

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 collège » est autorisé.

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Lors d'une expérimentation, le résultat de la mesure d'une grandeur peut varier. Il est donc intéressant de pouvoir connaître la distribution d'un échantillon de valeurs de cette grandeur, sous forme d'un histogramme par exemple. Avec cet échantillon de valeurs, il est alors possible d'estimer cette grandeur grâce à la valeur moyenne. De plus, l'incertitude-type associée peut également être déterminée à partir de l'écart-type de cet échantillon de valeurs.

Par ailleurs, il n'est pas toujours facile de réaliser un grand nombre de mesures d'une grandeur. Comme alternative, il est possible de se tourner vers la simulation d'un grand nombre de valeurs, en accord avec le petit nombre de mesures représentatives de cette grandeur.

Dans cette étude, on considère un pendule simple constitué d'un fil tendu de longueur constante L et d'une masse m . Cette masse m est soumise au champ de gravitation terrestre. Dans le cadre de l'approximation des petits angles (angle en pratique inférieur à 15°), la période T d'un pendule simple peut être définie à partir de l'intensité de pesanteur g et de la longueur L .

À partir d'un petit nombre de mesures représentatives, associées à L et T , on peut alors simuler numériquement les distributions des valeurs de L et T pour pouvoir ensuite simuler numériquement la distribution des valeurs de l'intensité de pesanteur g .

Le but de cette épreuve est d'estimer par simulation numérique, à l'aide du langage de programmation Python, la valeur de l'intensité de pesanteur et l'incertitude-type associée, à partir de mesures effectuées avec un pendule simple.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

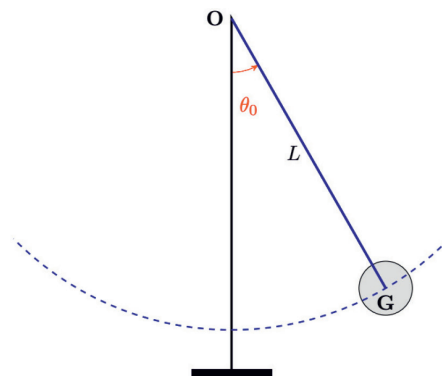
Modèle du pendule simple :

La longueur L du pendule correspond à la distance entre le point de fixation du fil sur le support et le centre de gravité G de la masse m .
De plus, la masse du fil est négligeable devant celle de la masse m .

Dans le cadre de cette étude, on considère que l'approximation des petits angles est respectée si l'angle initial θ_0 est inférieur à 15° .

Dans ce cadre, la période T du pendule est indépendante de l'angle θ_0 et de la masse m , et peut alors être définie par la relation suivante :

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{L}{g}}$$



Simulation numérique de la longueur et de la période du pendule :

Dans le contexte de cette étude, on veut simuler numériquement la variabilité des valeurs associées à la longueur L du pendule en considérant deux sources d'incertitudes : une source d'incertitude associée à la mesure effectuée avec la règle et une source d'incertitude associée au positionnement du centre de gravité G .

La longueur du pendule simple est alors simulée par : $L_{simulation} = L_{mesure} + x_r + x_G$, avec x_r et x_G des nombres aléatoires simulés. Plus précisément, x_r et x_G , correspondent respectivement à l'incertitude sur la mesure de L à l'aide d'une règle et à l'incertitude sur la position du centre de gravité G (Voir l'ANNEXE « Distributions »).

Dans le contexte de cette étude, la période du pendule simple est simulée par : $T_{simulation} = T_{mesure} + x_T$. Le nombre aléatoire simulé x_T correspond à l'incertitude sur la période T (Voir l'ANNEXE « Distributions »).

Écriture de la valeur d'une grandeur en accord avec l'incertitude-type associée :

Dans le cadre de cette étude, on utilisera à chaque fois deux chiffres significatifs pour l'écriture de l'écart-type. Cet écart-type correspond à l'incertitude-type notée u .

Par convention, on considère que le dernier chiffre significatif utilisé pour écrire la valeur d'une grandeur correspond au dernier chiffre significatif utilisé pour écrire la valeur de l'incertitude-type associée à cette grandeur.

Exemple avec des valeurs arbitraires d'une longueur L : $L = 3,037$ m et $u(L) = 0,014$ m

Données utiles :

Valeur de référence de l'intensité de pesanteur en France métropolitaine : $g_{ref} = 9,809 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Étude expérimentale de la longueur et de la période du pendule (20 minutes conseillées)

Mesure de la longueur du pendule

La longueur du pendule est estimée à un mètre environ. Mesurer précisément la longueur de ce pendule, notée L_{mesure} , avec un mètre gradué en millimètre. Ecrire ce résultat en mètre.

$L_{mesure} = \dots\dots\dots \text{ m}$

Détermination de la période du pendule et de l'incertitude-type associée

Mesurer avec le chronomètre un échantillon de 10 durées Δt_{mesure} de 5 périodes T d'oscillations du pendule.
Ecrire ces valeurs en seconde dans le tableau ci-dessous.

$$\Delta t_{\text{mesure}} = 5 \cdot T \text{ (s)}$$

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Dans la suite de cette épreuve, l'analyse des données de mesure s'effectuera à l'aide du langage de programmation Python.

Modifier le programme Python **g.py** pour :

- remplacer les valeurs de mesures arbitraires L_{mesure} et $\Delta t_{\text{mesure}} = 5 \cdot T$ par les valeurs mesurées dans la partie précédente. (Veiller à respecter la syntaxe pour l'écritures des nombres décimaux) ;
- adapter le nombre de périodes n .

