

PHYSIQUE

Examen de maturité

Durée : 80 minutes

Classe : 3OSPM

Matériel autorisé :
- Tables & Formulaires CRM non annoté
- Calculatrice agréée

Recommandations:

- Lisez soigneusement les énoncés et ne vous laissez pas impressionner par leur relative longueur.
- Vérifiez que vous répondez bien à toutes les questions posées.
- Ne présentez qu'une résolution par question, en biffant clairement vos "essais infructueux"!
- Rendez votre démarche compréhensible et soignez la présentation...
- Commencez toujours la rédaction d'un problème sur une nouvelle page et numérotez toutes vos pages.

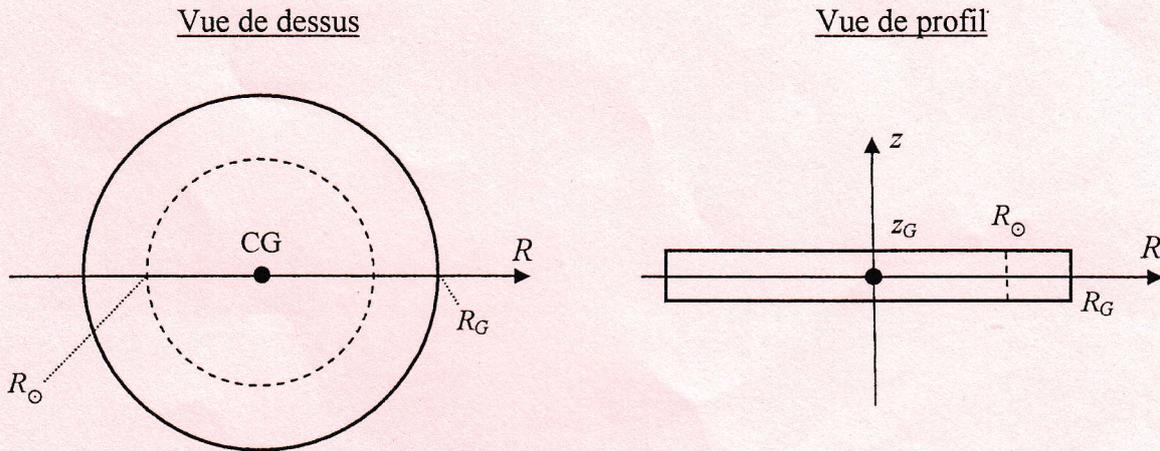
Remarques

- Les deux problèmes de physique comptent ensemble pour un tiers de la note de l'option spécifique.
- Ils ont la même valeur relative.
- Leurs points a), b) et c) sont indépendants les uns des autres.

BON COURAGE !

1. Dynamique des étoiles dans une galaxie axisymétrique.

On considère un modèle très simplifié dans lequel la matière (étoiles et gaz) est uniformément répartie selon les caractéristiques ci-dessous (en réalité, la densité décroît fortement du centre ou du plan vers les bords et il y a rarement symétrie de rotation). Ces valeurs sont proches de celles de la Voie Lactée.



Centre galactique = CG

Masse totale de la galaxie : $M_G = 5 \cdot 10^{11} M_\odot$

Rayon de la galaxie : $R_G = 40'000$ a.l.

Demi-épaisseur de la galaxie : $z_G = 4000$ a.l.

1 a.l. = $9.46 \cdot 10^{15}$ m

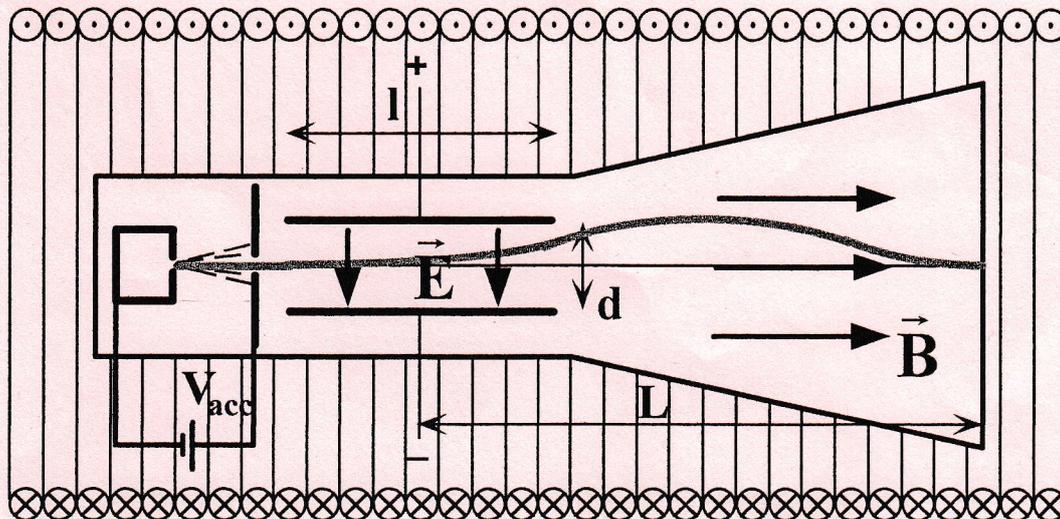
Masse du Soleil : $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ kg

Distance CG – Soleil : $R_\odot = 24'000$ a.l.

