

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

Construit sur un terrain marécageux, le domaine du château de Versailles présente le paradoxe de manquer d'eau. Or tout au long de son règne au XVII^e siècle, Louis XIV ordonna la création de fontaines et bassins aux jeux toujours plus nombreux et complexes.

De gigantesques réservoirs d'eau ont donc été construits à une altitude supérieure à celle du château de Versailles pour fournir l'eau aux fontaines. Lorsque l'on faisait « jouer les fontaines », l'écoulement par gravité depuis ces réservoirs permettait ainsi à l'eau de jaillir des fontaines à une vitesse suffisamment importante pour propulser les jets à la hauteur souhaitée.



Fontaine du Soir (château de Versailles)

Source : commons.wikimedia.org

Le but de cette épreuve est de tester si la vitesse d'écoulement de l'eau à la sortie d'une fontaine est compatible avec la vitesse prévue par la relation de Bernoulli.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Modélisation de la fontaine

On peut modéliser une fontaine par un écoulement d'eau à travers un trou percé dans un bidon. Au cours de l'expérience, on considère la hauteur d'eau h constante.

Relation de Bernoulli

Dans les conditions expérimentales de ce sujet si l'on considère que l'écoulement est **stationnaire** (aucune grandeur caractéristique comme la pression P , la vitesse v , la hauteur de fluide h etc. ne dépend du temps) le long d'une ligne de courant, alors on peut établir la **relation de Bernoulli** :

$$P + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$$

Avec g l'intensité de la pesanteur et z l'altitude.

On peut alors déduire de la relation de Bernoulli la vitesse théorique v_{th} d'écoulement dans le modèle de la fontaine :

$$v_{th} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

avec v_{th} en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, h en m

Débit volumique d'un écoulement

Le débit volumique Q d'un écoulement représente le volume V de fluide qui traverse une section de canalisation de surface S par unité de temps. Ainsi :

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

avec Q en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, V en m^3 , Δt en s

Le débit volumique Q peut également s'exprimer en fonction de la vitesse v de l'écoulement :

$$Q = S \cdot v$$

avec Q en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, S en m^2 , v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

Compatibilité d'un résultat de mesure avec une valeur de référence

Dans les conditions de cette expérience, on peut considérer qu'un résultat de mesure m_{mes} est **compatible** avec une valeur de référence m_{ref} lorsque le quotient ci-dessous est inférieur ou égal à 2 :

$$\frac{|m_{mes} - m_{ref}|}{\sqrt{(u(m_{mes}))^2 + (u(m_{ref}))^2}}$$

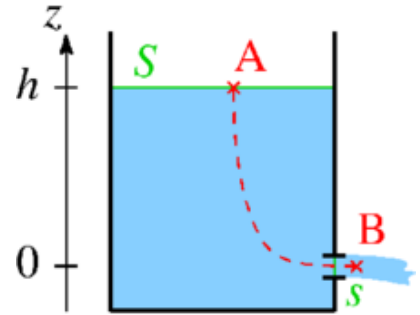
où $u(m_{mes})$ est l'incertitude-type associée à un résultat de mesure m_{mes} ;

et $u(m_{ref})$ est l'incertitude-type associée à la valeur de référence m_{ref} .

Données utiles

Surface du trou percé dans le bidon : $S = \quad \text{m}^2$

Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$



TRAVAIL À EFFECTUER

1. Protocole expérimental (10 minutes conseillées)

1.1. À partir des informations mises à disposition, établir l'expression du débit volumique Q en fonction de la masse m de fluide traversant une section de canalisation, de la masse volumique du fluide ρ et de la durée de l'écoulement Δt .

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

$$\text{Or } \rho = \frac{m}{V} \text{ d'où } V = \frac{m}{\rho}$$

$$Q = \frac{m}{\rho \times \Delta t}$$

APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'expression ou en cas de difficulté	

1.2. Proposer un protocole expérimental permettant, à l'aide du matériel disponible, de déterminer le débit volumique Q de l'eau s'échappant par le trou du bidon. Afin de pouvoir considérer la hauteur d'eau dans le bidon constante pendant toute la durée de l'expérience, on prendra une hauteur $h = 20$ cm.

