

SESSION 2026

CAPLP
CONCOURS EXTERNE et CAFEP
3^{ème} CONCOURS

SECTION : MATHÉMATIQUES – PHYSIQUE-CHIMIE

ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE

L'épreuve comporte deux parties, portant sur les mathématiques pour la première et sur la physique et la chimie pour la seconde.

L'épreuve permet au candidat de montrer sa maîtrise du corpus de savoirs disciplinaires correspondant aux valences de l'épreuve adapté à l'enseignement en lycée professionnel. Les contenus disciplinaires doivent pouvoir être abordés au niveau du cycle master.

Les candidats rendent deux copies séparées. Chaque copie compte pour moitié dans la notation de l'épreuve.

Durée : 5 heures

Calculatrice autorisée selon les modalités de la circulaire du 17 juin 2021 publiée au BOEN du 29 juillet 2021.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Le candidat rendra deux copies séparées pour chacune des deux parties de l'épreuve

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier.

Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.

INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie.

Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours externe du CAPLP de l'enseignement public :**

Partie mathématiques

Concours
EFE

Section/option
1315J

Epreuve
101A

Matière
9814

Partie Physique-Chimie

Concours
EFE

Section/option
1315J

Epreuve
101B

Matière
0725

► **Concours externe du CAFEP/CAPLP de l'enseignement privé :**

Partie mathématiques

Concours
EFF

Section/option
1315J

Epreuve
101A

Matière
9814

Partie Physique-Chimie

Concours
EFF

Section/option
1315J

Epreuve
101B

Matière
0725

► **3^{ème} Concours du CAPLP de l'enseignement public :**

Partie mathématiques

Concours
EFV

Section/option
1315J

Epreuve
101A

Matière
9814

Partie Physique-Chimie

Concours
EFV

Section/option
1315J

Epreuve
101B

Matière
0725

ÉPREUVE ÉCRITE DISCIPLINAIRE

**Cette épreuve est constituée de deux parties
à rendre sur des copies séparées**

Première partie : mathématiques (pages 1 à 4)

**Seconde partie : physique-chimie (pages 5 à 17)
Documents réponses partie physique-chimie 1 et 2
à rendre avec la copie de physique-chimie (page 18)**

**Attention : le fait de rendre une copie blanche sur la partie
mathématiques ou la partie physique-chimie est éliminatoire**

PARTIE 1 : MATHÉMATIQUES

La partie Mathématiques est constituée de deux exercices indépendants qui peuvent être traités dans un ordre quelconque.

Le premier exercice est un vrai faux avec justification.

Le deuxième exercice est constitué de quatre parties.

Exercice 1 :

Pour chacune des propositions suivantes, préciser si elle est vraie ou fausse, puis justifier la réponse. Une réponse non justifiée ne rapporte aucun point.

1. f est la fonction définie sur \mathbf{R} par $f(x) = \frac{2e^x}{e^x+1}$
Proposition : $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x) = +\infty$.
2. On considère dans un repère orthonormé les points A(2, 4), B(1, 1) et C(7, -1) et le point D barycentre des points pondérés (A, 1), (B, -1), (C, 1).
Proposition : Les diagonales du quadrilatère ABCD sont de même longueur.
3. Soit f la fonction définie par $f(x) = \sqrt{x^2 - 2x - 3}$
Proposition : f est dérivable sur $]3, +\infty[$.
4. On dispose d'une pièce truquée telle que la probabilité d'obtenir « Face » vaut $\frac{1}{3}$. On lance 10 fois de suite et de façon indépendante cette pièce.
Proposition : La probabilité d'obtenir au moins une fois « Face » au cours des 10 lancers est supérieure à 0,95.
5. On dispose de 200 tuyaux cylindriques identiques que l'on dispose de la manière suivante : on constitue sur le sol, entre 2 butées, une première rangée de 20 tuyaux se touchant. Sur cette première rangée sont placés 19 tuyaux reposant chacun sur deux tuyaux de la rangée précédente. On constitue ensuite sur celle-ci une nouvelle rangée de tuyaux disposés de la même manière et ainsi de suite.
Proposition : Il est possible de stocker en un seul tas l'ensemble des tuyaux en procédant ainsi.
6. On considère la matrice $M = \begin{pmatrix} \cos(x) & \sin(x) \\ \sin(x) & \cos(x) \end{pmatrix}$ où x est un nombre réel.
Proposition : La matrice M est inversible.
7. Une société d'assurance estime que la valeur d'un appareil électroménager qu'elle assure diminue de 15 % par an (perte de valeur appelée vétusté).
Proposition : Au bout de 5 ans, un appareil aura perdu plus de la moitié de sa valeur d'achat.
8. On considère l'équation différentielle (E) : $y'' - 4y' + 4y = 0$.
Proposition : Toute solution de (E) sur \mathbf{R} s'annule en 0.
9. On considère une série statistique de moyenne m .
Proposition : Si on double tous les effectifs de cette série alors sa moyenne double aussi.
10. Soit le nombre complexe $z = -\frac{1}{2} + \frac{1}{2}i$. Dans le plan complexe, on considère les points M, N et P d'affixes z, z^2 et z^4 .
Proposition : Les points M, N et P sont alignés.

Exercice 2 :

Le plan est muni d'un repère orthonormal $(O; \vec{i}, \vec{j})$

Partie I : Soit f la fonction définie sur $]0, +\infty[$ par :

$$f(x) = 1 + \frac{\ln(x)}{x}$$

On note C_f sa courbe représentative dans le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

1. Déterminer la limite de f en 0.
2. **a.** Justifier que la droite D d'équation $y = 1$ est asymptote à C_f en $+\infty$.
b. Étudier la position relative de C_f par rapport à la droite D sur l'intervalle $]0, +\infty[$.
3. **a.** Calculer la dérivée de f sur $]0, +\infty[$ et étudier son signe sur cet intervalle.
b. Donner le tableau de variations de f sur $]0, +\infty[$.
4. **a.** Soit $n \in \mathbf{N}$ et $h \neq -1$. Rappeler la valeur de la somme
$$\sum_{p=0}^n (-h)^p$$

b. Donner le développement limité à l'ordre 2 en 0 de $\frac{1}{1+h}$ puis celui de $\ln(1+h)$ à l'ordre 2 en 0.
c. En déduire le développement limité à l'ordre 2 en 1 de f .
5. **a.** On note T la tangente à C_f au point d'abscisse 1. Donner l'équation réduite de T .
b. Étudier la position relative de C_f par rapport à T sur l'intervalle $]0, +\infty[$.
6. **a.** On pose $A(t) = \frac{\ln^2(t)}{2}$ sur $]0, +\infty[$. Montrer que pour tout $t > 0$: $A'(t) = \frac{\ln(t)}{t}$
b. Montrer que la valeur de l'aire, en unité d'aire, de la partie du plan comprise entre C_f , l'axe des abscisses et les droites d'équation $x = 1$ et $x = e$ vaut $e - \frac{1}{2}$.

