

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES
FRANCO-TCHÈQUES**

EXAMEN DE MATURITA BILINGUE

Année scolaire 2021/2022

Session de mai

ÉPREUVE DE PHYSIQUE

Durée : 3h

Le sujet est constitué de quatre 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.

La page de l'annexe (la page 7) est à renuméroter et à rendre avec la copie.

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

Plan du sujet :

- | | |
|---|--|
| 1. Questions de cours..... | Optique corpusculaire – effet photoélectrique;
diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Oscillations mécaniques |
| 3. Problème..... | Radioactivité – datation au carbone 14 |
| 4. Étude de documents..... | Stark et Lo Surdo – parallèles et controverses |

Questions de cours: Optique corpusculaire – effet photoélectrique; diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène

1. L'effet photoélectrique est une expérience qui prouve le caractère corpusculaire de la lumière. Donner le nom et les propriétés des particules de lumière.
2. Expliquer l'effet photoélectrique à l'aide d'un schéma et d'une équation.
3. Pour chaque matériel il existe une fréquence minimale f_0 à partir de laquelle l'effet photoélectrique est possible.
De quoi dépend cette fréquence? Expliquer à l'aide du bilan énergétique.
4. La valeur des niveaux énergétiques de l'atome d'hydrogène est donnée par l'expression:

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2}, \quad \text{avec } E_0 = 13,6 \text{ eV}$$

Expliquer la signification de chacun des trois termes utilisés: n , E_n et E_0 .

5. Comment appelle-t-on le niveau énergétique noté E_1 ?
6. Tracer dans le cadre en **Annexe** (page 7, à rendre avec copie) le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène pour $n = 1$ jusqu'à $n = 6$.
Échelle imposée: $1,0 \text{ cm} \hat{=} 1,0 \text{ eV}$
7. Dans le schéma précédent, représenter par des flèches les quatre premières transitions énergétiques correspondant à la série de Balmer (c.à.d. les transitions d'un état quantique caractérisé par $n > 2$ vers le premier état excité).
8. Calculer, en joules, l'énergie ΔE_{62} liée à la transition énergétique de l'atome d'hydrogène de E_6 à E_2 .
9. Dédire du résultat de la question précédente si un rayonnement est émis ou absorbé lors de la transition de E_6 à E_2 .

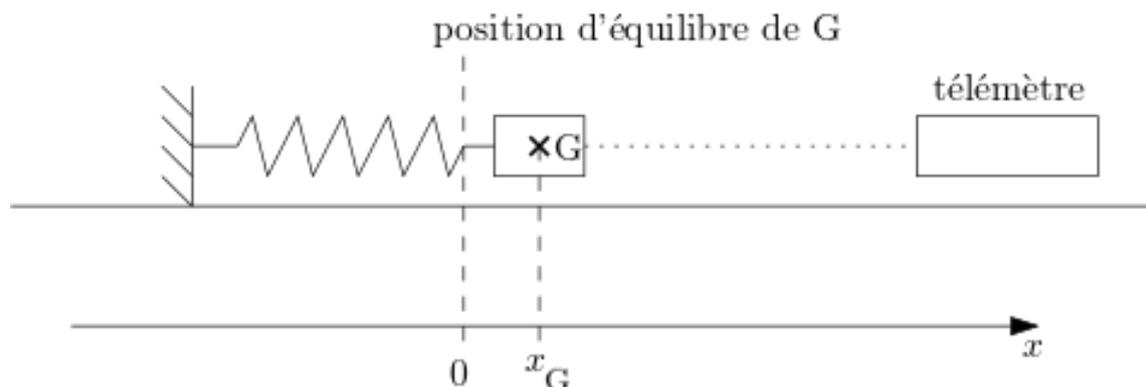
Donnée:

$$1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Exercice à caractère expérimental: Oscillations mécaniques

On étudie un pendule élastique formé d'un mobile autoporteur qui peut se déplacer sans frottement sur un plan horizontal, accroché à un ressort à spires non jointives dont l'autre extrémité est liée à un point fixe. Un télémètre à ultrasons permet de mesurer en temps réel l'abscisse de la face droite du mobile autoporteur. Ce télémètre est relié à un ordinateur qui transforme cette valeur à l'abscisse du centre d'inertie G du solide, x_G , mesurée à partir de sa position d'équilibre comme est indiqué sur la figure.

