

## DS4 : Électricité et Chimie

Durée 4h, **calculatrices interdites**. Le DS est probablement trop long pour que vous puissiez tout faire, c'est normal, faites-en le maximum.

### Exercice 1 : LE LITHIUM

L'isotope le plus abondant (92,5 %) sur Terre est  ${}^7_3\text{Li}$ .

1. Donner la composition d'un atome de lithium.
2. Donner un ordre de grandeur de la masse d'un atome de lithium.
3. Rappeler la définition d'un isotope.
4. Où se trouve le lithium dans la classification périodique ? À quelle famille appartient-il ? Citez un autre élément de la même famille.
5. Donner sa configuration électronique.
6. Quel ion peut-il former ? Justifier la réponse.

À une température ordinaire, le lithium cristallise dans un système cubique centré. Il y a un atome de lithium à chaque coin d'un cube et un atome au centre du cube.

7. Représenter une maille de ce système.
8. Combien d'atomes sont présents en propre dans une maille ?
9. En travaillant sur une diagonale du cube et en considérant que les atomes sont en contact sur cette diagonale, exprimer la relation entre le rayon  $r$  d'un atome et l'arête  $a$  de la maille.

Données :

- Masse d'un proton :  $m_p \simeq 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

### Exercice 2 : LE MONOXYDE DE CARBONE

La molécule de monoxyde de carbone est constituée d'un atome d'oxygène ( $Z = 8$ ) et d'un atome de carbone ( $Z = 6$ ).

1. Donner la configuration électronique de l'atome d'oxygène plus de l'atome de carbone dans leur état fondamental.
2. Indiquer quelles sont les règles utiles à l'établissement de ces configurations électroniques.
3. Quels sont les deux isotopes du carbone les plus répandus sur Terre ? Écrire leur représentation symbolique.

4. Dessiner une représentation schématique de la classification périodique en indiquant pour chaque *bloc* la sous-couche en cours de remplissage. Indique sur ce schéma la position de l'atome d'oxygène et celle de l'atome de carbone.
5. Proposer une représentation de Lewis pour la molécule de monoxyde de carbone.
6. Proposer également une représentation de Lewis pour la molécule de dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ).

### Exercice 3 : LA CHROMITE

Le principal minéral de chrome est la chromite, de formule  $\text{Fe}_x\text{Cr}_y\text{O}_z$ .

Le chrome s'y trouve sous forme d'ions  $\text{Cr}^{3+}$ , l'oxygène sous forme d'ions  $\text{O}^{2-}$  et les ions fer sous la forme d'ions  $\text{Fe}^{q+}$  ( $q$  est un nombre entier).

La chromite cristallise dans une structure que l'on peut décrire de la manière suivante :

- Les ions de l'oxygène forment un réseau cubique à faces centrées (un ion à chaque coin du cube et un au centre de chaque face), un côté du cube a une longueur  $a$ ,
- ceux du chrome occupent le centre de 4 des arêtes et le centre du cube,
- un ion du fer se trouve au centre de l'un des petits cubes de côté  $a/2$  contenue dans la maille cubique.

1. Quel est le type de cristal de la chromite ? Citer un autre cristal de même type.
2. Représenter la maille du réseau cubique à faces centrées formé par les ions de l'oxygène.
3. Dénombrer les différents types d'ions contenus dans la maille.
4. Quelle est la formule de la chromite ? (Déterminer  $x, y, z$ ).
5. Un cristal possède-t-il une charge électrique ? En déduire la valeur de  $q$ .

### Exercice 4 : ORDRES DE GRANDEUR (TD7)

Dans les questions suivantes, il peut vous manquer quelques données, à vous de faire des estimations raisonnables ! Toutes les réponses doivent être correctement justifiées.

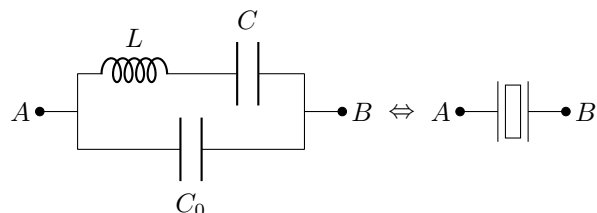
1. Donner l'ordre de grandeur de la dimension d'un atome et de celle de son noyau.
2. Quelle serait la taille du noyau de l'atome si celui-ci avait la taille d'un terrain de football ?
3. De quoi est composée la majeure partie du volume d'un atome ?
4. Si une bille était grossi jusqu'à avoir la taille de la planète Terre, quelle serait la taille des atomes qui la composent ?
5. Donner un ordre de grandeur du nombre d'atomes qui composent un grain de sable ?

