

### A- QUESTIONS DE COURS (6 points)

1. a) Établis l'équation différentielle du mouvement d'un pendule de torsion et déduis l'équation horaire du mouvement.  
b) Donne les expressions de la pulsation et de la période propres.
2. Dis avec justification si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses :
  - a) Un mouvement vibratoire libre est aperiodique.
  - b) Un mouvement vibratoire amorti est periodique.
  - c) La longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde pendant une periode.
  - d) Les sons audibles par l'être humain ont une fréquence comprise entre 20 Hz et 20 000 Hz.
3. Définis les termes ou expressions suivants : *la valeur en eau d'un calorimètre, les interférences mécaniques, les rayons X, le photon.*

### B- EXERCICE (6 points)

#### Mouvement d'un satellite autour de la Terre

On considère un référentiel géocentrique. Un satellite  $S$  de masse  $m$  gravite autour de la Terre d'un mouvement uniforme sur une orbite circulaire à une altitude  $h$  et situé dans un plan sensiblement équatorial.

1. La Terre est supposée sphérique, de rayon  $R$  et de masse  $M$ .
  - a) Fais un schéma décrivant le mouvement du satellite en indiquant les forces auxquelles il est soumis.
  - b) En utilisant la loi de gravitation universelle, exprime en précisant les unités des différentes variables, la vitesse angulaire  $\omega_S$  de  $S$  en fonction de  $h$ ,  $g_0$  et  $R$ .
2. Calcule  $\omega_S$ , ainsi que la période  $T_S$  avec les valeurs approchées suivantes :  
 $R = 6\,400\text{ km}$  ;  $g_0 = 9,81\text{ N kg}^{-1}$  ;  $h = 3,85 \times 10^5\text{ km}$ .
3. Calcule la vitesse angulaire  $\omega_T$  de rotation de la Terre sur elle-même.
4. a) Calcule l'accélération  $a$  subie par le satellite dans son mouvement orbital.  
b) Déduis-en la masse du satellite si la force attractive terrestre vaut environ  $2 \times 10^{20}\text{ N}$ .

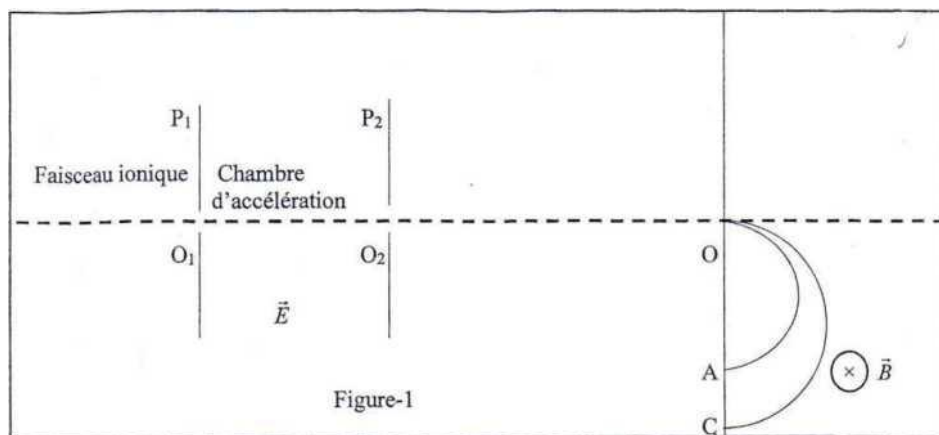
### C- PROBLÈME (8 points)

Les parties I et II sont indépendantes et l'usage des calculatrices non programmables est autorisé.

#### PARTIE I

##### Mouvement d'ions dans une chambre d'accélération

Dans cet exercice, on négligera le poids  $\vec{P}$  des particules devant les autres forces. On désire séparer les isotopes du brome (Br) à l'aide d'un spectrographe schématisé sur la *figure 1*.



Les ions bromures  $^{79}\text{Br}^-$  et  $^{81}\text{Br}^-$  sont produits dans une chambre d'ionisation, puis dirigés vers une chambre d'accélération entre deux plaques parallèles  $P_1$  et  $P_2$  soumises à une tension  $U_1 = 4\,000\text{ V}$ . Au-delà du point O, les ions sont alors séparés grâce à un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$ , de norme  $0,1\text{ T}$ , normal au plan de figure.

