

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

**EXAMEN DE MATURITA BILINGUE**

Année scolaire 2013/14  
Session de mai 2014

**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 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.

L'utilisation des calculatrices est autorisée dans les conditions prévues par la réglementation. La feuille de réponse du questionnaire à choix multiple, page 8, est 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.

Les correcteurs tiendront compte des qualités de soin, de rédaction et de présentation.

---

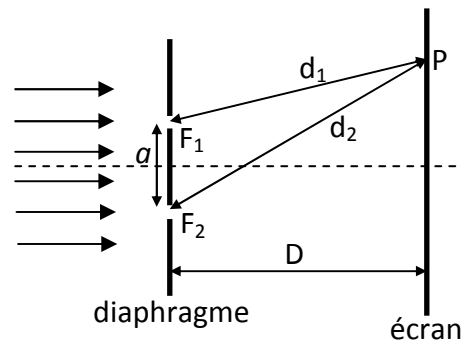
**Plan du sujet :**

- |   |   |
|---|---|
| 1. Questions de cours.....              | Optique ondulatoire                             |
| 2. Exercice à caractère expérimental... | Décroissance radioactive                        |
| 3. Problème.....                        | Eruption volcanique                             |
| 4. Etude de document.....               | IceCube : premiers neutrinos détectés           |
| 5. Questionnaire à choix multiple.....  | Champs de gravitation, électrique et magnétique |

## Questions de cours

### Optique ondulatoire

- 1) La lumière est une onde électromagnétique transversale visible. Expliquez les termes « onde », « onde électromagnétique », « onde transversale », « visible ».
- 2) Longueur d'onde.
  - a) Citez la définition de la longueur d'onde.
  - b) Etablissez la relation mathématique liant la longueur d'onde et la fréquence.
  - c) Donnez l'intervalle des longueurs d'onde dans le vide des ondes électromagnétiques visibles. Déduisez-en l'intervalle des fréquences correspondantes.
- 3) Une lumière arrive sur un diaphragme, percé par deux fentes  $F_1$ ,  $F_2$  parallèles dont la distance est  $a$  (voir la figure ci-contre). Les fentes sont des sources secondaires de la lumière.
  - a) Qu'est-ce que le phénomène d'interférence ?
  - b) Donnez deux conditions sur les sources  $F_1$ ,  $F_2$  pour que les interférences existent sur l'écran.
  - c) Les conditions en b) satisfaites, dessinez ce que l'on observe sur l'écran.
  - d) Avec les grandeurs définies par le schéma, donner la condition mathématique pour que le point P sur l'écran soit un point brillant. Expliquez cette condition avec les ondes issues de  $F_1$  et  $F_2$ .
  - e) Expliquez pourquoi on observe les interférences sur l'écran et non dans l'air devant l'écran.
- 4) Il n'est pas possible de créer un unique rayon lumineux de largeur de 0,01 mm, avec une source puissante de lumière laser et une ouverture de 0,01 mm. Faites un schéma, donnez le nom du phénomène ainsi qu'une interprétation de ce phénomène.



**Exercice à caractère expérimental****Décroissance radioactive**

Le fluor  $^{18}_9\text{F}$  est un isotope radioactif du fluor utilisé en imagerie médicale. Lors d'une procédure appelée marquage isotopique, un groupement hydroxyle (OH) du glucose est remplacé par un atome de fluor 18. Ce traceur radioactif s'accumule préférentiellement dans les cellules cancéreuses, caractérisées par une grande consommation de sucre.

- 1) Le fluor 18 se désintègre avec émission d'une particule  $\beta^+$ . Écrivez l'équation de la désintégration et indiquez les lois de conservation à respecter. On donne un extrait de la classification périodique :

${}_7\text{N}$	${}_8\text{O}$	${}_9\text{F}$	${}_{10}\text{Ne}$	${}_{11}\text{Na}$
----------------	----------------	----------------	--------------------	--------------------

- 2) On détermine expérimentalement à plusieurs dates le rapport des activités du fluor  $A(t)/A_0$ , où  $A(t)$  désigne l'activité de l'échantillon à la date  $t$  et  $A_0$  l'activité à la date  $t = 0$  min.

