

Exercice 2:

1- $\vec{F}_{em} = q(\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B})$

$$\frac{F_m}{F_e} \approx \frac{qB.v}{qE} \approx \frac{v}{c} \ll 1 \rightarrow F_m \ll F_e$$

2- a) ion : $M \frac{d\vec{v}_i}{dt} = e \vec{E} \rightarrow i\omega M \vec{v}_i = e \vec{E}$
 $\rightarrow \vec{v}_i = \frac{-ie}{\omega M} \vec{E}$

b) e^- : $m \frac{d\vec{v}_e}{dt} = -e \vec{E} \rightarrow \vec{v}_e = \frac{ie}{m\omega} \vec{E}$

3- $\vec{j} = \sum \rho_j \vec{v}_j = en_i \vec{v}_i + (-en_e) \vec{v}_e$
 $= -\frac{in_0 e^2}{\omega M} \vec{E} - \frac{ie^2 n_0}{m\omega} \vec{E}$
 $= -\frac{in_0 e^2}{\omega} \vec{E} \left(\frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$

or $\frac{m}{M} = \frac{m_e}{m_p} \ll 1 \rightarrow \frac{1}{M} \ll \frac{1}{m} \rightarrow$ on peut

négliger la densité de courant relative aux ions.

$\rightarrow \vec{j} = -\frac{in_0 e^2}{\epsilon_0 m\omega} \vec{E} \cdot \epsilon_0 = -i\epsilon_0 \frac{\omega_p^2}{\omega} \vec{E}$

4- $\langle P_j \rangle = \iiint \langle \vec{j} \cdot \vec{E} \rangle \cdot d\vec{\sigma}$ or $\langle \vec{j} \cdot \vec{E} \rangle = \frac{1}{2} \text{Re}(\vec{j} \cdot \vec{E}^*)$
 $= 0$

$\rightarrow \langle P_j \rangle = 0$

le plasma est un milieu transparent (non absorbant)
 $\rightarrow$ pas de dissipation d'énergie par effet Joule ds le plasma.

$$\begin{aligned}
 5/ \quad \vec{\text{rot}} \vec{B} &= \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\
 &= \mu_0 \left(-i \epsilon_0 \frac{\omega_p^2}{\omega} \vec{E} \right) + \frac{1}{c^2} i \omega \vec{E} \\
 &= \frac{i \omega}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \vec{E}
 \end{aligned}$$

$$6/ \quad \frac{\partial}{\partial t} (\vec{\text{rot}} \vec{B}) = i \omega \left(\frac{i \omega}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \vec{E} \right) = \frac{1}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

$$\vec{\text{rot}} \left(\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) = - \vec{\text{rot}} (\vec{\text{rot}} \vec{E}) = \Delta \vec{E} - \text{grad} (\text{div} \vec{E})$$

(E ⊥ k)

$$\rightarrow \Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

eq de propagation de E

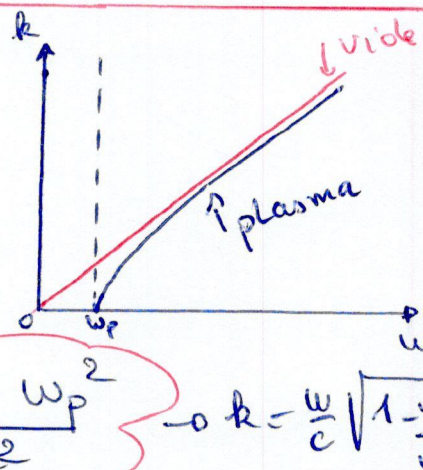
$$7/ \quad \vec{E} = E_0 \exp(i \omega t - k z) \vec{u}_n$$

$$\rightarrow \Delta E_x = \frac{1}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) \frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2}$$

$$-k^2 E_x = -\frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) E_x$$

$$\rightarrow k^2 = \frac{\omega^2}{c^2} \left(1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2} \right) = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2} \rightarrow k = \frac{\omega}{c} \sqrt{1 - \frac{\omega_p^2}{\omega^2}}$$

relat° de dispersion



8/ L'onde peut se propager ds le plasma si $k \in \mathbb{R}$

$$\rightarrow k^2 > 0 \rightarrow \omega > \omega_p$$

si $\omega < \omega_p$ l'onde ne peut pas se propager ds le plasma $\rightarrow$ elle sera alors réfléchi.

9/ pour le plasma il n'y a propagat° que si $\omega > \omega_p$
 ω_p = pulsat° de coupure $\rightarrow$ le plasma est assimilé à un filtre passe-haut.

10- $f = 8 \text{ GHz} \rightarrow \omega = 50,26 \cdot 10^9 \text{ rad/s} > \omega_p \rightarrow$ communication possible.