

BACCALAUREAT GENERAL

Obligatoire

SESSION 2001

PHYSIQUE – CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte deux exercices de PHYSIQUE et deux exercices de CHIMIE présentés sur 10 pages numérotées de 1 à 10, y compris celle-ci.

Ce sujet comporte une annexe à rendre avec la copie.

Le candidat doit traiter les quatre exercices, qui sont indépendants les uns des autres :

- I. Cinétique de réaction.
- II. De l'oscillateur électrique à l'oscillateur mécanique.
- III. Isoméries. Synthèse des constituants de l'essence de jasmin.
- IV. Pesée du monde.

Exercice n° 1 (5 points)

Cinétique de réaction

Pendant une séance de travaux pratiques, des élèves sont chargés d'étudier la vitesse de la réaction de décomposition du peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée) ;

Cette réaction s'effectue en présence d'un catalyseur : solution contenant des ions fer III : Fe^{3+} .

1. La réaction catalysée :

1.1. Sachant que l'eau oxygénée a pour formule H_2O_2 , et que sa décomposition produit du dioxygène et de l'eau, écrire l'équation-bilan de cette réaction.

1.2. Quel est le rôle d'un catalyseur ?

2. L'influence de la quantité de catalyseur :

On confie à différents groupes d'élèves l'objectif suivant :

Effectuer la réaction avec différentes quantités de catalyseur, afin de déterminer la quantité convenable pour que la décomposition de l'eau oxygénée, tout en demeurant lente, soit pratiquement terminée en une heure.

On constitue 4 groupes d'élèves : A, B, C, D ; pour chacun la solution d'eau oxygénée, de concentration c , appelée solution mère est la même ; la solution catalytique est la même également.

Le procédé est le suivant :

- prélever 10 mL d'eau oxygénée, et les introduire dans un bécher qu'on appellera le réacteur ;
- ajouter un volume V_1 d'eau ;
- à l'instant $t = 0$, ajouter un volume V_2 de catalyseur et déclencher le chronomètre simultanément.

	A	B	C	D
V_1 (mL)	89	88	87	85
V_2 (mL)	1	2	3	5

2.1. Dès les premiers instants, les élèves constatent que le dégagement gazeux est plus important dans le réacteur du groupe D que dans celui du groupe A.

Quelle est l'origine expérimentale de cette différence ?

2.2. Que permet de déduire cette observation, quant à la cinétique de la réaction ?

3. Étude cinétique :

A différentes dates t imposées, les élèves prélèvent à la pipette 10,0 mL du mélange réactionnel, qu'ils placent dans un erlenmeyer contenant 50 mL d'eau distillée glacée ;

Un dosage par une solution S de permanganate de potassium acidifiée permet alors de déterminer la quantité d'eau oxygénée restante.

A l'équivalence, le volume de solution S versée est noté V_3 .

Les valeurs de V_3 exprimées en mL sont :