figure



Avec l'aide de l'ordinateur on établit le tableau suivant.

t (ms)	0	172	344	516	688	860	1032	1204	1376
x_G (cm)	-8,1	-5,7	0	+5,7	+8,1	+5,7	0	-5,7	-8,1

1. Tracer la courbe de l'abscisse x_G en fonction de temps t ($x_G = f(t)$) sur le papier millimétré. Préciser l'échelle choisie.
2. En déduire l'amplitude a du mouvement et la période T du mouvement.
3. La masse du mobile m vaut 150 g, sa vitesse v_0 lorsqu'il passe par sa position d'équilibre vaut $35 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$. En déduire l'énergie cinétique du mobile lorsqu'il passe par sa position d'équilibre.
4. Que peut-on dire de l'énergie potentielle élastique du ressort lorsque le mobile passe par un point d'élongation maximum? En déduire la raideur k_1 du ressort.
5. Retrouver la valeur de la raideur k_2 en utilisant la période T du pendule.
6. Comparer ces deux valeurs expérimentales k_1 et k_2 . Déterminer l'écart absolu (biais de mesure) entre ces deux valeurs.

Problème: Radioactivité – datation au carbone 14

Vers 1950, le chimiste américain Willard F. Libby a démontré que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de $^{14}_6\text{C}$ au nombre de noyaux de $^{12}_6\text{C}$. Le noyau $^{14}_6\text{C}$ est radioactif et son pourcentage dans le corps d'un être mort diminue selon la loi de décroissance radioactive. Son rapport avec le pourcentage de $^{12}_6\text{C}$ dans le corps vivant nous permet de déterminer l'âge du fossile.

1. Un noyau se note ^A_ZX . Définir A , Z et X .
2. Le noyau du carbone 14 est radioactif β^- . De quel type de désintégration s'agit-il? Ecrire l'équation de cette désintégration et préciser les particules obtenues.
3. Donner la définition du terme de demi-vie radioactive.
4. La loi de décroissance radioactive peut être exprimée comme la fonction: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$. Exprimer cette loi en fonction de la date, de la demi-vie radioactive et du nombre initiale des noyaux radioactifs.

De l'article *Une découverte exceptionnelle, Agence de Presse – juin 2010*:

"Les travaux de la future station balnéaire ont révélé un site paléanthropologique. On a exhumé le squelette de l'espèce SAPIENS NEANDERTHAL. On l'a « baptisé » du nom d'ANDER. Mais aussi celui d'un autre fossile inattendu SAPIAND de l'espèce SAPIENS SAPIENS. On sait que ces deux espèces d'hominidés ont cohabité en Europe entre $-60\,000$ ans et $-30\,000$ ans. Les deux fossiles sont séparés d'à peine deux mètres de distance, mais il est possible que des glissements de terrain (ou les travaux d'aménagement) les aient par hasard rapprochés. Les spécialistes s'interrogent : ces deux individus se sont-ils réellement rencontrés ? ANDER présente manifestement les signes crâniens d'une mort violente! SAPIAND a-t-il massacré ANDER ? L'enquête n'en est qu'à ses débuts !"



Les résultats de l'analyse des ossements d'ANDER et de SAPIAND par la méthode du carbone 14 sont consignés dans le tableau suivant:

Nature des échantillons sélectionnés	$N(t)/N_0$
Ossements d'ANDER	$1,64 \cdot 10^{-2}$
Ossements de SAPIAND	$1,87 \cdot 10^{-2}$

5. A partir du résultat concernant ANDER et de la formule obtenue dans la question 4, vérifier que l'âge de ses ossements t_A est à peu près $3,40 \cdot 10^4$ ans.
6. Les données fournies par l'Agence de Presse sont-elles en accord avec ce résultat?
7. En utilisant les informations du tableau, justifier sans calcul numérique que SAPIAND est mort après ANDER.
8. Calculer t_S , l'âge des ossements de SAPIAND.
9. Comparer les âges des ossements de SAPIAND et d'ANDER. SAPIAND a-t-il pu massacrer ANDER ?

Données: La demi-vie radioactive du noyau $^{14}_6\text{C}$ a pour valeur $5,73 \cdot 10^3$ ans.