Partie II : On souhaite, dans cette partie, résoudre sur $]0, +\infty[$ l'équation différentielle suivante :

$$(E) : y' + \frac{1}{t}y = \frac{1}{t^2}$$

7. Résoudre l'équation différentielle $(E_0) : y' + \frac{1}{t}y = 0$ sur $]0, +\infty[$.
8. Montrer que la fonction g définie sur $]0; +\infty[$ par $g(t) = \frac{\ln(t)}{t}$ est solution de (E) .
9. Montrer que les solutions de (E) sur $]0, +\infty[$ sont les fonctions $t \mapsto \frac{\ln(at)}{t}$ où a est un réel strictement positif.

Partie III : On rappelle que f est la fonction définie dans la partie I.

10. Montrer que l'équation $f(x) = 0$ admet une unique solution sur $]0, +\infty[$. On notera α cette solution.

On pose, pour tout entier naturel n non nul :

$$f_n(x) = x - nf(x)$$

11. Dédurre de la question précédente que les courbes représentatives des fonctions f_n et f_{n+1} admettent un unique point d'intersection dont on précisera les coordonnées.

12. On remarque que $\frac{1}{2} < \alpha < 1$ et on définit deux suites $(a_k)_{k \in \mathbf{N}}$ et $(b_k)_{k \in \mathbf{N}}$ de la manière suivante :

- $a_0 = \frac{1}{2}$ et $b_0 = 1$
- Pour tout $k \in \mathbf{N}$, on pose : $c_k = \frac{a_k + b_k}{2}$

$$\text{avec : si } f(a_k)f(c_k) < 0 \quad a_{k+1} = a_k \text{ et } b_{k+1} = c_k \\ \text{sinon} \quad a_{k+1} = c_k \text{ et } b_{k+1} = b_k$$

On admet que les suites $(a_k)_{k \in \mathbf{N}}$ et $(b_k)_{k \in \mathbf{N}}$ convergent et ont pour limite commune α .

a. Vérifier que, pour tout $k \in \mathbf{N}$, on a $a_k < \alpha < b_k$

b. Compléter les pointillés dans le programme suivant pour que la fonction `approx` renvoie un encadrement de α d'amplitude inférieure ou égale à `eps` :

```
from math import log
def approx(eps):
    a=.....
    b=.....
    while abs(b-a)>eps:
        c=(a+b)/2
        if .....
            b=c
        else:
            .....
    return (a,b)
```

c. Quelle valeur doit-on donner à `eps` pour obtenir un encadrement de α à 10^{-2} près ?

d. Donner un encadrement de α à 10^{-2} près.

Partie IV :

Soit n un entier naturel non nul.

On considère la fonction h_n définie sur $]0; +\infty[$ par $h_n(x) = x^2 - n(1 - \ln(x))$

13. Donner le tableau de variations de la fonction h_n sur $]0, +\infty[$.

- 14.** Montrer que l'équation $h_n(x) = 0$ admet une unique solution sur $]0, +\infty[$ que l'on note x_n .
- 15.** En déduire le tableau de variations de f_n . On y fera figurer x_n .
- 16.** Justifier que pour tout $n \geq 2$, $1 < x_n < e$.
- 17.** Montrer que pour tout $n \geq 2$, $h_n(x_{n+1}) > h_n(x_n)$.
- 18.** En déduire que la suite $(x_n)_{n \geq 2}$ est croissante et qu'elle est convergente.
- 19.** Montrer que la suite $(x_n)_{n \geq 2}$ converge vers e .
- 20. a.** Donner un équivalent de la fonction $x \mapsto e^x - 1$ en 0 .
- b.** En déduire un équivalent de la suite $(x_n - e)_{n \geq 2}$ en $+\infty$.

PARTIE 2 : PHYSIQUE-CHIMIE

Thème d'étude : Soins des cheveux

Structure de la partie physique-chimie de l'épreuve

La partie physique-chimie de l'épreuve est structurée autour d'un « *dossier documentaire* » et d'un « *travail à réaliser par le candidat* ». Elle doit permettre au candidat :

- de montrer sa maîtrise du corpus de savoirs disciplinaires en physique-chimie adapté à l'enseignement en lycée professionnel ;
- de montrer ses capacités à s'approprier et analyser les informations fournies ;
- de montrer sa capacité à communiquer par écrit de manière précise et adaptée, tant dans l'utilisation de la langue française que dans l'utilisation du langage scientifique (utilisation d'un vocabulaire précis et adapté, maîtrise de l'écriture des résultats numériques).

> Dossier documentaire (documents 1 à 4)

Le dossier documentaire est organisé en une collection de documentations scientifiques et techniques liée au thème du sujet.

> Travail à réaliser par le candidat (questions 1 à 47)

Le sujet de physique-chimie s'appuie sur un ensemble de questionnements structuré en différentes parties et sous-parties indépendantes les unes des autres.

Les références au « *dossier documentaire* » peuvent être précisées ou non dans le questionnement.

Le cas échéant, le candidat indiquera dans ses réponses les références des documents sur lesquels il s'appuie.

> Documents réponses (documents réponses partie physique-chimie 1 et 2)

Le candidat rendra, avec son ensemble de copies relatif à cette partie de l'épreuve, les documents réponses partie physique-chimie présents en fin de sujet.

