Propagation des OEM dans les plasmas

Comportement du champ électromagnétique en "basse fréquence"

Réflexion des OEM sur un plasma

OEM dans les plasmas

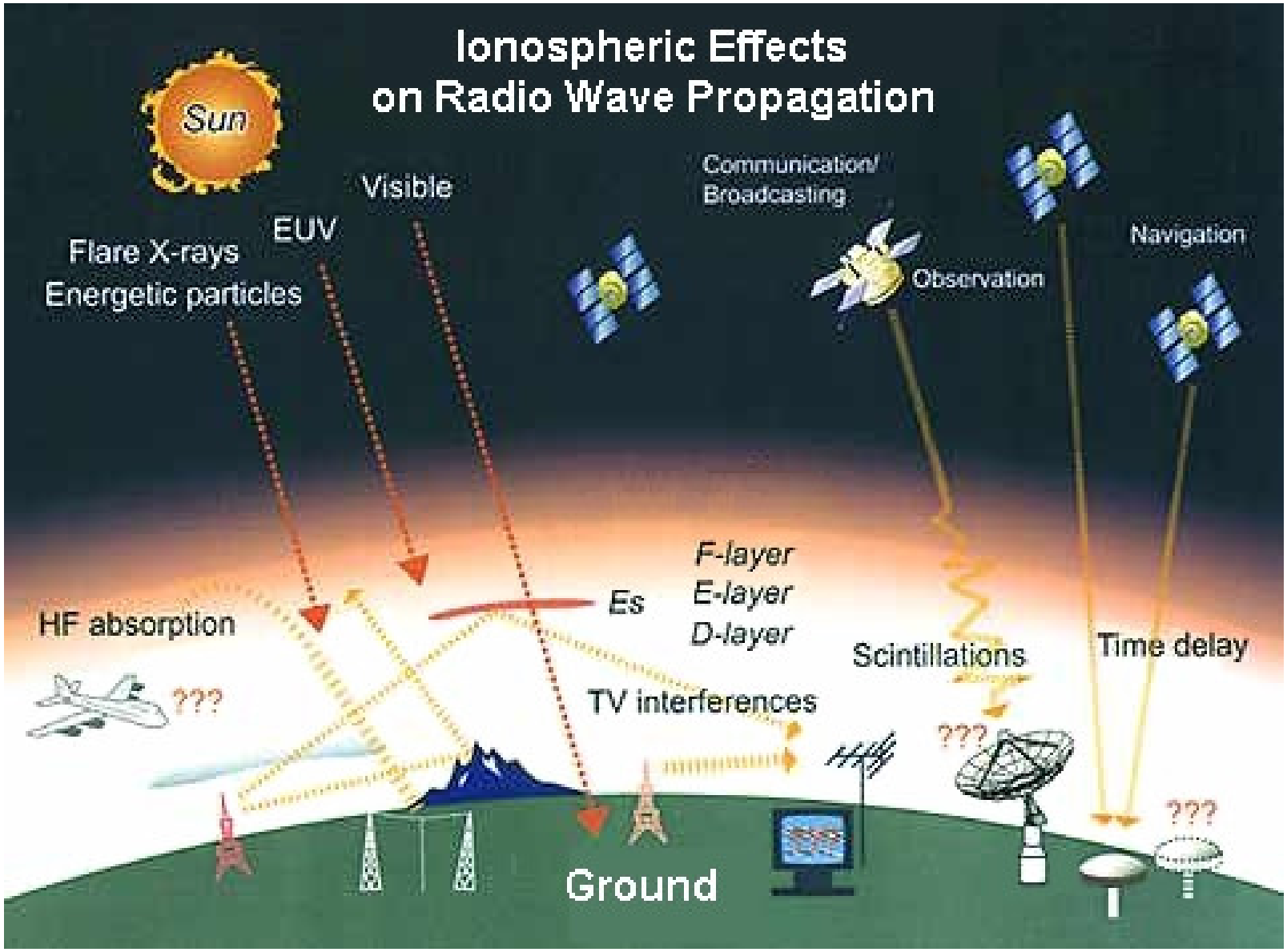
Problématique

OEM dans les plasmas

Propagation des OEM dans les plasmas

Comportement du champ électromagnétique en "basse fréquence"

Réflexion des OEM sur un plasma



1

Propagation des OEM dans les plasmas

Description d'un plasma

OEM dans les plasmas

Propagation des OEM dans les plasmas

Comportement du champ électromagnétique en "basse fréquence"

Réflexion des OEM sur un plasma

Un plasma est un gaz peu dense totalement ionisé constitué de cations de charge e et de masse m_i et d'électrons de charge $-e$ et de masse m_e.
Au repos les nombres volumiques d'électrons et de cations ont la même valeur n_0, de telle sorte que le plasma est localement neutre.

