

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

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE**

Année scolaire 2014/2015

Session de mai 2015

**ÉPREUVE 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 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 feuille de réponse du questionnaire à choix multiples, page 9, et l'annexe, page 10, sont 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.

---

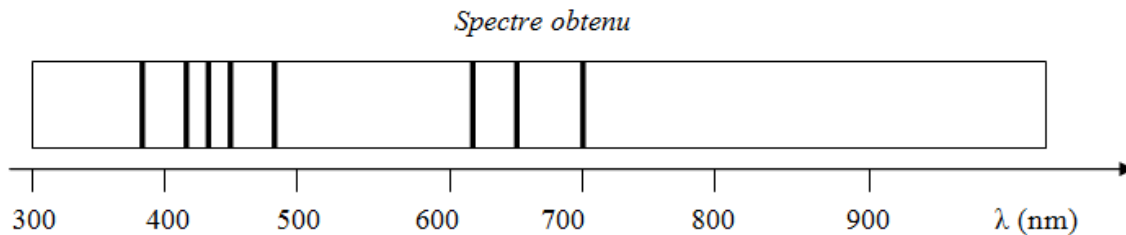
**Plan du sujet :**

- |                                          |                                                 |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. Questions de cours.....               | Nature corpusculaire de la lumière              |
| 2. Exercice à caractère expérimental.... | Mesure du coefficient de frottement             |
| 3. Problème.....                         | Oscillations d'un circuit (L, C) idéal          |
| 4. Étude de document.....                | Particules élémentaires ?                       |
| 5. Questionnaire à choix multiples.....  | Champs de gravitation, électrique et magnétique |

## Question de cours

### Nature corpusculaire de la lumière

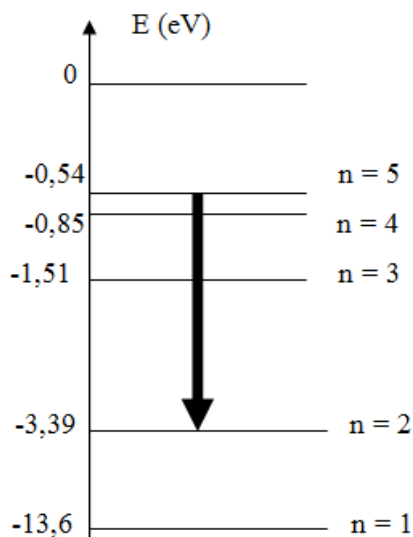
1. Citer deux phénomènes prouvant la nature corpusculaire de la lumière.
2. Comment s'appellent les particules de la lumière ?
3. Donner les caractéristiques (charge, masse, vitesse) de ces particules.
4. On donne une partie d'un spectre obtenu par les astronomes.



Sur l'annexe, page 10, indiquer sous ce spectre, le domaine visible et les domaines des rayonnements infrarouges et ultraviolets.

5. On donne le diagramme des niveaux d'énergie d'un des éléments mis en évidence par le spectre obtenu ci-dessus.

Une transition correspondant à l'une des raies de ce spectre y est représentée par une flèche.



- a. La raie correspondante est-elle une raie d'émission ou d'absorption ? Justifier.
- b. Donner l'expression de l'énergie échangée entre l'atome et le milieu extérieur de cette transition. On notera la fréquence  $\nu$  de la radiation correspondante.
- c. Donner la relation entre la longueur d'onde  $\lambda$  de cette radiation et sa fréquence  $\nu$  dans le vide.
- d. Déterminer à partir du diagramme la valeur  $|\Delta E|$  et la convertir en joules.
- e. Calculer la valeur de la longueur d'onde correspondant à cette transition et indiquer par la lettre R sur l'annexe, page 10, la raie de l'élément mis en évidence.
- f. La longueur d'onde correspondant à la transition du niveau 4 au niveau 2 est-elle plus grande ou plus petite que celle correspondant à la transition précédente? Justifier.
- g. L'atome peut-il interagir avec n'importe quel photon ? Justifier.
- h. A quoi correspondent les niveaux avec les énergies  $-13,6$  eV et  $0$  eV ?
- i. Citer deux applications des spectres.

**Données :**  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ; Constante de Planck  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ .

## Exercice à caractère expérimental

### Mesure du coefficient de frottement

Le coefficient de frottement  $k$  est la constante de proportionnalité entre la valeur de la réaction normale du support  $\vec{R}_N$  et la valeur de la force de frottement  $\vec{f}$ , de sorte que  $f = k \cdot R_N$ .  
On prendra  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

#### Expérience 1 – plan horizontal.

Sur une planche de bois horizontale, on met un cube de bois de masse  $m = 200 \text{ g}$ , muni d'un crochet. On y accroche un dynamomètre et, celui-ci étant horizontal, on tire le cube par un mouvement rectiligne et uniforme. On note la valeur de la tension  $\vec{T}$  affichée par le dynamomètre.

1. Faire un schéma de l'expérience et le bilan des forces appliquées au cube lors de son mouvement rectiligne uniforme.
2. Pourquoi le dynamomètre doit-il être tenu horizontalement ? Qu'est-ce que cela implique pour les valeurs des forces ?
3. Quelle est l'unité de  $k$  ? Justifier.
4. En répétant la mesure, on obtient le tableau suivant :

n° de mesure	1	2	3	4	5
$T$ [N]	0,72	0,77	0,79	0,69	0,75
$R_N$ [N]					
$f$ [N]					
$k$					

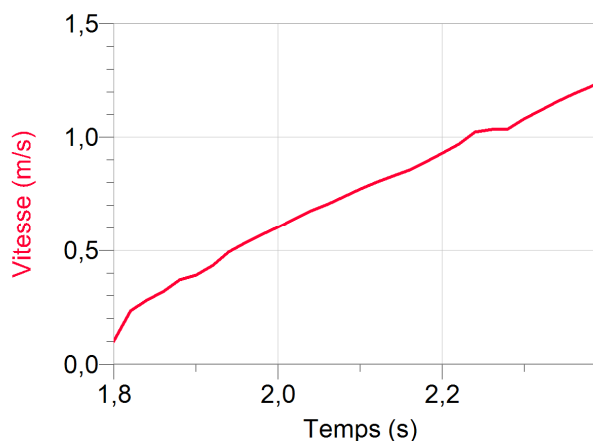
Recopier le tableau et remplir les 3<sup>ème</sup>, 4<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup> lignes.

5. Calculer la valeur moyenne  $k_1$  du coefficient de frottement.

#### Expérience 2 – plan incliné.

Le cube de l'expérience précédente, sans dynamomètre, repose maintenant sur la planche que l'on soulève d'un côté. La planche faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontale, le cube précédent glisse vers le bas. Avec un sonar, on enregistre sa vitesse – voir le graphe.

6. Déterminer graphiquement l'accélération  $a$  du cube en indiquant dans votre copie les valeurs lues dans le graphe et les étapes du calcul.
7. Refaire le bilan des forces et, utilisant la 2<sup>ème</sup> loi de Newton, calculer la nouvelle valeur  $k_2$  du coefficient de frottement.
8. Calculer l'écart absolu  $\Delta k$  et l'écart relatif  $\delta k$  de  $k_2$  par rapport à  $k_1$ .
9. Conclure à partir des assertions suivantes :



- si  $\delta k < 2 \%$ , les deux expériences se sont excellentement passées.
- si  $2 \% < \delta k < 5 \%$ , les deux expériences se sont passées correctement, aux erreurs expérimentales près.
- si  $\delta k > 5 \%$ , au moins l'une des deux expériences ne s'est pas déroulée comme prévu.

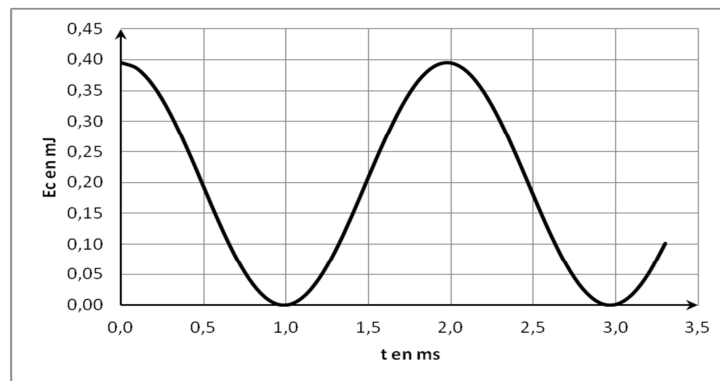
## Problème

### Oscillations d'un circuit (L, C) idéal

Un condensateur de capacité  $C$ , initialement chargé sous une tension maximale  $U_{\max}$  est placé en série avec une bobine d'inductance  $L$ , de résistance négligeable et avec un interrupteur  $K$ .

