

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

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE**

Année scolaire 2008/09  
Session de mars 2009

**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.....                | Champs et interactions dans l'univers            |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Détermination de la célérité d'un son dans l'air |
| 3. Problème.....                          | Spectrographe de masse                           |
| 4. Etude de document.....                 | Le laser   |
| 5. Questionnaire à choix multiple.....    | Oscillations mécaniques                          |

## Question de cours

### Champs et interactions dans l'univers

#### 1- Champs et interactions gravitationnels

1-a) Enoncer la loi de gravitation universelle.

1-b) Donner les expressions vectorielles des deux forces d'interaction gravitationnelle entre deux corps A et B de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , placés à une distance  $r$  l'un de l'autre. Définir un vecteur unitaire.

1-c) Qu'est ce qu'un corps à répartition de masse sphérique ? Quelle est la conséquence pour le champ gravitationnel d'un tel corps ?

1-d) Montrer que le champ de gravitation terrestre à une altitude  $z$ , peut s'écrire :

$$g_{(z)} = \frac{g_0 \times R_T^2}{(R_T + z)^2}$$

Avec  $g_0$  le champ de pesanteur à la surface de la Terre et  $R_T$  le rayon terrestre.

#### 2- Champs et interactions électriques

2-a) Enoncer la loi de Coulomb.

2-b) Donner les expressions vectorielles des forces d'interaction électrique entre deux corps A et B de charges respectives  $q_A$  et  $q_B$ , placés à une distance  $r$  l'un de l'autre. Définir un vecteur unitaire et distinguer deux cas.

2-c) Définir la notion de champ centrifuge et de champ centripète. Quel type de charge peut créer chacun de ces champs ?

2-d) Soit une boule ponctuelle A de charge  $q_A = - 1,0 \mu\text{C}$ . On place cette boule à 10 cm d'une boule B de charge  $q_B = + 400 \text{ nC}$ .

Faire un schéma à l'échelle et représenter les forces d'interaction électriques appliquées aux boules A et B. On prendra 1 cm pour 0,1 N.

#### 3- Similitudes et zones d'influence

3-a) En vous appuyant sur les questions 1-a) 1-b) 2-a) et 2-b), donner une analogie et une différence entre les forces d'interactions gravitationnelles et les forces d'interactions électriques.

b) De l'interaction gravitationnelle et de l'interaction électrique, préciser celle qui prédomine à l'échelle planétaire ? A l'échelle atomique ? Et à l'échelle nucléaire ?

c) Comment alors expliquer la stabilité entre les protons dans le noyau ?

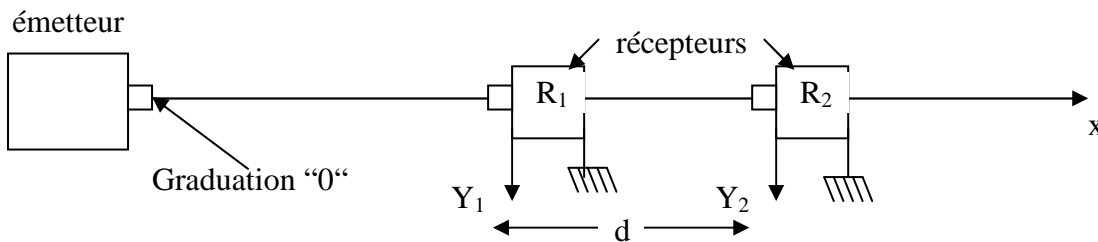
Données : Constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ SI}$  ; Constante électrique  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ SI}$ .

## Exercice à caractère expérimental

### Détermination de la célérité d'un son dans l'air

On se propose de mesurer la célérité du son dans l'air à l'aide de deux méthodes différentes.

Pour se faire on place un émetteur sonore et deux récepteurs sonores sur une même ligne graduée comme l'indique le schéma ci-dessous :



Les récepteurs sont reliés aux voies 1 et 2 d'un oscilloscope, on visualise ainsi sur la voie 1, la vibration sonore reçue par le récepteur  $R_1$  et sur la voie 2 celle reçue par le récepteur  $R_2$ .

#### 1- Détermination de la célérité du son dans l'air à partir de la mesure d'un retard

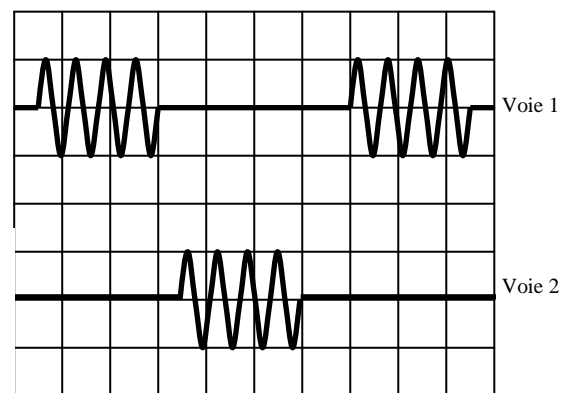
Pour réaliser cette expérience, on choisit le mode « salve » pour l'émetteur, c'est à dire que l'émetteur émet des séries de sons à intervalles de temps réguliers.

