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

CONTEXTE DE LA SITUATION D'ÉVALUATION

Les premiers satellites de Jupiter ont été découverts par Galilée en 1610. Ces satellites galiléens appelés Io, Europe, Ganymède et Callisto, sont les quatre plus gros satellites de Jupiter. Depuis cette époque, d'autres satellites ont été observés. Actuellement, on estime qu'il y a jusqu'à 79 satellites principaux autour de Jupiter.

Les caractéristiques de ces différents satellites peuvent être très différentes. Par exemple, les quatre satellites découverts par Galilée ont des dimensions comparables à celles de la Lune, alors que d'autres satellites n'ont que quelques kilomètres de diamètre. De plus, certains satellites gravitent sur des orbites proches de Jupiter alors que d'autres sont beaucoup plus éloignés, ce qui entraîne de grandes différences de valeurs pour leurs périodes de révolution.

Le but de cette épreuve est d'étudier l'accord entre les caractéristiques de certains des satellites de Jupiter et la troisième loi de Kepler et d'estimer la masse de Jupiter.

INFORMATIONS MISES À DISPOSITION DU CANDIDAT

Troisième loi de Kepler

Quand un satellite gravite autour d'une planète de masse M, il décrit une orbite elliptique caractérisée par un demi-grand axe a, la planète occupant un des foyers de l'ellipse. La période de révolution associée est notée T. La troisième loi de Kepler peut alors s'écrire :

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G \cdot M} \times a^3$$

G étant la constante de gravitation universelle.

Modélisation

Pour vérifier la compatibilité entre une série de données expérimentales du type (x_i ; y_i) et une loi mathématique de la forme $y = k \cdot x + b$, on peut réaliser une modélisation affine.

Dans le cas où $b = 0$ on retrouve une modélisation linéaire. En pratique, pour confirmer qu'une modélisation affine est assimilable à une modélisation linéaire, on peut se baser sur deux critères complémentaires, un critère graphique et un critère numérique. Dans le contexte de cette situation d'évaluation, pour valider la modélisation, les deux critères suivants doivent être validés, le critère graphique étant approximatif et le critère numérique plus objectif.

- Critère graphique :
    - l'intersection entre la droite associée à la modélisation affine et l'axe vertical est très proche de l'origine du repère ;
    - on peut trouver une droite linéaire dont les points expérimentaux de coordonnées (x_i ; y_i) sont très proches et répartis aléatoirement de part et d'autre de la droite.

- Critère numérique : le coefficient de détermination r^2 doit être très proche de 1. Dans l'étude qui suit, on considère que ce critère numérique est validé si r^2 est compris entre 0,999 et 1.

Notions utiles pour effectuer une étude statistique de type A

Les grandeurs ci-dessous sont définies pour une série de n valeurs M_i associées à une grandeur M.

- Valeur moyenne de M :

$$\overline{M} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} M_i$$

- Écart-type de la série de valeurs :

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (M_i - \overline{M})^2}$$

- Incertitude-type (écart-type de la moyenne de la série de valeurs) :

$$u(\overline{M}) = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$$

La « **Fiche Aide de Python** » explicite les commandes Python associées à la détermination numérique des grandeurs $\overline{M}$ et σ_{n-1}.

Histogramme associé à une série de valeurs

Un histogramme correspond à la représentation graphique d'une série de données par classes.
La « **Fiche Aide de Python** » explicite les commandes Python associées à la détermination d'un histogramme.

Critère de comparaison entre une valeur moyenne et une valeur de référence

Dans le cadre de cette étude, on considère que la valeur moyenne $\overline{M}$ est compatible avec la valeur de référence M_{ref} si :

$$\frac{\left|\overline{M} - M_{ref}\right|}{u(\overline{M})} \leq 2$$

avec $u(\overline{M})$ l'incertitude-type associée à $\overline{M}$.

Dans le cas contraire, on considère que cette valeur $\overline{M}$ n'est pas compatible avec la valeur de référence M_{ref}.

Données utiles

- La masse de référence de Jupiter utilisée dans cette étude est : M_{ref} = 1,8986 × 10^{27} kg.
- La durée d'un jour sidéral est de 23 h 56 min 4 s = 86 164 s.
- La constante de gravitation universelle est égale à : G = 6,6743 × 10^{-11} S.I.

TRAVAIL À EFFECTUER

1. Satellites galiléens et méthode graphique (20 minutes conseillées)

Dans cette partie, on s'intéresse aux quatre satellites découverts par Galilée en 1610. Les données associées à ces satellites sont indiquées dans le fichier « *Table-Satellites-Galilee.csv* ». Ce fichier est déjà ouvert sur le bureau de l'ordinateur.

