

DEVOIR COMMUN N°1
ÉCOLE ALSACIENNE

DÉCEMBRE 2014

PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h 00

Ce sujet À RENDRE AVEC LA COPIE comporte deux exercices.

7 pages.

CALCULATRICE AUTORISÉE

VOUS UTILISEREZ UNE COPIE DOUBLE PAR EXERCICE.

Exercice 1 (/10)

DOCUMENT 1 : LES GRAVIMÈTRES OU COMMENT MESURER LA PESANTEUR ?

La gravimétrie est la mesure et l'étude de la pesanteur (ou champ de pesanteur, noté g) à la surface de la Terre, en direction et en norme.

L'unité de mesure est le $m.s^{-2}$ (équivalent ou $N.kg^{-1}$). Une autre unité est utilisée, le Gal ($1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm.s}^{-2} = 10^{-2} \text{ m.s}^{-2}$) et son millième, le mGal ($1 \text{ mGal} = 10^{-5} \text{ m.s}^{-2}$).

La valeur "moyenne" de la pesanteur à la surface de la Terre vers 45° de latitude est :

$$g = 9,81 \text{ m.s}^{-2} = 981 \text{ Gal.}$$

<http://planet-terre.ens-lyon.fr/article/geodesie-gravimetrie.xml>

DOCUMENT 2 : LE POIDS, UNE APPROXIMATION ?

En première approximation, on représente la Terre comme une sphère parfaite homogène et immobile. Cette sphère "idéale" attire alors vers son centre tout objet présent à sa surface. La verticale en un point est donnée par la direction du fil à plomb qui, dans cette représentation simplifiée, coïncide avec la droite passant par ce point et par le centre de la Terre. Dans cette approximation, le poids P d'un objet à "l'altitude 0" sur Terre est le même en tout point, et est donné par $P = m g_0$ où m est la masse de l'objet et $g_0 = 9,8 \text{ N/kg}$, l'intensité de la pesanteur, est la même en tout point d'altitude 0. Le poids d'un objet donné ne dépend alors que de son altitude.



<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Mississippi.xml>

DOCUMENT 3 : DE L'UTILISATION DU PENDULE...

Les premières expériences de Galilée, les découvertes de Huygens sur le pendule et les développements théoriques de Newton permettent de quantifier un nouveau paramètre physique pour la Terre : *la pesanteur*.

[...]

En 1659, Huygens trouve l'expression exacte de la période d'un pendule : $T = 2\pi \times \sqrt{\frac{L}{g}}$, où g est la

pesanteur. La période dépend de la longueur L du pendule mais aussi d'un paramètre terrestre fondamental : g . Pour un pendule battant la seconde (équivalent à une période de 2 s), on a :

$g = \pi^2 \times \frac{L}{T^2}$. En 1690, dans son *Discours de la cause de la pesanteur*, Huygens indique que la longueur du pendule battant la seconde à Paris est de 3 pieds 8,66 lignes soit 0,9941 m. Cette valeur correspond à une pesanteur à Paris de $9,812 \text{ m.s}^{-2}$ (avec nos unités). Le pendule devient un instrument de mesure de la pesanteur.

[...]

Huygens a déterminé l'expression de la force centrifuge dès 1659. Après la mesure de Richer, il montre que la force centrifuge, due à la rotation de la Terre, est maximale à l'équateur, nulle aux pôles et que sa projection sur la verticale varie comme le sinus carré de la colatitude.

[...]

