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

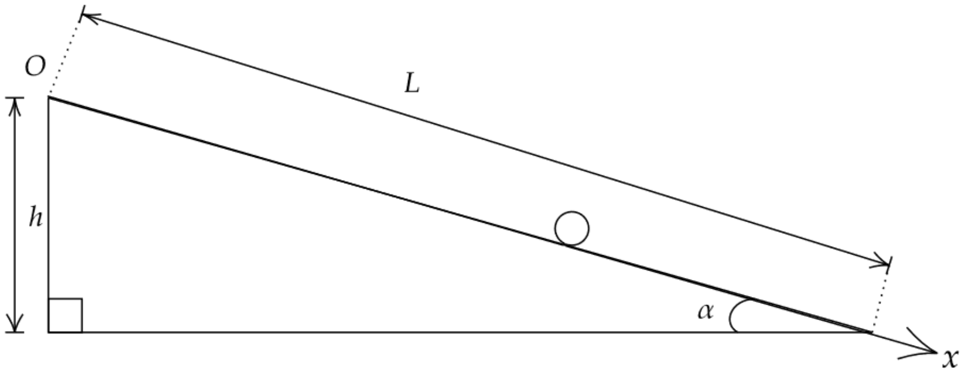
Galilée a réalisé de nombreuses observations minutieuses du mouvement d'une bille sur un plan incliné. Après avoir initialement supposé que la vitesse de la bille était constante, il a finalement découvert que la distance parcourue par la bille augmentait proportionnellement au carré du temps écoulé. Il a également constaté que la variation de vitesse était liée à l'intensité de pesanteur.

Galilée démontrant la loi de la chute des corps à Don Giovanni de Medici d'après Giuseppe Bezzuoli (1839).

Le but de cette épreuve est d'effectuer une mesure de l'intensité de pesanteur g en exploitant avec des outils modernes le mouvement d'une bille qui roule sur un plan incliné.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Schématisation de l'expérience



Cadre et hypothèses

On reprend ici la même expérience que Galilée en utilisant un chronomètre pour mesurer la durée du mouvement de la bille lorsqu'elle parcourt une distance L sur le plan incliné.
Le système étudié est la bille. Le référentiel choisi est le plan incliné considéré comme galiléen. La bille est parfaitement homogène et sphérique. Elle roule sans glisser sur le plan incliné tout au long de son mouvement.

Incertitudes de mesure sur une grandeur X

Évaluation de type A

Lorsque l'on répète N fois la même expérience qui permet de mesurer une grandeur X, on associe à cette mesure une valeur moyenne $\overline{X}$ et une incertitude-type notée u(X) telles que :

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

et

$$u(X) = \frac{s(X)}{\sqrt{N}}$$

où s(X) représente l'écart-type sur la série de mesures :

$$s(X) = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}$$

Évaluation de type B

Lorsque l'on réalise à l'aide d'un appareil une mesure unique, on peut calculer l'incertitude type à partir de la précision notée Δ qu'il faut estimer :

$$u(X) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$

Critère de compatibilité de deux mesures

On considèrera que deux mesures X_1 et X_2 d'une même grandeur sont compatibles entre elles si le critère ci-dessous est vérifié :

$$\frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{u(X_1)^2 + u(X_2)^2}} < 2$$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Mouvement d'une bille : chronométrage (20 minutes conseillées)

On étudie le mouvement d'une bille d'acier abandonnée sans vitesse initiale en haut du plan incliné par rapport à l'horizontale d'un angle $\alpha = 4°$.

1.1. Procéder à une série de trois mesures de la durée $t_{\text{exp }1}$ que met la bille pour parcourir la distance $L = \boxed{1,5}$ m (Attention la valeur sera différente le jour de l'examen) sur le plan incliné et les reporter dans le tableau suivant :

Mesure	1	2	3
Durée $t_{\text{exp }1}$ en s	Valeur expérimentale 2,10	Valeur expérimentale 2,15	Valeur expérimentale 2,12

1.2. Calculer la durée moyenne $\bar{t}_{\text{exp }1}$ de la série de mesures :

$$\bar{t}_{\text{exp }1} = 2,12 \text{ s}$$

1.3. Calculer l'incertitude-type $u(t_{\text{exp }1})$ associée à cette série de mesures :

$$s(t_{\text{exp }1}) = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(X_i - \bar{t}_{\text{exp }1}\right)^2} = 0,025 \ (\textit{valeur donnée par la calculatrice})$$

$$u(t_{\text{exp }1}) = \frac{s(X)}{\sqrt{N}} = \frac{0,025}{\sqrt{3}} = 0,01$$

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

2. Influence des caractéristiques de la bille (20 minutes conseillées)

2.1. Deux billes différentes vous sont proposées. Formuler une hypothèse sur l'influence d'une des caractéristiques de la bille sur la durée t mise par la bille pour parcourir la distance L.

On peut émettre l'hypothèse que la masse de la bille influence la durée t mise par la bille pour parcourir la distance L .

2.2. Proposer un protocole expérimental permettant de tester votre hypothèse.
Protocole expérimental proposé :
- Placer la première bille au sommet du plan incliné à une position fixe.
- La lâcher sans lui donner d'impulsion et mesurer le temps t_1 qu'elle met pour parcourir la distance L .
- Répéter l'expérience trois fois pour obtenir une moyenne du temps t_1 .
- Reproduire exactement la même procédure avec la seconde bille de masse différente et mesurer le temps t_2 .
- Comparer les valeurs de t_1 et t_2.

