DS2 PCSI2 **Vendredi 20 octobre 2023**
Durée 3h

Le sujet est constitué de 3 exercices indépendants.
On veillera

1-à la rédaction des explications qui doivent être précises mais concises.
2-à la bonne présentation de la copie et en particulier à l'orthographe.
3-à mettre en évidence les résultats : les expressions littérales (homogénéité dimensionnelle à respecter) seront encadrées, ainsi que les résultats numériques (accompagnés d'unités).
4-Les questions devront être numérotées clairement et séparées les unes des autres.
5-Les réponses devront être accompagnées d'un circuit clair sur la copie (à recopier), comportant toutes les données utiles à la résolution.
6-Le sujet n'est pas à rendre avec la copie et doit être conservé par les étudiants.
La non-observation de ces recommandations serait pénalisante (question non corrigée).

Exercice 1: Optique

1- Lois de la réfraction

a-Comment est défini l 'indice de réfraction d'un milieu transparent ? Pourquoi sa valeur est-elle toujours supérieure ou égale à 1 ?

b- Enoncer la loi de Snell-Descartes de la réfraction . De quel moyen dispose-t-on pour savoir si, lors de la réfraction, le rayon réfracté s 'écarte ou se rapproche de la normale ?
Faire un schéma dans les 2 cas.

c-On considère une étendue d'eau surmontée par de l'air (n_{air} = 1 et n_{eau} = 4/3) Etablir les conditions d'observation du phénomène de réflexion totale. Calculer l'angle d'incidence limite i_L. Que se passe t-il pour un angle d'incidence $i > i_L$? Faire un schéma.

Application

On place une source de lumière supposée ponctuelle au fond d'une piscine remplie d'eau, de profondeur d = 2,50m. Etablir et calculer les dimensions de la zone de la surface qui sera traversée par des rayons lumineux.

2- Dioptre plan.

a- On considère un dioptre plan séparant deux milieux d'indice n_1 et n_2 (la lumière incidente se propageant dans le milieu d'indice n_1.

Etablir les conditions dans lesquelles un dioptre plan peut être considéré comme stigmatique de façon approchée. Etablir alors la relation de conjugaison liant la position d'un point objet A et son image A' par le dioptre.

b- Application : Bâton brisé

On considère un bâton incliné d'un angle α sur l'horizontale dans l'air, à moitié immergé dans l'eau (n_e = 4/3). Expliquer pourquoi un observateur dans l'air voit le bâton brisé au niveau de la surface libre de l'eau et calculer (en s'aidant d'un schéma) l'angle α' sur l'horizontale de la partie apparente immergée.

3- Miroir

Une des faces d'une lame de verre plane d'épaisseur e=0,3cm et d'indice n=1,5 est rendue réfléchissante grâce à un dépôt métallique d'argent.
On considère un point A devant la lame à une distance h=0,8 cm de la face non argentée et on se place dans les conditions de Gauss.

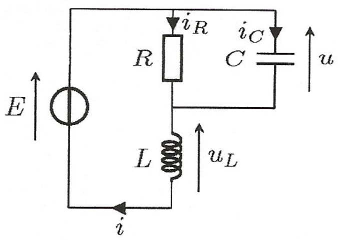
a-Faire un schéma soigné du système.En négligeant les réflexions sur le dioptre, déterminer la position et la nature des images intermédiaires Ai (i à déterminer) et de l'image finale A' par le système en fonction de e,n, et h.

b-Représenter alors soigneusement le cheminement d'un rayon issu de A.

c- Montrer que le système précédent fonctionne comme un miroir plan unique dont on déterminera la position par rapport à la face non argentée.

Exercice 2 : Circuit RLC

On considère le circuit représenté ci-dessous où le condensateur est initialement déchargé. Le générateur fournit un échelon de tension, en passant de 0 à E à t=0.



1- Etablir l'expression de i(0+) et de $\frac{di}{dt}(0^+)$

2-Représenter le circuit équivalent en régime permanent et établir l'expression de i en régime permanent.

3- Etablir l'équation différentielle vérifiée par le courant i(t). et la mettre sous forme canonique. Vérifier que l'équation différentielle obtenue est cohérente avec le résultat de la question 2.

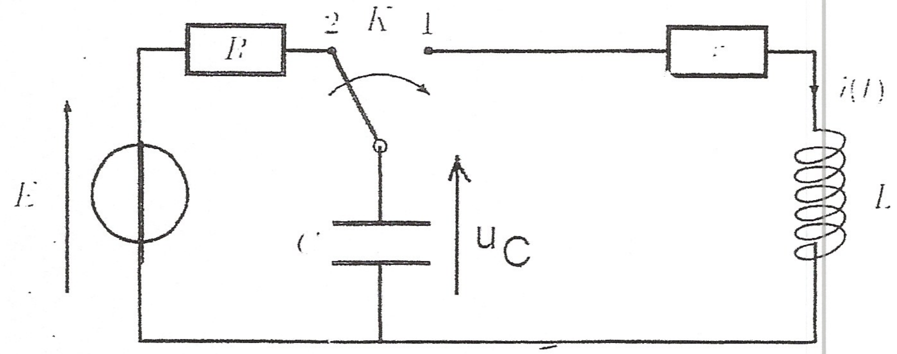
4- Donner les expressions de la pulsation propre ω_0 et du facteur d'amortissement λ. Quelles doivent être les dimensions de ces deux grandeurs? Les vérifier sur les expressions établies.

