Ondes dans les plasmas non magnétisés

Méthode

Équations fluides électroniques

Ecriture des équations de la dynamique

Linéarisation

Perturbations monochromatiques

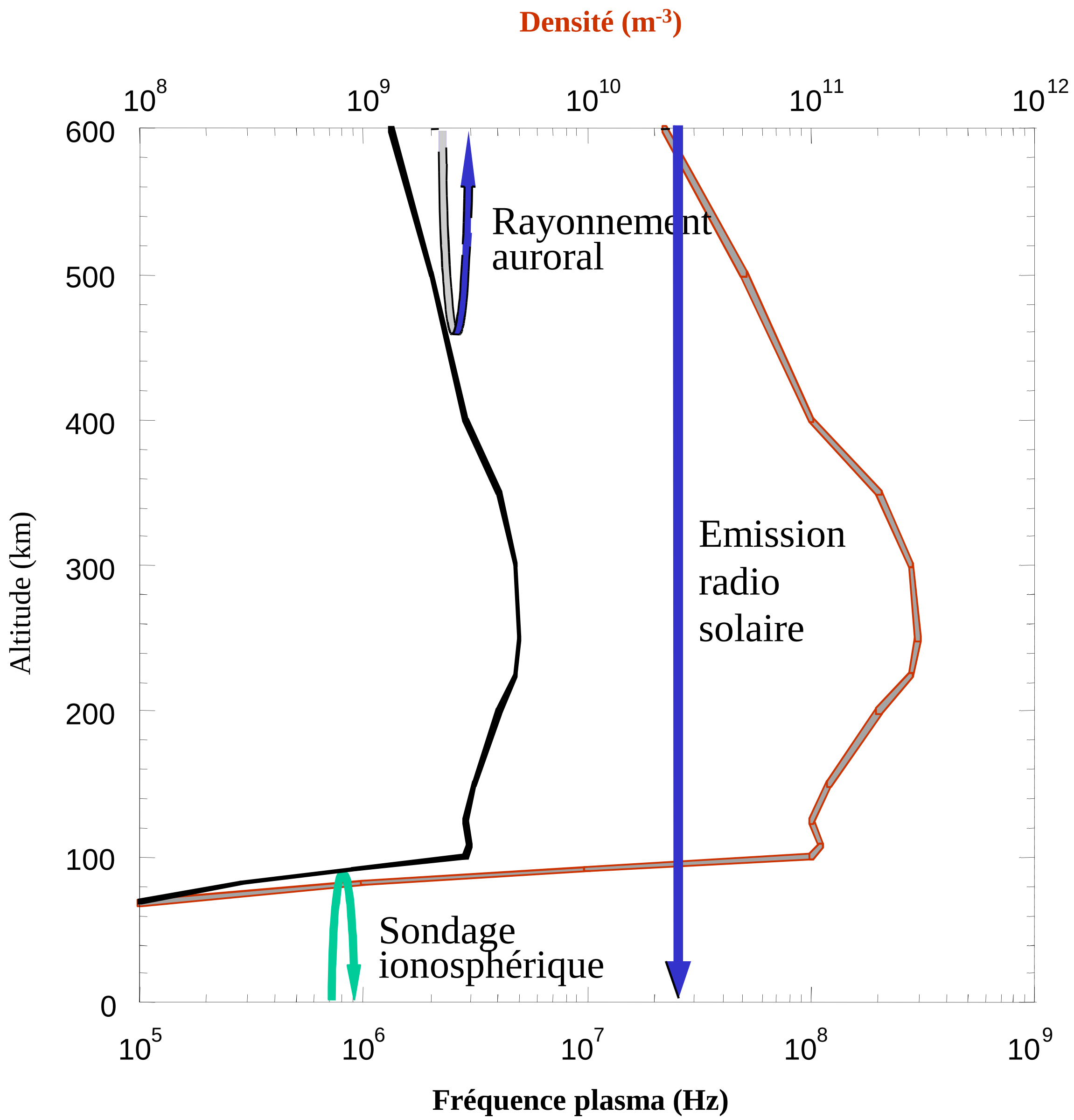
Calcul de $\mathbf{v}(\mathbf{E})$

Calcul de $\boldsymbol{\sigma}$, puis de $\boldsymbol{\varepsilon}$

$$\mathbf{j} = \boldsymbol{\sigma}.\mathbf{E} \qquad \boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{I} - \frac{\boldsymbol{\sigma}}{i\omega\varepsilon_0}$$

