

**EXAMEN DE MATURITA
DES SECTIONS BILINGUES
FRANCO-TCHEQUES ET FRANCO-SLOVAQUES**

**Année scolaire 2006 – 2007
Session de mai 2007**

EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée 3h

Le sujet est constitué de cinq exercices indépendants de même importance. Les candidats peuvent donc les résoudre dans l'ordre qui leur convient, en rappelant le numéro de l'exercice et des questions qui s'y rapportent.

Si au cours de l'épreuve un candidat repère ce qui lui semble une erreur d'énoncé, il le signale dans sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre pour cela.

Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation.

L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

Plan du sujet :

- | | |
|---|--|
| 1. Questions de cours..... | Physique nucléaire |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Etude d'un ressort |
| 3. Problème..... | Niveaux d'énergie de l'atome de lithium |
| 4. Etude de document..... | Le nombre de Reynolds et le paradoxe de D'Alembert |
| 5. Questionnaire à choix multiple..... | Champ magnétique et induction |

Questions de cours Physique nucléaire

- 1- Un noyau est symboliquement représenté par ${}^A_Z X$, définir les lettres X, A et Z.
- 2- Définir des isotopes.
- 3- Donner les lois de conservation lors de transformations ou réactions nucléaires.
- 4- Ecrire les équations bilan des transformations radioactives d'un noyau ${}^A_Z X$, pour les radioactivités α , β^+ , β^- et γ . Dans chaque cas, nommer les particules obtenues.
- 5- Donner la loi de décroissance radioactive. Définir chacun des termes de cette loi.
A partir de cette loi, démontrer l'expression de la demi-vie en fonction de la constante radioactive.
- 6- Donner la relation d'Einstein qui permette de calculer l'énergie de liaison. Définir chaque terme de cette expression.
- 7- Définir les réactions de fission et de fusion nucléaire.
- 8- Représenter sur un schéma l'allure de la courbe d'Aston en y marquant les domaines de fissions et de fusions nucléaires.
- 9- Calculer le défaut de masse d'un noyau d'azote ${}^{14}_7 N$.
En déduire l'énergie de liaison par nucléon de l'azote ${}^{14}_7 N$. Conclure quand à la stabilité de l'azote.

Données : $m({}^{14}_7 N) = 14,0031 \text{ u}$; $m(\text{neutron}) = 1,0087 \text{ u}$; $m(\text{proton}) = 1,0073 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$;
 $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Exercice à caractère expérimental

Etude d'un ressort

On étudie ici par deux méthodes différentes, statique et dynamique, la raideur d'un ressort. La constante de raideur est notée k dans toute la suite de l'exercice. Le ressort est à spires non jointives et est utilisé dans son domaine d'élasticité. Les deux parties sont indépendantes.

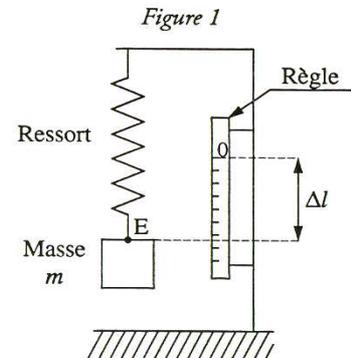
Donnée : $g = 9,8 \text{ N/kg}$.

I- Etude statique

Le ressort étudié est accroché à une potence. A l'extrémité libre appelée E, on suspend successivement des masses de différentes valeurs (figure 1). Le zéro de la règle correspond à la position de E à vide. Pour chaque masse m , on mesure l'allongement Δl du ressort.

On obtient le tableau ci-dessous :

$m \text{ (kg)}$	0	0,20	0,40	0,50	0,70	1,00
$\Delta l \text{ (cm)}$	0	5,1	10,1	12,5	17,3	24,9



- 1- Sur un schéma, représenter, en tenant compte de leurs points d'application, les forces s'exerçant sur la masse m . Exprimer leur somme à l'équilibre.
- 2- En déduire l'expression littérale de la constante de raideur k .
- 3- Exprimer l'unité de k en fonction des unités du système international.
- 4- Calculer k pour chacune de ces mesures. En déduire une valeur moyenne de k .
- 5- Calculer l'erreur absolue avec la valeur moyenne de k . En déduire l'erreur relative sur la valeur moyenne de k .

