Colle PC

Colle 1.

Exercice 1. <u>Réflexion d'une onde électromagnétique sur un métal. Bilan énergétique (**).</u>

<u>NB :</u> *les relations de passage données dans le cours sont supposées admises.*

Un conducteur ohmique métallique de conductivité γ occupe le demi-espace x> 0, le demi-espace x<0 étant vide. Une onde incidente de la forme :

$$\underline{\mathbf{E}_i} = E_0 \exp\left(i\left(\omega t - \frac{\omega x}{c}\right)\right) \mathbf{u_z}$$

se propage dans le vide.

Elle donne naissance à une onde transmise de la forme :

$$\underline{\mathbf{E}_{tr}} = \underline{t} E_0 \exp\left(i\left(\omega t - \underline{k} x\right)\right) \mathbf{u_z}$$

avec $\underline{k}$ = (1-i)/δ avec $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$

et à une onde réfléchie de la forme $\underline{\mathbf{E}_r} = \underline{r} E_0 \exp\left(i\left(\omega t + \frac{\omega x}{c}\right)\right) \mathbf{u_z}$.

1. Déterminer les champs magnétiques correspondants.
2. Le milieu n'étant pas un conducteur parfait , on suppose l'absence de courants surfaciques. Etablir l'expression de $\underline{t}$ en fonction des données. On introduira $\alpha = \omega\delta/c$.
3. On suppose que $\alpha \ll 1$ (à quelle condition ceci est-il possible ?), donner alors une expression simplifiée de t à l'ordre le plus petit possible en α.

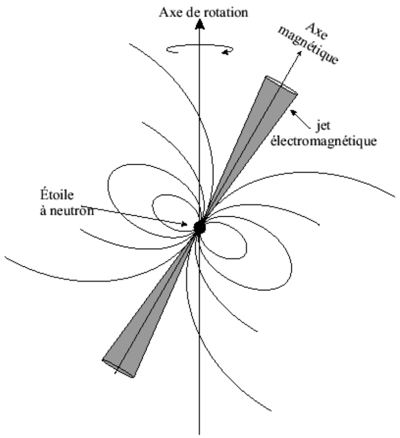
En réalité le conducteur n'est pas infini et possède une surface s dans le plan z=0.

4. Calculer la moyenne temporelle de la puissance surfacique en $x=0^+$.
5. Calculer la puissance moyenne dissipée par effet Joule dans tout un élément de volume Sdx du conducteur.
6. En déduire la puissance totale moyenne dissipée par effet Joule dans le conducteur. Commenter.

Colle 2.

Exercice. Mesure de la distance d'un pulsar

Après avoir consommé tout leur carburant nucléaire, la plupart des étoiles massives s'effondrent et forment une structure très compacte composée de neutrons (étoiles à neutrons). La conservation du moment cinétique impose une rotation très rapide à e type d'étoile, de l'ordre d'un tour par seconde. La structure dipolaire du champ magnétique intense régnant autour des étoiles à neutrons, permet l'émission d'ondes électromagnétiques par les régions polaires du champ magnétique. Si l'axe de rotation de l'étoile et l'axe de symétrie du champ magnétique ne sont pas alignés, on peut observer depuis la Terre un pulsar (voir figure ci-dessous).



1. Pourquoi l'onde émise est-elle reçue sur Terre sous la forme d'un signal impulsionnel périodique ? Quelle est la fréquence de ces impulsions ?

L'onde se propage dans le milieu interstellaire que l'on assimile à un plasma homogène globalement neutre et constitué de N électrons par m^3 et N ions par m^3 libres de se déplacer. On lui associe un champ électrique dont la représentation complexe est $\underline{\vec{E}} = \vec{E}_0 e^{i(\omega t - \vec{k}.\vec{r})}$ où $\vec{E}_0$ est un vecteur constant.

2. Ecrire l'équation vérifiée par la vitesse $\vec{v}_e$ d'un électron du plasma interstellaire. Dans quelle condition la force magnétique est-elle négligeable ?
3. Etablir la relation de dispersion de l'onde dans le plasma. On fera intervenir la pulsation $\omega_p = \sqrt{\dfrac{Ne^2}{m\varepsilon_0}}$.

On se place dans le cas où $\omega \gg \omega_p$.

4. Donner alors une expression approchée de la vitesse de groupe v_g.

Une partie du signal émis par le pulsar se décompose en la superposition de deux paquets d'onde centrés sur les fréquences f_1 et f_2 ($f_1 < f_2$). On considère que les ondes sont émises au même instant dans la direction de la Terre pendant un intervalle de temps très bref. La distance entre la Terre et le pulsar est notée d.

