CONCOURS D'ADMISSION 2024

FILIERE UNIVERSITAIRE INTERNATIONALE
FORMATION FRANCOPHONE
FUI-FF_ Session 1_Automne

Épreuve n°3

PHYSIQUE

Durée : 3 heures

L'utilisation des calculatrices n'est pas autorisée pour cette épreuve

Le problème comporte 4 exercices indépendants portant sur des situations de différentes parties du programme.

Valeurs numériques de quelques constantes fondamentales :

- Charge élémentaire : e = $1{,}60\cdot10^{-19}$ C
- Célérité de la lumière dans le vide : c = $3{,}0\cdot10^{8}$ $m.s^{-1}$
- Permittivité et perméabilité relative du vide : $\epsilon_0 = \dfrac{1}{36\pi}\cdot 10^{-9}$ USI et $\mu_0 = 4\pi\cdot 10^{-7}$ USI.

Formulaire :

- Dérivée partielle : on considère une fonction de plusieurs variables $f(x,y)$ et on rappelle que la dérivée partielle, par exemple $\dfrac{\partial f}{\partial x}$, de cette fonction est sa dérivée par rapport à l'une de ses variables, ici x, les autres étant gardées constantes.

  Exemple :$f(x,y) = x^2\cos(3y) \longrightarrow \partial f/\partial x = 2x\cos(3y)$ et $\partial f/\partial y = -3x^2\sin(3y)$.

- Intégrale : $\alpha = \displaystyle\int_0^1 \frac{du}{\sqrt{1-u^4}} \sim 1,31.$
- Opérateurs d'analyse vectorielle du premier ordre en coordonnées cartésiennes :

$$\overrightarrow{\text{grad}}(f) = \left(\tfrac{\partial f}{\partial x}, \tfrac{\partial f}{\partial y}, \tfrac{\partial f}{\partial z}\right)$$
$$\text{div}(\overrightarrow{v}) = \tfrac{\partial v_x}{\partial x} + \tfrac{\partial v_y}{\partial y} + \tfrac{\partial v_z}{\partial z}$$
$$\overrightarrow{\text{rot}}(\overrightarrow{v}) = \left(\tfrac{\partial v_z}{\partial y} - \tfrac{\partial v_y}{\partial z}, \tfrac{\partial v_x}{\partial z} - \tfrac{\partial v_z}{\partial x}, \tfrac{\partial v_y}{\partial x} - \tfrac{\partial v_x}{\partial y}\right)$$

- Opérateurs d'analyse vectorielle du premier ordre en coordonnées cylindriques :

$$\vec{\text{grad}}(\text{f}) = \left(\frac{\partial f}{\partial r}, \frac{\partial f}{r\partial\theta}, \frac{\partial f}{\partial z}\right)$$
$$\text{div}(\vec{v}) = \frac{1}{r}\frac{\partial(rv_r)}{\partial r} + \frac{1}{r}\frac{\partial(v_\theta)}{\partial\theta} + \frac{\partial(v_z)}{\partial z}$$

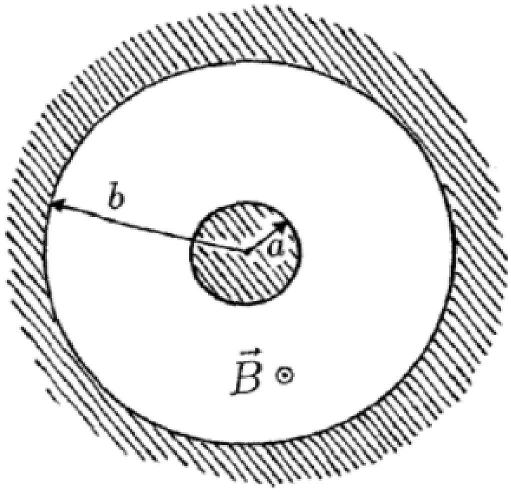
- Opérateurs d'analyse vectorielle du second ordre (Laplaciens) :
  - Laplacien d'un champ scalaire : $\Delta f = \text{div}(\overrightarrow{\text{grad}} f) = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$
  - Expression analytique du Laplacien scalaire de $f(r)$ en coordonnées sphériques : $\Delta f = \frac{1}{r}\frac{d^2}{dr^2}(rf)$
  - Laplacien d'un champ vectoriel : $\overrightarrow{\Delta}\overrightarrow{V} = \overrightarrow{\text{grad}}(\text{div}(\overrightarrow{V})) - \overrightarrow{\text{rot}}(\overrightarrow{\text{rot}}\overrightarrow{V})$

,

Exercice 1 : Confinement électronique

L'espace entre deux cylindres conducteurs de rayons *a* et *b* est évidé. Le cylindre extérieur (anode) est mis au potentiel *U* par rapport au cylindre intérieur (cathode).

On impose également un champ $\vec{B}$ parallèle à l'axe des cylindres. Un électron est émis par l'anode dans la direction radiale.