Extrait de la classification périodique: ^2_2He , ^3_3Li , ^4_4Be , ^5_5B , ^6_6C , ^7_7N , ^8_8O , ^9_9F , $^{10}_{10}\text{Ne}$

Étude de documents: Stark et Lo Surdo – parallèles et controverses

Doc. 1: Johannes Stark et Antonino Lo Surdo (à droite) en portraits

Timbres de Nicaragua (Centenaire des premiers Nobels) et de Suède (1979);

Photographie d'Antonino Lo Surdo par un anonyme.

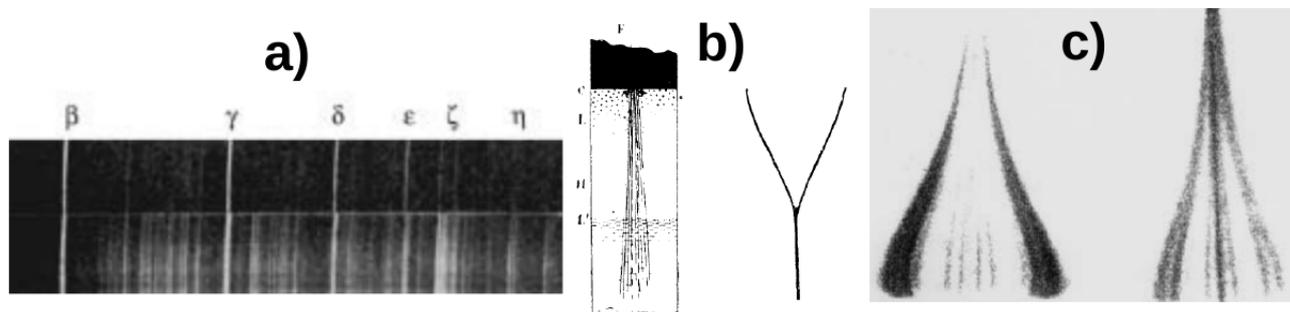


Doc. 2: Introduction par Matteo Leone, Alessandro Paoletti et Nadia Robotti

En 1896, le physicien expérimental danois Pieter Zeeman (1865–1943) a découvert l'influence du champ magnétique sur les raies spectrales, c.à.d., l'éclatement des raies en doublets ou triplets si observées longitudinalement ou orthogonalement par rapport à la direction du champ, l'effet connu comme effet Zeeman normal. Après la découverte de Zeeman, il était naturel pour les physiciens de s'attendre à l'effet similaire en présence du champ électrique. Cette attente a été néanmoins abandonnée dès 1901 à cause du travail du physicien théorique allemand Woldemar Voigt (1850–1919) qui a démontré que l'effet serait trop petit pour pouvoir être détecté expérimentalement, dans le cadre de la physique classique. Malgré les attentes pessimistes de Voigt, en 1913 le physicien allemand Johannes Stark (1874–1957) et le physicien italien Antonino Lo Surdo (1880–1949), quasi simultanément et indépendamment, ont observé l'éclatement des raies spectrales de l'hydrogène en présence du champ électrique. Cette découverte a été appelée par Antonio Garbasso (1871–1933) le phénomène Stark–Lo Surdo, pour lequel Stark a obtenu le Prix Nobel de physique pour l'année 1919 et Lo Surdo a obtenu le Prix royal de physique de la vénérable Accademia dei Lincei (Académie des Lynx) en 1924.

Source des doc. 2, 3, 4, 7 (traductions): A simultaneous discovery: The Case of Johannes Stark and Antonino Lo Surdo; M. Leone, A. Paoletti et N. Robotti, *Physics in Perspective*, 6(2004), 271–294

Doc. 3: Quelques spectres et schémas réalisés par J. Stark et A. Lo Surdo



a) Les raies de Balmer du spectre de l'hydrogène (H_β , H_γ , ...) obtenues par Stark en 1905. En haut sans effet Doppler à cause des observations en direction perpendiculaire (transversale) par rapport au mouvement des rayons canaux, en bas avec effet Doppler à cause de la configuration parallèle (longitudinale). **b)** Le dessin par Lo Surdo de l'apparence de son tube de décharge (à gauche) avec cathode en haut et son schéma de l'éclatement d'une des lignes spectrales de l'hydrogène. **c)** Photographies par Stark des effets Stark longitudinal (à gauche) et transversal (à droite) sur la raie H_γ , en utilisant la méthode de Lo Surdo.