À la date  $t = 0$ , on ferme l'interrupteur  $K$ .

1.
  - a. Schématiser le circuit.
  - b. Représenter sur le schéma, l'intensité  $i$ , puis les tensions aux bornes de l'inductance  $u_L$  et aux bornes du condensateur  $u_C$  (on utilisera dans les deux cas la convention récepteur).
  - c. Quelle relation existe-il entre  $u_L$  et  $u_C$  ? Nommer la loi utilisée.
  - d. Quelle relation relie  $q$  et  $i$  ?
  - e. En déduire l'équation différentielle donnant les variations de la charge  $q$  du condensateur (en fonction de  $t$ ,  $L$  et  $C$ ).
2. Montrer que l'équation horaire  $q = q_m \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$  est une solution de l'équation différentielle  $\frac{q}{L \cdot C} + \frac{d^2 q}{dt^2} = 0$  (établie à la question 1.e.).  
Aide :  $(\cos \alpha)' = -\sin \alpha$  ;  $(\sin \alpha)' = \cos \alpha$



3. La capacité du condensateur est  $C = 22 \mu\text{F}$  et l'inductance de la bobine est  $L = 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ H}$ . Le graphique ci-dessus représente les variations de l'énergie  $E_C$  stockée dans le condensateur.
  - a. Sur l'annexe, page 10, dessiner la courbe représentant les variations de l'énergie  $E_L$  emmagasinée dans la bobine sur le graphique représentant déjà les variations de l'énergie  $E_C$  stockée dans le condensateur.
  - b. Déterminer l'énergie maximale  $E_C \text{ max}$  emmagasinée dans le condensateur au cours des oscillations.
  - c. Calculer la tension maximale  $U_{\max}$  aux bornes du condensateur.
  - d. Déterminer l'énergie maximale  $E_{L \text{ max}}$  emmagasinée dans la bobine au cours des oscillations.
  - e. Calculer l'intensité maximale  $I_{\max}$  du courant qui traverse la bobine.
  - f. Déterminer la période  $T$  des variations de l'énergie du condensateur.
4. Pour cet oscillateur idéal (L, C) :
  - a. calculer la période propre  $T_0$  des oscillations.
  - b. comparer la période propre  $T_0$  à la période  $T$  des variations de l'énergie du condensateur.
5. En réalité, la résistance  $r$  de la bobine n'est pas tout à fait négligeable et est égale à  $10 \Omega$ .
  - a. Quelle est la pseudo-période de ce circuit ( $r$ ,  $L$ ,  $C$ ) ?
  - b. Lors de la septième oscillation, la valeur maximale de la tension aux bornes du condensateur est-elle supérieure, égale ou inférieure à la valeur maximale  $U_{\max}$  calculée en 3.c.? Justifier votre réponse.

## Etude de document Particules élémentaires?

Nous ne vous apprendrons rien en vous disant que l'univers est constitué de matière. Vous savez aussi sans doute que cette matière est constituée d'atomes, mot qui signifie littéralement «qui ne peut pas être coupé» : on a longtemps cru que les atomes étaient les plus petits constituants de la matière.

Pourtant, l'atome est composé de particules encore plus petites : il est constitué d'électrons et d'un noyau, qui est lui-même composé de protons et de neutrons.

Mais cela ne s'arrête pas là ! Les neutrons et les protons sont eux-mêmes chacun constitués de trois particules encore plus petites : les quarks. Il existe deux types de quarks différents : des quarks «up» et des quarks «down». Un neutron est constitué de deux quarks down et d'un quark up, tandis qu'un proton est constitué de deux quarks up et d'un quark down.

Comme toutes les particules, les quarks sont caractérisés par trois propriétés importantes :

\*Leur masse (un quark down est par exemple environ deux fois plus « lourd » qu'un quark up).