On fixe un récepteur sur l'axe gradué et on déplace l'autre à une distance  $d = 1,0$  m du premier.

Pour une meilleure visibilité, les deux courbes ont été décalées.

La durée de balayage est de 1ms/div.

On observe l'oscillogramme suivant :



- Quelle est la durée entre deux salves consécutives ?
- Combien de temps dure une salve ou le temps d'un signal ?
- Quel est des deux récepteurs celui qui reçoit le signal émis le premier ?
- On considère que le deuxième récepteur reçoit le message avant que le premier n'en reçoive un autre. Avec quel retard, par rapport au premier récepteur, le deuxième récepteur reçoit-il le message ?
- En déduire la célérité du son entre les deux récepteurs, dans les conditions de l'expérience.
- Calculer l'erreur relative avec la valeur théorique dans les conditions de l'expérience :  $C_{th} = 344 \text{ m.s}^{-1}$ . Conclure.

#### 2- Détermination de la célérité du son dans l'air à partir de la longueur d'onde

On utilise le même montage que précédemment, mais cette fois-ci on utilise le mode « permanent » pour l'émetteur, c'est à dire que l'émetteur émet le son en continu.

La fréquence du son émis est de 1500 Hz.

- Déterminer la période temporelle  $T$  du son émis.
- Choisir une sensibilité horizontale adéquate pour voir une période complète sur l'oscilloscope. Reproduire l'allure de l'oscillogramme si les deux récepteurs sont placés exactement à la même distance de l'émetteur. Pour une meilleure visibilité, décaler les deux courbes comme dans l'oscillogramme de la première partie.

On fixe le récepteur 1 et on déplace lentement le récepteur 2 le long de l'axe  $Ox$ .

On note toutes les distances pour lesquelles on retrouve le même oscillogramme que celui de la question b). Les positions correspondantes sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Position	1	2	3	4	5
Abscisse (en cm)	23	46	69	92	115

- Que voit-on sur l'oscillogramme lorsqu'on déplace le récepteur 2 ? Pourquoi ?
- Pourquoi les résultats permettent de trouver la longueur d'onde ? Donner sa valeur.
- En déduire la célérité du son dans les conditions de l'expérience.
- Calculer l'erreur relative avec la valeur théorique dans les conditions de l'expérience :  $C_{th} = 344 \text{ m.s}^{-1}$ . Conclure.

#### Conclusion

Comparer les deux méthodes de mesure et expliquer celle qui vous paraît la plus précise.

Justifier en vous aidant des résultats et des sensibilités des oscillogrammes.

## Problème

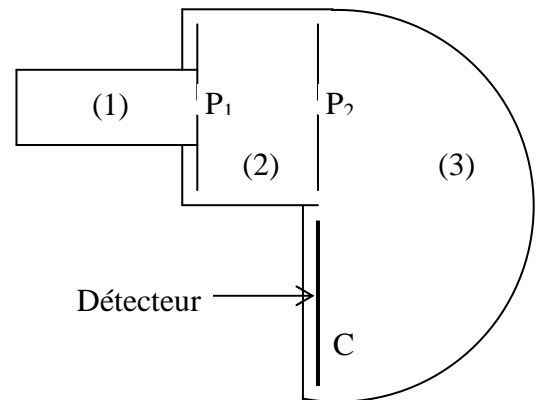
### Spectrographe de masse

Un spectrographe de masse est composé d'une chambre d'ionisation (1), d'une chambre d'accélération (2) et d'une chambre de déviation (3).

Le mouvement des ions est rapporté au référentiel du laboratoire supposé galiléen. Les chambres sont sous vide et le poids est négligeable devant les autres forces.

On place un élément inconnu X dans la chambre d'ionisation. Elle produit des ions  $X^{n+}$ , qui sont introduits avec une vitesse nulle en  $P_1$  dans la chambre d'accélération.

La masse des ions est notée  $m$  ;  $n$  est un entier positif.



#### 1- Accélération

On applique entre  $P_1$  et  $P_2$  une différence de potentiel  $U = U_{P_1P_2}$

- Déterminer le signe de la tension pour que les ions soient accélérés. Justifier.
- Recopier le schéma et représenter le vecteur champ électrique entre les plaques  $P_1$   $P_2$ .
- En utilisant le théorème de l'énergie cinétique déterminer l'expression littérale la vitesse  $v$  des ions en  $P_2$  en fonction de  $m$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $U$ .

