

DST : Physique-Chimie



NOM :

PRENOM :




Terminale :

DUREE DE L'EPREUVE : 1 heure et 50 minutes. — Sur 20 points — COEFFICIENT : 1

L'usage des calculatrices est autorisé.

*Ce sujet comporte 2 exercices de PHYSIQUE-CHIMIE, présentés sur 6 pages numérotées de 1 à 6, y compris celle-ci. Les exercices sont indépendants. Si au bout de quelques minutes, vous ne parvenez pas à répondre à une question, passez à la suivante. Les exercices peuvent être traités séparément, le barème est donné à titre indicatif. Dans tous les calculs qui suivent, on attend à ce que soient donnés la formule littérale, le détail du calcul numérique et le **résultat avec une unité et un nombre de chiffres significatifs correct en écriture scientifique**. Et n'oubliez pas de faire des phrases !*

- I. La chute des boulets (14 points)
- II. La cire d'abeille (6 points)

| Compétences | |  |  |  |
|-----------------------------|---|---|---|---|
| Restituer des connaissances | | | | |
| Analyser | Justifier ou proposer un modèle | | | |
| S'approprier | Extraire des informations | | | |
| Réaliser | Manipuler les équations, Utiliser une calculatrice | | | |
| Valider | Exploiter des informations, Avoir un regard critique | | | |
| Communiquer | Utiliser un vocabulaire scientifique adapté, Présentation | | | |
| Etre autonome | Prendre des décisions | | | |

| Extraits du programme | |
|---|---|
| Notions et contenus | Compétences exigibles |
| Description du mouvement d'un point au cours du temps Lois de Newton Principe d'inertie, $\Sigma \vec{F} = m \vec{a}$, actions réciproques | Choisir un référentiel d'étude Connaître et exploiter les lois de Newton Mouvement dans un champ de pesanteur |

Exercice 1 La chute des boulets (14 points)

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Reasonner sur des notions connues

Documents

Selon la légende, GALILÉE (1564-1642) aurait étudié la chute des corps en lâchant divers objets du sommet de la tour de PISE (Italie), sa ville de naissance. Il y fait référence dans deux ouvrages : *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* et *Discours concernant deux sciences nouvelles* dans lesquels il remet notamment en question les idées d'ARISTOTE.

Extrait n° 1 :

« Avant tout, il faut considérer que le mouvement des corps lourds n'est pas uniforme : partant du repos, ils accélèrent continuellement (...). Si on définit des temps égaux quelconques, aussi nombreux qu'on veut, et si on suppose que, dans le premier temps, le mobile, partant du repos, a parcouru tel espace, par exemple une aune(*), pendant le second temps, il en parcourra trois, puis cinq pendant le troisième (...) et ainsi de suite, selon la suite des nombres impairs. »

(*) Une aune = 1,14 m.

Extrait n° 2 :

« Cherchons à savoir combien de temps un boulet, de fer par exemple, met pour arriver sur la Terre d'une hauteur de cent coudées(*).

ARISTOTE dit qu'une « boule de fer de cent livres(**), tombant de cent coudées, touche terre avant qu'une boule d'une livre ait parcouru une seule coudée », et je vous dis, moi, qu'elles arrivent en même temps.

Des expériences répétées montrent qu'un boulet de cent livres met cinq secondes pour descendre de cent coudées »

(*) Une coudée correspond à une distance de 57 cm ;

(**) Une livre est une unité de masse.

Extrait n° 3 :

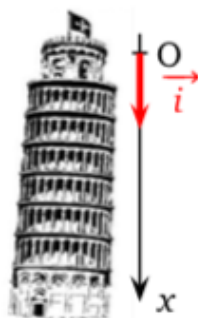
En 1592, GALILÉE quitte PISE pour l'Université de PADOUE, dépendant de VENISE. Cette dernière ville possède un arsenal tout-à-fait considérable, et la légende raconte qu'il était inutile de chercher GALILÉE dans les salles de l'Université, que l'on avait plus de chance de le trouver sur les chantiers navals, dont il appréciait l'ambiance, et où il a pu faire preuve de son incroyable ingéniosité. GALILÉE a notamment le premier indiqué qu'il faut pointer les feux de canon à un angle de 45° afin de permettre la distance de tir la plus grande possible.

Dans les navires de guerre de l'époque, de lourds canons sont fixés au pont, et projettent des boulets de 200 livres (environ 100 kg) portant jusqu'à 1 200 toises (environ 2 400 m). La structure d'un navire est très robuste pour résister à la réaction considérable du boulet et leur échantillon(*) est ordinairement très fort.

(*) Echantillon : dimension et épaisseur des pièces utilisées en construction navale.