\*Leur charge électrique (1/3 de la charge d'un électron pour le quark down, -2/3 de la charge d'un électron pour le quark up).

\*Leur « spin » (les particules se comportent en effet dans une certaine mesure comme si elles «tournaient sur elles-mêmes», ce que l'on caractérise par une grandeur appelée «spin»).

Mais les quarks ont en plus de ça une autre propriété étrange, que l'on appelle la «charge de couleur» et qui peut être «verte», «rouge» ou «bleue». Et elle a toute son importance : les trois quarks qui constituent un proton ou un neutron doivent toujours avoir des couleurs différentes.

Les protons et les neutrons sont composés de quarks up et down, que l'on appelle les «quarks de première génération», mais il existe quatre autres types de quarks : «charm», «strange», «top» et «bottom». Les quarks charm et strange sont dits de «deuxième génération» tandis que les quarks top et bottom appartiennent à la «troisième génération». Notez que d'une génération à l'autre, les quarks ne diffèrent que par leur masse : le quark top est plus massif que le quark charm qui est lui-même plus massif que le quark up. De même, les quarks bottom, strange et down ont la même charge électrique et le même spin, mais diffèrent par leur masse.

Nous n'avons jusqu'ici pas dit grand chose sur l'électron mais, comme les quarks, il ne semble pas être constitué de particules plus petites : c'est une particule élémentaire, mais qui appartient à une autre famille que les quarks, celle des leptons.

La différence fondamentale entre les quarks et les leptons vient de leur charge électrique : les quarks portent une charge électrique égale à une fraction de celle de l'électron (un ou deux tiers) tandis que les leptons ont une charge électrique égale à celle de l'électron ou à zéro.

Toute la matière qui nous entoure est composée de quarks et de leptons... mais il existe d'autres particules élémentaires : celles responsables des interactions entre ces particules ! Notre univers est régi par quatre forces fondamentales qui sont dues à des particules élémentaires, appelées bosons de jauge :

\*Le photon est responsable de la force électromagnétique, qui fait que les objets qui portent une charge électrique s'attirent ou se repoussent.

\*Les bosons  $W^+$ ,  $W^-$  et  $Z^0$  sont responsables de l'interaction faible, qui est notamment responsable de la radioactivité  $\beta$ .

\*Le gluon est responsable de l'interaction forte, qui maintient les quarks ensemble à l'intérieur des protons et des neutrons.

\*Le graviton serait responsable de la force gravitationnelle, qui fait que les objets qui ont une masse s'attirent. L'existence du graviton n'a toutefois pas pu être prouvée jusqu'ici.

Le boson de Higgs est une particule élémentaire d'une importance capitale en physique : elle est notamment responsable du fait que certaines particules ont une masse, tandis que d'autres n'en ont pas.

Son existence a été prédite en 1964, mais il a toutefois fallu attendre près de cinquante ans pour que la prédiction soit confirmée. Cette découverte majeure est une confirmation de plus pour le modèle standard de la physique des particules et a valu à François Englert et Peter Higgs le prix Nobel de physique 2013.

En plus de cela, l'existence de beaucoup de particules élémentaires supplémentaires a été proposée, mais n'a jusqu'ici pas encore pu être prouvée ou réfutée.

La physique des particules ne s'arrête donc pas avec la découverte du boson de Higgs: il reste encore énormément de choses à découvrir par les physiciens du futur.

[http://www.vulgarisation-scientifique.com/wiki/Pages/Les\\_particules\\_élémentaires](http://www.vulgarisation-scientifique.com/wiki/Pages/Les_particules_élémentaires)

### **6 points seront attribués à la qualité de l'expression, de la syntaxe et de l'orthographe.**

#### **Questions :**

- 1) Quelles sont les quatre caractéristiques des quarks?
- 2) Donner les quatre interactions fondamentales et les particules responsables de ces interactions.
- 3) Expliquer quels quarks composent un proton et un neutron à l'aide des charges électriques des quarks.
- 4) En quoi le Boson de Higgs est-il une découverte fondamentale?
- 5) Quelle différence y-a-t-il entre les quarks et les leptons? Justifier la réponse.
- 6) Les protons, les neutrons et les électrons sont-ils des particules élémentaires? Justifier la réponse.