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous :

$t$ (min)	0	20	40	60	80	100	120
$A(t)/A_0$	1,00	0,88	0,78	0,69	0,60	0,53	0,47
$y = -\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$							

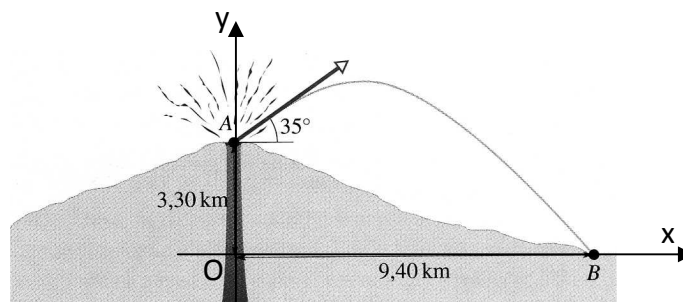
- a) Recopiez et complétez la dernière ligne du tableau.  
 b) Tracez, à une échelle convenablement choisie, la courbe représentative de  $y$  en fonction du temps.  
 c) A partir du graphe, retrouvez la relation entre  $y$  et  $t$ . Déterminez la valeur de la constante  $k$  qui doit intervenir dans votre relation (avec son unité).
- 3) Sachant que  $y = -\ln\left(\frac{A(t)}{A_0}\right)$ , exprimez  $A(t)$  en fonction de  $A_0$ ,  $k$  et  $t$ . Identifiez la grandeur physique correspondant à la constante  $k$ .
- 4) Donnez la définition du temps de demi-vie radioactive  $t_{1/2}$ . Rappelez l'expression de la constante radioactive  $\lambda$  en fonction de demi-vie  $t_{1/2}$ .
- 5) Vérifiez par calcul que la demi-vie  $t_{1/2}$  du fluor 18 vaut 110 minutes.
- 6) Est-ce en accord avec l'application médicale du fluor 18? Justifiez.

## Problème

### Eruption volcanique

Lors d'une éruption, la gorge du volcan (point A situé à 3 300 m d'altitude) projette les pierres avec d'énormes vitesses  $\vec{v}_A$  sous un angle de tir  $\alpha$ .

Dans la suite de l'exercice, on va négliger l'action de l'air sur la pierre. Le champ de pesanteur est uniforme de valeur  $g = 9,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . On travaille dans le référentiel terrestre, supposé galiléen.



- 1) Faire le bilan des forces appliquées à la pierre après la projection.
- 2) En déduire les caractéristiques de l'accélération de la pierre.
- 3) Etablir les équations horaires du mouvement de la pierre dans le repère (Ox, Oy).
- 4) En déduire l'équation et la nature de la trajectoire.
- 5) Une pierre a été lancée sous un angle  $\alpha = 35^\circ$  et retombe au point B, pied du volcan. Le point B est situé à l'altitude 0 m, à 9 400 m de la cheminée du volcan à la même altitude (voir le schéma). Vérifiez par calcul que la vitesse initiale  $v_A$  est voisine de  $260 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Dans la suite du problème, on supposera que  $v_A = 260 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- 6) Combien de temps, la pierre met-elle pour aller du point A au point B ?
- 7) Calculez la vitesse d'impact  $v_B$  au point B.
- 8) Un hélicoptère filme, à une altitude de 4 500 m, le volcan en éruption. Peut-il être touché par cette pierre ? Justifiez la réponse par calcul.

*[adapté d'après Halliday, Resnick, Walker – Méchanika]*

## Etude de document

### **IceCube : premiers neutrinos détectés**

28 neutrinos de très haute énergie ont été détectés par l'expérience IceCube, ouvrant la voie à l'étude des phénomènes astrophysiques énergétiques.