II- Etude dynamique

Dans cette partie, le ressort précédent est utilisé pour réaliser un oscillateur élastique verticale. A un instant choisi comme origine des temps, la masse est écartée de sa position d'équilibre, et lâchée sans vitesse initiale. Le système oscille. On effectue une série de mesures. Pour chaque masse m , on mesure les durées θ de 20 périodes.

On obtient le tableau ci-dessous :

$m \text{ (kg)}$	0,20	0,40	0,50	0,70	1,00
$\theta \text{ (s)}$	8,9	12,8	14,0	16,8	20,0
$T^2 \text{ (s}^2\text{)}$					

- 1- Pourquoi mesure-t-on la durée de 20 oscillations plutôt que d'une seule?
 - 2- Compléter la dernière ligne du tableau en y consignnant la valeur du carré de la période du mouvement.
 - 3- Tracer sur le papier millimétré le graphique de T^2 en fonction de m . En déduire le coefficient directeur de la droite obtenue.
 - 4- En déduire la valeur numérique de la constante de raideur k . Comparer la valeur de k avec celle obtenue dans la première partie.
 - 5- A quel moment de son évolution la masse possède-t-elle la plus grande vitesse? Et la plus petite?
- On suppose que les oscillations ne sont pas amorties.
- 6- Ecrire l'expression de l'énergie mécanique totale du système.
 - 7- Décrire ce qui se passe d'un point de vue énergétique pendant les oscillations. Vous distinguerez deux phases du mouvement.

Problème

Niveaux d'énergie de l'atome de lithium

Le diagramme ci-dessous représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de lithium

1-a) Comment appelle-t-on le niveau d'énergie le plus bas sur le diagramme ? Quelle est la particularité de ce niveau d'énergie ?

b) Quels sont les autres états possibles de l'atome ? A quels niveaux correspondent ils ?

2- Lors de la transition du niveau E_2 au niveau E_1 , l'atome de lithium perd un quantum d'énergie.

a) Comment se manifeste cette perte d'énergie ?

b) Déterminer les caractéristiques (masse, vitesse, énergie) de la particule émise.

c) A quel domaine d'onde électromagnétique appartient le rayonnement émis ?

3- L'atome de lithium étant dans l'état E_1 , il reçoit 3 photons a, b et c de longueur d'onde respectives :

$\lambda_a = 528 \text{ nm}$, $\lambda_b = 323 \text{ nm}$ et $\lambda_c = 205 \text{ nm}$

a) Calculer, en joule et en électron-volt, l'énergie associée à chacun de ces photons.

b) Lesquels de ces trois photons peuvent être absorbés par l'atome de lithium ? Justifier.

Préciser dans chaque cas, l'état dans lequel se trouvera alors l'atome de lithium.

c) Si le photon n'est pas absorbé, que devient il ?

d) Si l'électron est arraché à l'atome de lithium, calculer alors la vitesse de l'électron.

4- Un atome de lithium, toujours dans l'état E_1 , est heurté par un électron d'énergie cinétique $E_c = 5,00 \text{ eV}$. L'atome passe du niveau E_1 au niveau E_5 .

Calculer la vitesse de l'électron après la collision.

