

# EXAMEN DE MATURITA BLANCHE

## DES SECTIONS BILINGUES

### FRANCO-TCHEQUES

Année scolaire 2017 – 2018

Session de mars 2018

---

### EPREUVE DE PHYSIQUE

Durée 3h

---

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.....                | Mouvement circulaire des satellites |
| 2. Exercice à caractère expérimental..... | Expérience de diffraction           |
| 3. Problème.....                          | Réactions de l'uranium              |
| 4. Etude de document.....                 | Sa majesté le neutron               |
| 5. Questionnaire à choix multiple.....    | Optique                             |



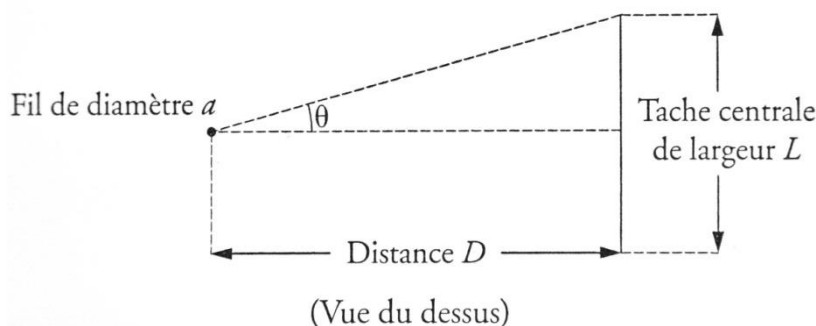
**Exercice à caractère expérimental****Une expérience de diffraction. Détermination expérimentale de la longueur d'onde d'une radiation monochromatique**

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . A quelques centimètres du laser, on place successivement des fils verticaux de diamètres connus. On désigne par  $a$  le diamètre d'un fil.

La figure de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 1,60$  m des fils.

Pour chacun des fils, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale.

A partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté (voir figure ci-après).



- Donner la relation entre  $L$  et  $D$  qui permette de calculer  $\theta$ .  
Rappel : si l'angle  $\theta$  est petit,  $\theta$  étant exprimé en radian, on a la relation :  $\tan \theta \approx \theta$ .
- La relation liant  $\theta$ ,  $\lambda$ , et  $a$  est  $\theta \approx \frac{\lambda}{a}$ . Préciser les unités de  $\theta$ ,  $\lambda$ , et  $a$ .

On réalise plusieurs diffractions pour des fils de différents diamètres. Les valeurs des écarts angulaires  $\theta$  obtenus sont contenues dans le tableau ci-dessous :

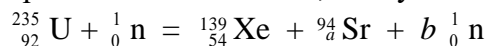
Diamètre du fil en $\mu\text{m}$	100	80	57	40	25	20
Ecart angulaire en $1 \cdot 10^{-2}$ rad	0,60	0,77	0,90	1,40	2,25	2,75

- Tracer la courbe  $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ . Montrer que la courbe est en accord avec l'expression de  $\theta$ .
- Comment, à partir de la courbe obtenue à la question 3, peut-on déterminer la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière monochromatique utilisée ? Détailler les calculs, la valeur expérimentale de  $\lambda$ .
- On veut évaluer la précision des mesures. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  pour chaque mesure. En déduire l'erreur maximale sur la valeur de  $\lambda$ . Calculer alors l'erreur relative de ces mesures.
- On réalise la diffraction de la lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$  calculée plus haut par un cheveu de diamètre inconnu. La largeur  $L$  de la tache de diffraction obtenue vaut 65 mm. Déterminer le diamètre du cheveu en utilisant la courbe et par le calcul à l'aide de la formule  $\theta \approx \frac{\lambda}{a}$ .
- Si l'on envisageait de réaliser la même étude expérimentale en utilisant une lumière blanche qu'observerait-on ?

**Problème****Réactions de l'uranium**

Un réacteur de centrale nucléaire fonctionne à l'uranium enrichi composé de 3 % d'uranium 235 fissile et de 97 % d'uranium 238 non fissile.

1. Par capture d'un neutron lent, le noyau d'uranium 235 subit la fission suivante:



- Calculer  $a$  et  $b$  pour équilibrer cette équation nucléaire.
- Préciser les lois utilisées.
- Que représentent les nombres 92 et 235 ?
- Les différentes fissions qui se produisent dans le coeur de réacteur conduisent-elles toutes aux substances Xe et Sr ?

2. La fission de la question 1 produit de l'énergie.

- A quoi est due cette énergie libérée ?
- Calculer l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235. Exprimer cette énergie en joules et en mégaelectronvolts.
- Quelle serait l'énergie exprimée en joules fournie par la fission d'une mole de noyaux d'uranium 235 ?

3. On considère que chaque fission d'un noyau d'uranium 235 libère en moyenne 200 MeV. 30 % de cette énergie est transformée en énergie électrique.

- Sachant qu'une centrale électrique possède une puissance de 1 350 MW, calculer le nombre de fissions qui ont lieu par seconde.
- Calculer en kg, la consommation journalière de l'uranium 235 dans cette centrale.

