

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

**Épreuve pratique de l'enseignement de spécialité physique-chimie
Évaluation des Compétences Expérimentales**

Cette situation d'évaluation fait partie de la banque nationale.

ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	n° d'inscription :

Cette situation d'évaluation comporte **cinq** pages sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses. Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.

En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.

L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'usage de calculatrice avec mode examen actif est autorisé. L'usage de calculatrice sans mémoire « type collègue » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Dans l'industrie, différents appareils sont utilisés pour mesurer la viscosité des fluides comme les huiles, les solvants et les encres. Ces appareils sont également utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour mesurer la viscosité de la glycérine, constituant notamment du gel hydroalcoolique. Un des appareils permettant cette mesure est le viscosimètre à chute de bille de Hoppler qui utilise le roulement d'une bille dans un tube incliné rempli de fluide. Au laboratoire, il est possible d'utiliser un viscosimètre à chute de bille verticale pour réaliser la mesure de la viscosité de la glycérine.



Source : <https://www.es-france.com/>

Le but de cette épreuve est de mesurer la viscosité de la glycérine en utilisant un viscosimètre à chute de bille verticale.

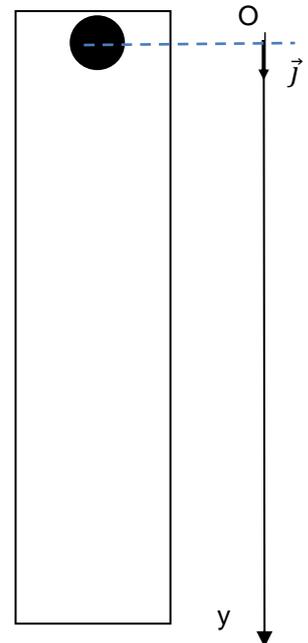
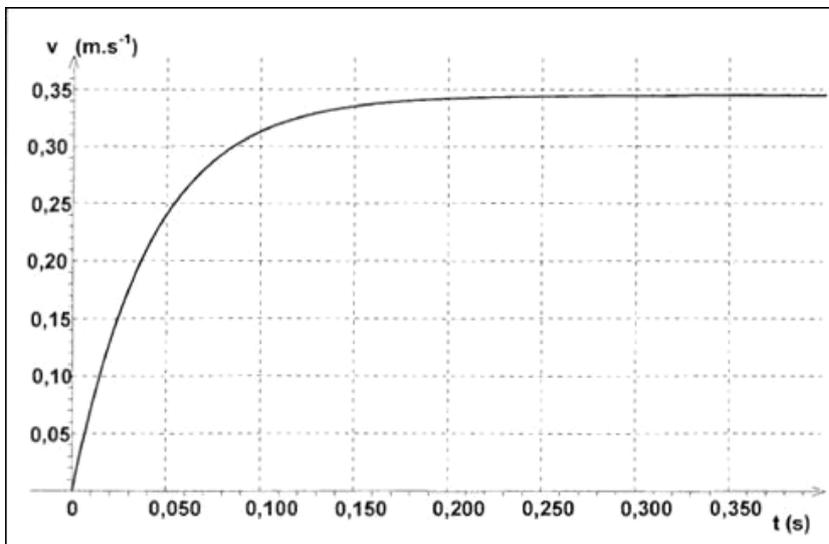
INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Principe du viscosimètre à chute de bille verticale

On peut construire un viscosimètre à chute de bille en faisant tomber une bille sphérique dans une grande éprouvette remplie du fluide dont on veut déterminer la viscosité. La bille doit avoir un rayon suffisamment petit par rapport au diamètre de l'éprouvette pour éviter les effets de bords. Dans ces conditions, la bille est soumise à trois forces : son poids, la poussée d'Archimède et la force de frottement exercée par le fluide.

La bille est lâchée sans vitesse initiale et il est possible de filmer son mouvement. Il est possible ensuite de faire une analyse vidéo à l'aide d'un logiciel adapté afin d'obtenir les positions successives occupées par la bille et d'en déduire comment évolue la vitesse au cours du mouvement.

Exemple de résultat obtenu lors de la chute d'une bille dans la glycérine



Viscosité et vitesse limite

La viscosité peut être définie comme l'ensemble des phénomènes de résistance au mouvement d'un fluide lors d'un écoulement. La viscosité du fluide diminue donc la liberté de mouvement du fluide. La viscosité η est une grandeur caractéristique d'un fluide. Elle s'exprime en Pa·s.

La vitesse limite atteinte par la bille dans le viscosimètre dépend de la viscosité du fluide.

