

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

EXAMEN DE MATURITA BILINGUE

Année scolaire 2011/12
Session de mai 2012

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 être 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.

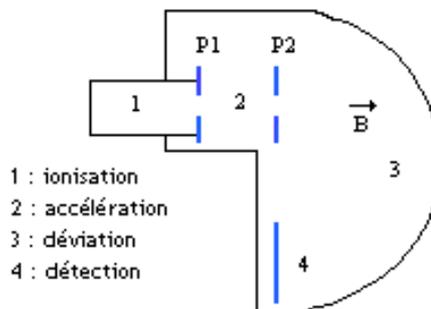
L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation.

Chaque page **x** de la copie sera numérotée en bas et au centre « **page x/n** »,
n étant le nombre total de pages.

Plan du sujet :

- | | |
|---|--|
| 1. Questions de cours..... | Spectromètre de masse |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Diffraction de la lumière |
| 3. Problème..... | Détecteur de métaux |
| 4. Etude de document..... | La supraconductivité est dans l'escalier |
| 5. Questionnaire à choix multiple..... | Mécanique classique |

Question de cours Spectromètre de masse



Voici le schéma très simplifié d'un spectromètre de masse. Le mouvement des ions se fait dans le vide et dans un plan parallèle à cette feuille. Le mouvement est rapporté dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Accélération des ions : Les plaques métalliques parallèles $P1$ et $P2$ créent un champ électrique \vec{E} .

1. Préciser le signe de la tension $V_{P1} - V_{P2}$ pour que le champ électrique accélère des ions positifs de $P1$ vers $P2$. Justifier la réponse.
2. Quelles sont le sens et la direction du champ \vec{E} ?
3. Reproduire le schéma en l'agrandissant légèrement. Préciser les signes de plaques $P1$ et $P2$. Dessiner cinq lignes de champ et le vecteur champ électrique régnant entre $P1$ et $P2$.

Déviation des ions : Après avoir été accélérés, les ions sont envoyés dans un dispositif qui crée un champ magnétique uniforme \vec{B} .

4. Quelles doivent être la direction et le sens du champ \vec{B} pour que des ions positifs soient déviés vers la zone de détection suivant une trajectoire circulaire dans le plan du schéma ? Justifier en rappelant la règle utilisée.
5. Le dispositif appelé 'bobines de Helmholtz' (deux bobines plates identiques parcourues par un même courant) permet de créer ce champ magnétique uniforme. Faire un schéma clair et précis du dispositif en indiquant le sens du courant dans chaque bobine et la distance qui les sépare. Représenter cinq lignes du champ magnétique créé entre les deux bobines.
6. Citer deux autres dispositifs, vus en cours, permettant de créer un champ magnétique uniforme. Faire pour chacun d'entre eux un schéma comportant les lignes du champ magnétique et la zone où il est uniforme.

Influence du champ magnétique terrestre :

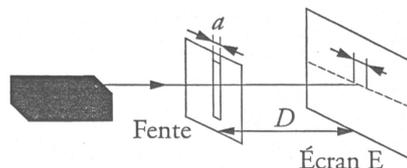
7. La Terre agit comme un dipôle magnétique (aimant droit). Dessiner un schéma comportant la Terre et son spectre magnétique. Ajouter l'aiguille d'une boussole déjà orientée par le champ magnétique terrestre et préciser ses pôles magnétiques ainsi que ceux de la Terre.
8. La valeur du champ magnétique terrestre est de l'ordre de $47 \mu\text{T}$. Quelle serait l'intensité du champ magnétique dans une bobine longue (solénoïde) de 1000 spires par mètre traversée par un courant de 10A ? Le champ magnétique terrestre risque-t-il de perturber notre spectromètre de masse ?