5- On suppose $\lambda = 0{,}25$. Déterminer (en le justifiant) le régime transitoire. Résoudre alors l'équation différentielle (sans déterminer les constantes d'intégration).

6) Tracer i(t)

Exercice 3: Production de champ magnétique intense.

La génération de champs magnétiques intenses, de l'ordre du méga gauss (1 méga gauss = 100 tesla, soit plus de 10^6 fois le champ magnétique terrestre), est un enjeu pour sonder les propriétés de la matière. Le Laboratoire National des Champs Magnétiques Intenses (LNCMI, à Toulouse), utilise la décharge de condensateurs dans une bobine mono-spire pour créer des champs allant jusqu'à 250 teslas. Le principe de fonctionnement de ce dispositif « mégagauss » est représenté ci-dessous.



Le générateur a pour force électromotrice $E = 30\,\text{kV}$. Le condensateur a une capacité $C = 120\,\mu\text{F}$. La bobine mono-spire qui crée le champ magnétique (qui est proportionnel à l'intensité $i(t)$ du courant la traversant), a pour inductance $L = 10\,\text{nH}$ et pour résistance $r = 10\,\text{m}\Omega$.

Le condensateur est d'abord déchargé et on place l'interrupteur (K) en position 2 jusqu'à sa charge complète.

1. Quel est l'état du circuit lorsque le condensateur est totalement chargé ? On précisera pour cela, sur un schéma, les valeurs des différentes tensions et intensités du circuit complet.
2. Établir l'expression de l'énergie W_C reçue par le condensateur pendant l'intégralité de la phase de charge ? Faire l'application numérique.

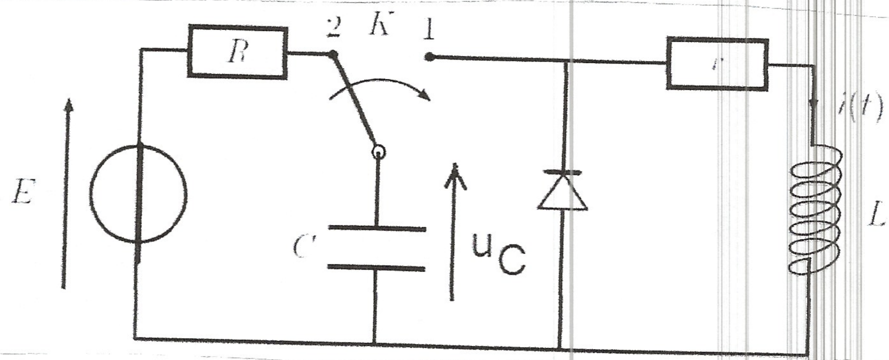
Lorsque le condensateur est chargé, on bascule l'interrupteur (K) en position 1 à un instant que l'on prendra comme initial $(t = 0)$ (on réinitialise les temps au moment de la bascule de l'interrupteur). On s'intéresse donc dorénavant aux temps $t > 0$ où l'interrupteur est en position 1.

3. Établir l'équation différentielle régissant l'évolution de l'intensité $i(t)$.
4. Donner les expressions de la pulsation propre ω_0 et du facteur de qualité Q. Les calculer numériquement.
5. Déterminer les conditions initiales pour l'intensité et pour sa dérivée : $i(0^+)$ et $\frac{di}{dt}(0^+)$.
6. Établir l'expression complète de l'intensité i(t) en utilisant les conditions initiales.
7. Tracer la courbe de l'évolution de $i(t)$. On indiquera les valeurs remarquables sur le graphe.

La technologie employée fait intervenir une bobine mono-spire de diamètre $D = 20\,\text{mm}$. L'intensité du champ magnétique B créé au centre d'une telle bobine est donnée par : $B = \frac{\mu_0 i}{D}$ avec $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ uSI, où i est l'intensité dans la bobine.

8. Donner un ordre de grandeur de la durée de vie τ de ce champ magnétique.
9. Si toute l'énergie électrique initialement contenue dans le condensateur (déterminée à la question **2.**) était convertie en énergie magnétique emmagasinée par la bobine, déterminer l'intensité maximale i_{max} puis le champ magnétique maximal B_{max} (unité SI le tesla, symbole T) qui en résulteraient.
10. Lors de la réalisation de l'expérience, le champ maximal obtenu est de 110 T. Comparer et expliquer.

En réalité, la partie droite du circuit comporte une diode, comme indiqué ci-contre (on s'intéresse toujours aux temps $t > 0$ où l'interrupteur est en position 1).



Lorsque la tension Uc est positive, la diode est dite « bloquée », c'est à dire qu'elle n'est traversée par aucun courant.
Lorsque la tension Uc est négative ou nulle, elle est dite « passante », c'est à dire qu'elle est assimilable à un fil.

11. Établir l'expression de $u_c(t)$ pour $t > 0$ en supposant que la diode est d'abord bloquée. Pourquoi cette hypothèse est-elle pertinente ?

12. Déterminer le temps t_0 au bout duquel la tension $u_c(t)$ s'annule pour la première fois. Calculer sa valeur numérique.

13. Établir ensuite l'expression de $i(t)$ pour pour $t > t_0$.

14. Donner l'expression littérale puis la valeur numérique de la durée τ' au bout de laquelle l'intensité est revenue à 10% de sa valeur $i(t_0)$ au moment du déblocage de la diode.