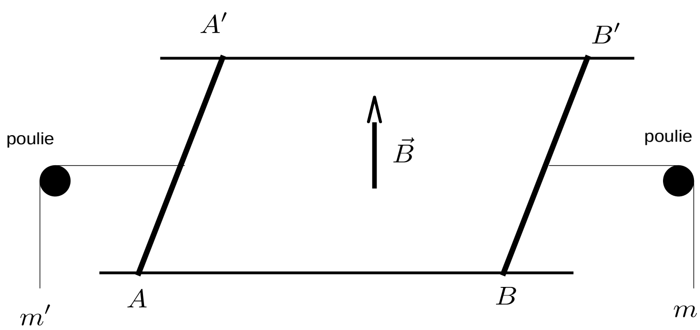


Étudier si l'électron parvient à la cathode (en précisant le signe de la tension U) et déterminer sa vitesse finale dans les cas suivants :

1. $\vec{B} = \vec{0}$ (on néglige la vitesse initiale).
2. $U = 0$ (on considère une vitesse initiale radiale);
3. Dans le cas général, en négligeant la vitesse initiale, discuter qualitativement la forme de la trajectoire.

Exercice 2 : Induction dans un circuit

On considère deux barres métalliques AA' et BB', mobiles sans frottement sur deux rails métalliques, fixes, horizontaux et parallèles. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique vertical uniforme.



Les barres sont entraînées par deux masses m et m' par l'intermédiaire de fils inextensibles et sans masse. On considère que les deux poulies et les deux barres AA' et BB' sont sans masse.

Ces mêmes barres possèdent chacune une résistance R. On négligera les autres résistances potentielles, ainsi que l'inductance propre du circuit conducteur.

1. Déterminer les vitesses des deux barres sachant qu'à l'instant initial elles sont nulles.
2. Simplifier l'expression dans le cas où l'on considère que $m = m'$.
3. Que se passe-t-il si l'on tient compte maintenant de l'inductance propre du circuit ?

Exercice 3 : Mouvement d'une charge dans un champ magnétique

Dans une zone de l'espace située au voisinage du point O règne un champ magnétique à symétrie cylindrique d'axe Oz. En un point M de coordonnées (ρ, ϑ, z), les composantes de $\vec{B}$ valent :

$$B_z = B_0\left(1 - \frac{z^2}{a^2}\right), B_\rho = B_0\frac{\rho z}{a^2}, B_\vartheta = 0.$$

Un cerceau isolant filiforme de rayon R, de masse m porte une charge Q uniformément répartie.
Situé initialement dans le plan z=0, ce cerceau est animé à cette date d'un mouvement de translation de vitesse : $\vec{v}(t=0) = v_0\vec{u}_z$.
On néglige, dans tout l'exercice, l'action du champ de pesanteur.

1. Vérifier que le champ donné satisfait l'équation : $\mathrm{div}\vec{B} = 0$. Quelle est la signification de cette équation ?

2. On cherche à montrer que le cerceau se met à tourner autour de l'axe Oz tout en lui restant perpendiculaire. Calculer la force de Lorentz élémentaire $d\vec{F}$ s'exerçant sur un élément du cerceau en supposant que le mouvement du cerceau comporte une rotation et une translation.

3. En déduire le moment résultant M_{Oz} pour l'ensemble du cerceau.

4. En appliquant au cerceau le théorème du moment cinétique scalaire projeté sur Oz, relier la vitesse angulaire de rotation $\omega(t)$ au déplacement $z(t)$ de son centre. On considérera que le moment d'inertie du cerceau par rapport à son axe vaut : $J_{Oz} = mR^2$.

5. Justifier que l'énergie mécanique du cerceau se conserve et en déduire l'évolution de la vitesse $\dot{z}$ du centre du cerceau. Exprimer l'amplitude maximale du mouvement z_M.

6. Déterminer la période T du mouvement en fonction de v_0, z_M et de $\alpha = \displaystyle\int_0^1 \frac{du}{\sqrt{1-u^4}} \sim 1,31$.

Exercice 4 : Étude d'un appareil photographique

On assimile l'objectif d'un appareil photographique à une lentille (L) mince convergente unique de centre O_1 et de focale $f_1' = 50$ mm.
La distance d entre la lentille (L) et l'écran (E) où se trouve le capteur photosensible est variable, et cette variation constitue la mise au point.

1. La lentille mince est utilisée dans les "conditions de Gauss". Préciser en quoi consistent ces conditions.

2. On souhaite photographier des objets dont la distance à l'appareil photographique varie de x à l'infini. Dans quel domaine doit pouvoir varier d ? On notera d_{min} et d_{max} les deux valeurs de d correspondantes. Donner leurs expressions en fonction de f_1' et x, puis faire l'application numérique pour x = 65 cm.

3. Dans un premier temps, on se propose de photographier un arbre de hauteur $h = 20$ m et situé à une distance $D = 2$ km du photographe. Exprimer la hauteur $h_1$de l'image de l'arbre sur le capteur en fonction des données de l'énoncé puis faire l'application numérique. Quel est l'encombrement E de l'objectif, c'est-à-dire la distance entre l'objectif et le capteur ?