5- La probabilité de trouver un atome au niveau d'énergie E_n est proportionnelle à la quantité :

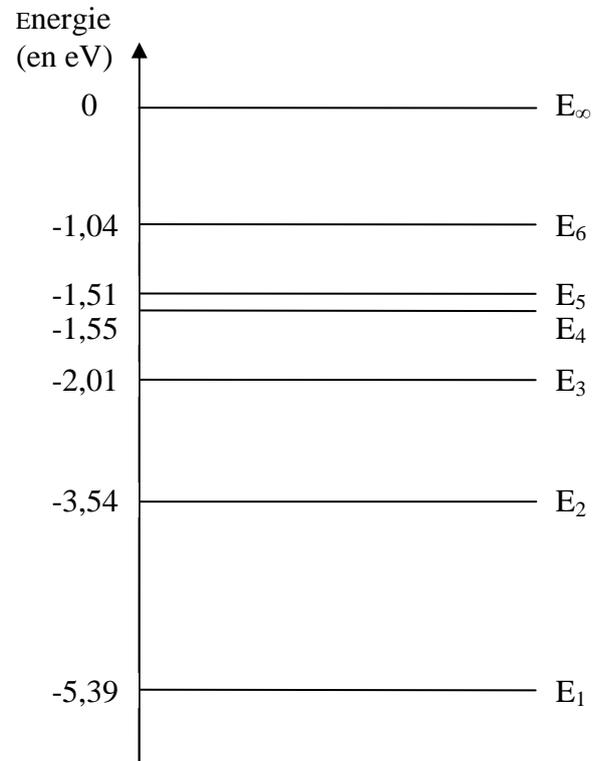
$\exp\left(\frac{-E_n}{kT}\right)$ Où la constante $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ et T est la température en Kelvin.

a) Déterminer, aux températures de 290 K et de 10000 K la valeur du rapport $\frac{N_2}{N_1}$; N_2 et N_1 étant le

nombre d'atomes de lithium d'un échantillon dont les énergies sont respectivement aux niveaux d'énergie E_2 et E_1 . Comparer ces deux valeurs.

b) Conclure quand à la capacité d'un corps à émettre des photons.

Données : Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34}$ unités SI ; charge élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; masse de l'électron : $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$.



Etude de document

Turbulences : le nombre de Reynolds et le paradoxe de D'Alembert

Le nombre de Reynolds, du nom d'un grand scientifique anglais, est le rapport UL/v , où U est une valeur typique de la vitesse de l'écoulement, L une longueur caractéristique et v la viscosité cinématique du fluide. A bas nombre de Reynolds, on a ce que l'on appelle un écoulement laminaire, tel par exemple l'écoulement autour d'une sphère en translation uniforme dans un fluide au repos à l'infini. Lorsqu'on augmente ce nombre de Reynolds, l'écoulement devient dépendant du temps, pour atteindre un état de turbulence développée aux très grandes valeurs. Autour d'une voiture rapide ce nombre de Reynolds vaudra typiquement 10^4 - 10^5 , et bien davantage autour d'un avion de ligne.

REYNOLDS avait montré que deux écoulements de même nombre de Reynolds et dans lesquels les géométries sont homothétiques sont en fait les mêmes à des transformations d'échelle près. Cette grande et simple idée est celle qui permet de faire des essais en soufflerie avec des modèles réduits : diminuant la taille, on a le même nombre de Reynolds en accélérant l'écoulement dans un facteur inverse de la réduction des longueurs, si le fluide a la même viscosité. [...]

Une tentation à laquelle il ne faut pas céder serait de simplement annuler la viscosité si le nombre de Reynolds est grand. On retrouve alors un des grands paradoxes de l'histoire des sciences, le paradoxe de d'Alembert. Dans une limite qui peut s'interpréter comme celle d'une viscosité nulle les *Principia* de NEWTON (1686) montrent qu'un objet se déplaçant dans un fluide est soumis à une résistance proportionnelle au carré de sa vitesse, une loi qui se vérifie avec une bonne précision. Cette loi fait apparaître le fameux C_x , qu'on essaie d'abaisser en profilant les voitures. La traînée est proportionnelle au produit de la surface frontale par la densité massique du fluide et par le carré de la vitesse relative par rapport au fluide. Le coefficient de proportionnalité, un nombre sans dimension, est le C_x (x parce que c'est la force selon l'axe des x, direction du déplacement).