On étudie la propagation dans le plasma d'une onde électromagnétique plane progressive transversale se propageant dans la direction $\overrightarrow{u_x}$, décrite par un champ électrique de la forme

$$\overrightarrow{E}(x,t) = E_0 \cos(\omega t - kx)\overrightarrow{u_y}$$

et un champ magnétique $\overrightarrow{B}(x,t)$ de valeur moyenne temporelle nulle.

Cette onde met en mouvement les charges : on note $\overrightarrow{v_e}(M,t)$ la vitesse de l'électron qui passe au point M à l'instant t et on suppose que la moyenne temporelle $< \overrightarrow{v_e}(M,t) >$ est nulle en tout point M.
On néglige toute autre force que les forces électromagnétiques.

Neutralité du plasma en présence de l'OEM

Expression du champ magnétique

Approximation non relativiste

Comparaison courant d'ions / courant d'électrons

Conductivité du plasma

Puissance moyenne cédée aux porteurs de charges par l'OEM

OEM dans les plasmas

Propagation des OEM dans les plasmas

Comportement du champ électromagnétique en "basse fréquence"

Réflexion des OEM sur un plasma

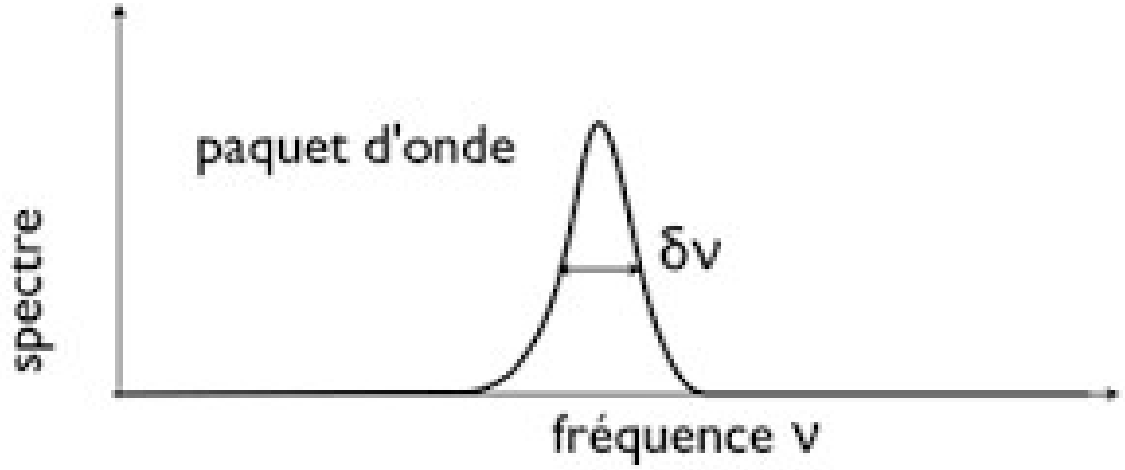
Équation de Maxwell dans un plasma dilué

