

# Ondes électromagnétiques dans la matière conductrice

## I Propagation d'une OEM dans un conducteur ohmique

1. Hypothèses et domaine de fréquences considéré
2. Neutralité
3. Approximation du « bon conducteur »
4. Équation d'onde et relation de dispersion
5. Interprétation : effet de peau
6. Aspect énergétique

## II Ondes électromagnétiques dans un plasma dilué et froid

1. Hypothèses d'étude
2. Conductivité complexe du plasma
3. Échanges énergétiques entre le champ et la matière
4. Neutralité du plasma et transversalité de l'OEMPPH
5. Équation d'onde et relation de dispersion
6. Cas où  $\omega > \omega_p$
7. Cas où  $\omega < \omega_p$ 
  - a. Caractère évanescent
  - b. Expression de  $\vec{B}$
  - c. Transport de l'énergie

## III Généralisation, indice optique

1. Équation d'onde
2. Relation de dispersion
3. Interprétation : vitesse de phase et indice complexe
4. Cas d'un isolant DLHI
5. Aspect énergétique

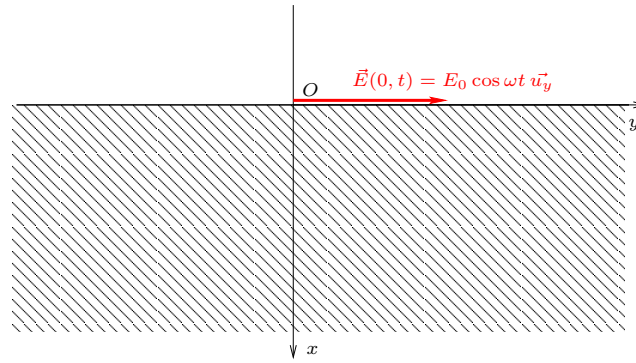


FIGURE 1 – Effet de peau à la surface d'un métal

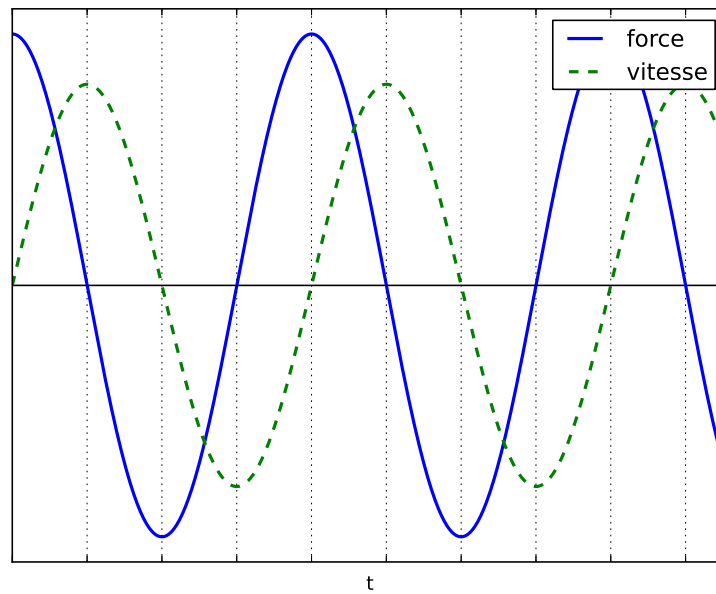


FIGURE 2 – Force électrique s'exerçant sur un électron et vitesse de cet électron en fonction du temps. La vitesse est en quadrature retard.