DOSSIER DOCUMENTAIRE

Documentations scientifiques et techniques

Document 1 : Données numériques et définitions

- Masses molaires atomiques :

Atome	H	C	N	O	S
$M \text{ (g} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$	1,0	12,0	14,0	16,0	32,1

- Célérité des ondes ultrasonores dans l'air à 20 °C : $v = 343 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Produit ionique de l'eau à 25 °C : $K_e = 10^{-14}$.
- En solution aqueuse, H_2O_2 est la forme acide, au sens de Brønsted, d'un couple acide-base dont la valeur du $\text{p}K_a$ est 11,6 à 25 °C.
- À 298 K :

	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{l})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g})$
Entropie molaire standard absolue $S_m^\circ \text{ (J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}\text{)}$	109,6	70,0	205,2

- Constante universelle des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Potentiel standard de couples d'oxydo-réduction par rapport à l'électrode standard à hydrogène à 298 K :

	$\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})$	$\text{MnO}_4^- (\text{aq}) / \text{Mn}^{2+} (\text{aq})$	$\text{Cl}_2(\text{g}) / \text{Cl}^- (\text{aq})$
$E^\circ (\text{V})$	1,78	0,69	1,51	1,36

- L'incertitude-type $u(C)$ associée à la concentration C déterminée dans le titrage de ce sujet (cf. question 31) peut être estimée par le calcul suivant :

$$u(C) = C \sqrt{\left(\frac{u(F_d)}{F_d}\right)^2 + \left(\frac{u(C_0)}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{u(V_{\text{éq}})}{V_{\text{éq}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V)}{V}\right)^2}$$

- La concentration en peroxyde d'hydrogène dans une eau oxygénée est souvent exprimée en « volumes » : il s'agit du volume de dioxygène à l'état gazeux que peut libérer 1 L d'eau oxygénée selon l'équation de dismutation de H_2O_2 . Ce volume, mesuré dans les conditions standard de température et de pression (0 °C et 1 bar) est exprimé en litres. Ainsi, une eau oxygénée dont la concentration en peroxyde d'hydrogène H_2O_2 est $1,00 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ est dite à 11,2 volumes.
- Conversion d'une température de degrés celsius (°C) en kelvins (K) :
$$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$$
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Document 2 : Étude d'un sèche-cheveux

Le conduit dans lequel l'air circule à l'intérieur du sèche-cheveux est maintenu en position quasi-horizontale.

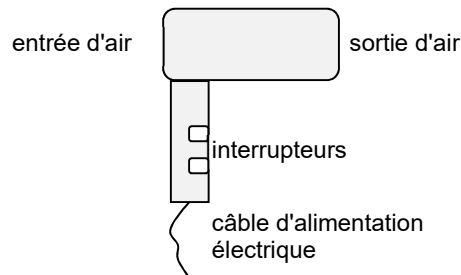


Figure 1 – Schéma simplifié d'un sèche-cheveux

Données générales :

- L'air est assimilé à un gaz parfait dont la capacité thermique massique à pression constante vaut : $c_p = 1,00 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$.
- Surface de la section circulaire d'entrée d'air du sèche-cheveux : $S_e = 22,9 \text{ cm}^2$
- Diamètre de la section circulaire de sortie d'air du sèche-cheveux : $d_s = 3,77 \text{ cm}$.

Caractéristiques électriques mesurées, valeurs efficaces :

- tension d'entrée : 113 V ;
- intensité du courant d'entrée : 7,34 A.

D'après R. Edwards, A simple hairdryer experiment to demonstrate the first law of thermodynamics. American Society for Engineering Education. Conférence (juin 2005). <https://peer.asee.org/15225>

Température maximale approximative préconisée de l'air sortant d'un sèche-cheveux :

- Mise en forme et fixation à froid : de 30 °C à 40 °C.
- Séchage de cheveux fins ou abimés : de 50 °C à 60 °C.
- Séchage de cheveux normaux : de 80 °C à 100 °C.
- Séchage de cheveux épais : jusqu'à 125 °C.

*D'après : www.quel-seche-cheveux.fr/temperature-seche-cheveux/
et www.coiffesa.com/blog/touches-fonction-seche-cheveux*

Document 3 : Expérimentation avec le sèche-cheveux du document 2

Les données générales, dimensions, caractéristiques électriques du sèche-cheveux sont indiquées dans le document 2.

Le conduit dans lequel l'air circule à l'intérieur du sèche-cheveux est toujours maintenu en position quasi-horizontale. Pour cette étude expérimentale, la section de sortie d'air est divisée en dix-sept sous-sections d'aires égales.

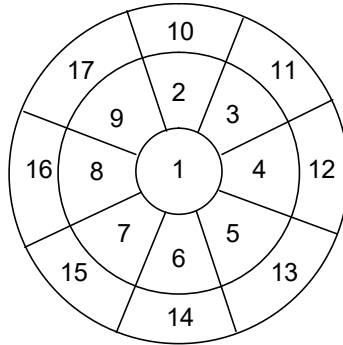


Figure 2 – Schéma de la section de sortie, vue de face, divisée en dix-sept sous-sections d'aires égales

Un support contenant plusieurs thermocouples est disposé en sortie du sèche-cheveux pour mesurer la température de l'air sortant et un autre support, contenant un tube de Pitot, est ensuite disposé en sortie du sèche-cheveux pour mesurer la pression dynamique (différence entre pression totale et pression statique). Ces mesures sont réalisées dans chacune des dix-sept sous-sections, plusieurs fois pour la n° 1 (voir tableau 1).

N° <i>i</i> de sous-section	Température $\theta_{s,i}$ (°C)	Pression dynamique $\Delta P_{s,i}$ (Pa)	n° <i>i</i> de sous-section	Température $\theta_{s,i}$ (°C)	Pression dynamique $\Delta P_{s,i}$ (Pa)
1	75,2	75	8	72,2	95
1	71,4		9	75,5	80
1	65,8		10	55,4	87
1	59,3		11	86,2	62
2	73,4	75	12	69,4	60
3	110,9	80	13	68,9	77
4	84,6	77	14	61,8	85
5	96,3	67	15	41,2	75
6	74,3	85	16	45,5	75
7	69,0	97	17	57,1	87

Tableau 1 – Température de l'air sortant $\theta_{s,i}$ (°C) mesurée par des thermocouples et pression dynamique (différence entre pression totale et pression statique) $\Delta P_{s,i}$ mesurée avec un tube de Pitot dans chaque sous-section n° *i* des dix-sept sous-sections de sortie.