1. a) Précise sur le schéma, en le justifiant, le sens du champ électrique  $\vec{E}$  et l'orientation de  $U_1$  qui permettent une accélération des ions.  
b) Montre que les deux sortes d'ions ont la même énergie cinétique en  $O_2$  sachant que leur vitesse est négligeable en  $O_1$ .  
c) Calcule la vitesse  $v_1$  de l'ion  $^{79}\text{Br}^-$  au point  $O_2$ .  
d) Exprime la vitesse  $v_2$  de l'ion  $^{81}\text{Br}^-$  en  $O_2$  en fonction de  $v_1$  et  $X$ .
2. Les ions passent en O avec les vitesses  $\vec{v}_1$  et  $\vec{v}_2$  précédentes, subissent l'action du champ  $\vec{B}$  normal à ces deux vecteurs vitesses.  
a) En admettant que le sens du champ  $\vec{B}$  soit entrant pour que les ions soient reçus en A et C, montre que le mouvement des ions est circulaire et uniforme.  
b) Déduis-en les rayons de courbure  $R_1$  et  $R_2$  pour chacune des trajectoires. Calcule  $R_1$ .
3. Les ions  $^{79}\text{Br}^-$  et  $^{81}\text{Br}^-$  décrivent des demi-cercles et arrivent respectivement aux points A et C distants de  $d = 1,4\text{ cm}$ . Déduis-en la valeur de  $X$ .

**Données :** charge élémentaire :  $e = 1,60 \times 10^{-19}\text{ C}$  ;  
masse du proton :  $1,67 \times 10^{-27}\text{ kg}$ .

## PARTIE II

### Courbe de réponse d'un dipôle RLC : paramètres du circuit

On étudie la réponse d'un circuit *RLC* série pour un régime forcé sinusoïdal imposé par un générateur de tension. On relève l'intensité efficace  $I$  du courant pour différentes fréquences  $N$  d'excitation. Le générateur maintient une tension de valeur efficace constante  $U = 0,45$  V. L'expérience est informatisée, les données sont consignées dans le tableau ci-dessous. Grâce à un logiciel « tableur-grapheur » on établit le tracé de la courbe de réponse de l'oscillateur (*figure 2*).

<b>N (Hz)</b>	402	500	604	703	802	905	1003	1102	1199	1253
<b>I (mA)</b>	0,41	0,53	0,69	0,86	1,06	1,34	1,64	2,07	2,51	2,65

<b>N (Hz)</b>	1303	1352	1403	1449	1498	1523	1550	1575
<b>I (mA)</b>	2,84	2,94	2,95	2,94	2,92	2,80	2,70	2,60

<b>N (Hz)</b>	1593	1700	1796	1897	1993	2175	2275	2623
<b>I (mA)</b>	2,50	2,16	1,90	1,73	1,54	1,27	1,18	0,93

1. a) Détermine la fréquence de résonance  $N_r$ .  
b) Relève l'intensité  $I_r$  à la résonance.
2. a) Quelle est la bande passante  $\beta$  à 3 dB de cette courbe de réponse ?  
b) Quel est le facteur de qualité  $Q$  de l'oscillateur ?
3. Le facteur de qualité est aussi égal à  $Q = (L\omega_r)/R$  ( $\omega_r$  la pulsation à la résonance).  
Détermine les valeurs de la résistance  $R$ , de l'inductance  $L$  et de la capacité  $C$  de l'oscillateur.
4. Si la résistance  $R$  est divisée par 2, que deviennent :  
a) la bande passante  $\beta$  ;  
b) la fréquence de résonance  $N_r$  ?

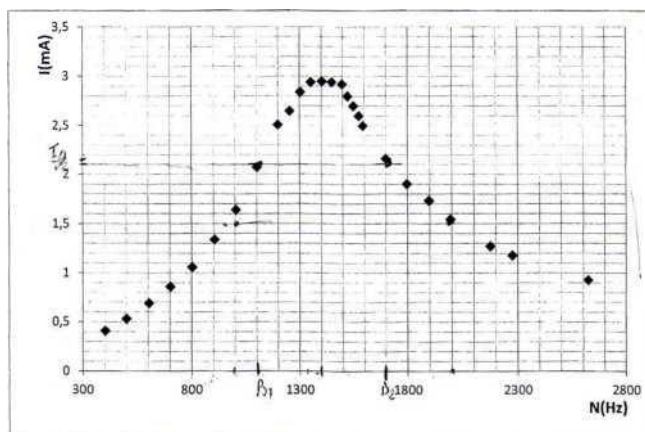


Figure-2