n négligeant les variations spatiales de la vitesse pour la dérivation temporelle

$$-i\omega m_e \vec{v_e} = -e\vec{E}$$

$$\vec{v_e} = \frac{e}{i\omega m_e}\vec{E} = \frac{-ie}{\omega m_e}\vec{E} \quad \text{comme } \vec{j_e} = -n_e e \vec{v_e}$$

$$\boxed{\vec{j_e} = \frac{i}{\omega}\frac{n_e e^2}{m_e}\vec{E}} \Leftrightarrow \boxed{\alpha = \frac{n_e e^2}{m_e}}$$

5°) $\vec{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \Leftrightarrow \vec{B} = \frac{\vec{k}}{\omega}\wedge\vec{E} \longrightarrow \vec{B_o} = \frac{\vec{k}}{\omega}\wedge\vec{E_o}$

d'après la question 1°)

5°) $\longrightarrow \vec{j_e} = \frac{i}{\mu_o}\left(\frac{\omega}{c^2}\vec{E_o} + \frac{\vec{k}}{\omega}\wedge(\vec{k}\wedge\vec{E_o})\right).e^{i(\vec{k}\vec{r}-\omega t)}$

en utilisant la règle du double produit vectoriel

$$\vec{j_e} = \frac{i}{\mu_o}\left(\frac{\omega}{c^2}\vec{E_o} - \frac{\vec{k}^2}{\omega}\vec{E_o}\right).e^{i(\vec{k}.\vec{r}-\omega t)} = i\omega\varepsilon_o\left[1-\frac{k^2c^2}{\omega^2}\right]\vec{E}$$

$$(\varepsilon_o\mu_o c^2 = 1)$$

$\longrightarrow$ par identification $\boxed{\alpha = \varepsilon_o\omega^2\left[1-\frac{k^2c^2}{\omega^2}\right]}$

7°) $\alpha = \varepsilon_o\omega^2\left[1-\frac{k^2c^2}{\omega^2}\right] = \frac{n_e e^2}{m_e} \longrightarrow \omega^2 = k^2c^2 + \overbrace{\boxed{\frac{n_e e^2}{m_e}}}^{\text{"}\alpha\text{"}}\frac{1}{\varepsilon_o c^2}.c^2$

8°)

$\longrightarrow \boxed{\omega^2 = k^2c^2 + P^2c^2}$ avec $P^2 = \frac{\alpha}{\varepsilon_o c^2}$

relation de dispersion

$\frac{\omega^2}{c^2} - P^2 = k^2 \longrightarrow$ 2 cas possibles

- $\omega^2 > \overbrace{P^2c^2}^{\omega_p^2} \longrightarrow k$ réel : propagation
- $\omega^2 < P^2c^2 \longrightarrow k$ imaginaire (plus de propagation)

9°) $\omega = \sqrt{k^2c^2+P^2c^2} = c\sqrt{k^2+P^2}$

$\boxed{\frac{\omega}{k} = c\sqrt{1-\frac{P^2}{k^2}}}$ $\quad 2k\,dk = \frac{2\omega\,d\omega}{c^2}$ $\quad \boxed{\frac{d\omega}{dk} = \frac{k}{\omega}c^2} \longrightarrow (\text{cf } V_g.V_\varphi = c^2)$