D'après R. Edwards, A simple hairdryer experiment to demonstrate the first law of thermodynamics. American Society for Engineering Education. Conférence (juin 2005). <https://peer.asee.org/15225>

Document 4 : Extrait de programme Python pour traitement de données de la partie C

```
01| from math import * # Import de bibliothèque mathématique
02| import numpy as np # Import de bibliothèque numpy avec l'alias np
03| #-----
04| # Données et pression atmosphérique du jour de l'expérience
05| #-----
06| masse_molaire = 28.96E-3 # Masse molaire moyenne de l'air (kg/mol)
07| r = 8.314 # Constante des gaz parfaits (J/K/mol)
08| p_atm = 100982 # Pression atmosphérique du jour de l'expérience (Pa)
09|
10| #-----
11| # Section de sortie : pour chacune des dix-sept sous-sections de sortie,
12| # température et mesure de pression avec le tube de Pitot
13| #-----
14| temp = np.array([67.9, 73.4, 110.9, 84.6, 96.3, 74.3, 69.0, 72.2, 75.5,
15| 55.4, 86.2, 69.4, 68.9, 61.8, 41.2, 45.5, 57.1]) # Température de l'air
16| dans chacune des dix-sept sous-sections de sortie en °C (la première des
17| températures de cette liste est la moyenne de quatre mesures de
18| températures de la sous-section 1)
19|
20| delta_p = np.array([75, 75, 80, 77, 67, 85, 97, 95, 80, 87, 62, 60, 77, 85,
21| 75, 75, 87]) # Delta_p dans chacune des dix-sept sous-sections de sortie
22| en Pa (mesurée par le tube de Pitot)
23|
24| #-----
25| # Section de sortie : dimension
26| #-----
27| diam_s = 3.7719E-2 # Diamètre intérieur de la section de sortie (m)
28| surf_s = pi * diam_s**2 / (4 * len(temp)) # COMMENTAIRE À COMPLÉTER en
29| tenant compte du fait que len(temp) donne le nombre d'éléments du tableau
30| des températures
31|
32| #-----
33| # Calcul de différentes grandeurs dans la section de sortie de l'air
34| #-----
35| temp_K = temp + 273.15 # Température (K)
36| ro_s = (p_atm) * masse_molaire / (r * (temp_K)) # Calcul masse volumique
37| dans les sous-sections (kg/m3)
38| v_s = np.sqrt(2 * delta_p / ro_s) # Calcul vitesse de sortie de l'air dans
39| les sous-sections (m/s)
40| d_m_s = ro_s * surf_s * v_s
41| d_m_s_total = sum(d_m_s) # COMMENTAIRE À COMPLÉTER
42|
43| # La suite du programme n'est pas présentée ici
```

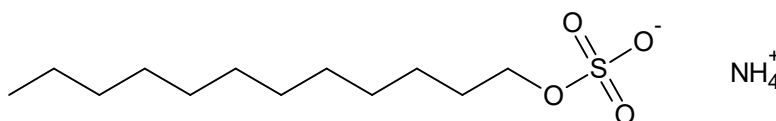
TRAVAIL À RÉALISER PAR LE CANDIDAT

Partie A – Le shampoing : présence d’agents lavants et stockage

Le but d’un shampoing est de nettoyer la chevelure et le cuir chevelu. Sa formulation contient notamment des agents lavants appelés aussi tensio-actifs.

A.1 – Le principe de l’agent lavant

Parmi les agents lavants, le dodécylsulfate d’ammonium est utilisé dans la formulation de nombreux shampoings. Il est classé parmi les tensioactifs anioniques. Sa formule chimique en représentation topologique est :

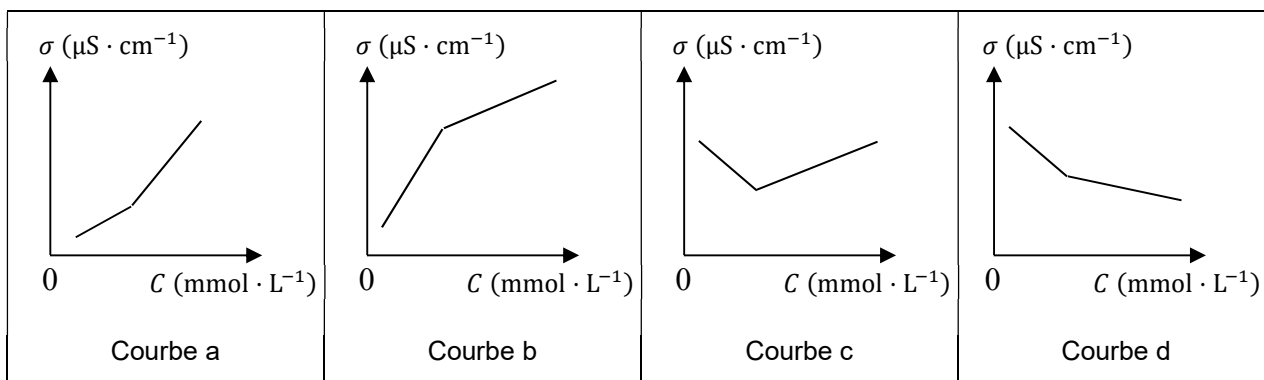


1. Donner la formule brute et la masse molaire du dodécylsulfate d’ammonium.
2. L’ion dodécylsulfate est amphiphile. Expliquer la signification de ce terme et justifier, d’après sa formule chimique, que l’ion dodécylsulfate est amphiphile.
3. Préciser pourquoi ce tensioactif est qualifié d’anionique.

En solution dans l’eau, au-dessus d’une certaine concentration appelée concentration micellaire critique (CMC), les ions dodécylsulfate se rassemblent en agrégats microscopiques, à peu près sphériques, nommés micelles.

Pour déterminer la CMC du dodécylsulfate d’ammonium, il est possible d’étudier la conductivité σ de solutions en fonction de la concentration C en dodécylsulfate d’ammonium.

4. Parmi les courbes a, b, c et d proposées ci-dessous, choisir en justifiant celle dont l’allure correspond à ce que l’on doit obtenir. Expliquer comment déterminer la CMC d’après cette courbe.



L’ion dodécylsulfate pourra être représenté schématiquement de la façon suivante pour la suite de cette partie : —○ ; la partie rectiligne représente la chaîne carbonée et la partie circulaire représente le groupe sulfate.