Visualiser le fichier « *Table-Satellites-Galilee.csv* ». Sachant que les colonnes sont numérotées à partir de 0, indiquer ci-dessous le numéro de la colonne de ce fichier qui contient les valeurs des périodes de révolution des satellites.

Indiquer également le numéro de la colonne comportant les valeurs des demi-grands axes. Préciser les unités utilisées pour ces grandeurs dans le fichier.

………

………

………

On considère maintenant le programme Python « *1.Satellites-Galilee-initial.py* ». Ce fichier est déjà ouvert sur le bureau de l'ordinateur.

Visualiser le fichier « *1.Satellites-Galilee-initial.py* ». Modifier ce programme pour extraire correctement du fichier « *Table-Satellites-Galilee.csv* » les informations concernant les périodes de révolution des satellites et les demi-grands axes associés.

APPEL FACULTATIF		
	Appeler le professeur en cas de difficulté	

On veut maintenant mettre en œuvre une modélisation pour vérifier la compatibilité entre la troisième loi de Kepler et les données associées aux satellites galiléens.

En accord avec la troisième loi de Kepler, quelles grandeurs peut-on choisir en abscisse et en ordonnée afin d'effectuer cette vérification ?

………

………

Par la suite, conserver les durées en jour sidéral et les distances en km.

Modifier le programme « *1.Satellites-Galilee-initial.py* » pour tracer la courbe modélisée correspondant à la vérification souhaitée.

Enregistrer ce programme sous le nom « *1.Satellites-Galilee-final.py* ».

Les résultats obtenus sont-ils compatibles avec la troisième loi de Kepler ? Justifier.

………

………

………

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

2. Satellites de Jupiter et méthode graphique (10 minutes conseillées)

Enregistrer le programme Python utilisé dans la partie précédente avec le nom « *2.Satellites-57-initial.py* ».

Le but de cette partie consiste à exploiter le fichier « *Table-Satellites-57.csv* » contenant les données de 57 satellites identifiés grâce à un nom issu de la mythologie grecque. Les numéros des colonnes contenant les données des périodes de révolution et des demi-grands axes sont inchangés.

Modifier le programme Python « *2.Satellites-57-initial.py* » pour extraire correctement du fichier « ***Table-Satellites-57.csv*** » les informations concernant les périodes de révolutions des satellites et les demi-grands axes associés.
Enregistrer ce programme sous le nom « *2.Satellites-57-final.py* » puis l'exécuter.
Les résultats obtenus dans ce cas sont-ils compatibles avec la troisième loi de Kepler ? Justifier.

………

………

………

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

3. Masse de Jupiter (30 minutes conseillées)

Le but de cette partie consiste à vérifier à l'aide du critère de comparaison entre une valeur moyenne et une valeur de référence si $\overline{M}$, la masse moyenne de Jupiter calculée avec le fichier « *Table-Satellites-57.csv* », est compatible avec la valeur de référence de Jupiter notée M_{ref}.

On utilise maintenant le programme **«** *3.Satellites-57-initial.py* » qui permet de calculer les 57 valeurs de M associées aux données des 57 satellites en utilisant la troisième loi de Kepler. Ce programme permet également de calculer et d'afficher la valeur moyenne $\overline{M}$.

Rappelez les unités du système international (S.I.) des durées, des distances et des masses :

……

Ouvrir et modifier le programme « *3.Satellites-57-initial.py* » pour calculer la masse dans l'unité du système international. Exécuter le programme. Noter la valeur obtenue ci-dessous en se limitant à 5 chiffres significatifs :

$\overline{M}$ = ………………………………………………… kg

Modifier la partie du programme associée au tracé de l'histogramme de répartition des masses M afin de visualiser 30 classes. On pourra s'aider de la « **Fiche Aide de Python** ».

Évaluer sous la forme d'un encadrement l'étendue de la dispersion des valeurs :

……

……

Compléter le programme à l'aide de la « **Fiche Aide de Python »** pour calculer et afficher l'écart-type σ_{n-1}. Noter sa valeur ci-dessous avec 5 chiffres significatifs après exécution du programme :

σ_{n-1} = ……………………………………………….kg

Modifier à nouveau le programme pour déterminer l'incertitude-type associée à $\overline{M}$.
Enregistrer ce programme sous le nom « ***3.Satellites-57-final.py*** ». Noter la valeur obtenue ci-dessous avec un chiffre significatif, arrondie par excès :

$u(\overline{M})$ = ………………………………………….....kg

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

La valeur moyenne de la masse de Jupiter estimée précédemment est-elle compatible avec la valeur de référence ? Justifier en détaillant les calculs.

……

……

……

……

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