Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

PHYSIQUE-CHIMIE

Jour 2

Durée de l'épreuve : **3 heures 30**

Matériel autorisé

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collège », est autorisé.

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Le candidat traite l'intégralité du sujet, qui se compose de 3 exercices.

EXERCICE 1 : LE SCHWEPPES® : UN BON ANTIPALUDIQUE SANS RISQUE POUR LA SANTÉ ? (9 POINTS)

La quinine a été extraite pour la première fois des écorces du quinquina jaune le 26 juin 1820 par Pelletier et Caventou.
Elle reste un médicament majeur pour le traitement du paludisme qui touche 249 millions de personnes dans le monde en 2022.

Source : d'après *Médiachimie* et *who.int*

Sur le site du Collège National de Pharmacologie Médicale, on peut lire :
« La quinine s'utilise par voie orale pour le traitement du paludisme à raison de 3 prises de 8 mg/kg de masse corporelle, espacées de 8 heures, pendant 7 jours ».

Source : *pharmacomedicale.org*

Sur l'étiquette d'une canette de Schweppes, on peut lire que cette boisson contient de la quinine :

Composition du Schweppes®
Ingrédients : eau gazéifiée avec du dioxyde de carbone, sucre, acidifiants (E330, E331), arôme, quinine, conservateur (E211).



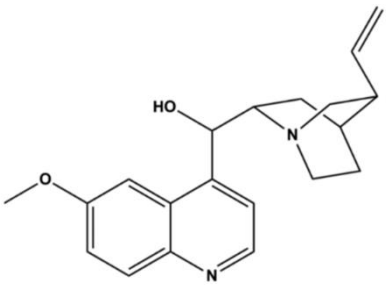
Dans la première partie de cet exercice, pour savoir si cette boisson peut être utilisée comme antipaludique, on dose par étalonnage la quantité de quinine contenue dans le Schweppes® par fluorescence.

Dans la seconde partie, on titre l'acide citrique contenu dans le Schweppes®.

Données :

- La quinine est une molécule organique dont le nom officiel est :

6-méthoxyquinolin-4-yl(5-vinylquinuclidin-2-yl)-méthanol



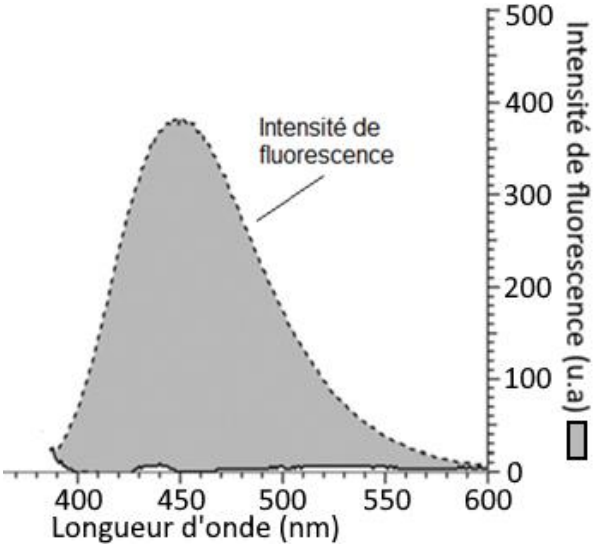
Représentation de la molécule de quinine

- Sa masse molaire est : M(quinine) = 324 g·mol^{-1}.
- Cette molécule est une dibase notée Q dont les pK_A valent 4,4 et 9,0 à 25°C. Les formes acides de la quinine peuvent être symbolisées par QH_2^{2+} et QH^+.

- La fluorescence est l'émission lumineuse provoquée par l'excitation des électrons d'une molécule (ou d'un atome), généralement par absorption d'un photon, immédiatement suivie d'une émission spontanée de lumière.

Source : d'après *Wikipédia*

- Spectre d'émission de fluorescence d'une solution acidifiée de quinine :



Source : d'après *BUP n°944*

- Sous irradiation UV, les formes QH_2^{2+} et QH^+ émettent respectivement une fluorescence bleue et violette alors que la forme Q n'est pas fluorescente.