Dans les conditions de l'expérience la vitesse limite v_{lim} a pour expression :

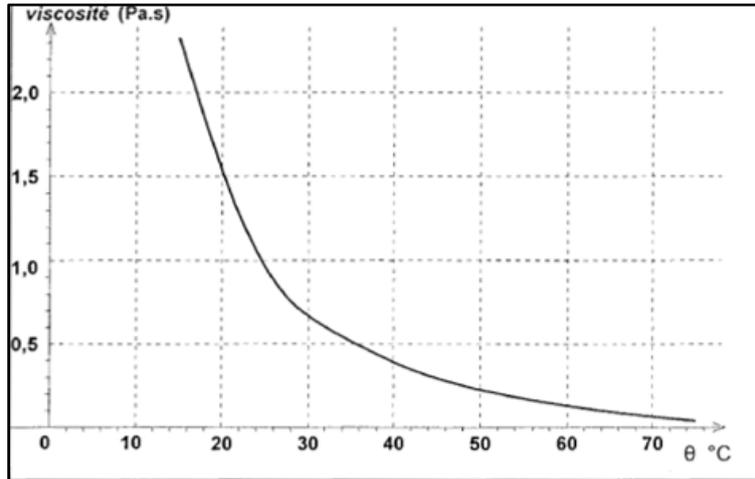
$$v_{lim} = \frac{(\rho_{bille} - \rho_{fluide}) \cdot g \cdot D^2}{18 \times \eta}$$

- Avec :
- ρ_{bille} : masse volumique de la bille en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 - ρ_{fluide} : masse volumique du fluide en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 - D : diamètre de la bille en m
 - η : viscosité du fluide en Pa·s
 - g : intensité du champ de pesanteur en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$

Données utiles

- Le glycérol, aussi appelé glycérine, est un composé liquide à température ambiante et de formule brute $C_3H_8O_3$. Son nom officiel dans la nomenclature est : 1, 2, 3-propanetriol. La valeur de la viscosité η du glycérol dépend de la température.

Évolution de la viscosité du glycérol en fonction de la température



- Masse volumique de l'acier : $\rho_{acier} = 7,85 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$
- Diamètre de la bille d'acier utilisée (déterminé avec un pied à coulisse $1/10^e$ de mm) : $D = \boxed{\dots\dots\dots\text{cm}}$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Détermination de la masse volumique du glycérol (10 minutes conseillées)

Pour déterminer la viscosité du glycérol, il faut dans un premier temps déterminer sa masse volumique.

- Établir la liste du matériel nécessaire à partir du matériel mis à disposition.
 - Une balance
 - Une fiole jaugée
 - Une pipette pasteur
 - Du glycérol
- Effectuer les mesures nécessaires et en déduire la valeur de la masse volumique du glycérol.

Remarque : Ne pas arrondir cette valeur et utiliser cette valeur dans la suite des calculs.

On pose la fiole jaugée sur la balance. On tare la balance. On remplit la fiole jaugée de glycérol jusqu'au trait de jauge. On lit la masse affichée.

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{masse trouvée expérimentalement}}{50,0} = \dots \text{g.mL}^{-1}$$

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

2. Détermination de la vitesse limite (30 minutes conseillées)

- Effectuer les réglages nécessaires sur le logiciel pour obtenir un film exploitable et comportant 15 images/seconde.
- Filmer la chute de la bille d'acier dans le glycérol.

A faire expérimentalement. Attention : pour que la vidéo soit exploitable, il faut placer la règle sur la vidéo pour avoir un étalon.

- Effectuer l'analyse de cette vidéo afin d'afficher la courbe représentant $y = f(t)$ dans une fenêtre graphique.

A faire expérimentalement à l'aide d'un logiciel de pointage et un logiciel d'analyse des points mesurés.

- Récupérer la bille d'acier à l'aide d'une tige aimantée dans le fond de l'éprouvette en veillant à ne pas introduire d'eau dans le glycérol. Essuyer la bille à l'aide d'un papier essuie-tout.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

- Déterminer la date à partir de laquelle la vitesse limite est atteinte :

On repere la vitesse limite lorsqu'elle devient constante : en visualisant l'évolution de v en fonction de t . La vitesse limite est atteinte à partir de $t = \dots$ valeur expérimentale..

- Effectuer une modélisation d'une partie de la courbe $y = f(t)$ afin d'obtenir la valeur de la vitesse limite. Noter le résultat obtenu.

Remarque : Ne pas arrondir cette valeur. Utiliser cette valeur dans la suite des calculs.