On souhaite maintenant réaliser un téléobjectif en utilisant deux lentilles : une lentille (L_1) convergente de centre O_1 et une lentille (L_2) divergente de centre O_2, de focale $f_2' = -25$ mm, séparées par une distance $e = 31$mm. La distance D entre (L_1) et l'arbre n'a pas changé. Soit A_1B_1 l'image de l'arbre AB par (L_1) et $A'B'$ l'image définitive de AB sur le capteur.

4. Établir l'expression de O_2A_1 en fonction des données, puis faire l'application numérique.

5. Quelle est la nature de l'image intermédiaire A_1B_1 pour la lentille (L_2) ? Établir l'expression de F_2A_1 en fonction des données, puis faire l'application numérique. F_2 désigne le foyer objet de la lentille (L_2).

6. Faire une construction à l'échelle pour l'axe des abscisses permettant d'obtenir l'image définitive à travers les deux lentilles.

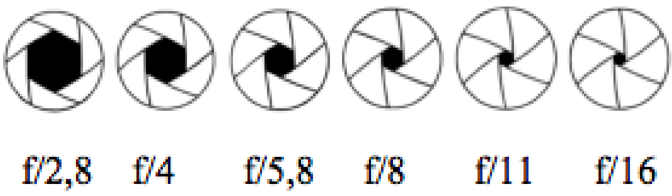
7. Déterminer la position de l'image définitive $A'B'$ par rapport à O_2, puis sa taille h_2 sur le capteur en fonction de h, f_1', f_2', D et e. Faire l'application numérique.

8. Déterminer littéralement puis numériquement l'encombrement E' de l'objectif constitué des 2 lentilles. Comparer les 2 objectifs étudiés.

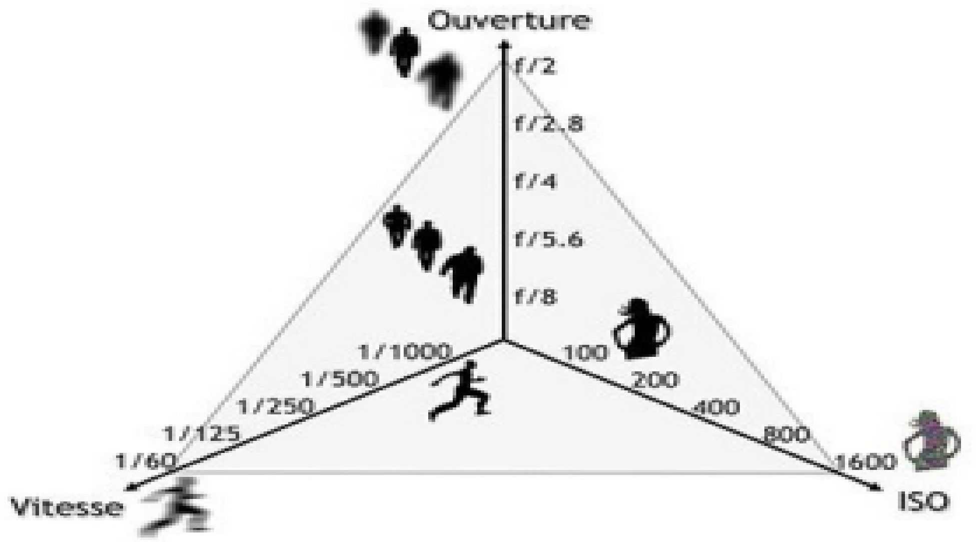
On s'intéresse à présent aux réglages en mode manuel de l'appareil photographique. Pour cela, il faut prendre en compte les réglages de l'exposition d'une photo.

L'exposition est choisie en fonction de la scène à photographier et peut être contrôlée par trois paramètres :

- *<u>La sensibilité ISO</u> est la mesure de la sensibilité à la lumière des pellicules et des capteurs numériques. Elle varie en général entre 100 (faible sensibilité) et 3 200 (grande sensibilité).*
- *<u>La vitesse d'obturation</u> (ou temps de pose) représente la durée pendant laquelle l'obturateur reste ouvert. Elle est en général comprise entre 30 s et 1/250 s. Une vitesse d'obturation rapide crée une exposition (la quantité de lumière absorbée par l'appareil) plus courte et une vitesse d'obturation lente permet une exposition plus longue.*
- *<u>L'ouverture du diaphragme</u> correspond à la taille du disque qui laisse passer la lumière quand l'obturateur est ouvert. Elle est indiquée par une notation f/x, où x est appelé « nombre d'ouverture ». L'ouverture modifie également la profondeur de champ : une plus faible ouverture permet d'obtenir une plus grande profondeur de champ.*



On résume souvent l'exposition d'une photo par le " triangle d'exposition " :



L'exposition est représentée par la surface du triangle.

Un photographe effectue une prise de vue d'une personne en extérieur avec les réglages suivants :
(ISO : 100 ; vitesse : 1/250 s ; ouverture : f/8). Celle-ci est correctement exposée.
Il souhaite en effectuer une autre avec la même exposition, en conservant la même sensibilité, mais avec une ouverture f/4.

9. Quelle vitesse d'obturation doit-il choisir ? Justifier en s'aidant des documents.

10. Ce nouveau réglage va-t-il permettre d'augmenter ou diminuer la profondeur de champ ?