Doc. 4: Expériences clefs

(...) L'intention de Lo Surdo était de chercher l'effet Doppler dans les rayons positifs retrogrades, mais à l'été 1913 il a observé un phénomène bien plus important. Selon ses souvenirs de la fin de cette année: "Depuis l'été dernier, lors d'études sur l'effet Doppler grâce aux rayons positifs retrogrades proche de la cathode en utilisant un tube de décharge placé obliquement par rapport à la fente du spectroscopie, j'ai observé que les raies de l'hydrogène semblaient de se diviser en plusieurs composantes. (...) J'ai découvert [consécutivement] que ce phénomène apparaît aussi lorsque le tube a été placé perpendiculairement à la fente. Il s'agissait donc d'un nouveau phénomène." Bien que d'origine inconnue, Lo Surdo a reconnu qu'il ne s'agissait pas d'effet Doppler, son but d'observation. Entre temps, le 4 décembre 1913, la lettre de Stark a été publiée dans [le journal] *Nature* où il a annoncé sa découverte de l'effet du champ électrique sur les raies spectrales d'hydrogène. Stark lui-même a utilisé [plus tard] la méthode de Lo Surdo en 1918 pour observer l'éclatement des raies spectrales de l'hélium ionisé.

Doc. 5: Du discours d'un président de l'Académie royale des sciences de Suède

(...) Professeur Stark. Notre académie des sciences vous a décerné le Prix Nobel de Physique pour l'année 1919 en reconnaissance de votre recherche qui a marqué notre époque du soi-disant effet Doppler dans les rayons canaux qui nous a donné une vue sur la réalité de la structure interne des atomes et des molécules. Le Prix Nobel se rapporte aussi à votre découverte de l'éclatement des raies spectrales dans les champs électriques - une découverte de la plus grande importance scientifique. Je vous demande, Professeur, de recevoir le Prix Nobel du président de la Fondation Nobel. **Source (traduction):** Discours par Å.G. Ekstrand, président de l'ARSS, 1.6.1920 (*Nobel Lectures, Physics 1901-1921*, Elsevier, Amsterdam, 1967)

Doc. 6: La politique scientifique de Johannes Stark après 1924

À partir de 1924, Stark a soutenu Hitler. Pendant le régime nazi, il a tenté de devenir le Führer de la physique allemande par le biais du mouvement Deutsche Physik (« physique allemande »), avec son collègue Nobel Philipp Lenard, contre la « physique juive » d'Albert Einstein et Werner Heisenberg (qui n'était pas juif). (...) Il a attaqué la physique théorique comme « juive » et a souligné que les positions scientifiques dans l'Allemagne nazie ne devraient être détenues que par des Allemands de sang pur. (...) En 1947 Stark a été classé comme « délinquant majeur » et a été condamné à quatre ans d'emprisonnement avec sursis par un tribunal de dénazification. **Source:** https://fr.wikipedia.org/wiki/Johannes_Stark

Doc. 7: La politique scientifique d'Antonino Lo Surdo après 1914

Après 1914, [Lo Surdo] a cessé de suivre les développements actuels en physique moderne. Il a été pourtant nommé professeur de physique à l'Université de Rome en 1919. Selon E. Segrè [un lauréat Nobel de physique en 1959]: " [il] pouvait améliorer énormément sa position en aidant la nouvelle génération, mais il a choisi d'antagoniser Fermi et les jeunes physiciens. (...) Plus tard, lors des persécutions raciales par les Fascistes, il a montré une grande loyauté au parti [fasciste] et en a été largement récompensé. Il a vu, cependant, la fin du fascisme et la disparition de son influence qu'il avait accumulée pendant les années de la dictature."

Exercices/Questions (répondre en s'appuyant sur les informations présentées dans les documents):

