

**MATURITA DES SECTIONS BILINGUES
FRANCO-TCHÈQUES**

EXAMEN DE MATURITA BILINGUE BLANCHE

Année scolaire 2020/2021

Session de mars 2021

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.

L'annexe de 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..... | Physique nucléaire |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Circuit RC |
| 3. Problème..... | Un flipper ou machine à boules |
| 4. Étude des documents..... | La pince optique |

Questions de cours : Physique nucléaire

1. Définir le terme : les isotopes.
2. Que représente l'énergie de liaison d'un noyau? Donner l'expression de cette énergie pour le noyau A_ZX en fonction de la masse du proton m_p , de la masse du neutron m_n , de la masse du noyau de X au repos m_X , de A, de Z et de la célérité de la lumière dans le vide c .
3. Représenter sur un schéma l'allure de la courbe d'Aston.
4. Où se trouvent sur cette courbe les noyaux les plus stables?
5. Donner les lois de conservation lors des transformations (ou réactions) nucléaires, ainsi que le nom commun pour ces lois.
6. Écrire l'équation bilan des transformations radioactives d'un noyau A_ZX pour la radioactivité α . Nommer les particules obtenues.
7. Écrire l'équation bilan des transformations radioactives d'un noyau A_ZX pour la radioactivité β^+ . Nommer les particules obtenues.
8. À partir de la loi de décroissance radioactive, établir l'expression de la demi-vie radioactive en fonction de la constante radioactive.
9. Définir la réaction et les conditions de fusion nucléaire.
10. Décrire brièvement ce qu'est une réaction en chaîne. Citer une application.

Exercice à caractère expérimental : Circuit RC

On se propose d'étudier la charge d'un condensateur.

Un générateur de tension, de force électromotrice E , alimente un conducteur ohmique de résistance $R = 10 \Omega$ et un condensateur de capacité $C = 155 \mu\text{F}$, associés en série. Le circuit peut être fermé ou ouvert à l'aide d'un interrupteur K monté en série. Un oscilloscope à mémoire permet de visualiser la tension u_C aux bornes du condensateur en fonction de temps.

1. Dessiner le schéma du circuit et y représenter par des flèches la force électromotrice E , la tension aux bornes du condensateur $u_C(t)$, la tension aux bornes du conducteur ohmique $u_R(t)$ et le courant électrique $i(t)$.
2. Ajouter dans le schéma du circuit les branchements de l'oscilloscope pour que nous puissions visualiser la tension aux bornes du condensateur.
3. L'écran de l'oscilloscope est représenté sur la figure de l'**Annexe**. Interpréter le phénomène observé.
4. A l'aide de la courbe du graphe en **Annexe** déterminer la date t_{exp} à partir de laquelle on peut considérer que la tension $u_C(t)$ est constante. Représenter sur la courbe en **Annexe** le régime permanent et le régime transitoire.
5. En déduire la valeur de la force électromotrice E .
6. En utilisant la courbe en **Annexe**, déterminer la valeur expérimentale de la constante de temps τ_{exp} .
7. Calculer la valeur théorique de la constante de temps $\tau_{\text{the}} = RC$.
8. Faut-il augmenter ou diminuer la valeur de R pour charger le condensateur plus rapidement ? Justifier la réponse.
9. Calculer l'écart absolu et l'écart relatif de la valeur expérimentale τ_{exp} par rapport à la valeur théorique τ_{the} .

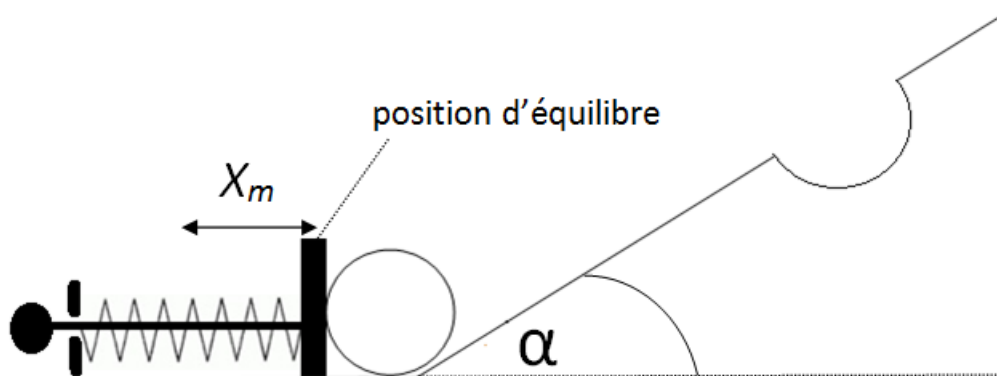
Problème : Un flipper ou machine à boules

Un flipper est un jeu mécanique dont le principe est de diriger une bille métallique sur un plateau vers un trou.

Sur un flipper, on lance une bille de masse m à l'aide d'un ressort comprimé de raideur k . Après le lancer la bille quitte le ressort et roule suivant une trajectoire rectiligne faisant un angle α avec l'horizontale. On néglige les forces de frottements pendant et après la phase de lancer.