A partir de la date à laquelle la vitesse limite est atteinte, on affiche la courbe $y = f(t)$. On obtient une modélisation du type $y=at+b$.

La vitesse limite est la valeur de « a » le coefficient directeur trouvé expérimentalement.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

3. Exploitation des mesures (20 minutes conseillées)

Le programme Python disponible sur le bureau de l'ordinateur permet de calculer la valeur non arrondie de la viscosité η du glycérol à partir des valeurs de mesures obtenues ainsi que la valeur non arrondie de l'incertitude-type associée $u(\eta)$.

- Exécuter le programme pour vérifier qu'il fonctionne avec les valeurs arbitraires déjà présentes dans les lignes à modifier.

Toutes les mesures effectuées lors de l'épreuve ont une influence sur l'incertitude-type de la viscosité :

- L'incertitude-type sur la mesure de volume V dépend de la fiole jaugée utilisée. Elle est donnée par la relation $u(V) = \frac{t}{\sqrt{3}}$ avec t la tolérance indiquée sur la fiole.

- L'incertitude-type sur la mesure de masse m dépend de la balance utilisée. Elle est donnée par la relation $u(m) = \frac{a}{\sqrt{3}}$, avec $a = \dots\dots\dots \text{g}$ la précision de la balance.
- L'incertitude-type sur la mesure du diamètre D dépend du pied à coulisse utilisé. Elle vaut $u(D) = \frac{d}{\sqrt{12}}$ avec $d = 0,1 \text{ mm}$ la plus petite graduation du pied à coulisse (au $1/10^{\text{ème}}$ de millimètre).
- Par hypothèse, il n'y a pas d'incertitude sur ρ_{acier}
- L'incertitude-type sur la mesure de la vitesse limite dépend de plusieurs sources (étalonnage, pointage, modélisation). On admettra que dans les conditions de l'expérience l'incertitude-type est $u(v_{\text{lim}}) = \dots\dots\dots \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;
 - Remplacer dans le programme Python les valeurs arbitraires par les valeurs mesurées et les valeurs mises à disposition dans l'énoncé. On pourra s'aider des commentaires présents dans le programme, pour identifier les lignes à modifier.

masse volumique de la bille en acier

Ligne 13 : rho_acier = Valeur expérimentale # A MODIFIER : masse volumique de l'acier (en kg/m³)

masse volumique du fluide

Ligne 16 : rho_fluide = Valeur expérimentale # A MODIFIER : masse volumique du fluide (en kg/m³)

Ligne 18 : V = Valeur expérimentale # A MODIFIER : volume du fluide (en mL)

Ligne 19 : t = Valeur expérimentale # A MODIFIER : tolérance de la burette (en mL)

u_V = t/np.sqrt(3) # incertitude-type sur le volume du fluide (en mL)

Ligne 22 : m = Valeur expérimentale # A MODIFIER : masse du fluide (en g)

Ligne 23 : a = Valeur expérimentale # A MODIFIER : précision de la balance (en 1/100 de g)

u_m = a/np.sqrt(3) # incertitude-type sur la masse du fluide (en g)

Mesure du diamètre D avec le pied à coulisse

Ligne 27 : D = Valeur expérimentale # A MODIFIER : mesure de D (en mètre)

Ligne 28 : d = Valeur expérimentale # A MODIFIER : plus petite graduation du pied à coulisse (en mètre)

u_D = d/np.sqrt(12) # incertitude-type sur la mesure de D (mètre)

vitesse limite et incertitude-type associée

Ligne 32 : v_lim = Valeur expérimentale # A MODIFIER vitesse limite (en m/s)

Ligne 33 : u_v_lim = Valeur expérimentale # A MODIFIER incertitude-type associée à la vitesse limite (en m/s)

- Exécuter le programme. Écrire ci-dessous la valeur non arrondie de la viscosité η .

Valeur de la viscosité (Pa.s) : viscosité = Valeur donnée par le programme

- La valeur de $u(\eta)$ affichée après exécution du programme n'est pas arrondie. Arrondir cette valeur au plus proche en gardant un chiffre significatif pour l'écriture de $u(\eta)$.

$u(\text{viscosité}) = \text{Valeur donnée par le programme.}$

Ne garder qu'un chiffre significatif pour l'écriture de $u(\eta)$

- Écrire alors la valeur de η , en accord avec cette convention.

Écrire η avec comme dernier chiffre, celui correspondant à u chiffre de $u(\eta)$.

Écrire sous la forme : $\eta = \eta \pm u(\eta)$

Défaire le montage et ranger la paillasse avant de quitter la salle.