6. Combien y a-t-il de grains de sable sur une plage (estimer sa dimension)? Quel volume occuperait le même nombre d'atomes.

### Exercice 5 : QUARTZ PIEZO-ÉLECTRIQUE

Dans cette exercice on souhaite étudier un quartz piezo-électrique. C'est un dipôle électrique composé d'un morceau de cristal de quartz disposé entre deux surfaces conductrices. Lorsqu'une tension est appliquée entre les deux surfaces, le cristal de quartz se déforme, induisant une modification de l'impédance du dipôle. Comme le cristal de quartz possède une fréquence de résonance mécanique, le dipôle ainsi formé présente une résonance électrique qui permet de l'utiliser pour fabriquer des oscillateurs très précis utilisés par exemple dans les horloges.

On modélise le quartz par le dipôle électrique ci-dessous :



où on notera  $C = aC_0$  avec  $a$  une constante. Dans la pratique  $a \ll 1$ . On donnera les réponses en fonction de  $L$ ,  $C_0$ ,  $a$  et  $\omega$ .

1. Quel est le composant équivalent au quartz en régime permanent?
2. Montrer que l'impédance équivalente du quartz à la pulsation  $\omega$  est :

$$\underline{Z} = j \frac{aLC_0\omega^2 - 1}{(a+1)C_0\omega - aLC_0^2\omega^3}$$

On pourra utiliser cette expression dans les questions suivantes même si elle n'a pas été démontrée.

3. Exprimer le module  $Z = |\underline{Z}|$  et l'argument  $\varphi$  de  $\underline{Z}$ .
4. Donner les limites de  $Z$  lorsque  $\omega \rightarrow 0$  et  $\omega \rightarrow \infty$ .
5. Exprimer la pulsation  $\omega_1$  pour laquelle  $Z$  est nulle et la pulsation  $\omega_2$  pour laquelle  $Z \rightarrow \infty$ . Montrer que  $\omega_2 = \sqrt{1+a} \omega_1$ . Comment se comporte le quartz pour  $\omega = \omega_1$  et pour  $\omega = \omega_2$ ?
6. Représenter graphiquement  $Z(\omega)$ .
7. Que vaut la phase  $\varphi$  de  $\underline{Z}$  dans les domaines suivants :  $\omega < \omega_1$ ,  $\omega_1 < \omega < \omega_2$  et  $\omega > \omega_2$ ?
8. Représenter graphiquement  $\varphi(\omega)$ .

### Exercice 6 : CARACTÉRISTIQUE D'UNE BOBINE RÉELLE

On se propose de déterminer les caractéristiques d'un petit bobinage, modélisé *a priori* par une inductance pure  $L$  en série avec une résistance  $r$ . On dispose pour cela d'un générateur (GBF), d'un oscilloscope, de multimètres numériques de boîtes de résistances à décades et de condensateurs étalonnés de capacités diverses.

#### Étude rapide du bobinage

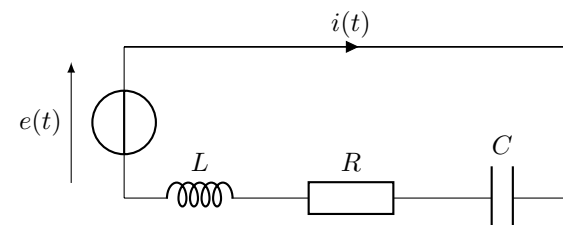
Le grand nombre de spires nécessite une grande longueur de fil, ce qui confère au dipôle une résistance non négligeable. Une mesure au multimètre donne une valeur de  $r = 8 \Omega$ .

1. La résistance d'un fil est donnée par la formule

$$R = \frac{\ell}{\sigma S},$$

où  $\ell$  est la longueur du fil,  $\sigma$  sa conductivité et  $S$  sa section. Sachant que la conductivité du cuivre utilisé est  $\sigma = 6 \cdot 10^7 \text{ S m}^{-1}$ , et que la section du fil est de l'ordre de  $S = 1 \text{ mm}^2$ , en déduire une estimation de la longueur  $\ell$  de fil utilisée.

Les multimètres disponibles ne possèdent pas de fonction inductancemètre, on détermine la valeur de l'inductance  $L$  en étudiant la résonance de courant dans le circuit RLC série.



2. Le circuit RLC ci-dessus est alimenté par une tension sinusoïdale  $e(t)$  de la forme  $e(t) = E_0 \cos(\omega t)$ . Déterminer l'impédance complexe  $\underline{Z}$  équivalente du dipôle branché aux bornes du générateur.
3. En déduire l'expression de l'intensité complexe  $\underline{i}$  en fonction de la tension complexe  $\underline{e}$ ,  $R$ ,  $L$ ,  $C$  et  $\omega$ .
4. Montrer que l'amplitude réelle  $I_0$  du courant  $i(t)$  peut se mettre sous la forme :

$$I_0 = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}}$$

5. Montrer qu'il existe un phénomène de résonance pour l'intensité. Exprimer la pulsation  $\omega_0$  à laquelle cette résonance intervient. La présence d'une résistance  $r$  indissociable du dipôle d'inductance  $L$  modifie-t-il cette fréquence?