Partie A : Étude de la molécule de quinine et dosage de la quinine contenue dans le Schweppes®

1. Étude de la molécule de quinine

Q.1. Justifier le suffixe « -ol » dans le nom officiel de la quinine.

Q.2. Justifier, à l'aide de son spectre d'émission, la couleur de la lumière émise par fluorescence par une solution acidifiée de quinine.

Q.3. Représenter le diagramme de prédominance des différentes formes acido-basiques de la quinine. En déduire les couleurs de fluorescence attendues dans les différents domaines de pH.

2. Dosage par étalonnage de la quinine contenue dans le Schweppes®

Pour déterminer la teneur en quinine du Schweppes®, il est possible de réaliser un dosage par spectrophotométrie de fluorescence.

Le dosage par fluorescence exploite le fait que l'intensité lumineuse provoquée par fluorescence I_f est proportionnelle à la concentration de l'espèce chimique fluorescente selon l'expression simplifiée suivante : $I_f = K \times I_0 \times C$, avec I_f l'intensité de fluorescence (en unité arbitraire notée u.a), K une constante (en $L \cdot mol^{-1}$), I_0 l'intensité de la source lumineuse incidente (en u.a), et C la concentration en quantité de matière de l'espèce chimique fluorescente (en $mol \cdot L^{-1}$).

Protocole expérimental :

Étape 1 : À partir d'une solution mère acidifiée de quinine S_0 de concentration $C_0 = 1{,}30 \times 10^{-5}$ mol·L^{-1}, on prépare un volume $V_f = 10{,}0$ mL de solutions étalons de différentes concentrations C_f :

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
C_f (en mol·L^{-1})	$5{,}20 \times 10^{-6}$	$3{,}25 \times 10^{-6}$	$1{,}68 \times 10^{-6}$	$1{,}30 \times 10^{-6}$	$0{,}65 \times 10^{-6}$
I_f (unité arbitraire, u.a)	728	480	253	219	116

Étape 2 : On mesure l'intensité de fluorescence à 450 nm de chaque solution étalon et on trace la courbe donnant l'intensité de fluorescence en fonction de la concentration. La courbe obtenue est la suivante :



Étape 3 : L'intensité de fluorescence mesurée pour une solution de Schweppes® diluée 100 fois est égale à 319 u.a.

Q.4. Calculer la valeur du volume de solution mère S_0 à prélever pour préparer la solution S_4.

Q.5. Indiquer le protocole à suivre pour préparer cette solution, en précisant la verrerie utilisée.

Q.6. Justifier l'allure de la courbe obtenue lorsque l'on trace $I_f = f(C_f)$.

Q.7. Déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière en quinine dans le Schweppes®.

Les boissons « tonic » peuvent contenir jusqu'à 100 mg·L^{-1} de quinine sans inconvénient pour la santé.

Q.8. Indiquer si le Schweppes® respecte ce critère.

Q.9. Expliquer si une personne de 50 kg peut utiliser le Schweppes® pour le traitement du paludisme.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

Partie B : Dosage par titrage de l'acide citrique contenu dans le Schweppes®

Déjà critiquées pour leur teneur en sucres, en caféine et autres substances pas toujours identifiées, les sodas et les jus de fruits sont des boissons particulièrement acides. Consommées régulièrement dans la journée, elles attaquent les dents qui perdent de l'émail et deviennent plus sensibles.

Source : d'après *Doctissimo*

La teneur en acide citrique du Schweppes®, peut être mesurée par titrage pH-métrique.