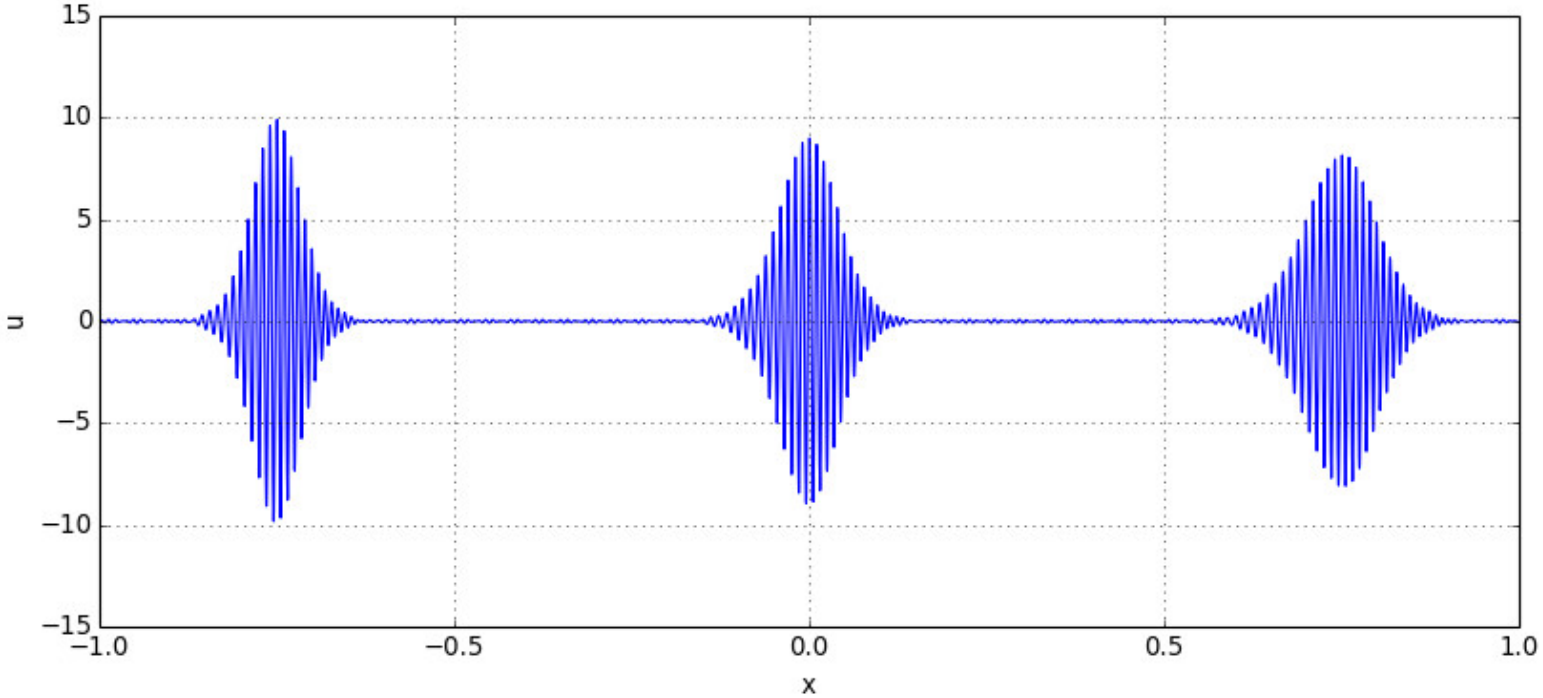
Équation de propagation du champ électrique

Relation de dispersion des ondes transversales

Vitesse de phase

Vitesse de groupe





Expression de la vitesse de groupe

Pour une propagation faiblement dispersive sans absorption,

$$v_g = \frac{\mathrm{d}\omega}{\mathrm{d}k}$$

Cette vitesse correspond à la vitesse de déplacement de l'enveloppe d'un paquet d'ondes.

Vitesse d'énergie

Représentation graphique v_φ et v_g

2

Comportement du champ électromagnétique en "basse fréquence"

Expression du champ électrique pour $\omega < \omega_p$

Aspect énergétique

3

Réflexion des OEM sur un plasma

Indice d'un plasma

Définition

$$\underline{n} = \frac{\underline{k}}{k_0}$$

Autres formes possibles :

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Exemple du plasma ionosphérique

Calculer l'indice du plasma ionosphérique de densité électronique $n_0 = 1 \times 10^{12}\,\mathrm{m}^{-3}$ pour une fréquence $f = 14\,\mathrm{MHz}$.

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

Une onde de pulsation $\omega > \omega_p$ est émise depuis le sol et arrive sur l'ionosphère avec un angle de 30 °.En utilisant les lois de Descartes, montrer qu'il existe une fréquence $f_0 > f_p = \dfrac{\omega_p}{2\pi}$ en dessous de laquelle l'onde est totalement réfléchie. Quelle est l'expression de f_0 dans le cas d'une incidence normale ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

La communication par ondes hertziennes avec des satellites artificiels utilise les propriétés de transparence du plasma ionosphérique alors qu'au contraire les télécommunications terrestres en grandes ondes utilisent la réflexion des OEM sur l'ionosphère.

Quelle bande passante de fréquences vous parait adaptée à la transmission terrestre des ondes radio ? Et pour les communications avec les satellites ?

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .

. . . . . .