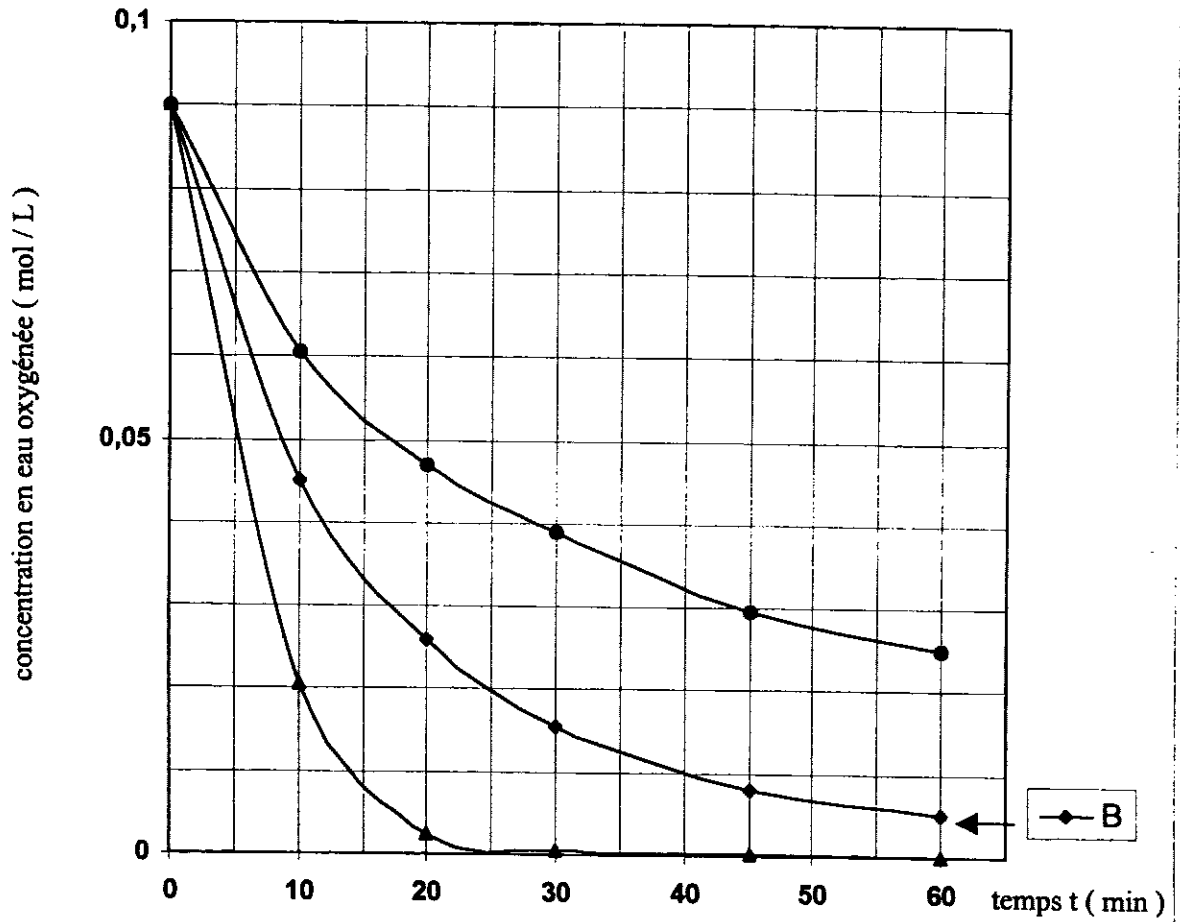
groupe \ t (min)	A	B	C	D
0	18,0	18,0	18,0	18,0
10	12,1	9,0	6,5	4,1
20	9,4	5,2	3,0	0,5
30	7,8	3,1	1,4	0,1
45	5,9	1,6	0,5	0,05
60	5,0	1,0	0,3	0

Compte tenu de l'équation- bilan de la réaction de dosage, de la concentration de la solution titrante et du volume de la prise d'essai, on a établi que le calcul de la concentration (en mol.L⁻¹) en eau oxygénée se fait par la formule : $[H_2O_2] = 5 \cdot V_3$ (V_3 exprimé en L)

Les courbes $[H_2O_2] = f(t)$ ont été tracées pour les groupes A , B et D sur le document joint :

- 3.1. Compléter ce document, par l'indication du groupe auquel appartient chacune des courbes. Justifier.
 - 3.2. Calculer $[H_2O_2]$ pour les dates mentionnées dans le cas du groupe C et tracer la courbe $[H_2O_2] = f(t)$ du groupe C.
 - 3.3. Déterminer graphiquement la vitesse instantanée de disparition de l'eau oxygénée à l'instant $t = 20$ min pour la courbe B, à l'aide du document joint.
 - 3.4. Pour quelle raison la prise d'essai prélevée à l'instant t est-elle placée dans l'eau glacée ?
- 4. Concentration initiale :**
- 4.1. Déterminer graphiquement la concentration initiale en H_2O_2 dans le mélange réactionnel.
 - 4.2. En étudiant la composition des mélanges A, B, C, D , montrer que la solution d'eau oxygénée de concentration c a été diluée 10 fois. En déduire la valeur de c .
- 5. Choix de la quantité de catalyseur :**
- 5.1. Parmi les 4 courbes obtenues trouver celle qui correspond le mieux à l'objectif fixé au 2.
 - 5.2. En déduire la valeur convenable du volume de solution catalytique à utiliser.