- a) Admettons tout d'abord que les étoiles tournent autour du CG sur des orbites purement circulaires dans le plan de symétrie de la galaxie ($z = 0$).
- i) Déterminez alors algébriquement, jusqu'à la distance $2R_G$, la vitesse de rotation v_{rot} d'une étoile en fonction de sa distance R au CG.
Faites également un graphique schématique (mais propre et clair !) de cette fonction.
Indication. Envisagez d'abord le problème pour $R > R_G$, puis pour $R \leq R_G$ en faisant l'hypothèse que seule la masse située à l'intérieur de R va contribuer et qu'elle est concentrée au CG.
- ii) Calculez la période de rotation du Soleil, $T_{\text{rot},\odot}$ (en années), autour du CG.
- b) En réalité, les étoiles ne restent pas confinées dans des plans $z = \text{constante}$, mais se baladent au-dessus et au-dessous du plan de symétrie jusqu'à $\pm z_G$.
- i) Déterminez alors l'équation du mouvement vertical pour le Soleil si celui-ci subit une force verticale F_z donnée par : $F_z(z) = -k_z \cdot z$ avec $k_z = 16$ N/m.
De quel type d'équation s'agit-il ? Quel type de mouvement reconnaissez-vous ?
- ii) Donnez algébriquement les solutions pour $z(t)$ et $v_z(t)$ si le Soleil est en $z = 0$ à $t = 0$.
Faites aussi des graphiques schématiques de ces fonctions.
- iii) Calculez la vitesse verticale du Soleil lorsqu'il traverse le plan de symétrie.
- c) Déterminez l'énergie cinétique du disque galactique en admettant qu'il tourne comme un corps solide à la fréquence angulaire $\omega = 10^{-15}$ rad / s.
Quelle force faudrait-il appliquer tangentiellement en R_G pour l'arrêter sur un tour... ?

2. Détermination de la charge spécifique des électrons par la méthode de Busch.

Un tube cathodique de Braun est placé à l'intérieur d'une longue bobine qui peut créer un champ d'induction magnétique \vec{B} . Les électrons sont accélérés avec une différence de potentiel V_{acc} . On peut les dévier par des plaques déflectrices de longueur l et d'écartement d qui sont soumises à une différence de potentiel V . Dans ce cas ils forment alors un spot décalé par rapport au centre de l'écran. Ce spot est ensuite ramené au centre à l'aide d'une déviation magnétique créée par le champ \vec{B} du solénoïde dont les lignes sont parallèles à l'axe du tube cathodique.



- a) Imaginons tout d'abord qu'aucun courant ne passe dans la bobine. Les électrons, accélérés sous une tension $V_{acc} = 2.2 \text{ kV}$, sont déviés par une tension $V = 1.2 \text{ kV}$ entre les plaques avec la polarité indiquée sur la figure. Si les plaques sont telles que $l = 2 \text{ cm}$, $d = 1.2 \text{ cm}$ et $L = 9 \text{ cm}$, quelle sera la position du spot par rapport au centre de l'écran ? (A ce stade on considère comme connues les caractéristiques de l'électron ; voir Tables & Formulaires).
- b) Tout en gardant la tension de déviation V entre les plaques, on crée le champ \vec{B} en faisant passer du courant dans la bobine extérieure. Décrire le type de trajectoire que vont suivre les électrons. Est-ce une droite, une parabole ? un cercle ? une hélice à pas et rayon constants ? une hélice à pas variable ? une hélice de rayon variable ?...

Expliquer et justifier votre choix.

Indication. Distinguez deux parties de trajectoire : 1) entre les plaques déflectrices, 2) au-delà jusqu'à l'écran.

- c) i) On peut montrer qu'en faisant croître \vec{B} jusqu'à une certaine valeur, on retrouve une position du spot qui permet de calculer la charge spécifique de l'électron avec l'expression :

$$\left(\frac{e}{m}\right)_{el} = \frac{8\pi^2 \cdot V_{acc}}{L^2 \cdot B^2}$$

Calculer le résultat si $V_{acc} = 2.2 \text{ kV}$, $L = 9 \text{ cm}$ et $B = 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ T}$.

ii) Calculer l'écart relatif à la valeur qu'on peut tirer des Tables et déterminer l'incertitude absolue de ce résultat si L est donné à $\pm 0.5 \text{ mm}$ et les grandeurs électriques à 0.5% . Exprimer correctement ce résultat avec son incertitude absolue et discuter de la précision de cette mesure.