5. Expliquer pourquoi ces ondes sont reçues avec un décalage temporel δt et exprimer alors d en fonction de δt, f_1, f_2, ω_p et c.
6. La densité moyenne d'électrons dans le plasma interstellaire est N= 1,0.10^4 m^{-3}. Dans le cas particulier du pulsar PSR0950+08, on observe un décalage δt = 0,050 s entre des signaux centrés sur des fréquences f_1 = 234 MHz et f_2 = 405 MHz. Calculer la distance en d en années-lumière et vérifier que les hypothèses de travail sont compatibles avec les valeurs numériques fournies.

Colle 3.

<u>Exercice</u>. <u>Communication sous-marine.</u>

Données relatives à l'eau de mer :

- *permittivité de l'eau de mer : ε = 6,6.10^{-10} F.m^{-1}*
- *conductivité électrique : γ= 5,0 S.m^{-1}.*
- *Perméabilité magnétique identique à celle du vide : μ_0 =4π 10^{-7} H.m^{-1}.*
- On rappelle que $\overrightarrow{rot}(\overrightarrow{rot}\ \vec{u}) = \overrightarrow{grad}(div\ \vec{u}) - \vec{\Delta}\ \vec{u}$.

On envisage la communication d'un bateau avec un sous-marin via des ondes électromagnétiques de fréquence moyenne ν = 1,0.MHz. L'eau de mer est milieu conducteur de conductivité γ et on tient compte de la polarisabilité des molécules d'eau en introduisant une permittivité électrique ε à la place de la permittivité électrique du vide dans les équations de Maxwell. La mer occupe le demi-espace z>0 , l'axe (Oz) étant dirigé vers le bas.

1. Etablir l'équation vérifiée par la densité volumique de charge ρ dans l'eau de mer. Que peut-on dire dans le cas des ondes envisagées ?
2. Ecrire l'équation de Maxwell-Ampère et déterminer à partir de quelle fréquence le terme de courant de déplacement devient plus grand que le terme de courant de conduction.

On envisage des ondes émises par le bateau telles que $\vec{\underline{E}}(z,t) = E_0 e^{i(\omega t - kz)}\overrightarrow{u_x}$ *où k peut être complexe.*

3. Etablir la relation de dispersion et donner k en fonction de $\delta = \sqrt{\dfrac{2}{\mu_0 \gamma \omega}}$.

On note $\vec{\Pi}(z,t)$ *le vecteur de Poynting associé à cette onde et* $\langle \vec{\Pi}(z,t) \rangle$ *sa moyenne temporelle.*

Evaluer le rapport $\dfrac{\left\| \langle \vec{\Pi}(z+L,t) \rangle \right\|}{\left\| \langle \vec{\Pi}(z,t) \rangle \right\|}$ pour L = 10 m. Commenter.

EX 1'Aspects énergétiques d'une onde EM dans un plasma pour $\omega < \omega_p$(**).

On considère un plasma occupant le demi-espace x>0. On envoie une onde de pulsation $\omega < \omega_p$ depuis le demi-espace x <0 dans le plasma. On suppose que l'onde est une OPPM polarisée rectilignement suivant (Oy). On rappelle que la relation de dispersion dans le plasma est $k^2 = \dfrac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2}$.

1. Donner l'expression complexe du champ électrique dans le plasma. En déduire celle du champ magnétique.
2. Calculer l'énergie volumique électromagnétique moyennée dans le temps. Commenter sa variation avec x. De l'énergie est-elle cédée aux charges en moyenne ?
3. Evaluer le vecteur de Poynting moyen. Commenter.

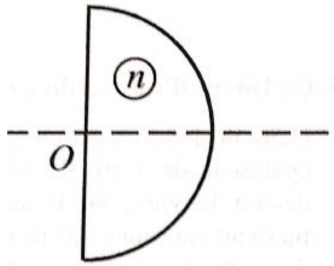
EX ' Utilisation d'un viseur.

Un viseur est constitué d'un oculaire et d'un objectif de distance focale image respectives 1,0 cm et 8,0 cm. Une réglette graduée au demi-millimètre est placé dans le plan focal objet de l'oculaire. La distance oculaire-objectif est e= 10 cm.