6. Montrer qu'à la pulsation de résonance, le courant est en phase avec la tension d'alimentation.

### Mise en pratique

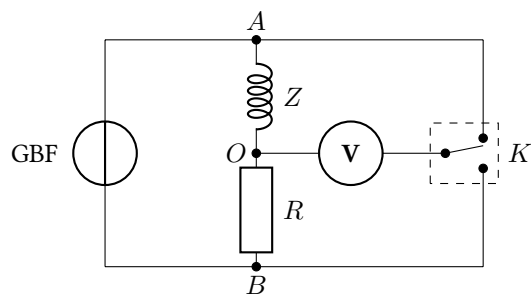
- (1) grâce au GBF, on alimente en régime sinusoïdal un circuit série  $R$ , bobine  $L$  et  $r$ ,  $C$ ;
- (2) on visualise à l'oscilloscope la tension du générateur et celle aux bornes de  $R$ ;
- (3) on détermine expérimentalement la fréquence de résonance de l'intensité du courant;
- (4) on en déduit par le calcul la valeur de  $L$ .

Les questions suivantes concernent les opérations ci-dessus.

7. points (1) et (2) : expliquer pourquoi le circuit ci-dessus ne permettra pas en l'état de visualiser les deux tensions. Proposer un nouveau branchement en identifiant clairement les bornes du GBF et de l'oscilloscope.
8. point (3) : proposer une méthode permettant de déterminer rapidement la fréquence de résonance à l'aide de l'oscilloscope.
9. point (4) : on repère la résonance à la fréquence  $f_0 = 1 \text{ kHz}$ , avec  $C = 250 \text{ nF}$ ; en déduire la valeur de  $L$ .

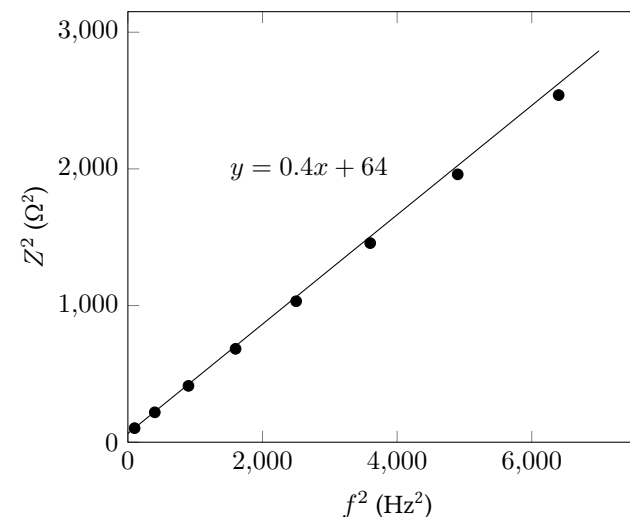
### Comportement du bobinage à basse fréquence

Soit  $\underline{Z}$  l'impédance complexe du bobinage (on notera  $Z = |\underline{Z}|$ ).



On se propose de tester la validité du modèle  $\underline{Z} = R + jL\omega$  grâce au montage de la figure ci-dessus. Le GBF est utilisé en régime sinusoïdal de fréquence  $f$ . Le bloc  $K$  est un interrupteur à trois bornes qui permet de mesurer soit la valeur efficace  $V_A$  de  $U_{AO}$ , soit la valeur efficace  $V_B$  de  $U_{BO}$ .

10. Rappeler la définition de la valeur efficace d'une intensité ou d'une tension variable; Quel est l'intérêt de mesurer la tension aux bornes de  $R$ ?
11. Exprimer  $Z$  en fonction de  $R$  et des valeurs efficaces  $V_A$  et  $V_B$ .



12. Sur le graphique ci-dessus on a tracé  $Z^2$  en fonction de  $f^2$  pour différentes valeurs de la fréquence (points noirs). La droite en trait plein a l'équation indiquée sur le graphique. À partir de l'expression de  $Z^2$  en fonction de  $f^2$ , déterminer une estimation des valeurs de  $r$  et  $L$ . Comparer ces résultats avec ceux obtenus précédemment.
13. Expliquer pourquoi on peut souvent négliger la partie résistive  $r$  d'une bobine lorsqu'on l'utilise en régime sinusoïdal.