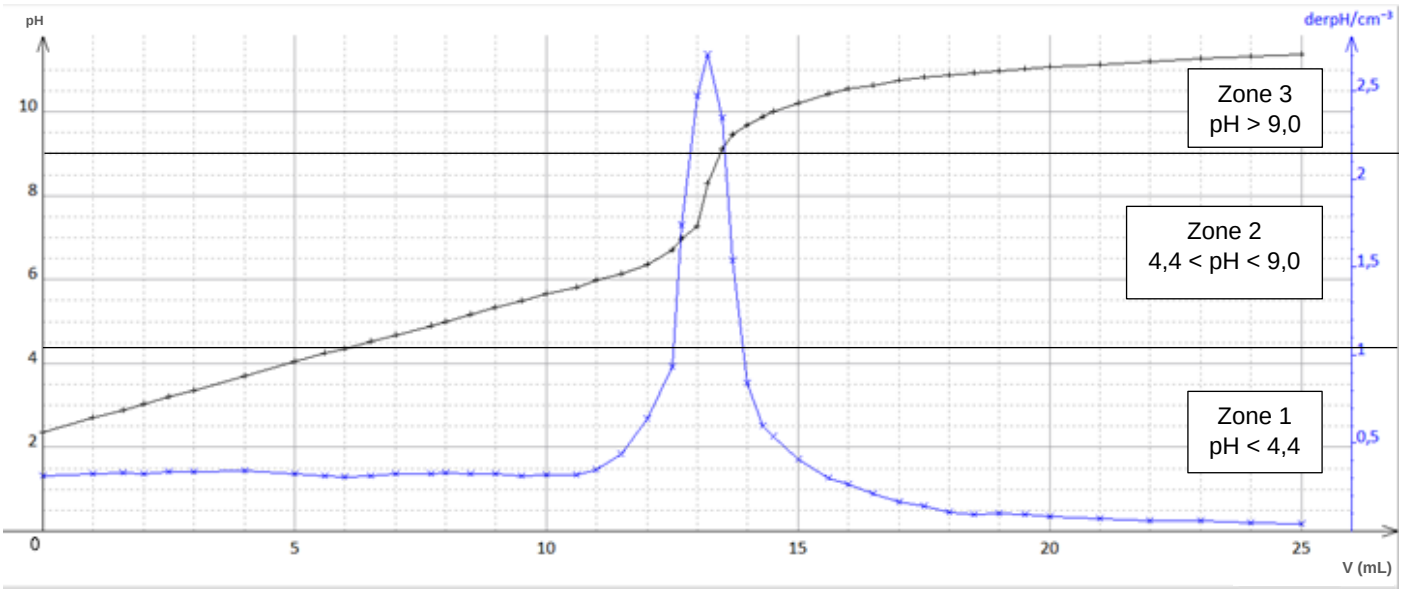
Protocole expérimental :

20,0 mL de Schweppes® sont placés sous agitation pendant quelques heures dans un bécher pour dégazer la boisson. La boisson est alors titrée par une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) de concentration C_B = 0,100 mol·L^{-1}.

L'acide citrique est un triacide qui réagit avec l'hydroxyde de sodium selon la réaction support du titrage dont l'équation est :

$$AH_3(aq) + 3\ HO^-(aq) \rightarrow A^{3-}(aq) + 3\ H_2O(\ell)$$

La courbe du titrage est donnée ci-dessous :



Données :

- les couples acide/base des espèces carbonatées sont :
  - CO_2, $H_2O(aq)$ / $HCO_3^-(aq)$;
  - $HCO_3^-(aq)$ / $CO_3^{2-}(aq)$.

Q.10. Sélectionner parmi les termes suivants, la ou les qualité(s) que doit posséder la réaction support du titrage : lente, rapide, unique, multiple, totale, non-totale.

Q.11. Justifier la nécessité de dégazer par agitation la boisson avant de réaliser le titrage de l'acide citrique.

Q.12. Déterminer, en détaillant la démarche suivie, la valeur de la concentration C_A en acide citrique dans la boisson.

Q.13. Comparer cette valeur à la concentration maximale admissible en acide citrique qui est fixée à 7,8 × 10^{-2} mol·L^{-1}.

Q.14. Indiquer, en justifiant la réponse, si on peut utiliser la quinine contenue dans le Schweppes® comme indicateur coloré dans le cas du dosage colorimétrique sous UV de l'acide citrique.