Protocole expérimental proposé pour déterminer le débit volumique Q de l'eau s'échappant du bidon :

1. Remplir le bidon avec de l'eau jusqu'à obtenir une hauteur $h = 20$ cm.
2. Placer un récipient sous l'orifice pour récupérer l'eau s'écoulant pendant un temps donné Δt .
3. Démarrer le chronomètre et laisser l'eau s'écouler pendant une durée connue Δt (ex. 10 s).
4. Mesurer la masse d'eau écoulée en pesant le récipient avant et après l'écoulement, puis calculer la masse m par différence.
5. Déterminer le débit volumique en utilisant la relation :

$$Q = \frac{m}{\rho \times \Delta t}$$

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole expérimental ou en cas de difficulté	

2. Mesure du débit volumique Q de l'écoulement (30 minutes conseillées)

Mettre en œuvre le protocole proposé permettant de déterminer le débit d'écoulement Q de l'eau s'échappant de la fontaine et la reporter dans le tableau suivant.

En gardant à chaque fois le même temps (environ) d'écoulement, renouveler l'expérience 4 fois (en remettant l'eau écoulee dans le bidon entre chaque mesure) et compléter le tableau ci-dessous.

Numéro de la mesure	1	2	3	4	5
Temps chronomètre (s)	Valeur expérimentale 10,2	Valeur expérimentale 11,9	Valeur expérimentale 9,3	Valeur expérimentale 11,1	Valeur expérimentale 10,4
Masse d'eau (g)	Valeur expérimentale 852	Valeur expérimentale 1026	Valeur expérimentale 781	Valeur expérimentale 922	Valeur expérimentale 868
Débit volumique Q ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Valeur calculée $8,35 \times 10^{-5}$	Valeur calculée $8,62 \times 10^{-5}$	Valeur calculée $8,40 \times 10^{-5}$	Valeur calculée $8,31 \times 10^{-5}$	Valeur calculée $8,35 \times 10^{-5}$

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats expérimentaux ou en cas de difficulté	

3. Détermination de la vitesse d'écoulement expérimentale (10 minutes conseillées)

Compléter le programme Python fourni puis l'exécuter. Présenter alors le résultat donné par le programme.

On complète les lignes 6 (par la valeur de S donnée le jour de l'examen P2, on prendra ici $4,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$) et 12 (par les valeurs calculées à la question précédente).

Ligne 6 : `S = 4.5*10**(-5) # Surface du trou de la fontaine (en m²)----- LIGNE À COMPLÉTER PAR LE CANDIDAT -`
Ligne 12 : `Q = np.array([8.35*10**(-5),8.62*10**(-5),8.40*10**(-5),8.31*10**(-5),8.35*10**(-5)]) # débit volumique (en m³/s) ----- LIGNE À COMPLÉTER PAR LE CANDIDAT -----`

Résultat donné par le programme :

Présentation du résultat :

Dans les conditions de l'expérience, avec un échantillon de 5 valeurs, la vitesse d'écoulement vaut 1.87 m/s avec une incertitude-type de 0.02 m/s.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

4. Compatibilité de la vitesse mesurée avec la valeur théorique (10 minutes conseillées)

4.1. Calculer la vitesse d'écoulement théorique v_{th} issue de la relation de Bernoulli. L'incertitude-type sur cette vitesse sera considérée égale à 0,01 m/s.

$$v_{th} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$v_{th} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 20 \times 10^{-2}}$$

$$v_{th} = 1,98 \text{ m.s}^{-1}$$

4.2. Conclure sur la compatibilité de la mesure avec la vitesse théorique issue de la relation de Bernoulli.

Calculons :

$$\frac{|m_{mes} - m_{ref}|}{\sqrt{(u(m_{mes}))^2 + (u(m_{ref}))^2}} = \frac{|v_{mes} - v_{ref}|}{\sqrt{(u(v_{mes}))^2 + (u(v_{ref}))^2}} = \frac{|1,87 - 1,98|}{\sqrt{(0,02)^2 + (0,01)^2}} = 4,9$$

On peut considérer qu'un résultat de mesure v_{mes} est **compatible** avec une valeur de référence v_{ref} lorsque le quotient ci-dessus est inférieur ou égal à 2.

Dans notre cas ce quotient est supérieur à 2 : la vitesse mesurée est incompatible avec la vitesse théorique issue de la relation de Bernoulli.

4.3. Discuter de la validité de la relation de Bernoulli dans le cadre de cette expérience.

Le quotient calculé étant supérieur à 2, la vitesse mesurée est incompatible avec la théorie.

Cet écart s'explique par la diminution progressive de la hauteur d'eau h , alors qu'elle est supposée constante.

Ainsi, la relation de Bernoulli n'est pas valide dans cette expérience.

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