Hooke est le premier en 1679, lors d'une correspondance avec Newton, à affirmer qu'un corps en chute libre ne tombe pas directement selon la direction géocentrique (la perpendiculaire à la surface passant par le centre de la Terre) mais selon une direction déviée vers le Sud. Il affirme ensuite clairement que la pesanteur, composée de l'attraction et de la force centrifuge, n'agit pas selon la direction géocentrique, qu'elle n'est pas dirigée vers le centre de la Terre mais qu'elle s'écarte vers l'équateur

TABLEAU Compilation de mesures pendulaires réalisées lors des expéditions géodésiques en Laponie (1736-1737) et au Pérou (1735-1744)

Lieux	Longueur L du pendule en m	g en m.s ⁻²
Équateur	0,99085776	9,779
Portobello	0,9910608	9,781
Petit Goave	0,99144432	9,785
Paris (Bouguer)	0,99415152	9,812
Paris (de Mairan)	0,99392592	9,810
Pello	0,99527952	9,823

Les valeurs de L ont été calculées d'où le nombre important de chiffres significatifs.

Les longueurs L sont les longueurs d'un pendule de période 2 s.

<http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/pendule-pesanteur-latitude.xml>

DOCUMENT 4 : UN PENDULE SUR UN MANÈGE !

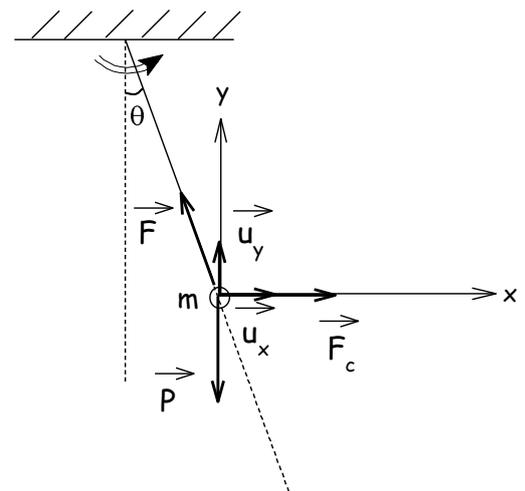
Pour modéliser l'action de la rotation de la Terre sur un pendule ou fil à plomb, il est placé à une distance R du centre d'un plateau tournant à la vitesse angulaire ω .

La longueur du pendule est notée L.

La force \vec{F}_c est la force d'inertie centrifuge due à la rotation du plateau tournant ; sa norme est : $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot R$.

On suppose le pendule à l'équilibre !

- Les valeurs de ω , m, R, L et θ sont elles aussi supposées connues.
- \vec{u}_x : vecteur unitaire caractérisant l'axe horizontal Ox
- \vec{u}_y : vecteur unitaire caractérisant l'axe vertical Oy.



DONNÉES :

- Force de gravitation d'une masse m_0 sur une masse m : $\vec{F}_{m_0/m} = -\frac{G \times m_0 \times m}{d^2} \vec{u}_{m_0 \rightarrow m}$ avec $\vec{u}_{m_0 \rightarrow m}$ vecteur unitaire au point M centrifuge par rapport à m_0 .
- Poids : $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ avec \vec{g} champ de pesanteur.
- Champ de gravitation \vec{g} créé par une masse m_0 à la distance d : $\vec{g} = -\frac{G \times m_0}{d^2} \vec{u}_{m_0 \rightarrow}$

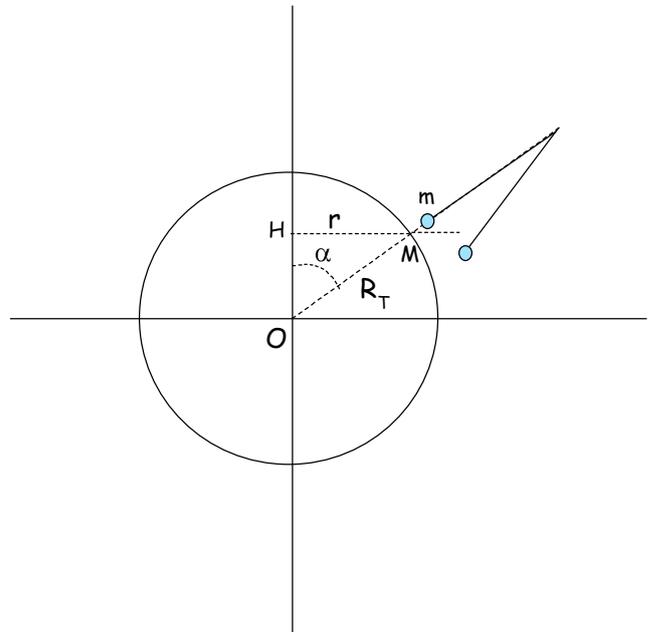
Travail à effectuer :

LES DEUX PARTIES SONT INDEPENDANTES. LA PLUPART DES QUESTIONS SONT AUSSI INDEPENDANTES !