1. L'œil voit net sans accommoder un objet placé à la distance d de l'objectif. Calculer d.
2. Quelle est la taille de l'objet si la taille de l'image lue sur la réglette vaut L= 5,0 mm ?
3. Faire un schéma de l'ensemble.

EX 3' Allumer du feu avec de la glace.

On se propose de créer du feu avec un bloc de glace. On taille ce dernier de sorte qu'il ressemble à une demi boule de rayon R= 7,0 cm. L'indice de réfraction de la glace est n= 1,33.



Ce bloc est assimilable à une lentille.

1. Identifier la nature de la lentille en justifiant. Quel rôle joui le point O ?
2. On travaille dans les conditions de Gauss, à quelle distance doit être positionner le centre O de la lentille forée par ce bloc de glace par rapport à la paille à embraser ?

Ex 4’ Lunette de Galilée (oral concours 2024).

Dans un article on peut lire concernant la photographie ci-contre : « L’une des premières lunettes fabrique es par Galiléee en 1610. Le tube principal est constitué de deux tubes semi-circulaires maintenus ensemble par un anneau de cuivre et couvert de papier. L’objectif biconvexe mesure 51 mm (de diamètre) pour une focale de 1330 mm et une épaisseur au centre de 2,5 mm. L’oculaire *est constitué d’une lentille plan concave d’un diamètre de 26 mm et de* −94 mm de focale. Cette *lunette grossit 14 fois et présente un champ de 15’. ».*	

Une lunette est un système afocal, formant d’un objet à l’infini une image à l’infini.
On notera L_1 l’objectif, de distance focale image f'_1= 1330 mm et L_2 l’oculaire, de distance focale image f'_2= −94 mm.
On souhaite vérifier les résultats énoncés dans la dernière phrase de cet article. On rappelle la relation liant les degrés et les minutes d’angle 1°= 60’.

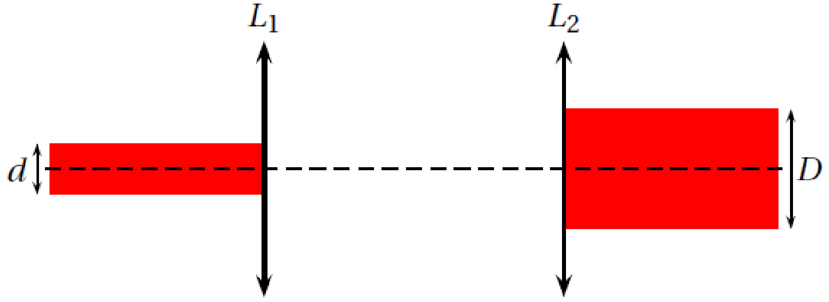
1. Préciser le caractère convergent ou divergent de chacune des deux lentilles. Comment doit-on placer les lentilles l’une par rapport à l’autre pour que leur association forme un système afocal ? Déterminer la distance se parant leurs centres. Réaliser la construction de l’image d’un objet ponctuel à l’infini hors de l’axe optique en veillant à placer correctement les lentilles l’une par rapport à l’autre.
2. Déterminer l’expression puis la valeur numérique du grossissement de la lunette, rapport de l’angle sous lequel est vue l’image à travers la lunette sur celui sous lequel est vu l’objet en l’absence de lunette. Commenter.

Par définition, le champ de la lunette est l'ensemble des points de l'espace visibles à travers l’instrument.

3. Déterminer puis calculer le champ de cette lunette. On pourra pour cela, en le justifiant, considérer un rayon issu d’un objet a l’infini hors de l’axe optique passant par un point du bord de l’objectif et le point diamétralement opposé du bord de l’oculaire, de terminer le champ de la lunette. Conclure.

<u>Ex 5’ Elargisseur de faisceau (Oral 2023).</u>

On désire réaliser un élargisseur de faisceau, transformant un faisceau laser parallèle cylindrique de
diamètre d en un faisceau parallèle de diamètre $D > d$. On utilise pour cela deux lentilles convergentes L_1 et L_2, disposées selon le schéma suivant :



1. Positionner les foyers des deux lentilles permettant d’obtenir un tel dispositif, et exprimer D en fonction de d et des distances focales f_1' et f_2' des lentilles L_1 et L_2.
2. Exprimer l’encombrement de ce dispositif, défini comme sa longueur sur l’axe optique, en fonction de f_1', d et D.
3. En conservant la lentille L_1, proposer un dispositif permettant de réduire cet encombrement sans changer D. On exprimera le nouvel encombrement et on justifiera qu’il est inférieur à celui du premier dispositif.