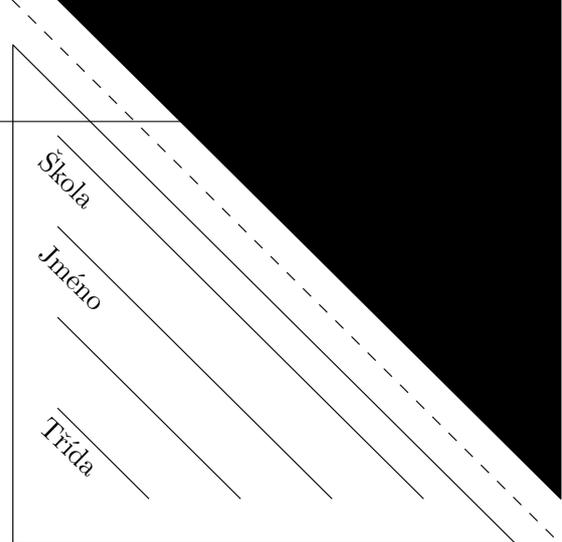
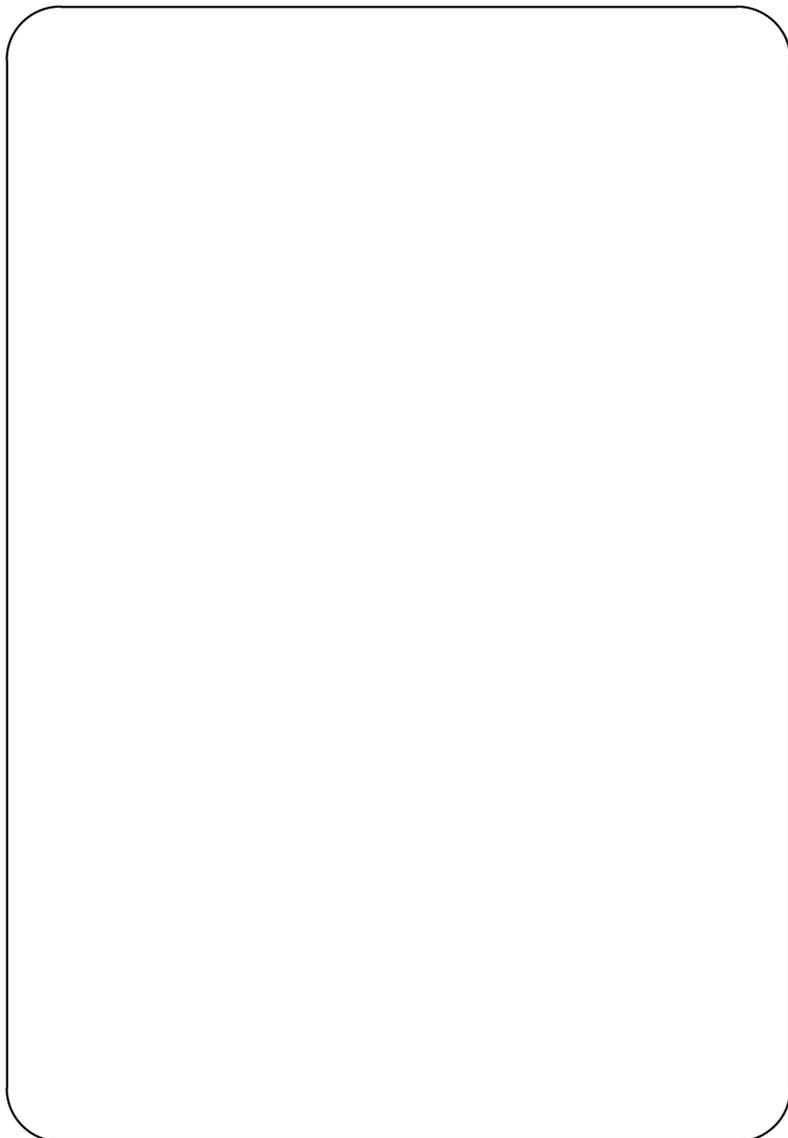
1. Caractériser les différences entre l'effet Zeeman et l'effet Stark.
2. Présenter l'effet Doppler en s'appuyant sur la figure a) du document 3 et son commentaire.
3. Établir la chronologie des expériences menées et des découvertes réalisées par Stark et par Lo Surdo. Est-ce que l'on peut parler de la simultanéité et de l'indépendance d'une de leurs expériences majeures?
4. Résumer les hommages rendus à Johannes Stark et à Antonino Lo Surdo. Commenter.
5. La découverte scientifique, est-elle politique ou apolitique? Argumenter pour et contre.
6. Doit la moralité influencer les hommages rendus aux scientifiques? Argumenter votre avis.

ANNEXE

Feuille de réponse à rendre avec la copie

Questions de cours

Cadre pour le diagramme énergétique



Škola

Jméno

Třída