Etude des hauteurs de chute

Dans cette partie, on présente trois courts extraits de ces deux livres. Il s'agit de retrouver certains résultats avancés par GALILÉE concernant la chute verticale dans l'air d'un boulet sphérique en fer, lâché sans vitesse initiale. Pour cette étude, on choisit le référentiel terrestre, supposé galiléen, auquel on adjoint un repère d'espace (Ox) vertical orienté vers le bas.



Donnée : Intensité du champ de pesanteur, supposé uniforme : $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Le boulet est lâché au point O, d'abscisse $x_0 = 0$ à la date $t_0 = 0$. On suppose l'action de l'air négligeable ; dans ce cas, l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G du boulet est : $x = \frac{1}{2}gt^2$.

- 1/ Soient x_1 la distance parcourue au bout de la durée τ , x_2 la distance parcourue au bout de la durée 2τ et ainsi de suite, exprimer x_1 , x_2 , x_3 en fonction de g et de τ .
- 2/ Exprimer la différence $h_1 = x_1 - x_0$ en fonction de g et de τ puis les différences $h_2 = x_2 - x_1$ et $h_3 = x_3 - x_2$ en fonction de h_1 .
- 3/ Retrouve-t-on la suite des hauteurs de chute annoncée par GALILÉE dans l'extrait n°1 ? Justifier.

Etude de la durée de la chute

Les points de vue d'ARISTOTE et de GALILÉE, au sujet de l'influence de la masse m du boulet sur la durée totale Δt de sa chute, diffèrent.

- 4/ Parmi les propositions ci-dessous, attribuer celle qui correspond à la théorie d'ARISTOTE et celle qui correspond à la théorie de GALILÉE :
 - La durée de chute augmente quand la masse du boulet augmente ;
 - La durée de chute diminue quand la masse du boulet augmente ;
 - La durée de chute est indépendante de la masse.
- 5/ En utilisant l'expression $x = \frac{1}{2}gt^2$, calculer la durée Δt de la chute d'un boulet qui tombe d'une hauteur totale $H = 57 \text{ m}$ (100 coudées).
Ce résultat est différent de la valeur annoncée dans l'extrait n°2. Proposer une explication à l'écart constaté.

Galilée à Venise

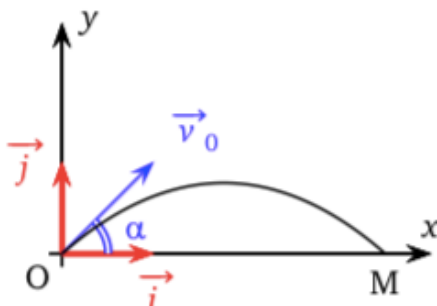
6/ Action de la poudre de canon sur le boulet

L'éjection du boulet est provoquée par la combustion de la poudre. Une force de poussée est donc exercée sur le boulet par l'ensemble {navire + canon + gaz}.

Justifier l'expression soulignée dans le texte encadré ci-dessus, à l'aide d'une des trois lois de NEWTON. Énoncer cette loi (on pourra s'aider d'un schéma).

7/ La trajectoire du boulet

On souhaite étudier la trajectoire du centre d'inertie G du boulet de masse m . L'étude est faite dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen. Le repère d'étude est (O, \vec{i}, \vec{j}) et l'origine des dates est choisie à l'instant où le boulet part du point O.



Le vecteur vitesse initiale \vec{v}_0 du point G est incliné d'un angle α (appelé angle de tir) par rapport à l'horizontale. Une fois le boulet lancé, la force de poussée de la partie précédente n'intervient plus.

Données : Boulet utilisé : volume $V = 12,7 \text{ dm}^3 = 12,7 \text{ L}$ et masse $m = 100 \text{ kg}$.

La masse volumique du fer est $\rho_{\text{fer}} = 7,87 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

La masse volumique de l'air est $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

7.1/ Calculer la valeur de la poussée d'Archimède. Grand prince, je vous donne gracieusement son expression littérale $F_A = \rho_{\text{air}} g V$.

7.2/ Calculer la valeur P du poids du boulet après avoir précisé son expression littérale.

7.3/ Dans cet exercice, on pourra négliger la poussée d'ARCHIMÈDE devant le poids si la valeur de ce dernier est au moins cent fois plus grande que celle de la poussée d'ARCHIMÈDE.

Montrer que l'on est dans cette situation.

7.4/ Pendant le vol, compte tenu de la masse, de la vitesse et de la forme du boulet, on fait l'hypothèse que les forces de frottement dans l'air sont négligeables devant le poids.

En tenant compte de la remarque et des résultats précédents, établir le bilan des forces exercées sur le système {boulet} pendant le vol.

Equation de la trajectoire

Dans toute cette partie, on négligera la poussée d'ARCHIMÈDE et on ne tiendra pas compte des forces de frottement dues à l'air.