EXERCICE 2 : COMBUSTIBLE MOX POUR LIMITER LES DÉCHETS NUCLÉAIRES (5 POINTS)

Le combustible utilisé dans les réacteurs nucléaires est de l'uranium enrichi. Après trois ou quatre ans d'utilisation en moyenne, ce combustible est retiré du réacteur. 95% de ce combustible usé est de l'uranium qui peut faire l'objet d'un nouvel enrichissement en vue de la fabrication d'un nouveau combustible. Une autre partie (1%) est du plutonium qui peut être utilisé dans la fabrication d'un autre combustible appelé MOX. Les 4% restant sont les produits de fissions et les actinides mineurs et constituent des déchets ultimes.

Source : d'après *l'ANDRA « 6 questions pour mieux comprendre la gestion des déchets radioactifs à haute activité »*

Le combustible MOX est un combustible nucléaire constitué de plutonium 239 et d'uranium appauvri retirés des réacteurs nucléaires après une première utilisation. Cela participe au recyclage des déchets nucléaires. La moitié des réacteurs nucléaires français utilise en partie du combustible MOX. Les futurs réacteurs pourront utiliser 100 % de MOX.

Source : d'après *Wikipédia*

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'intérêt du combustible MOX.

Données :

- L'âge de la Terre est estimé à 4,5 milliards d'années ;
- Masse molaire du plutonium 239 : 239 $g \cdot mol^{-1}$;
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1} ;
- Temps de demi-vie $t_{1/2}$ de différents noyaux radioactifs (**Tableau 1**) :

Éléments	Uranium	Uranium	Plutonium	Neptunium	Baryum	Plutonium	Krypton
Noyaux radioactifs	$^{238}_{92}U$	$^{235}_{92}U$	$^{239}_{94}Pu$	$^{235}_{93}Np$	$^{140}_{56}Ba$	$^{235}_{94}Pu$	$^{93}_{36}Kr$
Demi-vie ($t_{1/2}$)	$4{,}5\times10^{9}$ ans	$7{,}04\times10^{8}$ ans	24 110 ans	396 jours	12,8 jours	25 min	1,3 s

Q.1. Donner la composition du noyau d'uranium 235.

Q.2. Indiquer, en justifiant la réponse, le ou les noyau(x) radioactif(s) isotope(s) de l'uranium 235 parmi ceux présentés dans le tableau 1.

Q.3. Expliquer pourquoi l'uranium 238 est toujours présent à l'état naturel depuis l'origine de la Terre, contrairement au plutonium 239.

Exercice 2

L'équation de la réaction de la fission du noyau d'uranium 235, percuté par un neutron, en krypton 93, en baryum 140 et en neutrons, noté $^{1}_{0}n$, s'écrit :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{93}_{36}Kr + ^{140}_{56}Ba + 3\ ^{1}_{0}n$$

Q.4. Expliquer en quoi ce type de réaction nucléaire peut être qualifié de réaction en chaîne.

Quant à lui, le plutonium 239 contenu dans le combustible usé est issu des noyaux d'uranium 238 qui, par capture d'un neutron, peuvent se transformer en uranium 239. L'uranium 239 peut ensuite subir deux désintégrations β- successives conduisant au plutonium 239.

239 U 92 β-	240 Np 93 β-	241 Pu 94 β-
238 U 92 α	239 Np 93 β-	240 Pu 94 α
237 U 92 β-	238 Np 93 β-	239 Pu 94 α

Document 1. Extrait du diagramme N/Z indiquant le type de radioactivité des radionucléides

Q.5. Écrire, à l'aide du diagramme N/Z du document 1, les trois équations des réactions successives permettant de passer de l'uranium 238 au plutonium 239 puis donner le nom de la particule émise lors d'une désintégration β^-.

Le plutonium 239 se désintègre suivant l'équation :

$$^{239}_{94}Pu \rightarrow ^{235}_{92}U + ^{4}_{2}He$$

Q.6. Indiquer à quel type de radioactivité correspond cette désintégration.

On donne la loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ où N_0 est le nombre de noyaux à l'instant $t = 0$ s et λ est la constante radioactive du noyau radioactif considéré.