Déterminer alors numériquement la valeur moyenne $\bar{T}_{\text{mesure}}$ et l'incertitude-type $u(T_{\text{mesure}}) = \sigma_{n-1}(T)$ associés à cet échantillon de mesures.

$\bar{T}_{\text{mesure}} = \dots\dots\dots$

$u(T_{\text{mesure}}) = \dots\dots\dots$

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

2. Simulation numérique de la longueur et de la période (30 minutes conseillées)

2.1 Simulation numérique de la longueur L

Prise en compte de l'incertitude associée à la mesure avec une règle

Les nombres aléatoires x_r et x_G sont générés avec le langage de programmation Python. Dans le programme Python, à l'intérieur de la boucle (`for i in range(N) :`), enlever le # dans la ligne correspondant à x_r afin de simuler la distribution des valeurs de x_r . Vérifier grâce à l'ANNEXE « Python » que la syntaxe pour x_r est correcte. Le nombre de tirages aléatoires effectués pendant la simulation est fixé à $N = 10^5$.

Indiquer si l'allure de la distribution simulée est en accord avec les informations présentes dans l'ANNEXE « distributions ».

.....

.....

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

Le programme Python calcule également l'incertitude-type $u(L_{simulation})$ associé à la distribution.

Noter la valeur de cet incertitude-type en respectant les conventions d'écriture sur les chiffres significatifs (respecter cette convention dans la suite de l'épreuve).

$$u(L_{simulation}) = \dots\dots\dots$$

Calculer avec la calculatrice $u(L) = \frac{d_r}{\sqrt{6}} = \dots\dots\dots$

La simulation est-elle réaliste ? Justifier.

.....

.....

Prise en compte de l'incertitude associée à la mesure avec une règle et de l'incertitude sur la position de G

Pour modéliser cette distribution on utilisera une distribution rectangulaire centrée en 0 et d'étendue $\pm d_G$ avec, par hypothèse, $d_G = 1$ mm.

Dans le programme Python, à l'intérieur de la boucle (`for i in range(N):`), enlever le `#` dans la ligne correspondant à x_G afin de simuler la distribution des valeurs de x_G .

Visualiser et commenter l'allure de la nouvelle distribution des valeurs de $L_{simulation}$. Quel est l'impact de la simulation de x_r et x_G , sur l'évolution de la distribution de $L_{simulation}$?

.....

.....

.....

.....

Le programme Python calcul à nouveau, numériquement, l'incertitude-type $u(L_{simulation})$. Noter cette nouvelle valeur.

$$u(L_{simulation}) = \dots\dots\dots$$

Dans cette situation, l'incertitude-type sur la longueur L peut maintenant être déterminé à l'aide de la relation ci-dessous.

En utilisant une calculatrice, calculer : $u(L) = \sqrt{\left(\frac{d_r}{\sqrt{6}}\right)^2 + \left(\frac{d_G}{\sqrt{3}}\right)^2} = \dots\dots\dots$

La simulation est-elle réaliste ? Conclure.

.....

.....

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

2.2 Simulation numérique de la période

On désire maintenant simuler numériquement la distribution des valeurs associées à la période T .

$$T_{simulation} = T_{mesure} + x_T$$

Par hypothèse, dans ce contexte, on supposera que la répartition des valeurs est une distribution gaussienne.

Dans le programme Python, à l'intérieur de la boucle (`for i in range(N):`), enlever le `#` dans la ligne correspondant à x_T afin de simuler la distribution des valeurs de x_T .

Visualiser et commenter l'allure de la distribution des valeurs de $T_{simulation}$.

.....

.....

On souhaite maintenant déterminer la valeur moyenne $\bar{T}_{simulation}$ et l'incertitude-type $u(T_{simulation})$ associés à la distribution.

Pour cela dans le programme Python, compléter l'expression de `T_moy_simulation` et de `u_T_simulation`.

Déterminer ensuite, numériquement,

$\bar{T}_{simulation} = \dots\dots\dots$

$u(T_{simulation}) = \dots\dots\dots$

La simulation est-elle réaliste ? Conclure.

.....

.....

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

3. Détermination de l'intensité de pesanteur g et de l'incertitude-type associée (10 minutes conseillées)

Déterminer la relation qui permet de simuler une valeur de $g_{simulation}$ à partir d'une valeur de $T_{simulation}$ et d'une valeur de $L_{simulation}$.

$g_{simulation} = \dots\dots\dots$

Dans la boucle (`for i in range(N):`) du programme Python, compléter la relation correspondante pour simuler la distribution des valeurs de $g_{simulation}$.

Visualiser et commenter l'allure de la distribution des valeurs de $g_{simulation}$.

.....

Relever la valeur moyenne $\bar{g}_{simulation}$ et l'incertitude-type $u(g_{simulation})$.

$\bar{g}_{simulation} = \dots\dots\dots$

$u(g_{simulation}) = \dots\dots\dots$

La valeur $\bar{g}_{simulation}$, d'incertitude-type $u(g_{simulation})$ et la valeur de référence g_{ref} , dans le cadre de cette étude, sont compatibles si :

$$\frac{|\bar{g}_{simulation} - g_{ref}|}{u(g_{simulation})} \leq 2$$

Le critère de compatibilité est-il vérifié ? Conclure.

.....

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