

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

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE**

Année scolaire 2007/08  
Session de mai 2008

**EPREUVE DE PHYSIQUE**  
**Durée : 3 heures**

---

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..... | Condensateur associé à un conducteur ohmique ou à une bobine  |
| 3. Problème.....                          | La chandelle au rugby   |
| 4. Etude de document.....                 | Des physiciens ont suivi la vie et la mort d'un photon captif |
| 5. Questionnaire à choix multiple.....    | Les ondes   |

**Questions de cours**  
**Physique nucléaire**

- 1- Quelles particules constituent le noyau atomique?
- 2- On caractérise un noyau de la façon suivante :  ${}^A_Z X$ . Expliquer la signification des lettres X, A et Z.
- 3- Définir le terme «isotope» et donner un exemple.
- 4- Quelles sont les lois de conservation respectées au cours d'une transformation nucléaire?
- 5- Quelle transformation nucléaire permet d'obtenir  ${}^{14}_7 N$  à partir de  ${}^{14}_6 C$  ? Ecrire l'équation de cette transformation.
- 6- Définir le terme « demi-vie d'un noyau ».
- 7- Comment peut-on se protéger contre le rayonnement  $\alpha$  ?
- 8- Donner le nom et la formule de la relation qui définit l'équivalence entre masse et énergie.
- 9- Comment varie la masse d'un échantillon effectuant une transformation nucléaire exothermique ? Expliquer brièvement.
- 10- Comment se nomme la principale réaction effectuée dans le Soleil ? Est-elle aujourd'hui utilisée de façon commerciale ?
- 11- Décrire brièvement ce qu'est une réaction en chaîne.

## Exercice à caractère expérimental

### Condensateur associé à un conducteur ohmique ou à une bobine

Les parties A et B sont indépendantes.

#### A- Etude de l'association du condensateur avec un conducteur ohmique

1- Un générateur idéal de tension constante  $E$  alimente un condensateur de capacité  $C$  en série avec un conducteur ohmique de résistance  $R = 50 \Omega$ .

Le condensateur étant initialement déchargé, on souhaite visualiser, à l'aide d'un oscilloscope à mémoire, la tension aux bornes du générateur sur la voie A et la tension aux bornes du condensateur sur la voie B, lors de la fermeture du circuit.

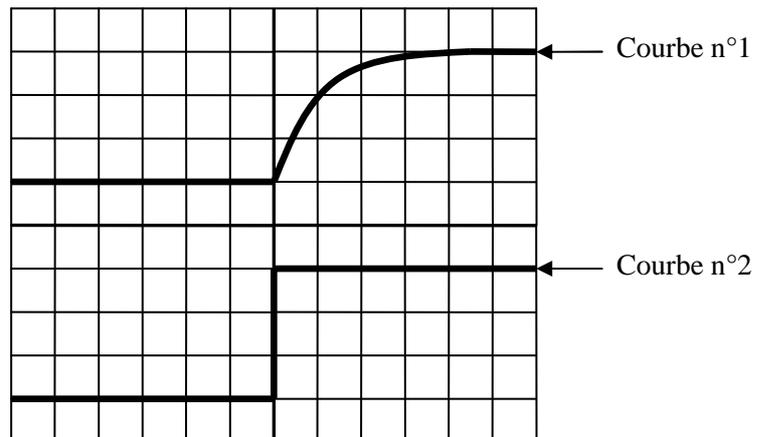
Tracer le schéma du circuit et les branchements de l'oscilloscope.

2- L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la figure ci-contre :

Les réglages de l'oscilloscope sont les suivants :

- sensibilité verticale :  $2 \text{ V/div}$
- base de temps :  $0,5 \text{ ms/div}$

Les deux courbes ont été décalées pour mieux les visualiser.



- a) A quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune des deux courbes ? Justifier.
- b) Interpréter le phénomène observé.
- c) Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de la tension  $E$  délivrée par le générateur.
- d) Donner l'expression de la constante de temps  $\tau$  du dipôle RC. Démontrer, par analyse dimensionnelle, que  $\tau$  a la dimension d'un temps.
- e) Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de  $\tau$  en expliquant la méthode utilisée. En déduire la capacité de condensateur.

#### B- Etude de l'association du condensateur avec une bobine

On réalise maintenant le montage d'un condensateur et d'une bobine. Le condensateur de capacité  $C = 10 \mu\text{F}$  est initialement chargé sous une tension  $U = 6 \text{ V}$ . La bobine d'inductance  $L$  a une résistance négligeable, ainsi on considère que la résistance totale du circuit est négligeable.