Q.7. Établir l'expression de la constante radioactive λ en fonction du temps de demi-vie $t_{1/2}$. En déduire que la valeur de la constante radioactive du plutonium 239 est $9{,}1 \times 10^{-13}$ s^{-1}.

Données :

- L'activité *A* d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations par seconde (en becquerel (Bq), avec 1 Bq = 1 s^{-1}) et elle est liée au nombre *N* de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon par la relation : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$.

- Classification des déchets radioactifs (**Tableau 2**) :

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="3">TEMPS DE DEMI-VIE</td></tr>
<tr><td>Vie très courte
(demi-vie < 100 jours)</td><td>Vie courte
(demi-vie ≤ 31 ans)</td><td>Vie longue
(demi-vie > 31 ans)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">ACTIVITE MASSIQUE *</td><td>Très faible activité
TFA (< 100 Bq·g^{-1})</td><td rowspan="4">Gestion par décroissance radioactive sur le site de production puis évacuation dans les filières conventionnelles</td><td colspan="2">Stockage de surface
(au Centre Industriel de Regroupement, d'Entreposage et de Stockage – CIRES)</td></tr>
<tr><td>Faible activité
FA (< 10^5 Bq·g^{-1})</td><td rowspan="2">Stockage de surface
(au centre de stockage de l'Aube)</td><td>Stockage de faible profondeur (à l'étude)</td></tr>
<tr><td>Moyenne activité
MA (< 10^6 Bq·g^{-1})</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>Haute activité
HA (> 10^6 Bq·g^{-1})</td><td colspan="2">Pas encore de filière opérationnelle
(stockage réversible profond à l'étude)</td></tr>
</table>

** L'activité massique est l'activité rapporté à 1 g d'échantillon* D'après andra.fr

Q.8. Montrer, à l'aide du tableau 2, l'intérêt du MOX, en analysant comment sont gérés à l'heure actuelle les déchets de la catégorie à laquelle appartient le plutonium 239.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

EXERCICE 3 : MOSTIGLASS®, LE VITRAGE MOUSTIQUAIRE RAFRAICHISSANT (6 POINTS)

La Mostiglass® est un vitrage en polycarbonate qui s'installe facilement devant les ouvertures et permet de réguler la température de l'air entrant, tout en protégeant des nuisibles à la façon d'une moustiquaire.

Source : d'après *mostiglass.fr*

L'objectif de cet exercice est d'expliquer la baisse de la température de l'intérieur d'une habitation par effet Venturi.

1. À la découverte de la Mostiglass®

La Mostiglass® est un vitrage transparent, perforé d'une multitude de fentes, comme l'indique la figure 1.



Figure 1

Pour mesurer précisément les dimensions des fentes de la Mostiglass®, on utilise la diffraction de la lumière.

Q.1. Donner une condition nécessaire à l'observation du phénomène de diffraction d'une onde lumineuse.

On réalise le montage suivant pour mesurer la largeur d'une fente de la Mostiglass® : un faisceau de lumière issu d'un laser de longueur d'onde λ, traverse une perforation de la Mostiglass® assimilée à une fente de largeur ℓ.

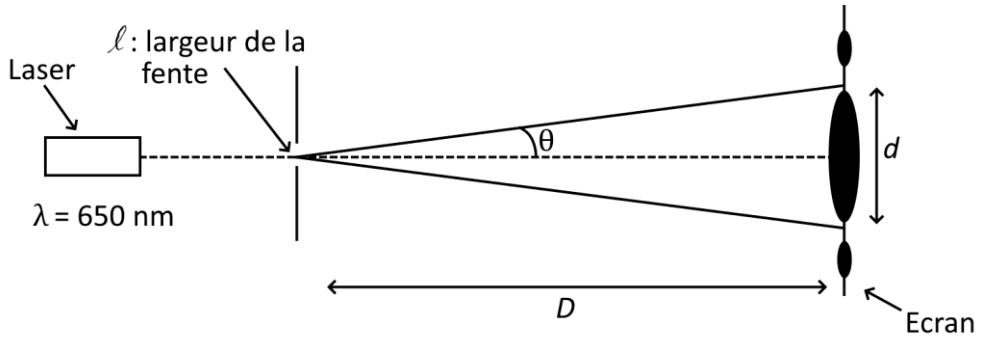


Figure 2. Schéma du montage expérimental vu du dessus

Données :