Cinétique de la décomposition de l'eau oxygénée



Exercice n°2 (6 points)

De l'oscillateur électrique à l'oscillateur mécanique

Cet exercice possède trois parties :

- la partie 1 où l'on exploite l'enregistrement d'oscillations électriques dans le but d'établir un modèle de l'oscillateur électrique,
- la partie 2 où l'on utilise le modèle mathématique de l'oscillateur électrique dans le but d'établir le modèle de l'oscillateur mécanique,
- la partie 3 où l'on vérifie l'exactitude du modèle de l'oscillateur mécanique.

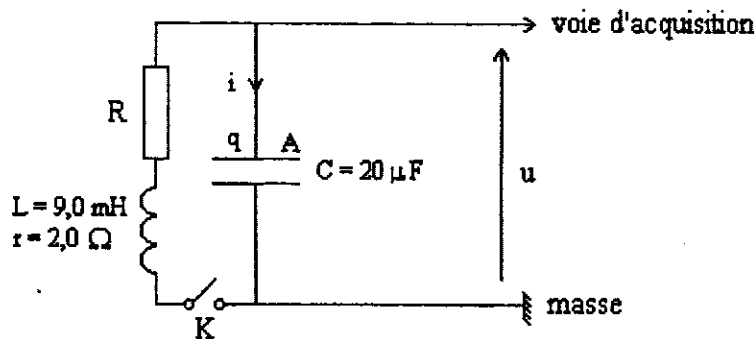
Partie 1 : Oscillations électriques.

On étudie les oscillations libres électriques d'un dipôle constitué :

- d'un conducteur ohmique de résistance R ,
- d'une bobine d'inductance $L = 9,0 \text{ mH}$ et de résistance $r = 2,0 \Omega$,
- d'un condensateur de capacité $C = 20 \mu\text{F}$.

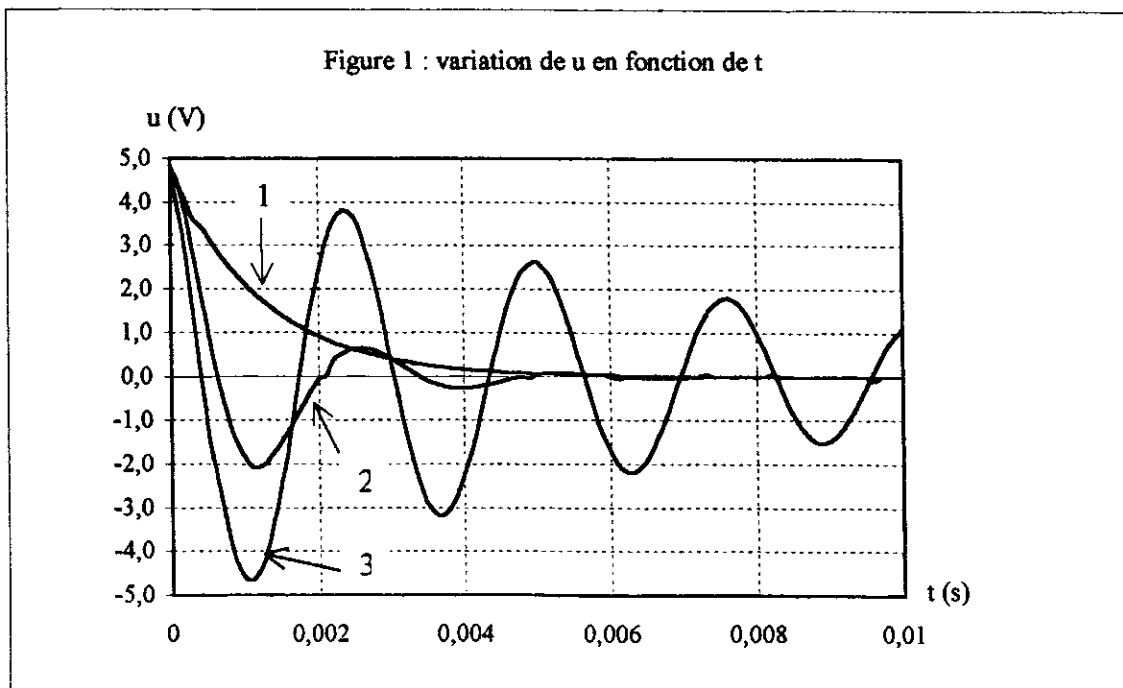
Le montage ci-dessous permet, à l'aide d'un ordinateur, d'enregistrer les variations de la tension u aux bornes du condensateur.