- 1-a) Schématiser le circuit réalisé avec le condensateur et la bobine.
- b) Quel phénomène observe-t-on lorsque le circuit est fermé ?
- c) La charge du condensateur s'annule toutes les  $2 \text{ ms}$ . En déduire la fréquence du phénomène et la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

- 2-a) Donner les expressions des énergies emmagasinées par le condensateur et par la bobine. Que peut-on dire de la somme de ces énergies ? Justifier.
- b) Combien valent ces énergies à  $t = 0$  ? Justifier.
- c) Combien valent ces énergies après un quart de période ?
- d) Tracer sur le papier millimétré l'énergie électrique emmagasinée par le condensateur et l'énergie magnétique de la bobine en fonction du temps pendant deux périodes.
- e) En réalité, la résistance totale du circuit est faible, mais pas négligeable. Quelle conséquence cela a-t-il d'un point de vue énergétique. Comment appelle-t-on alors ce type de régime ?

## Problème

### La chandelle au rugby

*La chandelle est une technique qui consiste, pour un joueur de rugby, à botter un ballon très haut et en avant. Le joueur peut ainsi avancer, sans être bloqué par les joueurs adverses, et récupérer le ballon quelques mètres plus loin.*

*Cet exercice ne nécessite aucune connaissance rugbystique préalable.*

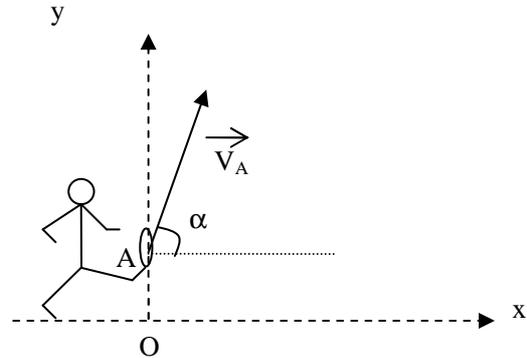
Un joueur de rugby placé en un point O, botte le ballon placé en un point A avec une vitesse de valeur  $v_A = 18 \text{ m.s}^{-1}$ , faisant un angle  $\alpha = 70^\circ$  avec l'horizontale, comme le montre le dessin ci-contre.

Dans le repère  $x\hat{O}y$ , le point A a pour coordonnées :

$x_A = 0 \text{ m}$  et  $y_A = 0,8 \text{ m}$ .

Le ballon de rugby est un solide de masse  $m = 800 \text{ g}$ , assimilé à un point matériel. Le champ de pesanteur  $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$ .

Toutes les forces de frottements seront négligées.



- 1- Faire un bilan des forces appliquées au ballon de rugby après le tir du joueur. Conclure.
- 2- Déterminer les caractéristiques de l'accélération du ballon.
- 3- Déterminer, dans le repère  $x\hat{O}y$ , les équations horaires du mouvement du ballon.
- 4- En déduire l'équation de la trajectoire du ballon. Conclure quand au mouvement du ballon.
- 5- Déterminer la hauteur maximale  $h$  à laquelle va arriver le ballon.

*Le joueur qui a botté, a le droit de récupérer le ballon lorsque celui-ci redescend.*

6- Le joueur, en sautant, est capable d'attraper le ballon, à une hauteur  $h = 2,2 \text{ m}$  du sol.

Déterminer à quelle date il lui est possible d'attraper le ballon.

7- En considérant qu'elle est constante, déterminer la vitesse à laquelle le joueur doit courir pour rattraper le ballon.

## Etude de document

### Des physiciens ont suivi en direct la vie et la mort d'un photon captif

(...) [Un] dispositif permet, pour la première fois, d'étudier un photon sans que cela revienne à autopsier un cadavre. Messenger de la lumière jusqu'au sacrifice, le corpuscule disparaît en effet en livrant son information. Nos yeux, comme les détecteurs des scientifiques, l'absorbent irréversiblement en l'enregistrant. Nous ne voyons un objet dans la durée que parce que des photons toujours nouveaux portent son image vers notre oeil.

A la différence des particules élémentaires de la matière, ces grains de lumière ne peuvent donc supporter la répétition des mesures scientifiques, la première d'entre elles les détruisant. *"Ils sont faciles à détecter, mais nous ne pouvons que les décrire au passé,* explique Jean-Michel Raimond, coauteur de l'article dont les premiers signataires sont Sébastien Gleyzes et Stéphane Kuhr. *C'est ce qui fait tout l'intérêt de notre expérience, qui permet une analyse in vivo."* *"Nous réfléchissions à ce dispositif de mesures non destructrices depuis plus de quinze ans,* dit Serge Haroche, qui cosigne également l'étude. *Nous n'avons réussi qu'aujourd'hui, grâce à une conjonction d'avancées techniques."*

La supraconductivité, qui se manifeste à des températures très proches du zéro absolu (- 273,15 °C) a permis aux chercheurs d'accomplir le premier pas. Grâce à ce phénomène, ils ont pu réaliser une boîte, une "cavité" formée de deux miroirs en niobium, ultra-réfléchissants et refroidis à quelques dixièmes de degrés du zéro absolu. *"Si la température pouvait y être nulle, il ne se passerait plus rien dans la boîte,* explique Michel Brune, coauteur. *Mais ce froid presque parfait n'a pas éliminé un rayonnement thermique résiduel qui subit des fluctuations."* Selon les calculs précis de la physique quantique, ces fluctuations ont 5 % de chances de conduire, à chaque instant, à la formation d'un photon unique.