8/ En appliquant la deuxième loi de NEWTON, montrer que les équations horaires du mouvement du point G s'écrivent :

$$\begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) t \\ y = -\frac{1}{2} g t^2 + (v_0 \sin \alpha) t \end{cases}$$

9/ Montrer que l'équation de la trajectoire peut se mettre sous la forme $y = Ax^2 + B$. On donnera les expressions littérales de A et B et on précisera leurs unités respectives.

Exercice 2 La cire d'abeille (6 points)

Compétences : Restituer des connaissances, Analyser, S'approprier l'information, Reasonner sur des notions connues

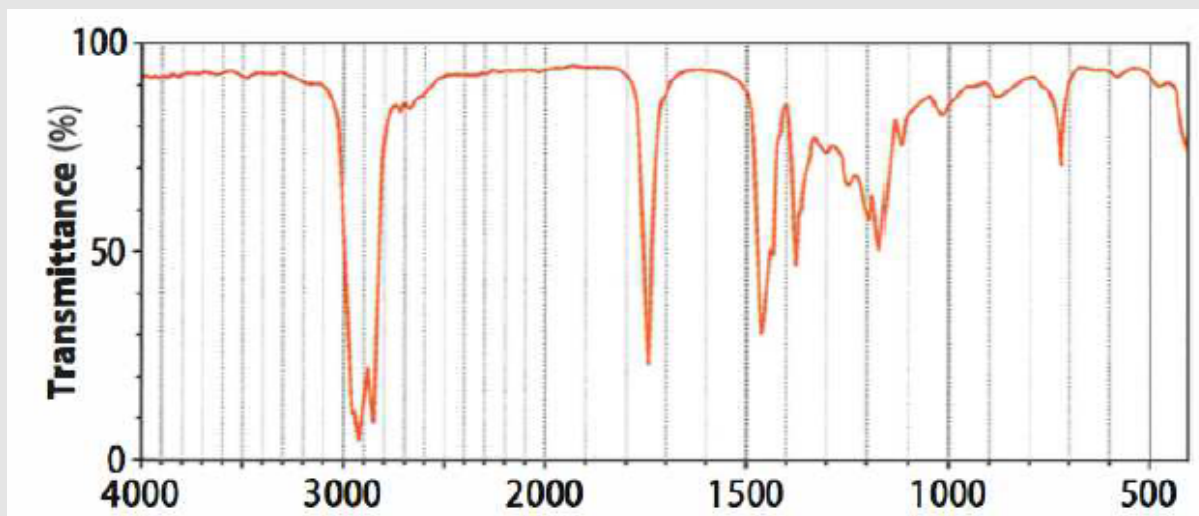
Document n° 1 :



Document n° 2 :

La cire d'abeille est essentiellement composée d'esters dérivés de l'acide palmitique. En présence d'eau, les esters s'hydrolysent en alcool et en acide palmitique. Lors des fouilles archéologiques il est fréquent de trouver des outils ou des poteries présentant des traces de cire d'abeille. Lorsque celle-ci a été conservée en milieu humide, dans ce qui fut un lac par exemple, elle présente des traces d'alcool et d'acide palmitique. Les archéochimistes ont alors recours à la spectroscopie infrarouge.

Le spectre infrarouge suivant a été effectué sur un résidu se trouvant sur le manche d'une hache de pierre taillée provenant du site archéologique de l'île d'Ouessant en Bretagne.



1/ Représenter la formule générale d'un ester.

En déduire les bandes d'absorption devant apparaître sur un spectre infrarouge.

2/ Reprendre la question 1 pour un acide carboxylique et un alcool.

3/ Après analyse du spectre du prélèvement, expliquer pourquoi les archéochimistes pensent que la hache a été conservée en milieu sec.

Données : bandes d'absorption en spectroscopie infrarouge (« lié » en présence de liaisons hydrogènes, « libre » en l'absence de liaisons hydrogènes).

| Liaison | Gamme de nombre d'onde σ (cm^{-1}) | Type de bande |
|------------------------|--|------------------|
| O-H alcool libre | 3 590-3 650 | Intense et fine |
| O-H alcool lié | 3 200-3 600 | Moyenne et large |
| C-H alcane | 2 850-2 970 | Moyenne |
| C-H aldéhyde | 2 700-2 900 | Moyenne |
| O-H acide carboxylique | 2 500-3 200 | Intense et large |
| C=O ester | 1 735-1 750 | Intense |
| C=O aldéhyde et cétone | 1 700-1 725 | Intense |
| C=O acide carboxylique | 1 700-1 725 | Intense |
| C=C alcène | 1 620-1 690 | Moyenne |
| C-H alcane | 1 400-1 500 | Moyenne |
| C-O-C ester | 1 050-1 300 | Intense |

— Fin —