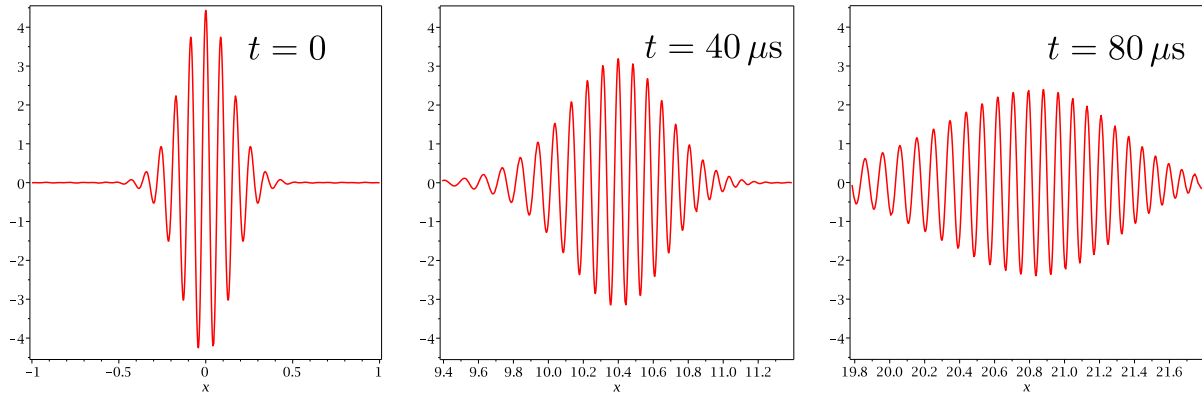


FIGURE 3 – Propagation d'un paquet d'onde dans un milieu dispersif, ici un plasma de fréquence propre  $f_p = 2$  MHz. L'unité de longueur est le kilomètre et l'unité de temps la microseconde. Le champ électrique est calculé par  $E(x, t) = \int A(\omega) e^{i[k(\omega)x - \omega t]} d\omega$  en prenant pour  $A(\omega)$  une courbe en cloche centrée sur la fréquence  $f_0 = 4$  MHz et exprimant  $k(\omega)$  par la relation de dispersion. On a représenté l'onde à  $t = 0$ ,  $t = 40 \mu s$  puis  $t = 80 \mu s$ . On constate qu'elle s'étale légèrement (phénomène de dispersion) et que son enveloppe se déplace de 10,4 km en  $40 \mu s$ , puis de 20,8 km en  $80 \mu s$ , ce qui donne une vitesse de  $0,26 \text{ km} \cdot \mu s^{-1}$ . Par ailleurs, on peut calculer numériquement la vitesse de groupe  $v_g = c\sqrt{1 - f_p^2/f_0^2} = 2,6 \text{ m} \cdot s^{-1}$ . On retrouve la même valeur : **la vitesse de groupe représente la vitesse de déplacement de l'enveloppe du paquet d'onde.**

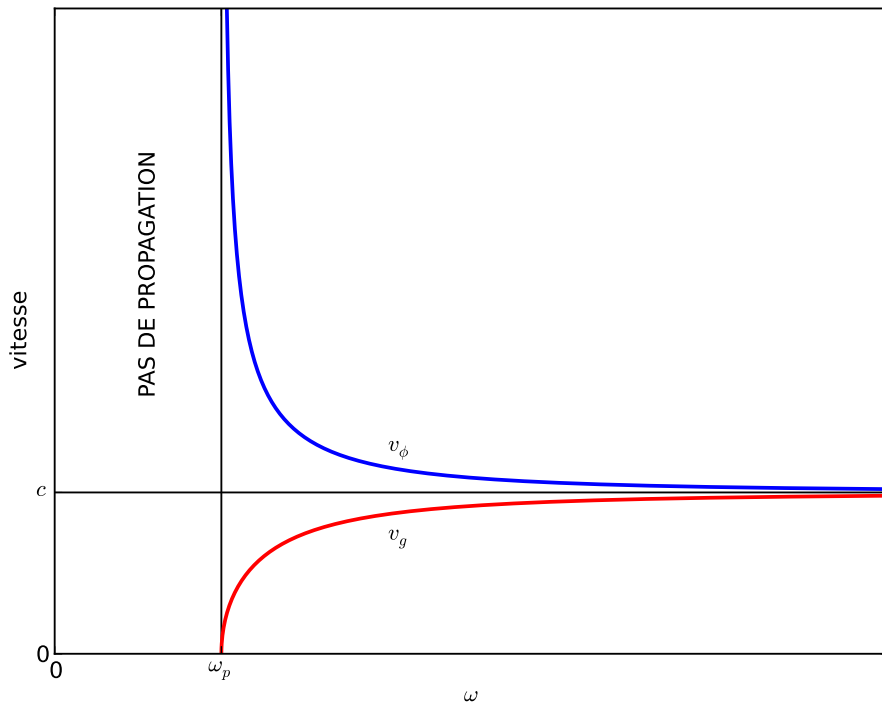


FIGURE 4 – Vitesse de phase et vitesse de groupe dans un plasma