5. Sur le **document réponse 1 partie physique-chimie à rendre avec la copie**, dessiner, sans souci d’échelle, un schéma de micelle en suspension dans l’eau et constitué, par exemple, d’une

dizaine d'ions dodécylsulfate (une représentation en trois dimensions n'est pas exigée, une représentation en coupe est suffisante).

6. Décrire qualitativement l'action lavante du dodécylsulfate d'ammonium

Une eau riche en ions calcium est qualifiée de dure. En présence d'ions calcium, les ions dodécylsulfate peuvent former un précipité de dodécylsulfate de calcium.

7. Écrire l'équation de la réaction de précipitation du dodécylsulfate de calcium. On écrira, pour simplifier, l'ion dodécylsulfate sous la forme DS^- . Préciser, en justifiant la réponse, si le dodécylsulfate a la même efficacité de lavage dans une eau qui est dure que dans une eau qui ne l'est pas.

L'acide éthylènediaminetétraacétique (EDTA) est un tétraacide usuellement noté H_4Y . La tétrabase Y^{4-} est un ligand hexadentate aussi appelé agent chélateur. Il peut réagir avec de nombreux cations métalliques, notamment avec les ions calcium selon une réaction de complexation.

8. Quand l'eau est dure, indiquer l'intérêt d'ajouter un agent chélateur dans un shampoing dont l'agent lavant est le dodécylsulfate d'ammonium.

A.2 – Le stockage dans une cuve avec mesure du niveau

Un fabricant de shampoings stocke une solution aqueuse de dodécylsulfate d'ammonium dans une cuve présente dans un local dont l'air ambiant est à environ 20 °C. Le niveau de remplissage de la cuve peut être contrôlé par une sonde munie d'une cellule émettrice et réceptrice d'ultrasons. Placée en haut de la cuve, la sonde émet un signal, en direction du liquide, sous forme de salves d'ultrasons de durée Δt_{salve} avec une périodicité T .

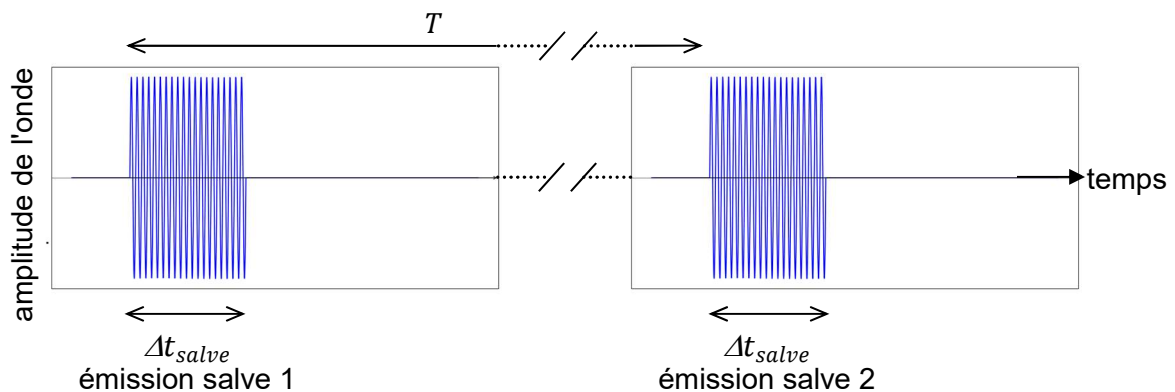


Figure 3 – Schéma, sans souci d'échelle, représentant deux salves successives en fonction du temps.

La sonde détecte ensuite la réception du signal réfléchi par la surface du liquide. La réception des ondes réfléchies doit se faire après la fin de l'émission de la salve émise et avant l'émission de la salve suivante.

Le constructeur de la sonde de niveau étudiée précise que la « zone morte » ou distance minimale mesurable par cette sonde est $d_{min} = 0,4$ m ; la distance maximale mesurable est $d_{max} = 15,2$ m.

9. En déduire que la durée maximale d'une salve $\Delta t_{salve,max}$ de cette sonde de niveau est proche de 2 ms.

10. Expliquer pourquoi le constructeur indique une fréquence maximale des salves de 10 salves par seconde pour pouvoir mesurer une distance égale à la distance maximale mesurable avec cette sonde.

Pendant chaque salve, l'onde ultrasonore est générée à la même fréquence f que le signal électrique du transducteur qui se trouve au niveau de l'émetteur. Un extrait du signal est représenté sur la figure 4.

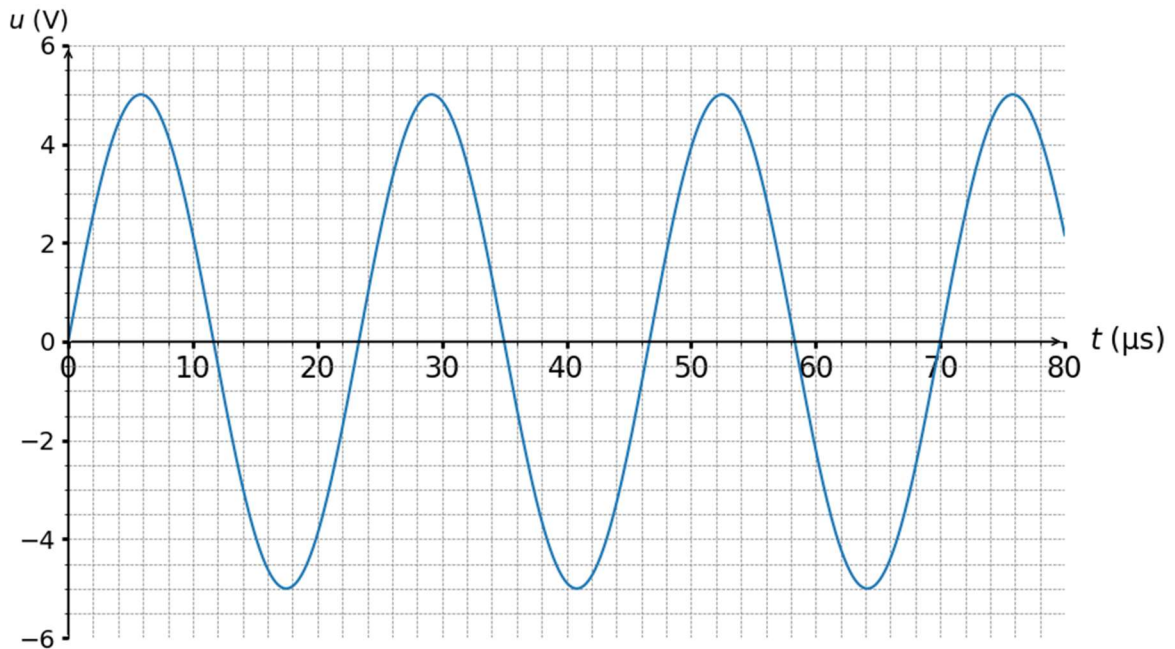


Figure 4 – Extrait de la tension u du transducteur de la sonde en fonction du temps t pendant une partie d'une salve.