#### 2- Déviation

En  $P_2$  les ions pénètrent avec une vitesse horizontale dans une région où règne un champ magnétique uniforme perpendiculaire au plan de la figure.

Les particules sont détectées au point C, tel que  $P_2C = 4,95$  cm.

- Donner l'allure de la trajectoire entre  $P_2$  et C, et représenter les vecteurs vitesse, champ magnétique et force électromagnétique, à un instant quelconque.
- Quelle sera la vitesse en C ? Justifier soigneusement.
- Exprimer le rayon R de la trajectoire en fonction de  $m$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $v$  et B. Puis donner cette expression en fonction de  $m$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $U$  et B.
- En déduire la distance  $P_2C$  en fonction de  $m$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $U$  et B.  
Donner l'expression de  $P_2C$  en fonction de  $m$  et  $n$ .

De par un protocole expérimental antérieur on sait que X est soit un isotope de l'aluminium de masse molaire  $27,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  qui conduit à  $\text{Al}^{3+}$ , soit un isotope du nickel de masse molaire  $58,7 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  qui conduit à  $\text{Ni}^{2+}$ .

- Calculer la masse d'un ion  $\text{Ni}^{2+}$  et d'un ion  $\text{Al}^{3+}$ .  
En déduire les distances  $P_2C$  pour chacun de ces ions et identifier X.

**Données :**  $B = 1,00 \text{ T}$  ;  $|U| = 1,00 \cdot 10^3 \text{ V}$  ;  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## Etude de document

### Le laser

#### Fonctionnement

Un laser est fondamentalement un amplificateur de lumière (fonctionnant grâce à l'émission stimulée) dont la sortie est branchée sur l'entrée.

L'amplificateur est un ensemble d'atomes que l'on « pompe » dans un état excité  $n'$ , au moyen d'une source d'énergie extérieure (par exemple un générateur électrique, ou un autre laser...). Ces atomes peuvent alors se désexciter vers l'état  $n$ , en émettant des photons de fréquence autour de  $\omega_{nn'}$ . Ainsi un rayonnement de fréquence  $\omega \simeq \omega_{nn'}$  passant à travers ce milieu peut être amplifié par des processus d'émission stimulée. Il peut également être absorbé : il n'y aura amplification que si les atomes sont plus nombreux à être dans l'état  $n'$  (susceptible d'émettre) que dans l'état  $n$  (susceptible d'absorber) : il est nécessaire d'avoir une « inversion de population ».

Le rayonnement sortant de cet amplificateur est rebouclé sur son entrée au moyen de miroirs, qui constituent une « cavité » (où la lumière est piégée). Bien sûr, un dispositif (comme un miroir partiellement réfléchissant) permet d'extraire de la lumière de ce système, pour obtenir le rayonnement laser utilisable. Ainsi un rayonnement initialement présent dans le système va être amplifié une première fois, puis rebouclé, puis réamplifié, etc. On peut ainsi construire un rayonnement extrêmement important, même à partir d'un rayonnement extrêmement faible (comme un seul photon émis spontanément dans la cavité).

On peut comparer ce processus à l'effet Larsen, qui se produit lorsqu'un amplificateur (la chaîne Hi-fi) a sa sortie (le haut-parleur) « branchée » sur l'entrée (le micro). Alors un bruit très faible capté par le micro est amplifié, émis par le haut-parleur, capté par le micro, réamplifié, et ainsi de suite... (...)

#### Historique

Le principe de l'émission stimulée (ou émission induite) est décrit dès 1917 par Albert Einstein. En 1950, Alfred Kastler (Prix Nobel de Physique en 1966) propose un procédé de pompage optique, qui est validé expérimentalement par Brossel, Kastler et Winter deux ans plus tard. Mais ce n'est qu'en 1953 que le premier maser (maser au gaz ammoniac) est conçu par J. P. Gordon, H. J. Zeiger et Ch. H. Townes. (...) En 1960, le physicien américain Théodore Maiman obtient pour la première fois une émission laser au moyen d'un cristal de rubis. Un an plus tard, Ali Javan met au point un laser au gaz (hélium et néon) puis en 1966, Peter Sorokin construit le premier laser à liquide.

Les lasers trouvent très tôt des débouchés industriels. La première application fut réalisée en 1965 et consistait à usiner un perçage de 4,7 mm de diamètre et de 2 mm de profondeur dans du diamant avec un laser à rubis. Cette opération était réalisée en 15 min, alors qu'une application classique prenait 24 heures. En 1967, Peter Houlcroft découpe 2,5 mm d'acier inoxydable à une vitesse de 1m/min, sous di-oxygène avec un laser CO2 de 300 W et conçoit la première tête de découpe. (...)