PARTIE 1 : QUELLE EST L'INFLUENCE DE LA ROTATION DE LA TERRE ?

Voici un pendule schématisé à la surface de la Terre.

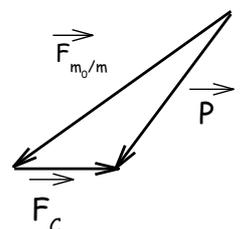
Une masse m est accrochée à un fil inextensible de longueur L .



On note :

- R_T le rayon de la Terre,
- r la distance HM ,
- α la colatitude du point M .

1. Représenter la force de gravitation $\vec{F}_{m_0/m}$ sur le schéma ci-dessus en justifiant à partir de son expression.
2. À l'aide de votre calculatrice, donner l'équation du modèle mathématique reliant les valeurs de g en fonction de la longueur L du pendule dans le tableau du **DOCUMENT 3**.. Pourquoi faites-vous une régression linéaire ?
3. Justifier l'équation : $g = \pi^2 \times L$.
4. Sous Excel, on obtient : $g = 9,8695 \times L$ et le coefficient de détermination $R^2 = 0,9998$; est-ce que l'équation du modèle obtenu est en accord avec l'équation : $g = \pi^2 \times L$ donnée dans le **DOCUMENT 2** ?
5. Montrer que ω la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même est égale à :
$$\omega = 7,29 \times 10^{-5} \text{ rad.s}^{-1} \text{ sachant que } 180^\circ = \pi \text{ rad.}$$
6. On donne l'expression de la force d'inertie centrifuge due à la rotation de la Terre sur elle-même : $\vec{F}_c = m \cdot \omega^2 \cdot \overrightarrow{HM}$ avec ω la vitesse de rotation de la Terre sur elle-même. Représenter la force d'inertie au point M sur le schéma ci-dessus.
7. Montrer que l'expression de la force d'inertie est donnée par : $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot R_T \cdot \sin \alpha$.
8. À l'aide des questions précédentes et de vos connaissances, vous expliquerez la différence entre champ de gravitation \vec{G} et champ de pesanteur \vec{g} . Vous représenterez ces deux vecteurs avec un 3^{ème} vecteur que vous définirez, en vous aidant de la représentation suivante :



PARTIE 2 : COMMENT UTILISER UN PENDULE POUR DETERMINER LA VALEUR DE g ?

9. Montrer, en utilisant le **DOCUMENT 4.**, que :

$$\begin{cases} -P + F \times \cos(\theta) = 0 \\ F_c - F \times \sin(\theta) = 0 \end{cases}$$

10. Résoudre le système afin de déterminer l'expression de F et de P en fonction de m , R , θ , ω et g .

11. Montrer que vous pouvez déterminer g connaissant m , R , θ , ω .

Exercice 2 (/10)

LA PLUPART DES QUESTIONS SONT INDEPENDANTES LES UNES DES AUTRES.