Donnée : $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ SI}$

Exercice à caractère expérimental

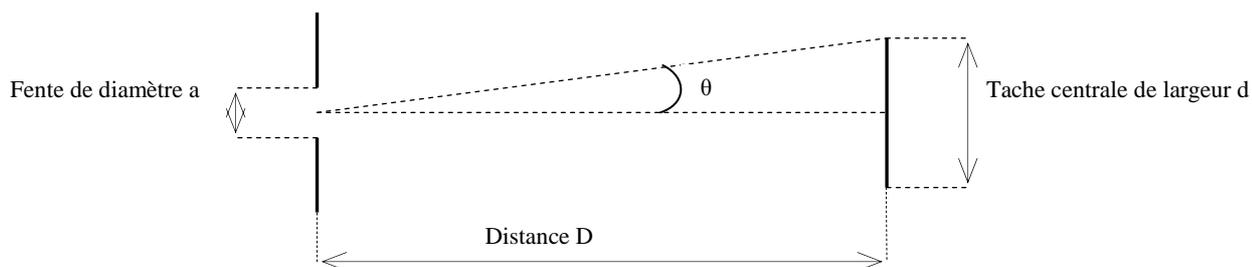
Diffraction de la lumière

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde λ . À quelques centimètres du laser, on place une fente de largeur a connue. La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc placé à une distance D de la fente. On mesure la largeur d de la tache centrale.



- 1) Dessiner l'aspect de la figure de diffraction observée.
- 2) Le phénomène de diffraction est-il observable quelle que soit la dimension de l'objet diffractant ?

L'écran étant placé à la distance $D = 1,50$ m de la fente, on fait varier la largeur a de la fente et on mesure les valeurs d correspondantes. À partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire θ du faisceau diffracté (voir figure).



- 3) L'angle θ étant petit et θ étant exprimé en radians, on a la relation $\tan \theta \approx \theta$. Exprimer θ en fonction de d et D .
- 4) Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant. Recopiez-le et complétez les deux dernières lignes.

$a(\text{mm})$	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160
$d(\text{mm})$	32	23	19	16	13	12
$\theta(\text{rad})$						
$1/a(\text{mm}^{-1})$						

- 5) Tracer la courbe donnant θ en fonction de $1/a$ sur le papier millimétré avec une échelle adaptée. Pourquoi n'a-t-on pas tracé directement θ en fonction de a ? Expliquer clairement.
- 6) On rappelle la relation $\theta = \lambda/a$. Déterminer la longueur d'onde à partir de la courbe tracée avec le nombre adapté de chiffres significatifs.

Un cheveu de diamètre a_{ch} est placé sur un support et éclairé avec le même laser. La largeur de la tache centrale est $d_{\text{ch}} = 21$ mm.

- 7) Déterminer le diamètre a du cheveu en explicitant la méthode utilisée.

Problème Détecteur de métaux

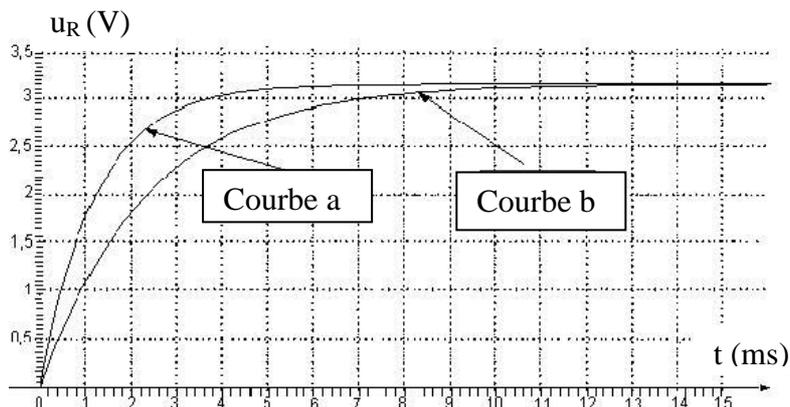
Un détecteur de métaux est un appareil équivalent à un oscillateur RLC série. Il est capable de détecter la présence de métal à distance. L'inductance augmente si on approche de la bobine un objet en fer et elle diminue si l'objet est en or. L'objectif est d'étudier le principe d'un détecteur de métal.

1. Variation de l'inductance d'une bobine à l'approche d'un métal

On étudie le comportement d'une bobine portant les indications ($L = 20 \text{ mH}$, $r = 5,0 \Omega$) en présence ou non de métaux dans le but de vérifier la variation de l'inductance.

- a) Faire le schéma du montage série réalisé avec un générateur de tension continue de force électromotrice $E = 5,0 \text{ V}$, un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$, la bobine d'inductance L et de résistance r et un interrupteur. Indiquer le sens du courant.