Cette loi de Newton explique bien pourquoi une voiture consomme bien davantage lorsqu'on passe d'une vitesse moyenne de 90 km/h à 130 km/h : la traînée augmente comme le carré de la vitesse, de même que l'énergie dépensée pour un parcours donnée ! Or d'ALEMBERT montre que la solution des équations des fluides parfaits (des équations d'Euler) donne un C_x exactement nul. Un résultat qui semble en contradiction à la fois avec l'expérience et avec NEWTON, ce qui est beaucoup ! Le lien entre ce paradoxe de d'Alembert et la réalité physique reste une question mal comprise.

(extrait de POMEAU Y., Chaos et turbulence, *Le Bup*, juin 2005, n° 875)

Remarque concernant le texte: Un fluide peut être un liquide ou un gaz.

Remarque : 6 points seront attribués à la qualité de l'expression, de la syntaxe et de l'orthographe.

Questions :

- 1- Citer quatre scientifiques qui ont étudié l'écoulement des fluides.
- 2- De quels paramètres, la traînée F d'un milieu fluide dépend-elle ? Exprimer F par une formule.
- 3- Parmi les paramètres cités, quels sont ceux qui peuvent être modifiés par la forme de l'objet en mouvement ?
- 4- Combien de fois, la traînée augmente-t-elle lorsque la voiture passe d'une vitesse moyenne de 90 km/h à 130 km/h ? Justifier.
Expliquer pourquoi ce résultat permet d'expliquer pourquoi une voiture consomme bien d'avantage à 130 km/h qu'à 90 km/h.
- 5- Déterminer la dimension (l'unité) du nombre de Reynolds en sachant que la viscosité cinématique s'exprime en m^2/s .
- 6- Comment appelle-t-on un écoulement qui ne dépend pas du temps ? Comment peut-on qualifier un écoulement qui dépend du temps ? Donnez deux exemples où l'on a ce second type d'écoulement.
- 7- On construit une maquette de voiture à l'échelle 1 : 6. Comment faut-il régler la vitesse de la soufflerie pour obtenir un écoulement équivalent à celui de la vitesse réelle de 60 km/h ? Justifiez la réponse.
- 8- En quoi le paradoxe de d'Alembert consiste-t-il ? A-t-on résolu ce paradoxe ?

4- Quelle opération ne permet pas d'obtenir un courant induit dans une bobine insérée dans un circuit fermé ?

- a) agiter un aimant a proximité de la bobine,
- b) soumettre la bobine à une tension continue,
- c) soumettre la bobine à une tension alternative,
- d) mettre une autre bobine parcourue par un courant alternatif à proximité,
- e) mettre un condensateur chargé à ses bornes.

5- Lors du phénomène d'auto-induction,

- a) la tension auto-induite est toujours dans le même sens que le courant qui lui a donné naissance,
- b) la tension auto-induite est toujours dans le sens contraire au courant qui lui a donné naissance,
- c) la tension auto-induite et le courant qui lui a donné naissance peuvent être de même sens ou de sens contraire,
- d) la tension auto-induite n'existe que lorsque le courant qui lui a donné naissance est constant,
- e) la tension auto-induite n'existe que lorsque le courant qui lui a donné naissance est nul.

6- L'inductance d'une bobine ne dépend pas de :

- a) sa section (ou surface S),
- b) son nombre de spires
- c) sa longueur,
- d) de sa résistance interne,
- e) aucune réponse n'est valable.

7- L'intensité circulant dans une bobine ne peut être :

- a) continue,
- b) discontinue,
- c) constante,
- d) nulle,
- e) triangulaire.