On appelle q la charge de l'armature A du condensateur, et i l'intensité du courant arrivant sur l'armature A.



Le condensateur étant chargé, on ferme l'interrupteur K et l'enregistrement débute.

On effectue trois enregistrements de u pour des valeurs de la résistance totale du circuit $R_t = R + r$ égales à $2,0 \Omega$, $12,0 \Omega$, $70,0 \Omega$ (figure 1).

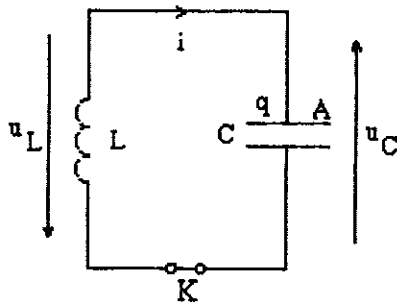


1.1. Attribuer à chaque courbe 1, 2 ou 3, la valeur de la résistance totale du dipôle. Justifier.

1.2. On souhaite modéliser la courbe de variation de u au cours du temps.

On se place dans le cas idéal où la résistance totale est nulle, toutes les autres variables étant inchangées.

Les orientations du courant i dans le circuit, de la tension u_C aux bornes du condensateur et de la tension u_L aux bornes de la bobine sont indiquées sur le schéma suivant :



Établir l'équation différentielle vérifiée par la charge q au cours du temps.

Dans la suite de l'exercice on considère que la solution de l'équation différentielle précédente est du

$$\text{type } q = q_0 \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right).$$

1.3. On souhaite comparer la période théorique et la pseudo-période expérimentale.

La période théorique des oscillations est $T = 2\pi\sqrt{LC}$.

1.3.a. Calculer la période théorique des oscillations du dipôle LC.

1.3.b. Déterminer, à partir de l'enregistrement correspondant au régime le moins amorti, la valeur de la pseudo-période.

1.3.c. Comparer ces valeurs.

Partie 2 : Du modèle électrique au modèle mécanique.

On considère un pendule élastique horizontal constitué :

- d'un ressort à spires non jointives, de constante de raideur k et de masse négligeable,
- d'un mobile autoporteur de masse m .

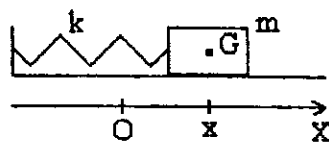
Les frottements sont négligés.

On repère l'abscisse x du centre d'inertie G du système sur un axe (O, X) .

On note v la vitesse du mobile.

À l'équilibre $x = 0$.

À l'instant initial $t = 0$, $x = x_0 > 0$ et $v = v_0 = 0$.



Le but de cette partie est d'établir l'expression de x en fonction du temps, dans le cas des oscillations libres du pendule.

On suppose que cette expression a une forme similaire à celle de la charge $q = q_0 \cos\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$.