Un oscilloscope numérique enregistre l'évolution de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique de résistance R en fonction du temps. L'origine des temps est prise à l'instant où l'on ferme l'interrupteur. L'expérience est faite dans un premier temps sans métal (courbe a) puis avec un morceau de fer à proximité de la bobine (courbe b), représentés sur la figure ci-contre



- b) Pourquoi l'évolution de la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique représente-t-elle celle de l'intensité du courant i dans le circuit ?
- c) Donner l'expression de la tension u_B aux bornes de la bobine en fonction de L , r et i . Que devient cette expression quand le régime permanent est atteint ?
- d) On rappelle l'expression de la constante de temps d'un dipôle $R_T L$: $\tau = L/R_T$. Démontrer par analyse dimensionnelle, à l'aide de la relation trouvée en c), que τ a la dimension d'un temps.
- e) Déterminer, à l'aide de l'oscillogramme, la valeur de τ_a et τ_b pour les courbes (a) et (b), en expliquant la méthode utilisée.
- f) Quelle courbe représente un établissement du courant plus rapide ? Quelle est de L_a et L_b l'inductance la plus petite ? Justifier. L'information donnée à propos du fer dans le texte est-elle vérifiée ?

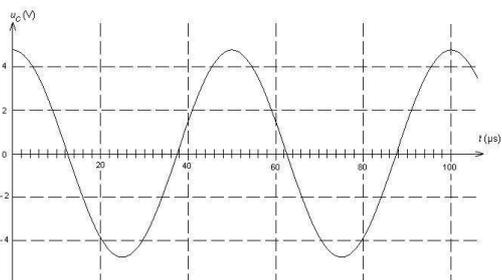
2. L'oscillateur

L'oscillateur utilisé dans le détecteur de métaux est équivalent à un oscillateur électrique entretenue LC. On considère donc maintenant notre bobine comme idéale.

- a) Faire un schéma du circuit LC, flécher les tensions u_C et u_L et le courant i . et donner l'expression de i en fonction de C et u_C .
- b) En appliquant la loi d'additivité des tensions, établir l'équation différentielle satisfaite par u_C .

L'équation différentielle est de la forme : $\frac{d^2 u_C}{dt^2} + \frac{4\pi^2}{T_0^2} u_C = 0$, où T_0 représente la période propre de l'oscillateur.

- c) Exprimer T_0 en fonction de L et C .



3. Recherche de métaux

En absence de métal à proximité, la fréquence propre de l'oscillateur est voisine de 20 kHz (figure ci-contre).

- a) Comment évolue cette fréquence si on approche de la bobine un objet en or ou un objet en fer ?

b) L'appareil détecte un signal de fréquence égale à 22 kHz. Avons-nous trouvé de l'or ? Justifier.

Etude de documents

La supraconductivité est dans l'escalier

C'est une découverte qui a tout juste cent ans. Son principe n'est pas totalement compris, et elle offre une formidable porte d'entrée pour parler de physique quantique : c'est la supraconductivité.

En 1911, le physicien hollandais Heike Kamerlingh Onnes constate que la résistance électrique du mercure devient nulle si sa température ne dépasse pas 4 degrés au-dessus du zéro absolu. Trois ans plus tôt, il a été le premier à liquéfier l'hélium en atteignant une température de 1 kelvin. Il s'est alors demandé ce que devenait la résistance électrique d'un métal.

Pour le mercure, elle s'annule donc, et il constate bientôt qu'il en va de même pour d'autres métaux (étain, plomb, aluminium...). La supraconductivité est née.

Il faudra attendre 1957 pour qu'elle soit expliquée grâce à la physique quantique, théorie décrivant les phénomènes à l'échelle atomique apparue au début du XX^e siècle. Celle-ci stipule que les objets que nous appelons habituellement « particules » se comportent aussi comme des ondes dont les propriétés, comme l'énergie, ne peuvent prendre que certaines valeurs. Un peu comme votre altitude dans un escalier, qui ne peut être qu'un multiple de la hauteur d'une marche. Ainsi, dans un métal, les électrons se comportent comme des ondes indépendantes qui interagissent chacune avec les vibrations naturelles du réseau d'atomes constituant le métal : cela perturbe la propagation des ondes électroniques et explique la résistance que le métal oppose au passage du courant électrique.

Quand la température est suffisamment basse (quelques kelvins), les électrons peuvent se rassembler pour former une unique onde collective, constituée de milliers de milliards de milliards d'électrons. Cette onde impose à chacun de ses participants d'avancer à la même vitesse : perturber la progression de l'onde collective devient impossible car cela revient à modifier simultanément le mouvement d'un nombre considérable d'électrons. Cette explication échoue pour la supraconductivité à haute température (quand même inférieure à -135°C). C'est un des sujets les plus « chauds » actuellement pour les physiciens.