11. Déterminer graphiquement et avec une méthode adaptée la fréquence f du signal émis et vérifier qu'il s'agit d'ultrasons.

La sonde ultrasonore étudiée est installée au sommet d'une cuve de profondeur notée H égale à 2,1 m. La cuve contient de la solution de dodécylsulfate d'ammonium jusqu'à une hauteur notée h . Une schématisation est donnée sur la figure 5.

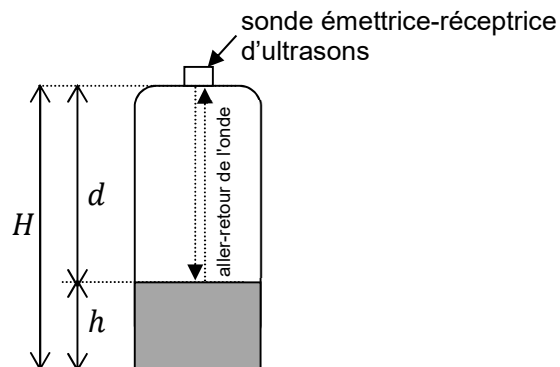


Figure 5 – Schéma de la cuve surmontée d'une sonde de niveau. Les dimensions, sur le schéma, ne respectent pas d'échelle ; le rapport entre les dimensions réelles n'est pas respecté.

Lors de la mesure, la valeur de la durée Δt entre le début de l'émission et le début de la réception d'une salve est 9,3 ms.

12. En déduire la valeur h du niveau de la solution de dodécylsulfate d'ammonium dans la cuve.

La sonde de niveau comporte non seulement une cellule émettrice et réceptrice d'ultrasons mais également un capteur de température.

13. Expliquer pourquoi il est pertinent d'intégrer un capteur de température à la sonde de niveau.

Partie B – L'eau oxygénée utilisée dans les traitements capillaires

En cosmétique, dans le domaine des traitements capillaires, il n'est pas rare d'utiliser du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 . Une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène est appelée « eau oxygénée ».

B.1 – La molécule de peroxyde d'hydrogène H_2O_2

14. Donner, en justifiant la réponse, la composition (nombre et type de nucléons, nombre d'électrons) d'un atome d'oxygène dont le symbole est $^{16}_8O$.

Il s'agit de l'isotope de l'oxygène le plus abondant.

15. Définir le mot isotope.

16. Écrire la configuration électronique d'un atome d'oxygène dans son état fondamental. Identifier les électrons de valence.

17. Proposer un schéma de Lewis de la molécule de peroxyde d'hydrogène H_2O_2 . Pour chaque atome de cette molécule, montrer que les règles de l'octet ou du duet sont vérifiées.

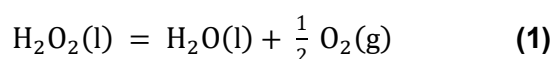
18. En utilisant le document 1, donner le diagramme de prédominance associé au peroxyde d'hydrogène en solution aqueuse, en fonction du pH, à 25 °C.

On considère une solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène de concentration $C_1 = 0,9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ à la température de 25 °C.

19. Calculer le coefficient de dissociation α du peroxyde d'hydrogène dans cette solution et indiquer si l'on peut qualifier H_2O_2 d'acide fort.

B.2 – La stabilité du peroxyde d'hydrogène

L'équation de la réaction de dismutation, notée **(1)**, du peroxyde d'hydrogène peut s'écrire :



L'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^\circ$ de la réaction **(1)** vaut $-98 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ à 298 K.

20. Indiquer si cette réaction est endothermique ou athermique ou exothermique.

21. Indiquer si, d'après l'écriture de la réaction **(1)**, le signe de son entropie standard de réaction $\Delta_r S^\circ$ à 298 K est prévisible, avant tout calcul. Justifier la réponse. En utilisant les valeurs des données thermodynamiques du document 1, calculer $\Delta_r S^\circ$.
22. Montrer que l'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G^\circ$ de la réaction **(1)** à 298 K a une valeur proche de $-117 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.
23. En déduire la valeur de la constante thermodynamique d'équilibre K_1° de la réaction **(1)** à 298 K et conclure quant à la stabilité thermodynamique du peroxyde d'hydrogène dans les conditions standard à cette température.

Le critère thermodynamique n'est pas le seul critère de stabilité à considérer.

24. Indiquer quel autre critère pourrait expliquer une longue conservation du peroxyde d'hydrogène dans des flacons opaques et réfrigérés.

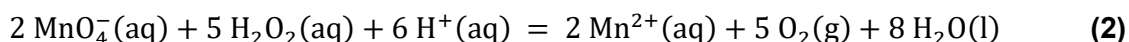
B.3 – Le titrage d'une eau oxygénée

Un fabricant de produits capillaires souhaite contrôler, à l'aide d'un titrage par oxydo-réduction, la concentration C en peroxyde d'hydrogène dans une eau oxygénée dont il se sert pour la formulation de produits capillaires.

Le protocole de la manipulation à réaliser pour le titrage est le suivant :

- diluer l'eau oxygénée au cinquième (le facteur de dilution F_d vaut 50) ;
- prélever une prise d'essai de volume $V = 10,00 \text{ mL}$ de la solution diluée ainsi préparée ;
- ajouter 90 mL d'eau désionisée, puis verser lentement 10 mL de solution d'acide sulfurique à 10 % ;
- tout en agitant, verser progressivement, à l'aide d'une burette graduée, une solution de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}), \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) de concentration C_0 connue jusqu'à l'équivalence repérée par la persistance d'une teinte rose. Le volume de solution de permanganate de potassium versée à l'équivalence est noté $V_{\text{éq}}$.

