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'examinateur afin de lui permettre de continuer la tâche.
L'examinateur 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 collège » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

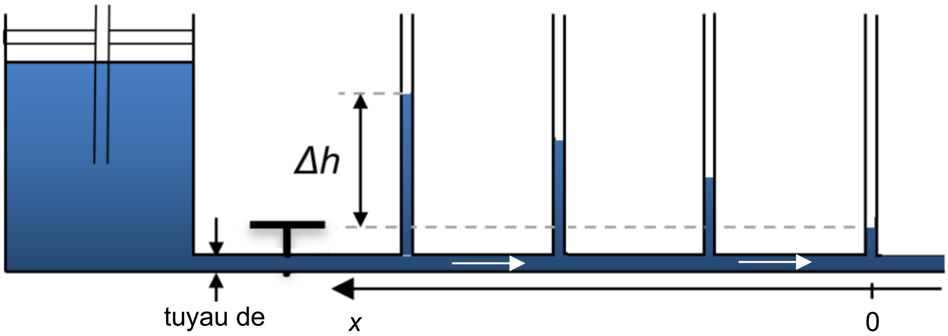
Pour arroser un potager, il est possible d'utiliser un système d'irrigation composé d'un unique tuyau d'arrosage.
Lors du transport de l'eau dans le tuyau, le frottement de l'eau contre les parois, dû à sa viscosité, engendre une perte de pression, appelée « perte de charge ». D'autres paramètres peuvent être à l'origine de cette perte de charge tels que les obstructions du tuyau ou encore les variations de sa section.
Si cette perte de charge est trop importante, l'eau ne pourra pas sortir au bout du tuyau et donc l'arrosage ne pourra pas se faire correctement sur les plantations au fond du potager.

Le but de cette épreuve est de retrouver la valeur de la viscosité de l'eau et d'en déduire si un tuyau d'arrosage donné permet d'irriguer la totalité d'un potager.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Perte de charge

Un récipient contenant de l'eau colorée est relié à un tuyau en verre de rayon r = 2,5 mm sur lequel sont insérés de fins tubes verticaux de même section.



Un robinet en **T** en amont des tubes verticaux permet de faire s'écouler l'eau, supposée incompressible, dans le tuyau horizontal et d'éventuellement arrêter l'écoulement si cela s'avère nécessaire. Pour une meilleure visibilité, l'eau a été colorée.
On définit la perte de charge ΔP comme étant la différence entre la pression P en un point quelconque de l'écoulement repéré par l'abscisse x et la pression P_s au niveau du dernier tube vertical repéré par l'abscisse x = 0.

Elle peut être calculée grâce à la relation suivante :

$$\Delta P = P - P_s = \rho \cdot g \cdot \Delta h$$

Avec :

- ρ : la masse volumique de l'eau $\rho = 1{,}00 \times 10^3$ kg · m^{-3} ;
- g : l'intensité de pesanteur terrestre avec g = 9,81 N · kg^{-1} ;
- Δh : la différence de hauteur d'eau (exprimée en mètre) entre le dernier tube vertical et le tube d'abscisse x.
- x et Δh dépendent des tubes choisis.

Ainsi la mesure de Δh à chaque abscisse x permet une évaluation de la pression de l'écoulement dans le tuyau horizontal pour cette abscisse.

Écoulement de Poiseuille

Pour des écoulements réels laminaires dans une conduite cylindrique rigide de section constante, le débit volumique D_v est relié à la perte de charge ΔP par la loi de Poiseuille :

$$D_v = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot x}$$

avec :

- η : la viscosité dynamique du fluide, exprimée en Pa·s ;
- r : le rayon du tuyau traversé lors de l'écoulement, exprimé en m ;
- x : la longueur du tuyau horizontal, exprimée en m.

Données utiles

- Le débit volumique D_v d'un fluide en régime permanent est donné par la relation suivante :

$$D_v = \frac{V}{\Delta t}$$

  avec :
  - V : le volume de fluide écoulé pendant la durée Δt, exprimé en m^3 ;
  - Δt : la durée de l'écoulement, exprimée en s ;
  - D_v : le débit volumique, exprimé en m^3·s^{-1}.

- La pression P est exprimée en pascal (Pa) mais peut être exprimée en bar avec 1 bar = 10^5 Pa.
- 1 L = 10^{-3} m^3.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Débit volumique en régime permanent (15 minutes conseillées)

1.1 Exprimer le débit volumique D_v en fonction de la masse m d'eau écoulée pendant une durée Δt et de la masse volumique de l'eau ρ.

$$D_V = \frac{V}{\Delta t} = \frac{m/\rho}{\Delta t} = \frac{m}{\rho \times \Delta t}$$

1.2 À l'aide du matériel mis à disposition, mettre en œuvre le protocole expérimental ci-dessous permettant de déterminer le débit volumique D_v de l'écoulement en régime permanent à travers le tuyau de rayon r, le plus précisément possible. On considère que le régime permanent est établi dès l'ouverture du robinet.

