservé une pression de 50 bars dans sa bouteille : c'est ce qu'on appelle communément « la réserve ».

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.

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.

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 :

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Échelle : 1 cm pour 7 N.



Paroi externe

Paroi interne



Tympan

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

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

PARTIE B

Détermination du degré alcoolique d'un vin d'épines (10 points)

Dans plusieurs régions de France, on fabrique du vin d'épines, un apéritif alcoolisé qui titre environ à environ 15 % en degré d'alcool. Cette boisson est préparée en faisant macérer de jeunes pousses de prunellier, un petit arbre rustique, dans un mélange de sucre, de vin et d'eau de vie* pendant un mois. Après filtration, ce mélange est mis en bouteille pour vieillir pendant au moins trois mois, avant de pouvoir être dégusté. En fin de période de vieillissement, il est possible de vérifier le degré d'alcool du vin d'épines fabriqué en réalisant un titrage suivi par colorimétrie.

On considère que l'alcool présent dans les boissons alcoolisées est une seule et même espèce chimique : l'éthanol.

Le degré d'alcool d'une boisson alcoolisée, noté (°), correspond au volume d'éthanol pur contenu dans 100 mL de boisson. Par exemple, 100 mL d'une boisson à 35° contient 35 mL d'éthanol pur.

*boisson alcoolisée obtenue par distillation de jus fermentés de fruits, de céréales ou de tubercules.

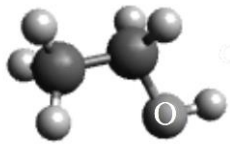
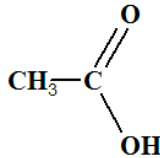
L'objectif de cet exercice est d'étudier quelques propriétés de l'éthanol et de déterminer le degré d'alcool d'un vin d'épines.

1. À propos de l'éthanol

Données :



- Représentations moléculaires de l'éthanol et de l'acide éthanóïque

Ethanol		Acide éthanóïque
Formule brute	Modèle moléculaire	Formule semi-développée
C₂H₆O		

- Électronégativité selon l'échelle de Pauling de quelques éléments

Élément	C	H	O
Électronégativité χ	2,55	2,20	3,44

- Bandes d'absorption en spectroscopie IR

Liaison	O-H (alcool)	O-H (acide)	C=O
Nombre d'onde (cm ⁻¹)	3200 - 3400 bande forte et large	2500 - 3200 bande forte et très large	1700 - 1800 bande forte et fine

1.1. Représenter le schéma de Lewis de l'éthanol.

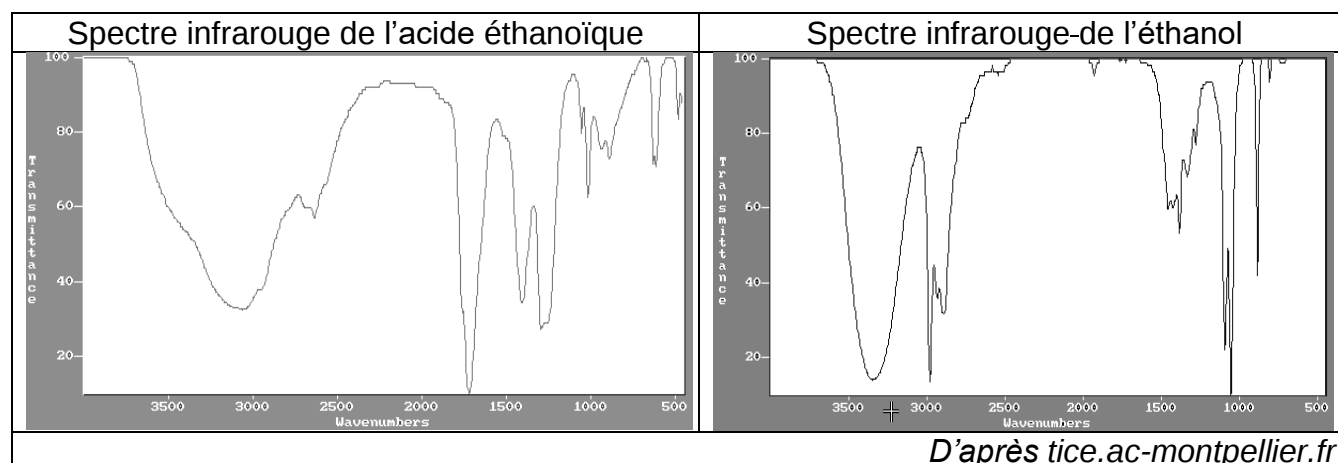
1.2. Justifier le fait que la molécule d'éthanol est une molécule polaire.