4. L'uranium 238 non fissile se transforme par capture d'un neutron en un noyau radioactif. Ce noyau radioactif subit deux désintégrations  $\beta^-$  pour arriver à un noyau fissile.

- Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire. Quel est le nouveau noyau formé?
- Ecrire les équations représentant les désintégrations et identifier les noyaux formés.
- Sachant que la demi-vie de l'uranium 239 est  $T(^{239}\text{U}) = 23$  min, au bout de combien de temps, 99 % de l'uranium 239 est-il désintégré ?

**Données :**

Eléments	neutron	uranium 235	xénon 139	strontium 94
Masse (en u)	1,0087	235,0134	138,8882	93,8946

Elément	thorium	protactinium	uranium	neptunium	plutonium
symbole	Th	Pa	U	Np	Pu
Numéro atomique	90	91	92	93	94

Célérité de la lumière :  $c = 3,00 \cdot 10^8$  m/s ;

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup> ;

Charge élémentaire :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19}$  J ;

Unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$  kg.

## Etude de document

### Sa majesté le neutron

[...] L'explosion d'un noyau formé à la suite de la capture d'un neutron est appelée la «fission». Elle se traduit par l'émission de deux noyaux plus légers et de plusieurs neutrons qui vont à leur tour entrer en collision avec les noyaux du milieu et se ralentir ou encore donner lieu à de nouvelles fissions.

Les noyaux de fission sont en général très instables. Près de quatre cents sont identifiés mais ne se trouvent évidemment pas dans la nature, car ils sont trop riches en neutrons par rapport aux protons pour des noyaux de cette masse. [...]

Les quelques dix secondes de répit données par les neutrons retardés permettent d'introduire un élément de sécurité essentiel des réacteurs : des barres de réglage et de sécurité que l'on peut introduire rapidement dans le cœur fissile du réacteur et qui contiennent des atomes absorbant une quantité suffisante de neutrons pour que le facteur de multiplication reste inférieur à 1. Lorsqu'on les retire partiellement du réacteur, elles n'absorbent plus les neutrons de façon aussi importante, de sorte que le «flux de neutrons», c'est-à-dire le nombre de neutrons qui, chaque seconde, traversent un centimètre carré d'une aire imaginaire au centre du réacteur, et la puissance du réacteur augmentent continuellement [...].

Au cours du temps, en raison des transmutations et des désintégrations, la composition chimique du cœur d'un réacteur évolue. C'est ainsi que l'uranium-238, qui agit comme un piège à neutrons, se transforme en plutonium-239 qui est aussi actif pour produire de l'énergie que l'uranium-235, et qui finit par apporter une contribution notable à l'énergie fournie par le réacteur.

Mais certains produits de fission, dont la quantité dans le réacteur varie au cours du temps, peuvent être de véritables poisons pour le réacteur. Il en est ainsi du xénon-135, dont la section efficace de capture des neutrons lents est colossale. Il n'est pas produit directement mais provient de la désintégration d'un produit direct de fission, l'iode-135, de sorte que, si l'on arrête un réacteur de grande puissance pendant plusieurs heures, avec des barres de contrôle, la quantité de xénon-135 augmente tellement qu'on ne peut plus le faire redémarrer, même si on les retire totalement. Il suffit cependant d'attendre une journée, car, par chance, la vie moyenne du xénon-135 n'est que de huit heures. Par contre, en fonctionnement normal, à haute puissance, le xénon-135 est brûlé aussi rapidement qu'il est créé, car il est transmuté par l'absorption de neutrons rapides, si bien qu'il n'est toujours présent qu'en petite quantité. Dans un grand réacteur, on peut avoir des «vagues» de xénon qui empoisonnent épisodiquement des portions du réacteur. [...]

(Extrait de *Feux follets et champignons nucléaires*  
par G. Charpak et R. L. Garwin, éd. Odile Jacob, 2000)

#### Questions

- 1) D'où viennent les neutrons utilisés pour la fission de l'uranium 235 ? En déduire une caractéristique des réactions de fission ?
- 2) Pourquoi les noyaux de fission sont-ils instables ? Comment appelle-t-on les réactions que subissent ces noyaux ?
- 3) A quoi servent les barres de réglage dans un réacteur nucléaire ? De quoi sont elles composées ?
- 4) Donner l'unité du flux de neutrons. Justifier en citant les parties du texte qui vous permettent de répondre.
- 5) D'après le texte, quels composés permettent de produire de l'énergie.
- 6) Dans quelle condition de fonctionnement le xénon-135 devient un « poison » dans le réacteur ?
- 7) En cas de présence d'un poison dans un réacteur, quelle grandeur physique est affectée ? Dans quel sens.
- 8) Quel est le nom officiel de la grandeur physique que l'auteur appelle «vie moyenne» ? Qu'est-ce qu'elle exprime exactement ?
- 9) Pourquoi, lorsqu'on arrête la fission, le xénon-135 ne disparaît-il pas immédiatement ? Donner deux raisons.