La supraconductivité est présente dans les accélérateurs de particules, certains instruments d'astrophysique, dans le transport de l'électricité, l'imagerie par résonance magnétique ou les trains à sustentation magnétique.

Par Roland Lehoucq, Astrophysicien, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
LE MONDE 05 Novembre 2011

1. Que décrit la théorie de la physique quantique ? Quel est son rapport avec le titre du texte ?
2. Quelle est, d'après le texte, l'origine de la résistance au passage du courant électrique dans un métal ?
3. Combien d'années a-t-il fallu attendre pour expliquer au moins partiellement le phénomène de supraconductivité ?
4. Résumez en 2 phrases l'explication du phénomène de supraconductivité à basse température donnée dans le texte.
5. A-t-on, cent ans après sa découverte, réussi à bien expliquer le phénomène de supraconductivité ?
6. Citer les applications de la supraconductivité que vous connaissez et expliquer son rôle pour chacune d'entre elle.

6. Un projectile est lancé verticalement vers le haut d'un point O situé sur le sol avec une vitesse initiale \vec{v}_0 . Il atteint une hauteur maximale de 2,5m. L'intensité de la pesanteur vaut 9,8N/kg. Quelle est la valeur de la vitesse initiale ?
a. $v_0 = 4,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ b. $v_0 = 49.\text{ms}^{-1}$ c. $v_0 = 7,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ d. $v_0 = 7,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Enoncé pour les questions 7 et 8 :

- Un projectile est lancé d'un point O situé sur le sol horizontal avec une vitesse initiale $v_0 = 5,0\text{ms}^{-1}$ dans une direction qui fait un angle de 45° par rapport au sol. L'intensité de la pesanteur vaut 9,8N/kg.*
7. La portée du tir est:
a. 2,55 m b. 25,5 m c. 1,8 m d. 18 m

8. La vitesse au sommet de la parabole est:
a. maximale b. $5,0\text{ms}^{-1}$ c. nulle d. $3,54\text{ms}^{-1}$

9. Une accélération se mesure en
a. m b. ms^{-1} c. ms^{-2} d. m^2s^{-2}

10. Un solide ponctuel de masse $m = 2\text{kg}$ est soumis à une force unique d'intensité $F = 3\text{N}$. Son accélération vaut:
a. $1,5 \text{ ms}^{-2}$ b. 3 ms^{-2} c. $1,5 \text{ ms}^{-1}$ d. 3 ms^{-1}

Suite de cet exercice sur la page suivante

11. Toutes ces actions sauf une nécessitent l'intervention d'une force. Laquelle fait exception?
- Faire passer un solide assimilable à un point matériel de l'état de repos à l'état de mouvement.
 - Maintenir cet objet en mouvement circulaire uniforme.
 - Modifier la direction du mouvement sans changer sa vitesse.
 - Conserver à cet objet un mouvement de vecteur vitesse constant.
12. Le travail effectué par le poids $P = 10\text{N}$ d'un objet si celui-ci glisse vers le bas sur un plan incliné de longueur $3,0\text{m}$ faisant un angle de 30° avec l'horizontale vaut:
- 15J
 - 15N
 - 30J
 - 1,5J
13. Le théorème du centre d'inertie s'écrit sous forme:
- $\sum \vec{F}_{\text{ext.}} = m \vec{v}_G$
 - $\sum \vec{F}_{\text{ext.}} = 2m \vec{a}_G$
 - $\sum \vec{F}_{\text{ext.}} = mv^2$
 - $\sum \vec{F}_{\text{ex}} = m \vec{a}_G$
14. La poussée d'Archimède s'exerce sur un solide
- s'il est immobile ou en mouvement dans le fluide
 - seulement s'il est en mouvement
 - est inversement proportionnelle au volume immergé du solide
 - ne dépend pas de la masse volumique du fluide.
15. Choisir la bonne proposition.
- Le centre d'inertie d'un solide est en mouvement rectiligne uniforme, s'il n'est soumis qu'à son poids.
 - Le vecteur accélération d'un point est toujours tangent à sa trajectoire.
 - Dans un mouvement rectiligne uniformément accéléré, le vecteur accélération est constant.
 - Si la valeur de la vitesse d'un point mobile est constante, la valeur du vecteur accélération est nulle.
-

Questionnaire à choix multiples**Mécanique**

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"/>