8- Un générateur délivre à une bobine d'inductance $L = 0,01 \text{ H}$ une intensité triangulaire de valeurs maximales -50 et $+50 \text{ mA}$ et de fréquence $f = 500 \text{ Hz}$. La force électro-motrice d'auto-induction vaut :

- a) $+0,25\text{V}$ ou $-0,25\text{V}$,
- b) $+0,5$ ou $-0,5\text{V}$,
- c) $+1$ ou -1V ,
- d) $+2$ ou -2V ,
- e) $+4$ ou -4V .

9- L'énergie emmagasinée par une bobine d'inductance $L = 30 \text{ mH}$ est de 30 mJ . L'intensité du courant qui circule est :

- a) $0,7\text{A}$,
- b) 1 A ,
- c) $1,4 \text{ A}$,
- d) 2 A ,
- e) dépendante de la résistance interne.

10- Un alternateur a pour but de :

- a) de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique,
- b) de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique,
- c) de transformer l'énergie magnétique en énergie électrique,
- d) de transformer l'énergie électrique en énergie magnétique,
- e) de changer la tension.

11- Un transformateur a pour but de :

- a) de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique,
- b) de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique,
- c) de transformer l'énergie magnétique en énergie électrique,
- d) de transformer l'énergie électrique en énergie magnétique,
- e) de changer la tension.

12- La constante de temps d'un dipôle R, L constitué d'une bobine d'inductance 50 mH et de résistance interne 10 Ω et d'un conducteur ohmique de résistance 20 Ω , vaut :

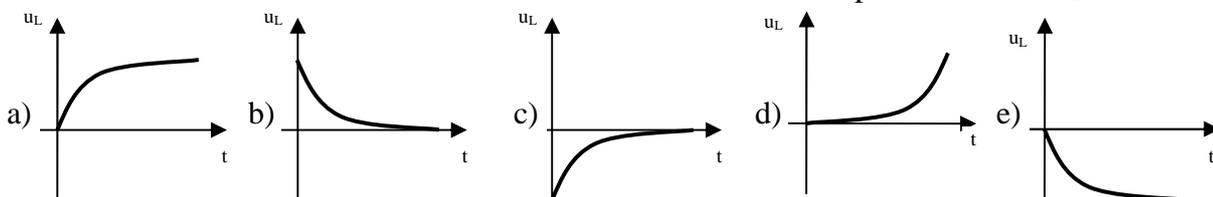
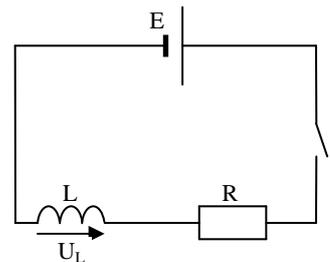
- a) 1,7 ms,
- b) 17 s,
- c) 2,5 ms,
- d) 25s,
- e) 60 ms.

13- Dans un dipôle R, L soumis à une tension sinusoïdale,

- a) la tension et l'intensité sont en phase,
- b) la tension et l'intensité sont en opposition de phase,
- c) la tension et l'intensité sont proportionnelles,
- d) la tension et l'intensité sont déphasées,
- e) la tension et l'intensité n'ont pas la même période.

14- Soit le montage représenté ci-contre, constitué d'un générateur de f.e.m. E et de résistance interne nulle, d'un interrupteur, d'un conducteur ohmique de résistance R, et d'une bobine d'inductance L et de résistance interne nulle. A $t=0$, on ferme l'interrupteur.

La courbe de la tension aux bornes de la bobine en fonction du temps est :



15- L'équation différentielle du circuit représenté à la question 14 s'écrit :

- a) $E= Ri+L\frac{di}{dt}$,
- b) $E= Ri+L\frac{dq}{dt}$,
- c) $E=\frac{L}{R}q+\frac{d^2q}{dt^2}$,
- d) $E=\frac{L}{R}i+\frac{d^2i}{dt^2}$,
- e) $E= Ri-L\frac{dq}{dt}$.

Questionnaire à choix multiples
Champ magnétique et induction

1.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
2.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
3.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
4.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
5.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
6.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15.	a b c d e <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>