Données : $m = 150 \text{ g}$, $k = 40 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$, $\alpha = 10^\circ$, $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$

Pendant la phase de lancer, on considère que l'énergie potentielle de pesanteur est nulle. Le système est initialement au repos et le ressort comprimé avec $x_m = 80 \text{ mm}$ par rapport à sa position d'équilibre.



1. Quels sont les transferts énergétiques mis en jeu durant le lancer ?
2. Donner les expressions de l'énergie mécanique $E_{m,B}$ de la bille et de l'énergie mécanique $E_{m,R}$ du ressort.
3. Vérifier avec les données de l'énoncé que la valeur de la vitesse de la bille à l'instant où elle quitte le ressort est égale à $1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Après la phase de lancer, le ressort reste immobile et la bille roule sur le plateau. La bille parcourt une distance d entre l'instant où elle quitte le ressort et l'instant où elle s'arrête. On prendra l'origine des altitudes à l'instant où la bille quitte le ressort.

4. Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur la bille qui roule sur le plan incliné et les représenter sur un schéma.
5. Donner les caractéristiques de ces forces.
6. Préciser si le travail de l'une de ces forces est nul. Justifier.
7. Donner l'expression de l'énergie mécanique de la bille durant le parcours. Quelle est l'évolution de l'énergie mécanique ?
8. Calculer la distance d .
9. Est-ce que la bille peut tomber dans le trou qui se trouve à la distance de $0,45 \text{ m}$ de l'endroit où elle quitte le ressort ? Justifier votre réponse.

Etude des documents : La pince optique

Soupçonné dès le XVII^{ème} siècle avec les observations des queues de comètes toujours orientées face au soleil par Kepler, puis les travaux de Maxwell et une première démonstration expérimentale par Lebedev au XIX^{ème} siècle, le fait que la lumière exerce des forces sur la matière, et donc sur des objets est désormais bien établi, mais, considérées comme trop faibles pour être exploitables, ces forces sont restées une simple curiosité jusqu'à l'invention d'une source lumineuse puissante – du laser dans les années 60 du XX^{ème} siècle. Dès lors, l'évolution fut rapide et continue grâce aux travaux dans lesquels le nom d'Arthur Ashkin revient souvent : les premières réalisations dans les années 70 du XX^{ème} siècle de pièges optiques à l'aide de deux faisceaux contre-propageant, premières expériences de lévitation optique de microsphères, première pince optique stable à l'aide d'un faisceau laser unique fortement focalisé par un objectif à grande ouverture numérique créant une force optique de gradient en 1986. C'est cette date qu'il convient de garder comme « date de naissance » de la pince optique telle que nous l'exposons dans le présent article et dont nous évoquerons les nombreuses applications.

Principe de la pince optique

La figure 1a) illustre schématiquement les éléments essentiels pour construire une pince optique. Ces éléments précisés sur la figure 1b) sont : un faisceau laser, un objectif de microscope à grande ouverture numérique, un échantillon contenant les objets à manipuler et un dispositif de visualisation. L'ouverture numérique (ON) est une caractéristique essentielle d'un objectif qui dépend de l'indice de réfraction du milieu interposé entre l'objet et la face d'entrée de l'objectif et de l'angle formé par trois points particuliers : le centre de la lentille, le foyer objet de la lentille et le bord de la lentille. Plus cet angle sera grand, meilleures seront la luminosité (plus de rayons lumineux se trouvent collectés) et la résolution. Le principe physique de la pince optique générée par la focalisation d'un faisceau laser est illustré à la figure 1c). Pour rendre compte des forces générées au niveau du piège optique, il faut s'appuyer sur la théorie généralisée de Lorenz-Mie qui décrit la diffusion de la lumière par un objet de forme quelconque. En pratique, on distingue deux cas limites selon que la taille de l'objet, ici une bille diélectrique sphérique, a des dimensions plus grandes ou plus petites que la longueur d'onde de la lumière de piégeage. Pour les fins d'illustration, nous nous limiterons au cas où l'optique géométrique conserve sa validité. Les microbilles sont des particules sphériques diélectriques transparentes à la lumière incidente et dont l'indice de réfraction est supérieur à celui du milieu ambiant (généralement de l'eau). Les rayons réfléchis contribuent à la force de diffusion qui pousse l'objet dans la direction du faisceau laser, mais les faisceaux réfractés incidents sous un angle élevé vont « prendre la bille par la taille » et la maintenir au voisinage du point de focalisation, là où l'intensité lumineuse est la plus forte, grâce aux forces de gradient. Le piège est stable dès lors que les forces de gradient surpassent les forces de diffusion.

Quelques applications des pinces optiques

Les applications des pinces optiques sont très importantes, notamment en biologie : ces pinces s'intègrent facilement dans des systèmes d'imagerie microscopique auxquels elles ajoutent la capacité de manipulation et de contrôle des objets observés. Elles ont l'avantage d'être très flexibles et facilement modulables et programmables, notamment par le recours à l'holographie numérique qui permet de multiplexer le faisceau laser en plusieurs pièges pour manipuler simultanément plusieurs particules. La résolution spatiale est excellente (100 nm à 100 μm). Pour les applications biologiques, les lasers recommandés opèrent dans le proche infrarouge, entre 800 et 1064 nm, sous des puissances modérées. Ils sont non-invasifs et évidemment stériles, ce qui signifie que leurs effets thermiques ou biologiques sur des cellules vivantes sont quasi nuls. L'autre champ d'application concerne les nano et micro technologies avec particulièrement le contrôle tout optique de dispositifs mécaniques tels que micropompes ou micromoteurs.