25. Nommer la verrerie à utiliser pour préparer 100 mL de solution diluée au cinquième.
26. Écrire les deux demi-équations électroniques d'oxydoréduction relatives au titrage prévu et en déduire que l'équation de la réaction de titrage, notée **(2)**, peut s'écrire :



27. En utilisant certaines données du document 1, exprimer puis calculer la constante d'équilibre K_2° de la réaction **(2)** à 298 K et vérifier que la transformation peut être considérée comme quasi-totale.
28. Expliquer le rôle de la solution d'acide sulfurique versée et justifier pourquoi on ne peut pas substituer la solution d'acide sulfurique par une solution d'acide chlorhydrique dans le protocole de cette manipulation.

La manganimétrie proposée ici est effectuée par titrage colorimétrique ; ce titrage aurait pu être suivi par potentiométrie.

29. Indiquer quelles électrodes choisir pour un tel suivi par potentiométrie, puis préciser comment déterminer alors le volume à l'équivalence.

30. Montrer que le fabricant peut retrouver la valeur de la concentration C de la solution initiale grâce à la relation : $C = \frac{5 F_d C_0 V_{\text{éq}}}{2 V}$.

La concentration de la solution titrante de permanganate de potassium ($\text{K}^+(\text{aq}), \text{MnO}_4^-(\text{aq})$) est $C_0 = (1,86 \pm 0,02) \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et le volume à l'équivalence est $V_{\text{éq}} = (15,20 \pm 0,05) \text{ mL}$. L'incertitude-type associée à la dilution est $u(F_d) = 0,15$ et celle pour le volume V de la prise d'essai est $u(V) = 0,02 \text{ mL}$.

31. Calculer la concentration C de la solution en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et l'écrire avec son incertitude-type associée, puis donner ces deux résultats en « volumes ».

Au sujet du peroxyde d'hydrogène ou de mélanges libérant du peroxyde d'hydrogène, la réglementation précise que la concentration maximale dans les préparations prêtes à l'emploi pour les produits pour les cheveux est de « 12 % d' H_2O_2 (40 volumes), présent ou libéré » (Journal officiel de l'Union européenne du 23/5/2019).

32. Indiquer si, du point de vue de la concentration en peroxyde d'hydrogène, le fabricant peut commercialiser cette eau oxygénée pour être utilisée comme préparation prête à l'emploi pour les cheveux.

Partie C – Le sèche-cheveux

Cette partie porte sur une étude avec un sèche-cheveux. Des données relatives à cette partie sont dans les documents 2, 3 et 4.

C.1 – L'alimentation électrique du sèche-cheveux

Un sèche-cheveux est alimenté par le réseau électrique en courant alternatif (AC) et est composé, notamment, d'un résistor qui permet le chauffage de l'air et d'un moteur électrique à courant continu (DC) qui met en rotation l'hélice entraînant l'écoulement de l'air (voir figure 6).

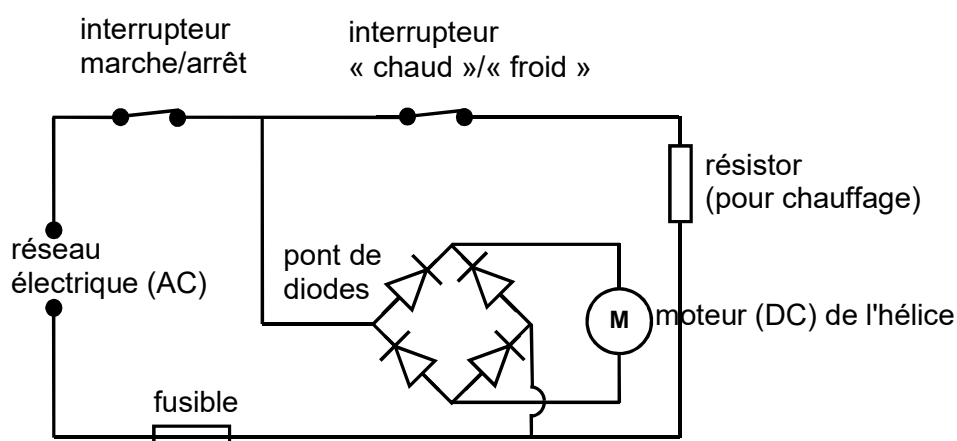


Figure 6 – Schéma électrique simplifié d'un sèche-cheveux

Pour la suite de l'étude, on considère que les deux interrupteurs restent fermés.

33. Indiquer, sur le **document réponse 2 partie physique-chimie à rendre avec la copie**, le sens de circulation du courant électrique dans le circuit, notamment dans le pont de diodes et dans le moteur, dans chacun des deux cas : alternance positive et alternance négative du courant du réseau électrique.
34. Expliquer le rôle du pont de quatre diodes dans ce dispositif.
35. À l'aide des données du document 2 et en considérant le facteur de puissance égal à 1, calculer la puissance électrique P_{elec} (puissance active) fournie au sèche-cheveux.

C.2 – La température et la vitesse de l'air en sortie du sèche-cheveux

Dans la suite, l'étude se fait dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen. L'air s'écoule à travers le sèche-cheveux depuis l'entrée d'air appelée « section d'entrée » jusqu'à l'embout de sortie appelé « section de sortie ». Ce sèche-cheveux est considéré immobile dans le référentiel d'étude car maintenu par un dispositif annexe non représenté et est positionné de façon à ce que l'écoulement de l'air soit quasi-horizontal.

Le sèche-cheveux fonctionne depuis quelques minutes : le régime permanent est atteint. L'écoulement de l'air est supposé stationnaire et parfait.

36. En considérant l'air sec comme un gaz parfait de masse molaire moyenne $29,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, calculer la masse volumique ρ_e de l'air entrant par la section d'entrée, en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, à la température ambiante de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et à la pression atmosphérique du jour où l'expérience a été réalisée : 101 kPa .
37. Préciser, en justifiant la réponse, comment la valeur de la masse volumique ρ de l'air varie lorsque sa température augmente, à pression constante.

Au cours de son écoulement, l'air est mis en mouvement par une hélice et est chauffé par une résistance chauffante dans le corps du sèche-cheveux. La résistance chauffante et l'hélice sont alimentées par l'alimentation électrique du sèche-cheveux dont la puissance notée P_{elec} a été calculée précédemment.