- Distance entre la fente et l'écran : D = 3,00 m avec $u(D)$ = 0,01 m ;
- Longueur d'onde du laser utilisé : λ = 650 nm ;
- La mesure de la largeur de la tache centrale sur la figure de diffraction obtenue en éclairant une perforation est d = 6,0 mm avec $u(d)$ = 0,5 mm.

Q.2. Donner la relation entre l'angle de diffraction θ, la longueur d'onde λ, et la largeur de la fente ℓ.

Q.3. Établir, en utilisant l'approximation des petits angles $\tan\theta \approx \theta$, la relation entre θ, la distance D entre la fente et l'écran, et d, la largeur de la tache centrale de diffraction. En déduire la relation suivante :

$$\frac{\lambda}{\ell} = \frac{d}{2D}$$

Q.4. En déduire la valeur de ℓ, la largeur de la fente.

Données :

- Pour décider si le résultat d'une mesure est en accord avec une valeur de référence, on utilise le quotient $\frac{|x-x_{ref}|}{u(x)}$ avec x, la valeur mesurée ; x_{ref} la valeur de référence et $u(x)$, l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x ;
- L'incertitude-type sur la largeur ℓ peut être obtenue grâce à la relation :

$$u(\ell) = \ell \times \sqrt{\left(\frac{u(d)}{d}\right)^2 + \left(\frac{u(D)}{D}\right)^2}$$

Q.5. Calculer l'incertitude-type $u(\ell)$. Vérifier que le résultat de la mesure est compatible avec la valeur de référence ℓ = 0,55 mm.

2. Étude de l'effet Venturi appliqué à la Mostiglass®

Les fentes présentes sur la Mostiglass® sont rétrécies : la surface d'entrée en contact avec l'air extérieur est supérieure à la surface de sortie en contact avec l'air intérieur. Ce rétrécissement est à l'origine de l'effet Venturi.

On réalise un montage (figure 3) dans lequel on injecte, à l'aide d'un sèche-cheveux, de l'air chaud dans un tunnel au centre duquel on place la Mostiglass®. Ce montage est schématisé figure 4.

On suit l'évolution de la température en fonction du temps dans le tunnel avant et après la Mostiglass® à l'aide de deux thermomètres reliés à une interface d'acquisition.