PARTIE 1 : ÉTUDE DE L'EAU, UTILISEE COMME SOLVANT

DONNÉES :

- Les atomes d'hydrogène (H) et d'oxygène (O) ont respectivement pour numéro atomique $Z = 1$ et $Z = 8$
- Classement de quelques atomes par électronégativité croissante : $\chi(\text{H}) \approx \chi(\text{C}) < \chi(\text{N}) < \chi(\text{Cl}) < \chi(\text{O}) < \chi(\text{F})$

Travail à effectuer :

1. Déterminer la représentation de Lewis de la molécule d'eau. Justifier.
2. Déterminer la géométrie de la molécule d'eau. Justifier.
3. La liaison O-H est-elle polarisée ? Justifier.
4. Préciser si la molécule d'eau est polaire. Justifier.
5. Lorsque l'on verse du chlorure de césium dans l'eau ou lorsqu'on verse de l'alcool de formule $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dans l'eau, quelle est la nature des interactions entre les molécules d'eau et les espèces présentes dans l'eau ? Préciser les interactions existantes dans chacun des deux cas.

PARTIE 2 : ÉTUDE DU CHLORURE DE CÉSIUM

DOCUMENT 1

A l'échelle macroscopique :

Poudre blanche de cristaux cubiques de chlorure de césium



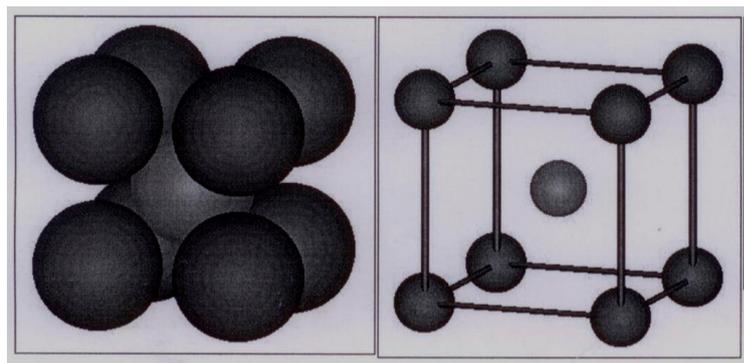
DOCUMENT 2

A l'échelle microscopique : Maille élémentaire du réseau cubique centré du chlorure de césium

- Modèle compact, où les ions sont assimilés à des sphères rigides (figure de gauche)
- Modèle éclaté, où seul le centre des ions est représenté (figure de droite).

Le chlorure de césium est un solide ionique formé d'ions césium et d'ions chlorure.

La maille élémentaire du chlorure de césium est un cube comportant des ions chlorure aux sommets et un ion césium au centre.



DONNÉES

- Masse molaire atomique du césium : $M(\text{Cs}) = 132,9 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- masse molaire atomique du chlore : $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- Nombre d'Avogadro $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- L'arête du cube est notée a et vaut 412 pm avec $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$
- La diagonale du cube est $a\sqrt{3}$

Travail à effectuer :

6. Le césium est un alcalin. Donner en la justifiant la formule de l'ion césium.
7. Le chlore est un halogène. Donner en la justifiant la formule de l'ion chlorure.
8. Donner en la justifiant la formule statistique du chlorure de césium.
9. Établir l'expression de la norme de la force \vec{F} s'exerçant entre un ion chlorure et un ion césium en contact, assurant la cohésion de ce solide ionique, en fonction de a et de e charge élémentaire.
10. En fonction de sa position dans la maille, un ion peut « se partager » avec les mailles voisines :
Compter le nombre d'ions chlorure et le nombre d'ions césium dans une maille.
11. Expliquer pourquoi la réponse précédente est en accord avec la réponse de la question 8.
12. Calculer la masse m des ions présents dans une maille de chlorure de césium.
13. En déduire la valeur de la masse volumique ρ en g.cm^{-3} du chlorure de césium.

PARTIE 3 : SOLUBILITE DU CHLORURE DE CESIUM DANS L'EAU

14. On désire préparer $V = 250 \text{ mL}$ d'une solution de chlorure de césium de concentration molaire $c = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$. Quelle masse de chlorure de césium faut-il peser et dissoudre ?
15. Indiquer le protocole (avec la verrerie à utiliser) pour préparer cette solution.
16. Quelle est la concentration molaire en ions chlorure de la solution ? Justifier.