On note avec l'indice « e » les grandeurs relatives à la section d'entrée (exemple : ρ_e), avec l'indice « s » celles relatives à la section de sortie.

Le premier principe de la thermodynamique pour l'écoulement stationnaire étudié se traduit par l'équation notée **(3)** et appelée théorème de Bernoulli généralisé :

$$D_{m,s} \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + g z_s \right) - D_{m,e} \left(h_e + \underbrace{\frac{v_e^2}{2}}_{\text{(terme a)}} + \underbrace{g z_e}_{\text{(terme b)}} \right) = P_{\text{elec}} + P_{\text{th}} \quad \mathbf{(3)}$$

en utilisant les notations usuelles :

- D_m pour le débit massique de l'air ;
- h pour l'enthalpie massique de l'air ;
- v pour la vitesse de l'air ;
- z pour l'altitude par rapport à une altitude de référence ;
- $|P_{\text{th}}| = 1 \text{ W}$ pour la puissance thermique perdue à travers les parois du sèche-cheveux.

38. Justifier la conservation du débit massique du fluide au cours de l'écoulement et, à l'aide du document 2, calculer sa valeur $D_{m,e}$ sachant que la vitesse du fluide à l'entrée du sèche-cheveux est : $v_e = 5,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
39. Donner la signification physique des termes a et b qui apparaissent dans l'équation (3).
40. Donner, en le justifiant, le signe de la grandeur P_{th} .
41. Exprimer l'enthalpie massique de l'air entrant h_e en fonction de sa capacité thermique massique à pression constante notée c_p et de sa température T_e , puis, à l'aide des données du document 2, vérifier que sa valeur est proche de $2,9 \times 10^5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

La masse volumique de l'air à la sortie du sèche-cheveux est : $\rho_s = 1,02 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

La question suivante n'est pas guidée, elle demande de l'initiative de la part du candidat. Les pistes de recherche explorées doivent être consignées sur la copie. La qualité de la démarche et son explicitation seront évaluées aussi.

42. Indiquer, à l'aide des données du document 2, si ce sèche-cheveux est adapté pour sécher des cheveux fins ou abimés.
43. À l'aide des données du document 3, calculer la température moyenne θ_1 mesurée dans la sous-section de sortie n° 1. La présenter avec l'incertitude-type associée. Indiquer l'intérêt d'avoir réalisé plusieurs mesures dans cette sous-section.

Un programme en langage Python, dont un extrait est présent dans le document 4, permet le traitement des données expérimentales obtenues et consignées dans le document 3.

44. Indiquer la signification de la grandeur « surf_s » calculée à la ligne 22 du programme Python. Cette signification pourrait être indiquée en commentaire pour cette ligne.
45. Indiquer également la signification de la grandeur « d_m_s_total » calculée à la ligne 31 du programme Python. Cette signification pourrait être indiquée en commentaire pour cette ligne. Préciser l'unité dans laquelle le programme calcule cette grandeur.

On positionne le tube de Pitot à la sortie d'air du sèche-cheveux, au niveau de la sous-section n° i .

46. Pour le tube de Pitot, écrire le théorème de Bernoulli et en déduire que la vitesse $v_{s,i}$ de sortie de l'air dans chaque sous-section de sortie n° i peut être calculée par l'expression suivante :

$$v_{s,i} = \sqrt{\frac{2 \times \Delta P_{s,i}}{\rho_{s,i}}}$$

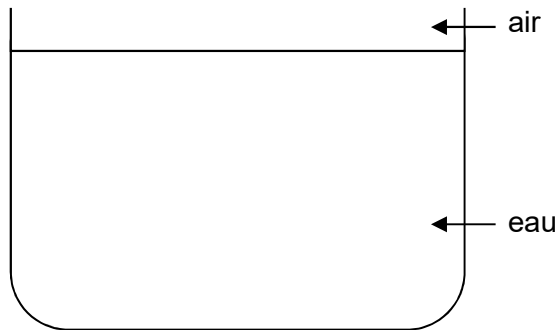
Les mesures de température dans chaque sous-section de sortie n° i permettent de calculer la masse volumique de l'air $\rho_{s,i}$ dans chaque sous-section de sortie. La valeur de la masse volumique de l'air dans la sous-section de sortie n° 1 est : $\rho_{s,1} = 1,03 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

47. Calculer la vitesse de sortie $v_{s,1}$ de l'air dans la sous-section de sortie n° 1 et commenter le résultat.

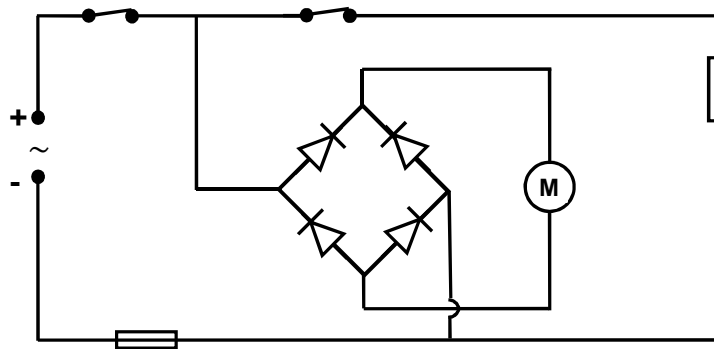
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

DOCUMENTS RÉPONSES PARTIE PHYSIQUE-CHIMIE

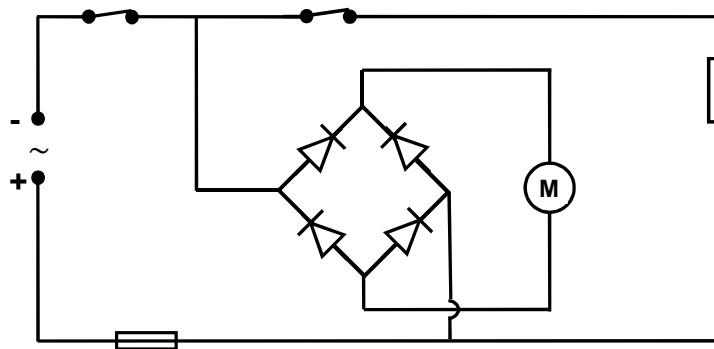
Document réponse partie physique-chimie 1 (question 5)



Document réponse partie physique-chimie 2 (question 33)



Alternance positive du courant du réseau électrique



Alternance négative du courant du réseau électrique