Apparu dans la boîte grâce à ce "saut quantique", ce corpuscule, qui correspond à une quantité minimale d'énergie (un quantum, selon le terme qui a donné son nom à la théorie), s'y retrouve piégé. A la vitesse de la lumière, il rebondit plus d'un milliard de fois entre les deux miroirs, pendant une durée de vie moyenne de 0,13 seconde, qui lui permet de parcourir l'équivalent de la circonférence de la Terre (40 000 km). Puis il disparaît dans un nouveau saut quantique, la plupart du temps absorbé par les imperfections des miroirs.

Comment vérifier, de l'extérieur, que ce qui se passe dans la boîte correspond bien aux prédictions théoriques ? Pour y parvenir, les physiciens ont eu recours aux vertus du rubidium. La régularité du battement des électrons, au sein des atomes de ce métal, les pose en élément central des horloges atomiques. Les chercheurs leur ont trouvé une autre qualité : ils peuvent croiser un photon sans l'absorber. La seule modification pour les électrons du rubidium sera un infime retard dans leur battement de métronomes.

Dès lors, l'idée a été de faire traverser le piège glacial par un flux d'atomes de rubidium, à la queue leu leu. *"Nous les mesurons à l'entrée et à la sortie,* explique M. Brune. *Tant qu'un photon n'est pas apparu, ils restent en état 0. Dès qu'il est là, ils passent en état 1, jusqu'au retour à la normale qui signale la disparition du photon."* L'expérience a ainsi pu confirmer, en temps réel, les hasards des sauts quantiques qui conduisent à la naissance puis à la mort d'un photon unique. Celui-ci a pu être mesuré des centaines de fois sans destruction. Conformément aux prévisions, certains captifs ont dépassé leur espérance de vie moyenne. L'un d'eux, baptisé Mathusalem au sein de l'équipe, a même tenu une demi-seconde.(...)

**Jérôme Fenoglio**

**Extrait d'un article paru dans le Monde du 16 mars 2007**

#### **Questions :**

- 1- Pourquoi est-il très difficile d'« observer » durablement un photon ?
- 2- Quel dispositif permet d'emprisonner un photon ? Dans quelles conditions ?
- 3- Recalculer à l'aide des données du texte la vitesse de la lumière.
- 4- Quelle est la principale qualité du rubidium ?
- 5- Quel impact a un photon sur le rubidium ? Pourquoi a-t-on utilisé le rubidium comme moyen de détection ?
- 6- Pourrait-on réaliser cette expérience au zéro absolu ? Expliquer.
- 7- Qu'est ce qui peut donner naissance à un photon ? Les photons ont-ils tous la même durée de vie ? Qu'est ce qui peut mettre fin à la vie d'un photon ?



7- Pour qu'une onde soit périodique, il faut :

- a) un milieu dispersif,
- b) un milieu élastique,
- c) une source qui a un mouvement périodique,
- d) utiliser un stroboscope.

8- L'onde diffractée n'a pas :

- a) la même longueur d'onde que l'onde incidente,
- b) la même fréquence que l'onde incidente,
- c) la même célérité que l'onde incidente,
- d) la même direction de propagation que l'onde incidente.

9- La diffraction sur une fente de largeur donnée est d'autant plus marquée que :

- a) la célérité de l'onde est grande,
- b) la longueur d'onde est grande,
- c) la célérité de l'onde est petite,
- d) la longueur d'onde est petite.

10- Lors du phénomène de dispersion,

- a) la période de l'onde est modifiée,
- b) la vitesse de l'onde n'est pas modifiée,
- c) la fréquence de l'onde n'est pas modifiée,
- d) la longueur d'onde n'est pas modifiée.

11- On obtient des interférences constructives en un point A si :

- a) les deux ondes arrivent en A en opposition de phase,
- b) la différence de marche est un multiple impair de la demi-longueur d'onde,
- c) le point A est à égale distance des deux sources secondaires,
- d) les deux ondes ont des fréquences différentes.

12- Les ondes sonores sont des ondes :

- a) mécaniques progressives,
- b) mécaniques transversales,
- c) électromagnétiques,
- d) hertziennes.

13- Laquelle de ces radiations monochromatiques appartient au domaine de l'ultraviolet.

- a) 550 nm,
- b) 310 nm,
- c) 0,9  $\mu\text{m}$ ,
- d) 830 nm.

14- La fréquence d'une onde électromagnétique de longueur  $\lambda = 120 \text{ nm}$ , évoluant dans le vide, vaut :

- a)  $4,0 \cdot 10^{-16} \text{ Hz}$ ,
- b) 36 Hz,
- c)  $2,5 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ ,
- d)  $2,5 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ .

15- Une onde électromagnétique évolue à  $2,0 \cdot 10^5 \text{ km/s}$  dans un milieu d'indice :

- a)  $n = 0,67$ ,
- b)  $n = 1$ ,
- c)  $n = 1,5$ ,
- d)  $n = 6$ .

**Questionnaire à choix multiples****Les ondes**

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