La lumière visible émise par les étoiles a longtemps été la seule source d'information dont disposaient les astronomes pour explorer l'Univers. La palette des messagers du cosmos a depuis été étendue à la partie invisible du spectre électromagnétique (rayons X, infrarouge, etc.), puis aux rayons cosmiques (protons, électrons, antiparticules...). Les astronomes peuvent maintenant ajouter les neutrinos de très haute énergie à leur trousse à outils : l'analyse de deux ans de données de l'expérience IceCube, installée en Antarctique, a révélé 28 neutrinos de très haute énergie (plus de  $10^{15}$  électronvolts). Les chercheurs vont pouvoir ainsi étudier certains phénomènes astrophysiques énergétiques dans l'Univers lointain.

Dans le modèle standard de la physique des particules, les neutrinos forment une famille un peu à part. Ils interagissent très rarement avec la matière ordinaire – des milliards d'entre eux traversent le corps humain chaque seconde –, ils ont une masse plus faible de plusieurs ordres de grandeur que les autres particules connues, et ils « oscillent », c'est-à-dire qu'ils se transforment régulièrement d'une espèce (« saveur ») à une autre. Toutes ces caractéristiques soulèvent des questions théoriques complexes et de nombreuses expériences ont été mises en place pour étudier ces particules fantomatiques difficiles à détecter.

Une autre question est celle de leur origine. Il existe de nombreuses sources de neutrinos : la radioactivité terrestre, les réactions de fusion au cœur du Soleil et la désintégration de rayons cosmiques qui percutent l'atmosphère terrestre sont parmi les plus importantes. Des sources astrophysiques sont aussi connues. Des neutrinos ont par exemple été détectés en provenance de la célèbre supernova 1987A. Comme ces particules interagissent très peu avec la matière, elles se sont échappées des couches internes de l'étoile en train d'exploser avant les photons et sont arrivées sur Terre avec trois heures d'avance.

Les neutrinos détectés par IceCube ont une énergie bien plus élevée que ceux issus des sources précédentes : typiquement un million de fois supérieure à celle des neutrinos de la supernova 1987A. Leur origine n'est pas encore établie, mais pourrait être liée à des phénomènes violents tels que des sursauts gamma, des noyaux actifs de galaxies ou des trous noirs. En étudiant ces neutrinos, les astrophysiciens affineront leur connaissance de ces phénomènes énergétiques.

L'expérience IceCube tire parti de l'épaisse couche de glace de la calotte Antarctique pour observer les neutrinos. Un neutrino qui pénètre dans la glace a une petite probabilité d'interagir avec le milieu. Cette interaction produit alors une particule chargée (par exemple un muon, l'équivalent d'un électron, mais de masse plus importante) à laquelle l'énergie du neutrino est transmise. Si cette particule se déplace plus rapidement que la vitesse de la lumière dans la glace d'eau (environ 230 000 kilomètres par seconde), elle émet un rayonnement dit de Tcherenkov (à l'origine de la lumière bleutée dans le réacteur des centrales nucléaires). IceCube détecte ce rayonnement grâce à 5 160 modules optiques installés sur 86 câbles verticaux pris dans la glace entre 1 500 et 2 500 mètres de profondeur. Un volume total d'un kilomètre cube de glace est ainsi surveillé par ce dispositif pour détecter le passage des neutrinos.

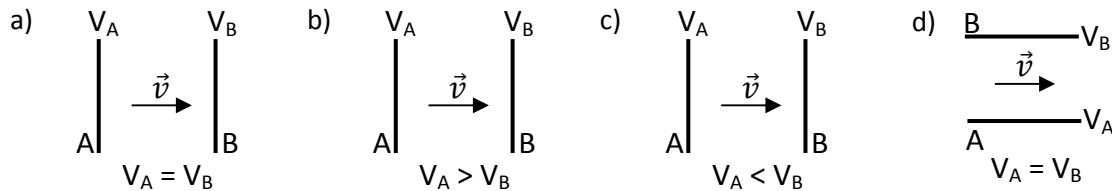
*[d'après Sean Bailly, PourLaScience, 06/12/2013]*

1. Citez trois propriétés du neutrino données dans le texte.
2. Quelles sont les origines certaines des neutrinos ?
3. Pourquoi a-t-on donné le nom de « IceCube » à cette expérience ?
4. Grâce à quel processus IceCube détecte-t-il les neutrinos ? Dans quel domaine du spectre électromagnétique se fait la détection ?
5. D'où proviennent les neutrinos détectés par IceCube et quelle est leur particularité ?
6. En utilisant les informations du texte, indiquez les différents rayonnements du cosmos à la disposition des astrophysiciens pour étudier l'Univers.
7. Dans quelle condition une particule élémentaire émet un rayonnement dit de Tcherenkov ?