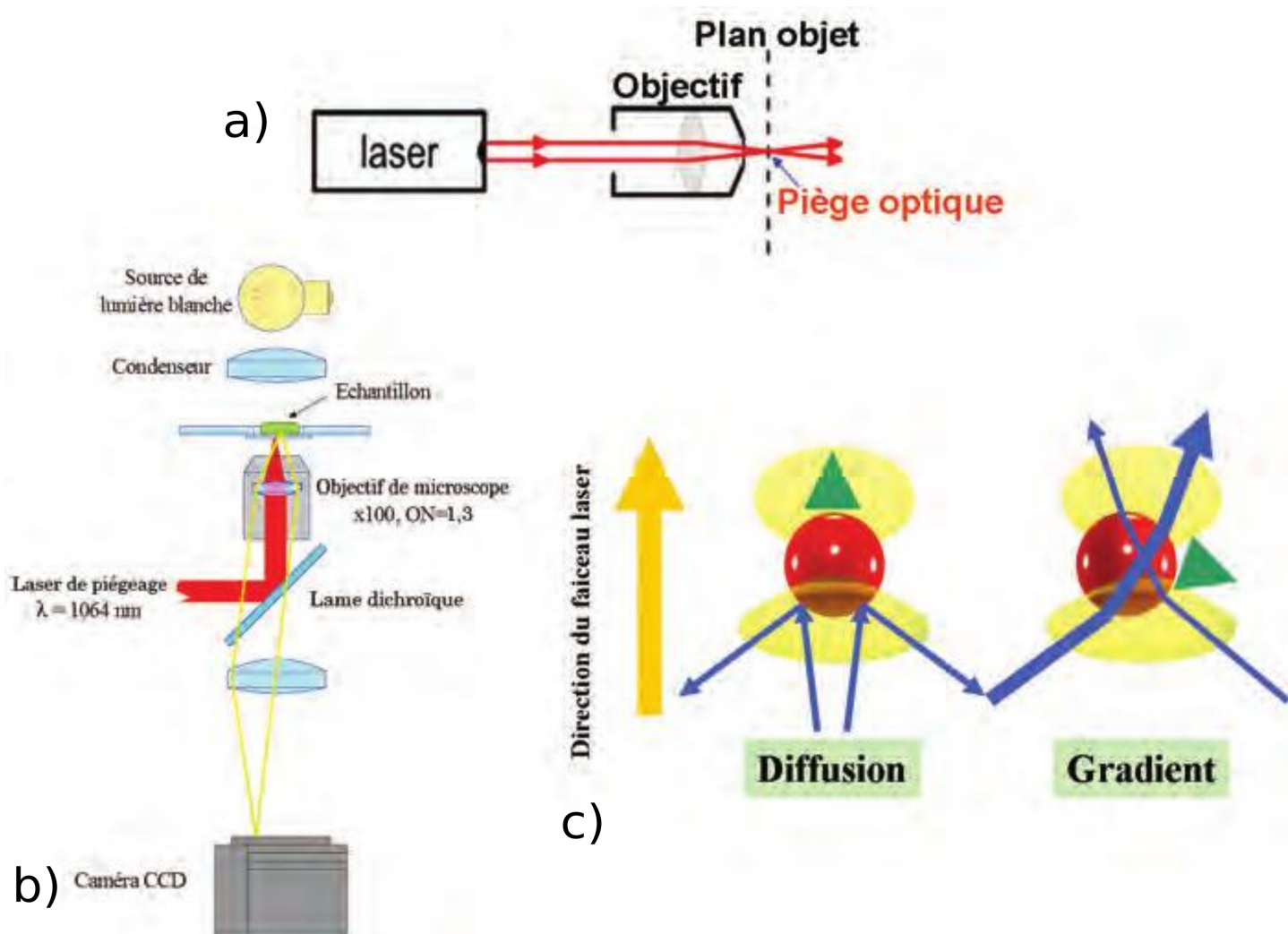


FIGURE 1 – Principe de la pince optique.

D'après l'article La pince optique - Jean-Pierre Galaup, *Photoniques*, 66 (2013) 45-49

1. Qu'est-ce qu'une «force optique» et comment se manifeste-t-elle ?
2. Quelle date est connue comme «date de naissance» de la pince optique ?
3. Nommer trois éléments essentiels pour la construction de la pince optique.
4. Décrire l'action des rayons lumineux sur les mouvements de la microbille.
5. Donner deux avantages spécifiques pour la biologie de l'utilisation de la pince optique adaptée à ce domaine de la science ?

ANNEXE

Feuille de réponse à rendre avec la copie

Škola _____
Jméno _____
Třída _____

Exercice à caractère expérimental : Circuit RC – graphe