## Questionnaire à choix multiples

### Champs de gravitation, électrique et magnétique

Les questions qui suivent n'admettent **qu'une seule réponse correcte**. Aucune justification n'est demandée. Parmi les propositions, référencées a, b, c et d, **cocher l'unique bonne réponse dans la grille fournie page 9**. Cette grille devra rester anonyme et être agrafée avec votre copie. Il n'y a pas de points négatifs pour les mauvaises réponses.

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	0c
	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	

- 
- 1) La force d'interaction gravitationnelle est une force attractive :
    - a) dont la valeur est directement proportionnelle à la distance entre les corps en interaction ;
    - b) dont la valeur est directement proportionnelle aux masses des corps en interaction ;
    - c) qui diminue seize fois lorsque la distance entre les corps diminue quatre fois ;
    - d) qui ne s'exerce pas entre les protons dans le noyau atomique.
  
  - 2) Un satellite géostationnaire est un satellite :
    - a) qui se trouve à une altitude égale au rayon terrestre ;
    - b) qui gravite sur basse orbite car il sert aux observations de la surface de la Terre ;
    - c) qui a la même vitesse angulaire qu'un point placé à la surface de la Terre ;
    - d) qui gravite autour de la Terre avec un sens de rotation opposé à celui de la Terre.
  
  - 3) La vitesse d'un satellite de masse  $m = 1\,400\text{ kg}$  qui se trouve à l'altitude  $h = 1\,400\text{ km}$  par rapport à la surface de la Terre ( $R_T = 6\,378\text{ km}$ ,  $M_T = 6 \cdot 10^{24}\text{ kg}$ , la constante de gravitation  $G = 6,67 \cdot 10^{-11}\text{ S.I.}$ ) est égale à :
    - a)  $7,9\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  ;
    - b)  $7,2\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  ;
    - c)  $3,5\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$  ;
    - d)  $11,2\text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ .

4) La constante de gravitation universelle  $G$  dont on parle dans la question précédente a pour unité S.I.:

- a)  $\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ ;    b)  $\text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;    c)  $\frac{\text{N}}{\text{m}^2\cdot\text{kg}^2}$ ;    d)  $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

5) On dit que la vitesse d'un satellite sur une orbite circulaire ne dépend pas de sa masse. Cela veut dire que :

- a) tous les satellites se déplacent autour de la Terre à la même vitesse (c'est la vitesse de satellisation  $v_s = 7,9 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ;
- b) la mise en orbite d'un satellite demande la même quantité d'énergie pour tous les satellites ;
- c) quelle que soit la masse du satellite, sa vitesse est toujours la même à l'altitude donnée ;
- d) la vitesse d'un satellite qui se trouve à l'altitude  $h$  deux fois plus grande que le rayon de la Terre est deux fois plus petite que celle à l'altitude initiale.

6) Quand on étudie l'interaction électrique, on se rend compte que cette interaction :

- a) assure partout la cohésion de la matière ;
- b) est seulement répulsive, contrairement à l'interaction gravitationnelle qui est seulement attractive ;
- c) est la plus prépondérante à l'échelle microscopique et que l'interaction gravitationnelle est la plus prépondérante à l'échelle macroscopique ;
- d) nous permet d'expliquer le phénomène de la fusion.

7) Les propriétés d'un champ électrique entre les plaques d'un condensateur plan (contenant du vide à l'intérieur) peuvent être décrites :

- a) par le vecteur champ électrique dont la valeur peut être calculée selon la relation :

$$E = \frac{U}{d} ;$$

- b) par le vecteur force électrique dont la valeur peut être calculée selon la relation :

$$F_e = Q \cdot E ;$$

- c) juste par la valeur de la tension  $U$  entre les plaques du condensateur ;
- d) par la tension  $U$  entre les plaques et aussi par les propriétés du milieu d'interaction (permittivité du vide).

8) Dans un accélérateur de particules, on utilise le champ électrique ainsi que le champ magnétique. Choisir la proposition vraie :

- a) Le champ électrique accélère les particules et le champ magnétique, lui, les ralentit.
- b) Le champ magnétique et le champ électrique accélèrent la particule.
- c) Seul le champ magnétique accélère les particules. Le champ électrique sert, lui, à charger les électroaimants très puissants.
- d) Le champ magnétique permet de focaliser le faisceau de particules dans l'accélérateur.