- Peser un bécher vide puis le placer sous le robinet. A faire expérimentalement.
- Ouvrir le robinet et déclencher le chronomètre en même temps. A faire expérimentalement.
- Arrêter le chronomètre après une dizaine de secondes puis mesurer la masse du bécher rempli d'eau. A faire expérimentalement.
- En déduire la masse m d'eau écoulée. A faire expérimentalement.
- Lire sur le chronomètre la valeur de Δt. A faire expérimentalement.

Noter les valeurs des grandeurs mesurées et en déduire le débit volumique D_v.

$$D_V = \frac{m}{\rho \times \Delta t} = \frac{\text{Valeur experimentale}}{1{,}00 \times 10^3 \times \text{Valeur experimentale}}$$

D_v = Valeur calculée avec les résultats expérimentaux. $m^3 \cdot s^{-1}$

APPEL n°1
Appeler le professeur pour lui présenter le résultat ou en cas de difficulté

2. Loi de Poiseuille et viscosité de l'eau (35 minutes conseillées)

2.1 À l'aide des informations mises à disposition, exprimer la perte de charge ΔP en fonction du débit volumique D_v et de la longueur x entre le tube vertical considéré et le dernier tube vertical.
On considérera que le débit volumique D_v et le rayon r sont constants en tout point de l'écoulement.

$$D_v = \frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot x}$$

$$\frac{\Delta P \cdot \pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot x} = D_v$$

$$\Delta P = \frac{D_v \cdot 8 \cdot \eta \cdot x}{\pi \cdot r^4}$$

2.2 À l'aide du matériel à disposition, proposer un protocole permettant de tracer la courbe $\Delta P = f(x)$.

$\Delta P = P - P_s = \rho \cdot g \cdot \Delta h$
Protocole proposé :

- Mettre en place le dispositif
- Ouvrir le robinet
- Mesurer les x entre chaque tube
- Mesurer les Δh
- Noter les mesures dans un tableau
- A l'aide du tableau et de la formule $\Delta P = P - P_s = \rho \cdot g \cdot \Delta h$, calculer les différents ΔP
- Tracer $\Delta P = f(x)$.

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole	

2.4. Mettre en œuvre le protocole.

2.5. Compléter le tableau suivant :

Δh (en m)	0	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale
ΔP (en Pa)	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale
x (en m)	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale	Valeur expérimentale

À l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, tracer la courbe $\Delta P = f(x)$. A faire expérimentalement.

À l'aide des fonctionnalités du logiciel tableur-grapheur, modéliser la répartition des points expérimentaux par une courbe de tendance adaptée. A faire expérimentalement.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

Noter ci-dessous l'équation de modélisation obtenue.

Noter la valeur donnée par le tableur. On obtient une courbe d'équation : $\Delta P = k\,x$

2.6. En déduire la valeur de la viscosité de l'eau η.

$\Delta P = k\,x$

Or $\Delta P = \frac{D_V \cdot 8 \cdot \eta \cdot x}{\pi \cdot r^4}$

D'où

$$\frac{D_V \cdot 8 \cdot \eta \cdot x}{\pi \cdot r^4} = k\,x$$

$$\eta = \frac{k\,x\,\pi \cdot r^4}{D_V \cdot 8 \cdot \eta \cdot x} = \frac{k\ \pi \cdot r^4}{D_V \cdot 8 \cdot \eta}$$

A faire avec les valeurs expérimentales trouvées.

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats	

3. Système d'arrosage (10 minutes conseillées)

Pour arroser son potager, un jardinier utilise un tuyau de longueur L = 50 m.
Le rayon r' de ce tuyau est constant et mesure 5,0 mm.
Le débit volumique de fluide dans ce tuyau est de D_v = 0,40 L · s^{-1}. La pression à l'entrée P_e est de 3,0 bar.

On considère que l'arrosage peut se faire correctement si la pression en sortie P_s de ce tuyau est supérieure à 2,5 bar.

En considérant que l'eau a la même viscosité que celle déterminée à la question 2.6, vérifier que la pression P_s en sortie du tuyau permet d'arroser de manière satisfaisante le point le plus éloigné du potager.

$\Delta P = P - P_s$
$P - P_s = \Delta P$
$-P_s = \Delta P - P$
$P_s = -\Delta P + P$
Or
$$\Delta P = \frac{D_v \cdot 8 \cdot \eta \cdot x}{\pi \cdot r^4}$$
$$P_s = -\frac{D_v \cdot 8 \cdot \eta \cdot x}{\pi \cdot r^4} + P$$
$$P_s = -\frac{D_v \cdot 8 \cdot \eta \cdot L}{\pi \cdot r^4} + P$$
$$P_s = -\frac{0{,}40 \times 10^{-3} \times valeur\ experimentale \times 8 \times 50}{\pi \cdot (0{,}40 \times 10^{-3})^4} + 3{,}0$$
Si P_s de ce tuyau est supérieure à 2,5 bar alors l'arrosage peut se faire sinon l'arrosage ne peut pas se faire.

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