G.1a

$$\rho = \rho_e + \rho_{ions} = -ne + ne = 0$$

G.1.b

$*$ $\dfrac{\|\vec{F}_m\|}{\|F_{el}\|} = \dfrac{e\|\vec{v} \wedge \vec{B}\|}{e\|\vec{E}\|} \leq \dfrac{vB}{E} = \dfrac{v}{c} \ll 1$ car le plasma est non relativiste

$*$ PFD $\begin{cases} m_e \dfrac{d\vec{v}_e}{dt} = -e\|\vec{E}\| + \cancel{m\vec{g}} \\ m_i \dfrac{d\vec{v}_i}{dt} = +e\|\vec{E}\| \end{cases}$

$m_i \gg m_e \Rightarrow \|\vec{v}_i\| \ll \|\vec{v}_e\|$ on néglige le mvt des ions devant les électrons

G.1.c

$$\frac{mg}{eE} = \frac{9 \cdot 10^{-31} \cdot 10}{1{,}6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-3}} \simeq 6 \cdot 10^{-8} \ll 1$$

$mg \ll eE$ pesanteur négligée

G.2.d

$$\vec{j}_e = \rho_e \vec{v}_e = -ne\vec{v}_e$$

PFD appliqué à l'électron : $m \dfrac{d\vec{v}_e}{dt} = -e\vec{E} \Rightarrow \dfrac{d\vec{v}_e}{dt} = \dfrac{-e}{m}\vec{E}$

on intègre ~~$\vec{v}_e$~~ en notation complexe : $\dfrac{d\underline{\vec{v}_e}}{dt} = \dfrac{-e}{m}\underline{\vec{E}}$

$j\omega \underline{\vec{v}_e} = -\dfrac{e}{m}\underline{\vec{E}} \Rightarrow \underline{\vec{v}_e} = \dfrac{-e\underline{\vec{E}}}{j\omega m}$

$\Rightarrow \underline{\vec{j}_e} = \dfrac{ne^2}{j\omega m}\underline{\vec{E}} = \underline{\gamma}\underline{\vec{E}}$ $\boxed{\underline{\gamma} = \dfrac{ne^2}{j\omega m}}$

Conductivité électrique complexe

G.2

Les equation de Maxwell dans le plasma

MG : $div \vec{E} = 0$ Mϕ $div \vec{B} = 0$

MF = $\vec{Rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ MA $\vec{Rot} \vec{B} = \mu_0 \left(\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)$

$= \mu_0 \left(\gamma \vec{E} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)$

G.3 $\vec{Rot}\,\vec{Rot}\,\vec{E} = grad(div \vec{E}) - \Delta \vec{E} = -\Delta \vec{E}$

$= \vec{Rot}\left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right)$

$= -\frac{\partial}{\partial t}(\vec{Rot}\,\vec{B}) = \frac{-\partial}{\partial t}\left(\mu_0 \gamma \vec{E} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right)$

$= -\mu_0 \gamma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} - \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

$\Rightarrow \Delta \vec{E} = \mu_0 \gamma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

$= \mu_0 j \gamma \omega \vec{E} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

$= \frac{\mu_0 n e^2}{m} \vec{E} + \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

$\varepsilon_0 \mu_0 = \frac{1}{c^2}$ $= \frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \frac{\mu_0 c^2 n e^2}{m} \vec{E}\right)$

on pose $\omega_p^2 = \frac{\mu_0 c^2 n e^2}{m} = \frac{n e^2}{m \varepsilon_0}$ ~~appelée pulsation plasma~~

$$\Rightarrow \boxed{\Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} + \omega_p^2 \vec{E}\right)}$$

eq d'onde dans le plasma

$\omega_p = \sqrt{\frac{n e^2}{m \varepsilon_0}}$ appelée pulsation plasma.