## Questionnaire à choix multiple : Optique

Les questions qui suivent n'admettent **qu'une seule réponse correcte**. Aucune justification n'est demandée. Parmi les propositions, référencées a, b, c, d et e, **cocher l'unique bonne réponse dans la grille fournie page 9**. Cette grille devra être rendue avec votre copie.

Exemple :

0. Albert Einstein était:            a) un chanteur de jazz  
    b) un peintre  
    c) un physicien  
    d) un dentiste

Ecrire, comme dans l'exemple suivant, sur la copie prévue à cet effet page 9 :

0-	a b c d
	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

En cas d'erreur, barrez les 4 cases et noter à côté la bonne réponse, comme dans l'exemple suivant :

0-	a b c d	
	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	0c

1- L'image d'un objet placé entre une lentille convergente et son foyer objet est :

- a) virtuelle et plus petite,  
 b) virtuelle et agrandie,  
 c) réelle et plus petite,  
 d) réelle et agrandie.

2- L'optique géométrique ne permet pas d'expliquer :

- a) la réfraction,  
 b) la réflexion,  
 c) la diffraction,  
 d) la formation d'une image par une lentille.

3- La vitesse de propagation de la lumière dans un matériau est de  $2,4 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Quel est l'indice de réfraction d'un tel milieu?

- a)  $n = 1$   
 b)  $n = 1,25$   
 c)  $n = 1,33$   
 d)  $n = 1,5$

4- La distance focale d'une lentille mince de vergence de  $5 \delta$  vaut :

- a)  $f' = 20 \text{ cm}$ ,  
 b)  $f' = 5 \text{ cm}$ ,  
 c)  $f' = 1/5 \text{ cm}$ ,  
 d)  $f' = 0,5 \text{ cm}$ .

5- Les interférences de la lumière prouvent son caractère :

- a) géométrique,  
 b) électromagnétique,  
 c) ondulatoire,  
 d) corpusculaire.

6- On réalise un dispositif des fentes de Young avec «  $a$  » la distance entre les deux fentes, «  $D$  » la distance entre l'écran et les fentes et «  $d$  » la distance entre deux franges brillantes sur l'écran. Quelle est l'expression de la longueur d'onde ?

- a)  $\frac{ad}{D}$ ,                      b)  $\frac{a}{Dd}$ ,                      c)  $\frac{D}{ad}$ ,                      d)  $\frac{d}{Da}$ .

- 7- La lumière est diffractée par un trou. On augmente légèrement le diamètre du trou. L'écart angulaire de la diffraction :
- augmente,
  - devient nul,
  - reste constant,
  - diminue.
- 8- La lumière est diffractée par un trou. On augmente la longueur d'onde. L'écart angulaire de la diffraction :
- augmente,
  - diminue,
  - reste constant,
  - devient nul.
- 9- L'image de diffraction sur un trou circulaire :
- est un ensemble de petits points,
  - est un ensemble de franges,
  - est un rectangle,
  - est un disque entouré par des anneaux.
- 10- La lumière passe d'un milieu matériel à un autre. Elle change alors :
- sa fréquence,
  - sa longueur d'onde,
  - sa fréquence et sa longueur d'onde,
  - son énergie et sa longueur d'onde.
- 11- La dispersion de la lumière blanche par un prisme est due à la dépendance de l'indice de réfraction du verre à la longueur d'onde de la lumière. Laquelle de ces affirmations est correcte :
- Le rayon rouge se réfracte moins que le rayon violet,
  - Le rayon jaune a le même indice de réfraction que le rayon rouge,
  - Le rayon bleu ne se réfracte pas sur le verre,
  - Le rayon bleu se réfracte autant que le rayon jaune.
- 12- L'énergie d'un photon dépend :
- de l'intensité de sa source,
  - du milieu matériel dans lequel il se propage,
  - de sa vitesse de propagation,
  - de sa fréquence.
- 13- L'énergie d'un électron dans un atome d'hydrogène est donnée par l'expression :
- $E = 13,6/n^2$  eV,
  - $E = -13,6/n^2$  eV,
  - $E = 13,6/n$  eV,
  - $E = -13,6/n$  eV.
- 14- La vitesse maximale des électrons émis par un métal sous l'impact d'une lumière monochromatique dépend :
- de l'énergie des photons et du type de métal,
  - de la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu optique qui entoure le métal,
  - du nombre de photons arrivant sur le métal et du type de métal,
  - de l'énergie totale de la lumière arrivant sur le métal et du type de métal.
- 15- Le rayon lumineux se propage dans un milieu matériel dont l'indice de réfraction est  $n_1$ . Il arrive sur un dioptre avec un autre milieu d'indice de réfraction  $n_2$ . Pour que la réflexion totale soit possible, il faut que :
- $n_1 = n_2$ ,
  - $n_1 < n_2$ ,
  - $n_1 > n_2$ ,
  - $n_1 = 1$ .

**Questionnaire à choix multiples**  
**Optique**

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"/>