Report dans l'équation de propagation

$$\left[\frac{k^2c^2}{\omega^2}\left(\frac{\mathbf{kk}}{k^2} - \mathbf{I}\right) + \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{k},\omega)\right].\mathbf{E}(\mathbf{k},\omega) = 0$$



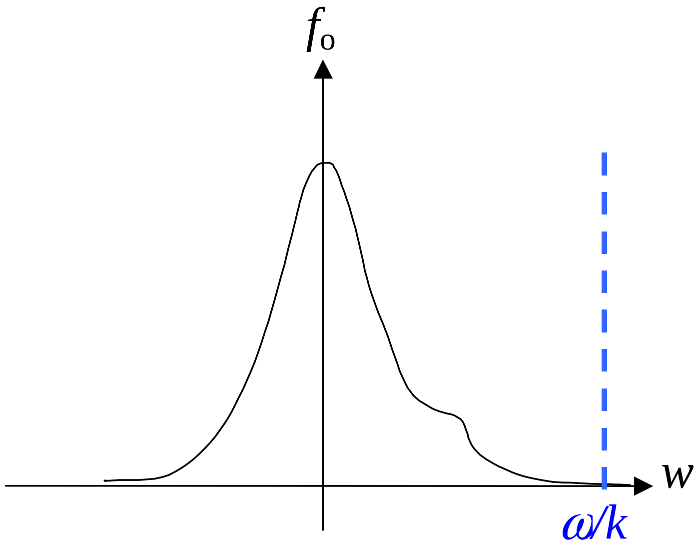
Densité (m-3)
10^8
10^9
10^10
10^11
10^12
Altitude (km)
600
500
400
300
200
100
0
Rayonnement auroral
Emission radio solaire
Sondage ionosphérique
10^5
10^6
10^7
10^8
10^9
Fréquence plasma (Hz)

Approche cinétique de l'oscillation de plasma

$$\begin{cases} \partial_t(f) + w\partial_x(f) - \dfrac{eE}{m}\partial_w(f) = 0 \\ \partial_x(E) = -\dfrac{e}{\varepsilon_o} n \end{cases} \qquad n = \int dw\, f(w)$$

Relation de dispersion $$1 - \frac{\omega_{pe}^2}{k^2} I_h(\omega/k) = 0$$

$$I_h(\omega/k) = \int dw \frac{\partial_w(f_\mathrm{o})/n_\mathrm{o}}{w - \omega/k} + 2i\pi\partial_w(f_\mathrm{o})/n_\mathrm{o}\Big|_{w=\omega/k}$$



Limite fluide

$$I(\omega/k) = \int dw \frac{f_o/n_o}{(w-\omega/k)^2} = \left\langle \frac{1}{(w-\omega/k)^2} \right\rangle = \left\langle 1 + 2kw/\omega + 3k^2w^2/\omega^2 + \ldots \right\rangle$$

Relation de dispersion

$$\boxed{\omega^2 = \omega_{pe}^2\left[1 + 3k^2V_{th}^2/\omega^2 + \ldots\right] \approx \omega_{pe}^2 + 3k^2V_{th}^2}$$

Comparaison entre les deux approches

Relation de dispersion fluide

$$\omega^2 = \omega_{pe}^2 + \gamma k^2 V_{the}^2$$

$$\gamma = 3$$

Relation de dispersion cinétique

$$\omega^2 \approx \omega_{pe}^2 + 3k^2 V_{th}^2$$

Méthode

Ecriture des équations de la dynamique

Équations fluides électroniques et ioniques

linéarisation

Perturbations monochromatiques

Calcul de **v**(**E**)

Calcul de $\boldsymbol{\sigma}$

$$\mathbf{j} = \boldsymbol{\sigma}_e.\mathbf{E} + \boldsymbol{\sigma}_i.\mathbf{E}$$

Report dans l'équation de propagation

$$\left[\frac{k^2c^2}{\omega^2}\left(\frac{\mathbf{kk}}{k^2} - \mathbf{I}\right) + \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{k},\omega)\right].\mathbf{E}(\mathbf{k},\omega) = 0$$