On analyse ensuite les résultats :
- Si la durée t varie en fonction de la masse de la bille, alors celle-ci a une influence sur le mouvement.
- Si la durée t reste identique pour les deux billes, alors la masse n'a pas d'influence sur le temps de parcours.

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

2.3. Mettre en œuvre le protocole expérimental et conclure sur l'influence des caractéristiques de la bille sur la durée de son mouvement en utilisant le critère de compatibilité de deux mesures expérimentales.

Mesure	1	2	3
Durée $t_{exp\,2}$ en s	Valeur expérimentale 2,15	Valeur expérimentale 2,11	Valeur expérimentale 2,13

$\bar{t}_{exp\,2} = 2{,}13$ s

$$s(t_{exp\,2}) = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(X_i - \bar{t}_{exp\,2})^2} = 0{,}020\ (\textit{valeur donnée par la calculatrice})$$

$$u(t_{exp\,2}) = \frac{s(X)}{\sqrt{N}} = \frac{0{,}025}{\sqrt{3}} = 0{,}01$$

Calculons :

$$\frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{u(X_1)^2 + u(X_2)^2}} = \frac{|\bar{t}_{exp\,1} - \bar{t}_{exp\,2}|}{\sqrt{u(\bar{t}_1)^2 + u(\bar{t}_{exp\,2})^2}} = \frac{|2{,}12 - 2{,}13\,|}{\sqrt{(0{,}01)^2 + (0{,}01)^2}} = 0{,}7 < 2$$

Ainsi, les deux mesures $\bar{t}_{exp\,1}$ et $\bar{t}_{exp\,2}$ sont compatibles : l'hypothèse que la masse de la bille influence la durée t mise par la bille pour parcourir la distance L est invalidée.

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

3. Estimation de la valeur de l'intensité de pesanteur (20 minutes conseillées)

3.1 Dans le cadre de cette étude, on peut montrer que l'intensité de la pesanteur g s'exprime en fonction de la distance L parcourue par la bille, de l'angle d'inclinaison α du plan et de la durée de parcours t_{exp} par :

$$g = \frac{14 \cdot L}{5 \cdot \sin\alpha \cdot t_{exp}^2}$$

Utiliser la mesure $t_{exp\,1}$ pour en déduire une mesure expérimentale de g que l'on notera : g_{exp}.

$$g_{exp} = \frac{14 \cdot L}{5 \cdot \sin\alpha \cdot t_{exp1}^2}$$

$$g_{exp} = \frac{14 \times 1{,}5}{5 \times \sin 4 \times 2{,}12^2}$$

$$g_{exp} = 13\ \text{m.s}^{-2}$$

3.2 Dans le cadre de cette situation, l'incertitude sur la mesure précédente de g s'exprime :

$$u\left(g_{\text{exp}}\right) = g_{\text{exp}} \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{u\left(t_{\text{exp }1}\right)}{t_{\text{exp }1}}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

La précision Δ sur la mesure de L correspond au rayon r de la bille choisie : $r = \boxed{0{,}05}$ m.

Calculer la valeur de $u(L)$, puis la valeur de $u(g_{\text{exp}})$:

$$u(L) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0{,}05}{\sqrt{3}} = 0{,}03 \text{ m}$$

$$u\left(g_{\text{exp}}\right) = g_{\text{exp}} \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{u\left(t_{\text{exp }1}\right)}{t_{\text{exp }1}}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2} = 13 \cdot \sqrt{\left(2 \cdot \frac{0{,}01}{2{,}12}\right)^2 + \left(\frac{0{,}03}{1{,}5}\right)^2}$$

$$u\left(g_{\text{exp}}\right) = 0{,}28 \text{ m.s}^{-2}$$

3.3 En utilisant le critère de compatibilité et la valeur de référence $g_{\text{ref}} = 9{,}8$ m·s^{-2}, vérifier si la valeur mesurée g_{exp} est compatible avec la valeur de référence. Pour effectuer le calcul, on prendra $u(g_{\text{ref}}) = 0$ m·s^{-2}.

Calculons :

$$\frac{|X_1 - X_2|}{\sqrt{u(X_1)^2 + u(X_2)^2}} = \frac{\left|g_{\text{exp}} - g_{\text{ref}}\right|}{\sqrt{u(g_{\text{exp}})^2 + u(g_{\text{ref}})^2}} = \frac{|13 - 9{,}8|}{\sqrt{(0{,}28)^2 + (0)^2}} = 11 > 2$$

Ainsi, la valeur mesurée g_{exp} est incompatible avec la valeur de référence.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

3.4 Proposer une amélioration possible de l'expérience qui diminuerait l'incertitude sur la mesure de g_{exp}.

Une amélioration possible de l'expérience pour diminuer l'incertitude sur la mesure de g_{exp} serait d'augmenter la longueur de la distance parcourue par la bille L.
On pourrait aussi utiliser un système de chronométrage automatique pour mesurer le temps avec une plus grande précision.
Enfin, on pourrait également augmenter le nombre de mesures

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