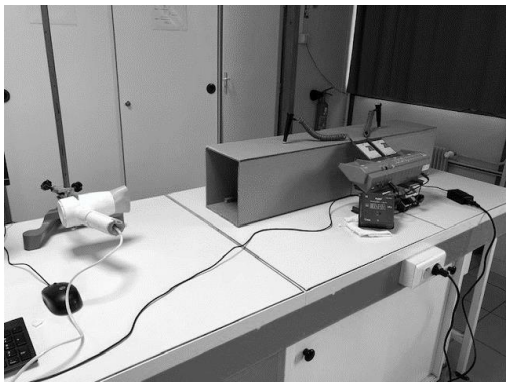


Figure 3. Photo du montage

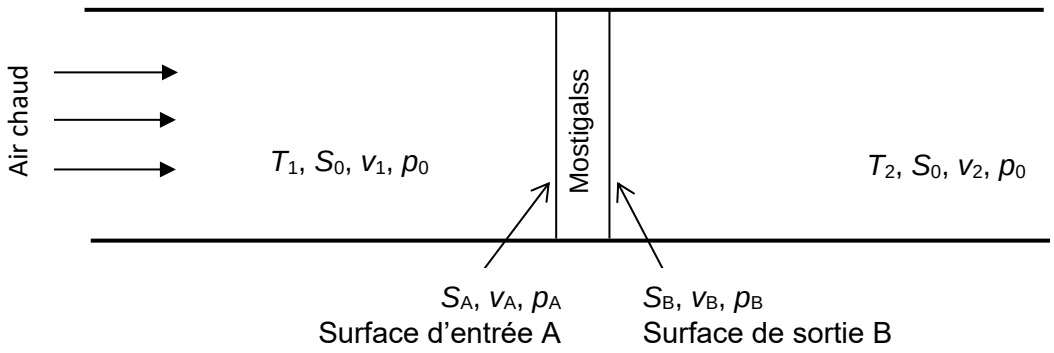


Figure 4. Schéma du montage

L'expérience est réalisée sans la Mostiglass®. Les courbes obtenues sont représentées en figure 5a. T_1 est la température d'entrée dans le tunnel, T_2 est la température en sortie du tunnel. Puis la Mostiglass® est insérée au centre du tunnel, les courbes obtenues sont représentées en figure 5b.

