

Transparence et réflexion ionosphériques:

Un plasma est un gaz ionisé, constitué par des ions positifs (charge $+e$, masse M) et des électrons (charge $-e$, masse m). Ce gaz est dilué. On négligera donc les interactions entre particules chargées. On néglige aussi le champ de pesanteur.

Le plasma est froid c'est à dire qu'on ignore toute agitation thermique des particules.

En l'absence de champ, il y a N ions et N électrons par unité de volume.

Le plasma est soumis à une onde électromagnétique plane progressive harmonique. On donne son champ électrique complexe :

$$\vec{E} = \vec{E}_0 e^{-i(\omega t - kz)}$$

Seul est pris en compte pour le mouvement des charges le régime sinusoïdale forcé de pulsation ω , les vitesses des ions étant notées \vec{V} et \vec{v} .

1. Justifier que l'on puisse négliger l'effet du champ magnétique de l'onde sur les charges devant celui du champ électrique.
2. Donner en régime sinusoïdale permanent, les vitesses \vec{V} et \vec{v} en fonction de \vec{E} et en déduire la densité de courant \vec{j} . Montrer qu'à une approximation près, la contribution des ions au courant est négligeable. Donner alors \vec{j} en fonction de ϵ_0 , ω , ω_p et \vec{E} où $\omega_p = \sqrt{Ne^2/\epsilon_0 m}$ est la pulsation plasma.
3. A l'aide des équations de Maxwell, de la conservation de la charge et des résultats précédents, montrer que la densité volumique de charge ρ est nulle et en déduire que le champ est bien transversal.
4. Eliminer le champ magnétique des équations de Maxwell et aboutir à l'équation de dispersion donnant k^2 en fonction de ω , ω_p et c . Représenter graphiquement $k(\omega)$.
5. Transparence et réflexion :
 - (a) Dans le cas $\omega < \omega_p$, y a-t-il propagation? Décrire le comportement de l'onde au cours du temps.
 - (b) Dans le cas $\omega > \omega_p$, donner les vitesses de phase, de groupe et représenter leur variation en fonction de ω sur un même graphe.

- (c) L'ionosphère, peut être considérée comme un plasma correspondant aux hypothèses précédentes.
- On y envoie une onde telle que $\omega < \omega_p$. Qu'arrive-t-il ?
 - On y envoie une onde telle que $\omega > \omega_p$. l'onde peut-elle forcément s'y propager ? On pourra définir un indice n du plasma par $v_\phi = c/n$ et raisonner comme en optique géométrique.
 - Sachant que les ondes de fréquences inférieures à 9Mhz ne sont pas transmises dans l'ionosphère, déduire l'ordre de grandeur de N , densité d'électrons. On prendra $\epsilon_0 = 8,85.10^{-12}F.m^{-1}$ et $m = 0,91.10^{-30}kg$.