1.3. Expliquer pourquoi l'éthanol est miscible avec l'eau.

1.4. En présence d'un excès d'oxydant, l'éthanol peut être oxydé en acide éthanóïque.

Les spectres infrarouges de l'acide éthanóïque et de l'éthanol sont donnés ci-dessous.

Expliquer comment on peut les utiliser pour justifier que la transformation de l'éthanol en acide éthanóïque a eu lieu.



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

1.1

2. Détermination du degré d'alcool du vin d'épines

Le vin d'épines étant constitué de diverses espèces chimiques, on effectue une distillation fractionnée d'un mélange de 50 mL de vin d'épines et d'eau pour en extraire l'éthanol. On verse le distillat dans une fiole jaugée de 500 mL et on complète avec de l'eau distillée. **On obtient 500 mL de solution notée S contenant tout l'éthanol initialement présent dans 50 mL de vin d'épines.**

L'éthanol réagit avec les ions permanganate en milieu acide, mais cette transformation, quoique totale, est lente : elle ne peut donc pas être le support d'un titrage. On procède donc en deux étapes.

Étape 1 : on introduit les ions permanganate en excès dans un volume donné de la solution S pour transformer tout l'éthanol présent en acide éthanoïque et on laisse le temps nécessaire à la transformation de s'effectuer.

Étape 2 : on réalise ensuite le titrage des ions permanganate restants par les ions Fe^{2+} .

Données :

- Couples oxydant-réducteur :

acide éthanoïque / éthanol : $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq})$

ion permanganate / ion manganèse : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) / \text{Mn}^{2+}(\text{aq})$

- Demi-équation électronique : $\text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 8 \text{H}^+(\text{aq}) + 5 \text{e}^- = \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

- Masse volumique de l'éthanol : $0,79 \text{ g.mL}^{-1}$

- Masse molaire de l'éthanol : $M = 46 \text{ g.mol}^{-1}$

- Toutes les espèces chimiques en solution sont incolores mis à part les ions permanganate qui sont violets.

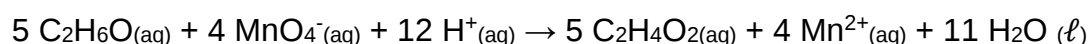
2.1. Étude de l'étape 1

On s'intéresse ici à la réaction entre les ions permanganate et l'éthanol.

Dans un erlenmeyer, on mélange $V_0 = 2,0 \text{ mL}$ de solution S et $V_1 = 25,0 \text{ mL}$ d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}) + \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration en quantité de matière $C_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

On bouche l'erlenmeyer et on laisse réagir pendant environ 30 minutes, à 60°C .