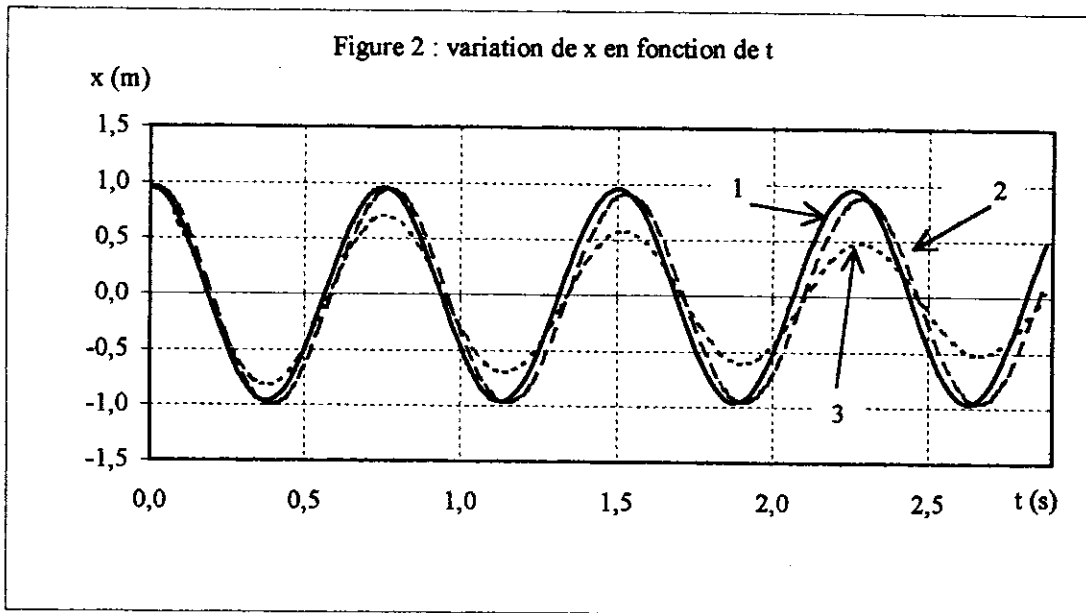
- 2.1. Écrire les expressions des énergies cinétique et potentielle élastique de cet oscillateur mécanique. Préciser celle de ces énergies qui est nulle à l'instant initial.
- 2.2. Écrire les expressions de l'énergie magnétique, stockée dans la bobine, et de l'énergie électrique, stockée dans le condensateur, de l'oscillateur électrique étudié dans la partie 1. Préciser celle de ces énergies qui est nulle à l'instant initial.
- 2.3. En déduire les analogies entre les grandeurs caractéristiques du dipole LC (inductance, capacité, charge) et celles du pendule élastique (abscisse, masse, constante de raideur du ressort).
- 2.4. En déduire l'expression de l'abscisse x du centre d'inertie du pendule abandonné, à l'instant $t = 0$ s, sans vitesse initiale à l'abscisse x_0 .

Partie 3 : Validité du modèle.

On dispose d'un pendule élastique horizontal de masse $m = 200$ g et de constante de raideur $k = 14$ N.m⁻¹, associé à un dispositif d'enregistrement de la variation de l'abscisse x en fonction du temps.

Afin de vérifier l'exactitude du modèle mathématique, on effectue (figure 2) :

- le tracé théorique de la variation de l'abscisse x en fonction du temps en utilisant le modèle établi en 2.4, courbe 1,
- les enregistrements de la variation de l'abscisse x en fonction du temps dans deux situations expérimentales différentes, courbes 2 et 3.



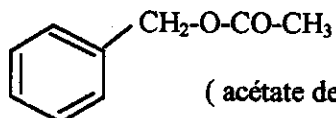
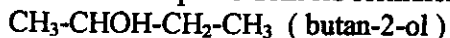
- 3.1. Préciser pour quelle situation le modèle mathématique est satisfaisant. Justifier.
- 3.2. Indiquer un facteur expérimental dont on n'a pas tenu compte et qui pourrait expliquer les différences entre les courbes 2 et 3.

Exercice n°3 (4 points)

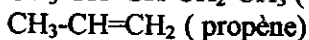
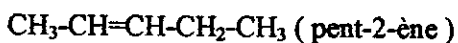
Isoméries - Synthèse des constituants de l'essence de jasmin

1. Première partie : Isoméries

Considérons les composés dont les formules semi-développées sont les suivantes :



(acétate de benzyle) ou (éthanoate de benzyle)



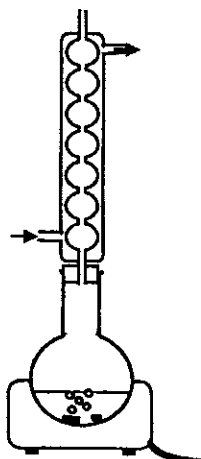
1.1. L'une des molécules ci-dessus est chirale. L'identifier en précisant la cause de sa chiralité, puis donner une représentation spatiale de chacun des isomères.

1.2. L'une des molécules présente l'isomérie (Z-E). L'identifier et représenter les isomères Z et E.

1.3. Écrire la formule semi-développée d'un isomère de position du composé butan-2-ol.