7. Deux plaques parallèles, distantes de 5 cm, sont portées, l'une au potentiel +100 V, l'autre à -50 V. L'intensité du champ électrique créé vaut:
- a)  $7,5 \text{ V}\cdot\text{m}$                       b)  $1\,000 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$                       c)  $3\,000 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$                       d)  $2,5 \text{ V}\cdot\text{m}$

8. Dans quel cas l'énergie cinétique de l'électron augmente au cours de la traversée du condensateur



9. Le nombre de protons équivalent à une charge  $Q = 1 \text{ pC}$  est environ égal à:

- a)  $6,25 \cdot 10^6$                       b)  $1,9 \cdot 10^{-6}$                       c)  $6,25 \cdot 10^7$                       d)  $1,9 \cdot 10^7$

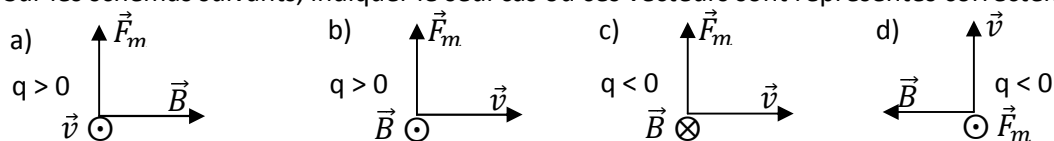
10. Deux particules chargées positivement sont séparées d'une distance  $d$ . Lorsque cette distance est quatre fois plus grande, la force d'interaction électrostatique :

- a) diminue quatre fois                      c) diminue huit fois  
b) augmente quatre fois                      d) diminue seize fois

11. Laquelle de ces grandeurs ne s'exprime pas en newton?

- a) la poussée d'Archimède                      c) la force de Lorentz  
b) le poids                      d) la force électromotrice

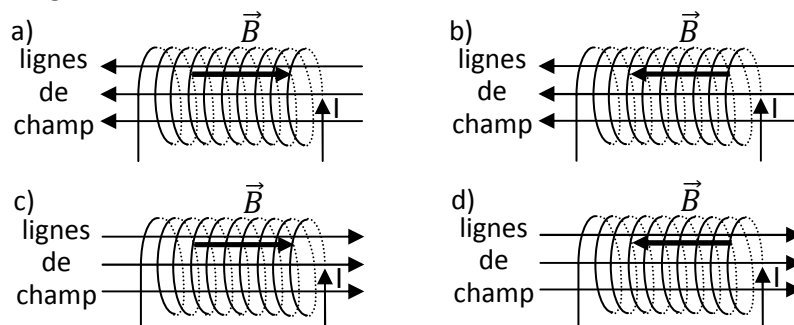
12. Sur les schémas suivants, indiquer le seul cas où ces vecteurs sont représentés correctement.



13. La force magnétique s'appliquant à un proton (masse  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ; charge  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ) dans un champ magnétique uniforme de 20 mT qui a une vitesse de  $6 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  perpendiculaire au champ est:

- a) 0 N                      b) 0,2 N                      c)  $2,0 \cdot 10^{-22} \text{ N}$                       d)  $1,92 \cdot 10^{-14} \text{ N}$

14. Quel est le sens et la direction des lignes de champs et du vecteur champ magnétique à l'intérieur d'une bobine longue? Choisissez le schéma correct.



15. Les trajectoires possibles d'un électron qui se déplace dans un champ magnétique uniforme (l'action de la pesanteur étant négligée) sont:

- a) circulaire ou elliptique                      c) uniquement circulaire uniforme  
b) circulaire, hélicoïdale ou rectiligne                      d) parabolique ou rectiligne

**Questionnaire à choix multiple**

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"/>