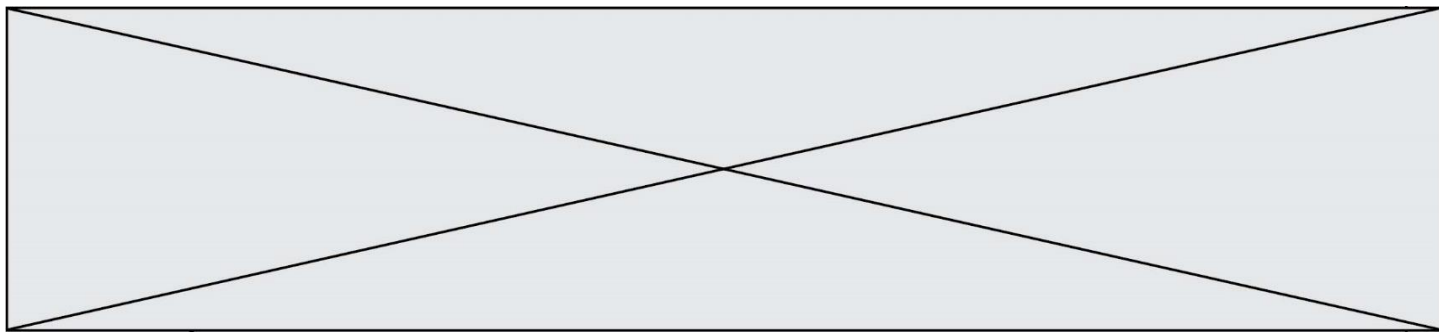
2.1.1. Établir que l'équation de réaction entre l'éthanol et les ions permanganate en milieu acide s'écrit :



2.1.2. Compléter le tableau d'avancement en **ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, en utilisant comme notation :

- n_0 , quantité de matière initiale d'éthanol présente dans le volume V_0

- n_1 , quantité de matière initiale d'ions permanganate présente dans le volume V_1 .



- 2.1.3.** En s'appuyant sur le tableau d'avancement de l'**ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, montrer que dans l'état final, la quantité d'ions permanganate restant dans l'erlenmeyer peut s'écrire :

$$n(\text{MnO}_4^-)_{\text{restant}} = C_1 \times V_1 - \frac{4}{5} \times n_0$$

2.2. Étude de l'étape 2

On titre les ions permanganate restants à la fin de l'étape 1, directement dans l'erlenmeyer, par une solution aqueuse contenant des ions Fe^{2+} à la concentration en quantité de matière $C_2 = 3,00 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$.

L'équation de la réaction de support du titrage entre les ions permanganate MnO_4^- et les ions Fe^{2+} est : $\text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{2+} (\text{aq}) + 8 \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 5 \text{Fe}^{3+} (\text{aq}) + 4 \text{H}_2\text{O} (\ell)$

Le volume de solution titrante versé pour atteindre l'équivalence est $V_{2\text{eq}} = 14,1 \text{ mL}$.

- 2.2.1.** Définir du terme « équivalence » utilisé lors d'un titrage.
- 2.2.2.** Préciser, en justifiant, le changement de couleur qui permet de repérer l'équivalence.
- 2.2.3.** Indiquer la relation qui existe, à l'équivalence, entre les quantités de matière d'ions permanganate présents initialement et les ions Fe^{2+} versés à l'équivalence.
- 2.2.4.** La quantité d'éthanol initialement présente dans le volume 50 mL de vin d'épines est alors donnée par la relation : $n_{\text{éthanol}} = 250 \times \left(\frac{5}{4} \times c_1 \times V_1 - \frac{1}{4} \times c_2 \times V_{2\text{eq}} \right)$.

Déterminer si le degré d'alcool annoncé de ce vin d'épines est conforme à celui annoncé pour ces apéritifs.

Le candidat est invité à présenter son raisonnement de manière claire et ordonnée. Toute tentative de réponse, même incomplète, sera valorisée.

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 : / /

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Question 2.1.2 :

Équation de la réaction		$5 \text{C}_2\text{H}_6\text{O}(\text{aq}) + 4 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) + 12 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2(\text{aq}) + 4 \text{Mn}^{2+}(\text{aq}) + 11 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$					
État	Avancement (mol)	$n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})$	$n(\text{MnO}_4^-)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2)$	$n(\text{Mn}^{2+})$	$n(\text{H}_2\text{O})$
Initial	0	n_0	n_1	/			/
En cours	X			/			/
Final	x_f			/			/

Remarques :

- On rappelle que l'ion permanganate est introduit en excès.
- L'eau étant le solvant et l'ion hydrogène n'étant pas limitant, leurs quantités ne seront pas précisées.