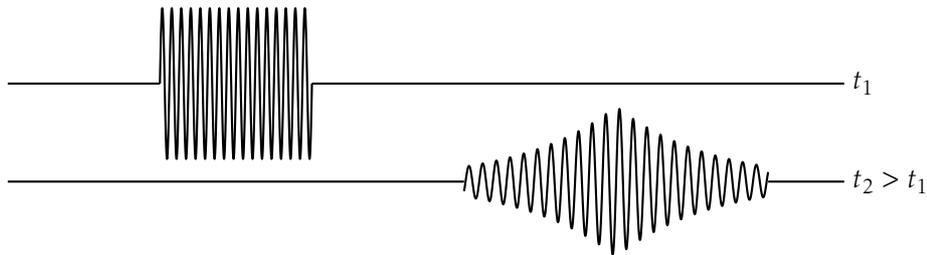


Phénomènes dispersifs et milieux absorbants

I. Phénomènes dispersifs



Phénomène dispersif

Un phénomène de propagation est dispersif si la vitesse de propagation d'une onde harmonique de pulsation ω dépend de cette pulsation.

Comme un paquet d'onde peut être vu comme une superposition d'ondes de différentes pulsations, un paquet d'onde se déformera lors d'une propagation dispersive.

Pour une vibration solution d'une équation de propagation, on recherchera les solutions sous la forme

$$\underline{s}(M, t) = S_0 \cdot e^{i(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{OM})} \text{ avec } \underline{\vec{k}} = \vec{k}' - i \cdot \vec{k}''$$

Indice complexe d'un milieu

On définit l'indice complexe \underline{n} d'un milieu siège de propagation d'une onde électromagnétique tel que

$$\underline{\vec{k}} = \underline{n} \cdot \frac{\omega}{c} \text{ avec } \vec{k} = \frac{\omega}{c} (n' - i \cdot n'') \cdot \vec{u}_{prop}$$

Vitesse de phase

La perturbation associée à une onde harmonique de pulsation ω se propage à la vitesse de phase

$$v_\phi = \frac{\omega}{\mathcal{R}e(\underline{k})}$$

Le phénomène est **dispersif** si la vitesse de phase dépend de ω

Un phénomène peut être dispersif indépendamment de la nature du milieu de propagation de l'onde (voir le cas des guides d'onde).

Vitesse de groupe

L'énergie associée à l'onde progressive est une grandeur physique à laquelle on peut associer une information. Sa vitesse, nommée **vitesse de groupe**, est donc limitée par la célérité de la lumière dans le vide c . Pour des phénomènes peu dispersifs,

$$v_g = \frac{d\omega}{d\mathcal{R}e(\underline{k})}$$

II. Propagation dans un métal ou un plasma

1. Conductivité dynamique du milieu

Conductivité dynamique

On considère les représentations complexes associées aux grandeurs caractéristiques du milieu de propagation et de l'onde.

$$\vec{j} = \underline{\gamma} \cdot \vec{E}$$

Méthode - Exprimer la conductivité dynamique dans le cas général

- ✓ Étudier un porteur de charge. On note q sa charge et n la densité volumique des porteurs de charge
- ✓ Effectuer le bilan des forces en exploitant le modèle de Drüde : $\vec{f} = -\frac{m}{\tau} \cdot \vec{v}$
- ✓ Justifier que le poids ainsi que la force magnétique sont négligeables devant les autres forces
- ✓ En régime permanent la vitesse des porteurs de charge va évoluer de manière harmonique, avec la même pulsation que le champ associé à l'onde. On peut donc déduire du PFD une expression complexe de \vec{v}
- ✓ En déduire une relation entre \vec{j} et \vec{E}

a. Cas du plasma

Définition d'un plasma

Un plasma est un milieu ionisé très peu dense, globalement neutre, où les électrons sont considérés comme très mobiles.

- ✓ Les ions positifs, de masse beaucoup plus importante, seront considérés comme immobiles.
- ✓ La densité étant très faible et les pulsations des ondes le traversant élevées, on peut négliger les interactions modélisées par le modèle de Drüde : $j\omega\tau \gg 1$

b. Cas des métaux dans l'ARQS

- ✓ Les conducteurs ont un temps caractéristique τ très faibles
- ✓ Le cadre de l'ARQS correspondra à des pulsations pas trop élevées $\omega \ll 10^{10} \text{ rad.s}^{-1}$

de sorte que l'on pourra considérer $j\omega\tau \ll 1$. Sa conductivité sera alors réelle.

Les études de la propagation des ondes électromagnétiques dans le métal et le plasma sont à maîtriser. Elles sont développées en exercice

III. Bilan énergétique

On peut déterminer la valeur moyenne du vecteur de Poynting à partir des expressions complexes des champs grâce à la relation fournie

$$\langle \vec{\Pi} \rangle = \text{Re} \left(\frac{1}{2} \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}^*}{\mu_0} \right)$$