9) Le champ électrique d'une charge ponctuelle positive placée dans le vide est :

- a) nul car pour l'interaction électrique, il faut toujours deux charges ;
- b) centripète ;
- c) uniforme ;
- d) centrifuge.

10) La valeur de la force d'interaction électrique entre deux charges positives de 30 nC, placées dans le vide à la distance de 10 cm, est égale à :

- a)  $8,1 \cdot 10^{-4}$  N ;
- b)  $2,7 \cdot 10^9$  N ;
- c)  $9,0 \cdot 10^{-14}$  N ;
- d)  $8,9 \cdot 10^{-10}$  N.

11) Parmi les sources d'un champ magnétique, on ne trouve pas :

- a) le fil enroulé sur un noyau métallique parcouru par un courant électrique;
- b) le barreau aimanté ;
- c) le condensateur cylindrique ;
- d) les bobines de Helmholtz parcourues par un courant électrique.

12) L'unité de mesure d'un champ magnétique est :

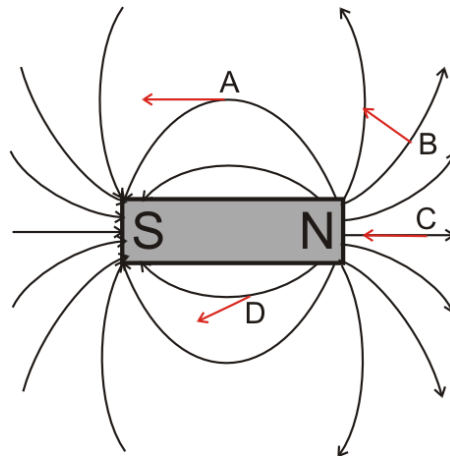
- a) le Tesla (T) ;
- b) le Fermi (F) ;
- c) le  $V \cdot m^{-1}$  ;
- d) le magnetor (Mg).

13) Dans l'expérience d'Oersted, lorsque le fil est parcouru par un courant, l'aiguille aimantée se place :

- a) parallèlement au fil ;
- b) perpendiculairement au fil ;
- c) selon l'axe longitudinal de la bobine ;
- d) n'importe comment.

14) L'une des représentations du vecteur champ magnétique (en rouge) autour d'un aimant droit est correcte. Laquelle ?

- a) au point A ;
- b) au point B ;
- c) au point C ;
- d) au point D.



15) Le grand accélérateur du CERN (LHC) est un synchrotron. C'est un accélérateur qui :

- a) du fait de sa taille énorme (27 km de circonférence) doit synchroniser le mouvement de la particule avec le mouvement de la Terre autour du Soleil ;
- b) synchronise les durées de tours des particules dans l'accélérateur avec le temps ;
- c) accélère les particules par un champ magnétique de 7 T ;
- d) augmente l'intensité du champ magnétique en fonction de la vitesse de la particule accélérée pour la maintenir sur la trajectoire du même rayon.



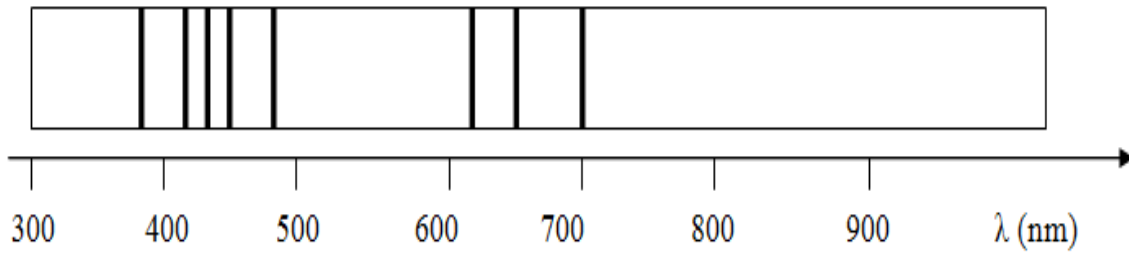
**Questionnaire à choix multiples**  
**Champs de gravitation, électrique et magnétique**

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"/>

## Annexe

### Questions de cours 4 et 5.

*Spectre obtenu*



### Problème.