2. Deuxième partie : Synthèse de l'acétate de benzyle

On souhaite synthétiser l'acétate de benzyle (voir formule ci-dessus) qui est un arôme à l'odeur de poire présent dans l'huile essentielle de jasmin. Pour cela, on introduit dans le ballon du montage schématisé ci-dessous, 10 g d'acide acétique (acide éthanoïque) avec de l'alcool benzylique liquide en présence d'acide sulfurique. On ajoute également quelques grains de pierre ponce et on chauffe pendant 30 minutes.



Montage utilisé pour synthétiser l'acétate de benzyle

Données :

	Acide acétique	Alcool benzylique	Acétate de benzyle
Masse volumique ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	1,05	1,04	1,06
Masse molaire ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)	60	108	150

2.1. Quel est l'intérêt d'utiliser un montage de chauffage à reflux?

2.2. Quel est le nom de la réaction utilisée ? Quelles sont ses caractéristiques ?

2.3. Écrire l'équation-bilan de cette réaction de synthèse en donnant les formules semi-développées des réactifs et des produits.

2.4. Déterminer la masse et le volume d'alcool benzylique qu'il faut utiliser pour que le mélange initial soit équimolaire.

2.5. Après purification, on obtient 15,8 cm³ d'acétate de benzyle. On rappelle que le rendement d'une réaction est le quotient de la masse de produit obtenu par la masse de produit que l'on obtiendrait si la réaction était totale : quel est le rendement de cette synthèse ?

2.6. La valeur du rendement maximal de ce type de réaction varie-t-elle : (Justifiez vos réponses)

- en prolongeant la durée du chauffage ?
- en doublant la quantité d'acide sulfurique utilisée ?
- en remplaçant l'acide acétique par la même quantité d'anhydride acétique ?

Exercice n°4 (5 points)

« Pesée du monde »

On admet que :

- la Terre et la Lune ont chacune une répartition de masse à symétrie sphérique ;
- la Lune se déplace sur une orbite circulaire autour de la Terre .

On assimile le champ de gravitation terrestre au champ de pesanteur.

On appelle r la distance entre les centres des deux astres.

1. Faire le schéma de l'orbite de la Lune dans le référentiel géocentrique et représenter la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune.

2. La valeur du champ de gravitation terrestre est donnée par la relation : $g = G \frac{M}{r^2}$.

2.1. Préciser ce que représente chaque lettre figurant dans cette relation.

2.2. Établir l'expression de g en fonction de g_0 (valeur du champ de gravitation au niveau du sol), de R (rayon terrestre) et de r .

3. Mouvement de la Lune.

3.1. Appliquer le théorème du centre d'inertie (ou 2^e loi de Newton) à la Lune dans le référentiel géocentrique supposé galiléen. Exprimer le vecteur accélération du centre d'inertie de la Lune.

3.2. Soit v la vitesse de la Lune sur son orbite.

3.2.a. Donner les caractéristiques du vecteur accélération du centre de la Lune en mouvement circulaire uniforme.

3.2.b. Montrer que l'expression de g_0 est donnée par $g_0 = \frac{v^2 r}{R^2}$.

4. Depuis l'antiquité on sait que $r = 60 R$ et que la période de révolution de la Lune est $T = 27$ jours 7 heures et 43 minutes. En 1670, Jean Picard, par une méthode de triangulation, trouve une valeur de R de 6370 km. En 1686, Isaac Newton utilise ces données pour déterminer la valeur de g_0 .

Exprimer v en fonction de T et de r ; retrouver la valeur de g_0 déterminée par Newton.

5. En 1798, Henry Cavendish mesure G à l'aide d'une balance de torsion.

Il obtient $G = 6,670 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$; g_0 étant connu, on peut alors déterminer la masse de la Terre.

Calculer la masse de la Terre avec les données suivantes :

- $g_0 = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$;
- $R = 6370 \text{ km}$.

6. En l'an 2000, deux physiciens de l'Université de Washington, améliorent le dispositif de Cavendish ; ils obtiennent une valeur de G comprise entre $6,6741 \cdot 10^{-11}$ et $6,6744 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$.

Pour les physiciens d'aujourd'hui, la Terre est-elle plus légère ou plus lourde que pour Cavendish ?