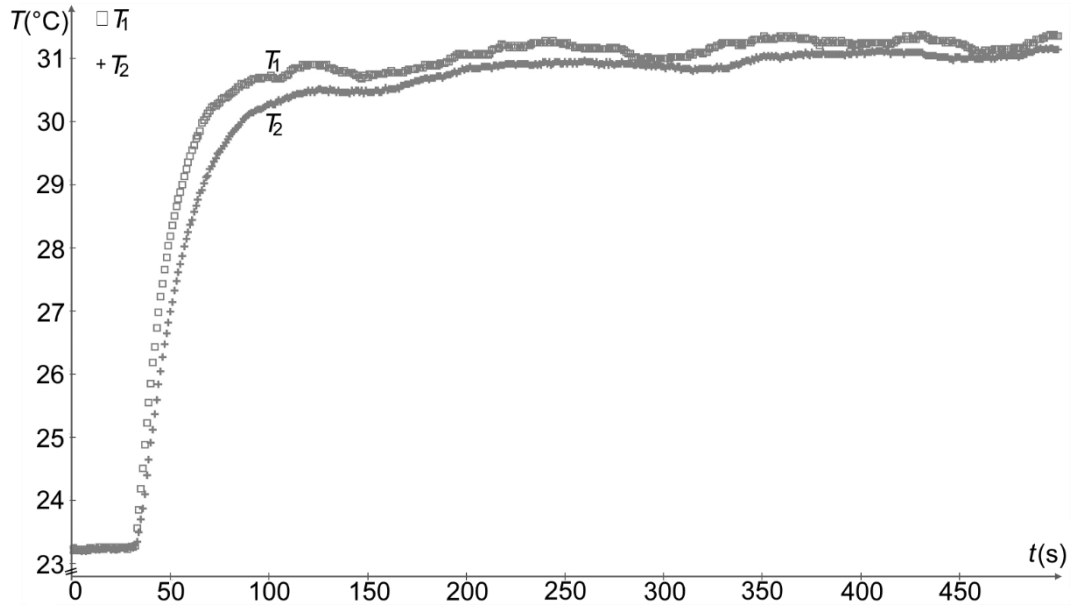


Figure 5a

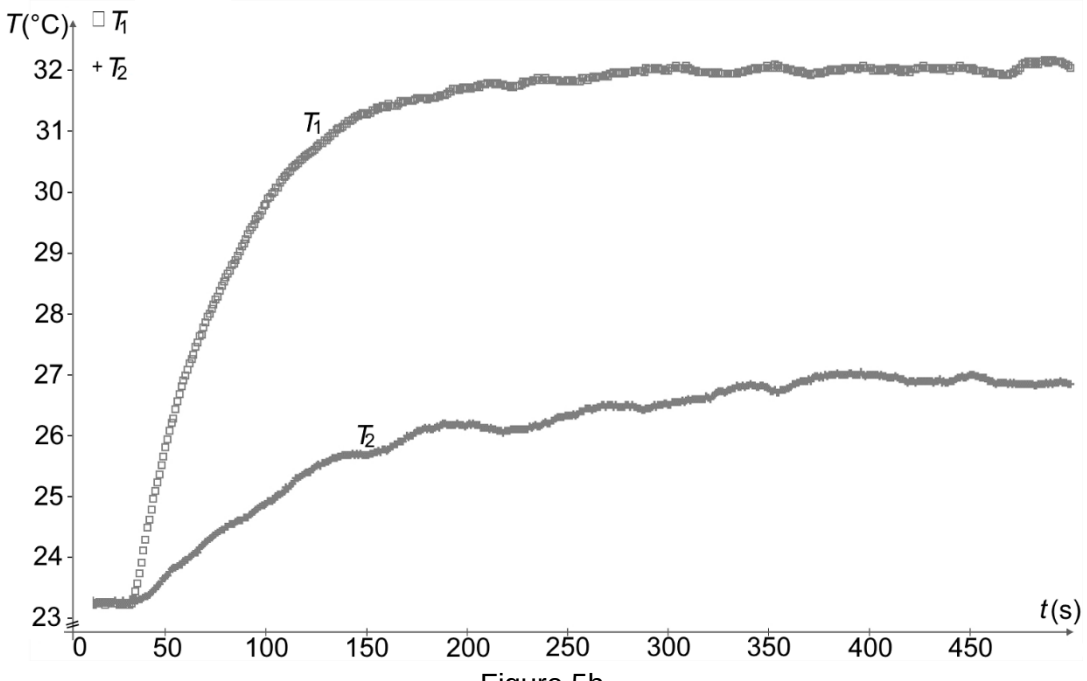


Figure 5b

Q.6. Évaluer la valeur de la différence de température en régime permanent dans les deux études et confirmer l'intérêt de la Mostiglass®.

Données :

- La vitesse de l'air chaud à l'entrée du tunnel avant la Mostiglass®, a pour valeur $v_1 = 2{,}0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- La masse volumique de l'air vaut $1{,}2\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- Le tunnel utilisé a une section carrée de surface $S_0 = 4{,}0\times10^{-2}\ \text{m}^2$;
- Les fentes de la plaque de Mostiglass® utilisée n'ont pas la même dimension en entrée et en sortie, donc :
  - en entrée, en A : la surface ouverte est $S_A = 1{,}8 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$;
  - en sortie, en B : la surface ouverte est $S_B = 0{,}95 \times 10^{-3}\ \text{m}^2$ (Il y a un rétrécissement).
- Expression du débit volumique D_v : $D_v = v \times S$ avec v la vitesse d'écoulement du fluide et S la section traversée par le fluide ;
- Relation de Bernoulli pour l'écoulement d'un fluide parfait et incompressible en régime permanent entre deux points A et B situés sur une ligne d'écoulement horizontale :

$$\frac{1}{2} \times \rho \times v_A^2 + p_A = \frac{1}{2} \times \rho \times v_B^2 + p_B$$

  avec ρ la masse volumique du fluide, v_A et v_B les vitesses d'écoulement en A et B et p_A et p_B les pressions en A et B ;
- T (kelvin) = 273 + T (°C).
- La relation entre la variation de pression (en Pa) et la variation de température (en K) est donnée par l'expression suivante :

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta P}{P}$$

- On prend comme référence la température à l'entrée de la Mostiglass® exprimée en kelvin et la pression p_A égale à $1{,}01\times10^5$ Pa.

On considère l'air comme un fluide parfait et incompressible en écoulement permanent.

Q.7. Justifier, à l'aide de la conservation du débit volumique, que v_1, la vitesse de l'air à l'entrée du tunnel, a la même valeur que v_2, celle à la sortie du tunnel.

Q.8. Calculer, à l'aide de la conservation du débit volumique, les valeurs des vitesses v_A et v_B, de l'air à l'entrée A et à la sortie B de la Mostiglass®.

L'effet Venturi se produit lors du passage d'un fluide dans une conduite dont la section diminue. Il provoque une chute de pression.

Q.9. Montrer, en utilisant la relation de Bernoulli, que la Mostiglass® provoque bien un effet Venturi et évaluer l'ordre de grandeur de la baisse de température pour la comparer à celle de l'expérience. Commenter.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche pertinente, même non aboutie, sera valorisée.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.