Le laser devient un moyen de lecture en 1974, avec l'introduction des lecteurs de codes barres. En 1978, les laserdiscs sont introduits, mais les disques optiques ne deviennent d'usage courant qu'en 1982 avec le disque compact. Le laser permet alors de lire un grand volume de données.

Source: <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Laser>

#### Questions :

- 1- Que fait un atome lorsqu'il se désexcite ?
- 2- Expliquer le terme « inversion de population ».
- 3- Citer deux sources d'énergie utilisées pour alimenter un laser.
- 4- Pourquoi est-il nécessaire d'avoir une source d'énergie extérieure ?
- 5- Quel type de miroir permet d'extraire la lumière d'un laser ?
- 6- En quoi l'effet Larsen est comparable au laser ?
- 7- Combien d'années se sont écoulées entre l'énoncé du principe et le premier laser ? Justifier.
- 8- A partir de quel(s) état(s) de la matière peut-on construire un laser ?
- 9- Citer une application industrielle et une application courante du laser.



7- La période propre des oscillations d'un pendule élastique :

- a) augmente si l'amplitude du mouvement augmente.
- b) diminue si on communique à l'objet une vitesse non nulle lorsque le ressort est étiré au maximum.
- c) diminue si la masse du pendule augmente.
- d) augmente si l'énergie potentielle élastique à l'instant initiale est plus grande.

8- Si on multiplie par 4 la masse d'un pendule élastique, la fréquence des oscillations est maintenue constante si la constante de raideur du ressort est :

- a) divisée par 2.
- b) multipliée par 2.
- c) multipliée par 4.
- d) divisée par 4.

9- Un pendule élastique de masse  $m = 400$  g, accroché à un ressort de raideur  $k = 30$  SI, est mis en mouvement à partir de sa position d'équilibre avec une vitesse  $v = 3$  m/s. L'amplitude des oscillations est :

- a) 4 cm.
- b) 12 cm.
- c) 20 cm.
- d) 35 cm.

10- Dans le cas d'un oscillateur élastique vertical formé d'un solide de masse  $m$  et d'un ressort de raideur  $k$  et de masse nulle :

- a) la longueur à l'équilibre est égale à la longueur à vide.
- b) la somme vectorielle des forces exercées sur le solide à l'équilibre est nulle.
- c) le mouvement se fait avec une accélération constante.
- d) le mouvement se fait avec une vitesse constante.

11- Un solide oscille sur un banc à coussin d'air horizontal sous l'effet de deux ressorts. On met cet oscillateur en oscillations forcées par un excitateur extérieur.

- a) La fréquence de l'oscillateur mécanique en régime d'oscillations forcées est imposée par le résonateur.
- b) Pour un amortissement faible, l'amplitude des oscillations forcées est maximale lorsque la fréquence de l'excitateur est voisine de la fréquence propre du résonateur.
- c) Lorsque l'amortissement diminue, l'amplitude des oscillations à la résonance diminue.
- d) Lorsque l'amortissement augmente, la fréquence de résonance augmente notablement.

12- Pour un pendule élastique d'équation horaire  $x(t) = 0,05 \cdot \cos(3,28 t + \pi/4)$ , la grandeur  $\pi/4$  :

- a) ne dépend que du ressort.
- b) dépend de la vitesse initiale et de la position initiale du solide.
- c) est une variable dépendante du temps.
- d) dépend du ressort et de la masse du pendule.

13- L'amplitude d'un mouvement oscillatoire, décrit par l'équation  $x = 0,20 \cos(10\pi \cdot t + \pi)$  SI, est égale à :

- a) 2 cm.
- b) 10 cm.
- c) 20 cm.
- d) 20 mm.

14- La période d'un mouvement oscillatoire, décrit par l'équation  $x = 0,20 \cos(10\pi \cdot t + \pi)$  SI, est égale à :

- a) 0,2 s.
- b) 2 s.
- c) 10 s.
- d) 5 s.

15- La vitesse horaire d'un mouvement oscillatoire, décrit par l'équation  $x = 0,20 \cos(10\pi \cdot t + \pi)$  SI, est égale à :

- a)  $\dot{x} = -0,20 \sin(10\pi \cdot t + \pi)$
- b)  $\dot{x} = 2,0 \sin(10\pi \cdot t + \pi)$
- c)  $\dot{x} = -2,0 \sin(10\pi \cdot t + \pi)$
- d)  $\dot{x} = -6,28 \sin(10\pi \cdot t + \pi)$

**Questionnaire à choix multiples**  
**Oscillations mécaniques**

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"/>