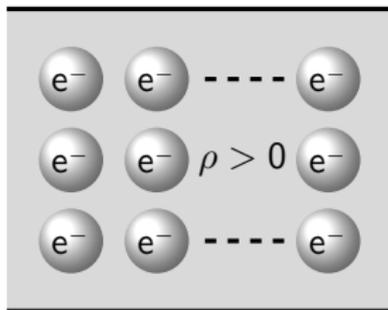
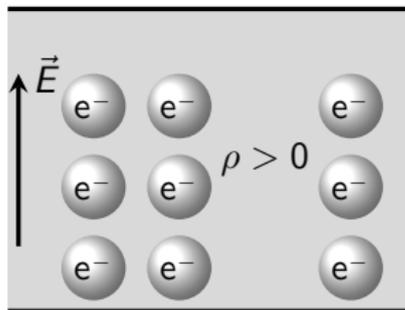


a)



b)



c)

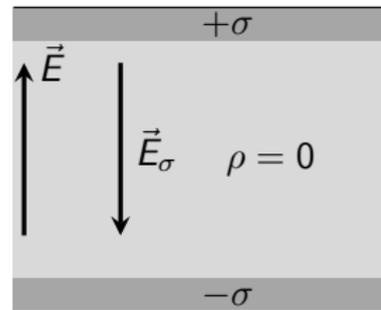
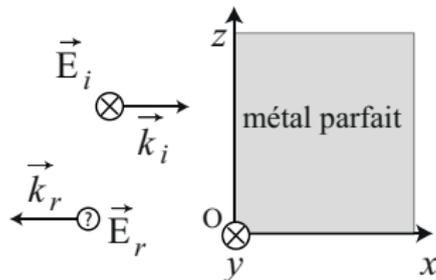


Figure – a) Modèle du jellium pour un film métallique. b) Effet d'un champ électrique. c) Modèle équivalent.

Exemple 1

Soit $\vec{E}_i(x, t) = E_0 \cos(\omega t - kx) \vec{e}_y$, le champ électrique d'une onde incidente. On considère une onde réfléchie en $x = 0$ comme une onde plane^a de même pulsation ω , et de vecteur d'onde opposé au vecteur d'onde incident : $\vec{k}_r = -k \vec{e}_x$.



- 1 - Justifier que le champ réfléchi ne peut avoir de composante selon \vec{e}_x .
- 2 - En utilisant les relations de passage, montrer que le champ est de la forme : $\vec{E}_r(x, t) = -E_0 \cos(\omega t + kx) \vec{e}_y$.
- 3 - En déduire l'expression du champ magnétique réfléchi $\vec{B}_r(x, t)$.

^a. L'invariance par translation selon y et z permet d'assurer la planéité de l'onde.





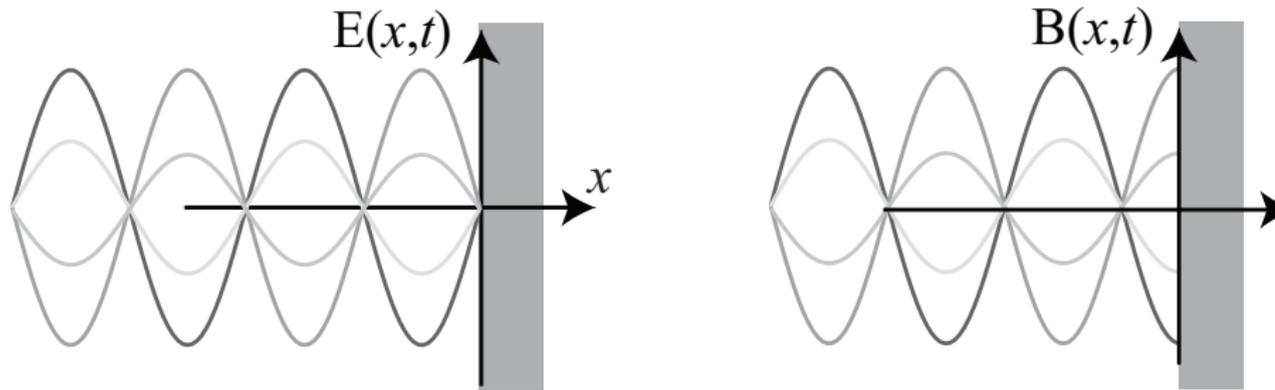


Figure – Représentation des ondes stationnaires relatives aux champs électriques et magnétiques pour différents temps.



Définition :

Une onde est dite **stationnaire** lorsque son amplitude peut se mettre sous la forme :

$$f(x) \times g(t)$$



Définition :

- un **nœud** est une zone de l'espace où la vibration est toujours nulle
- un **ventre** est une zone de l'espace où l'amplitude de la vibration est maximale

Exemple 2

On considère une onde stationnaire dans le domaine $x < 0$ décrite par le champ électromagnétique

$$\begin{cases} \vec{E}(x, t) = 2E_0 \sin \omega t \sin kx \vec{e}_y \\ \vec{B}(x, t) = \frac{2E_0}{c} \cos \omega t \cos kx \vec{e}_z \end{cases}$$

- 1 - Déterminer les positions x_n des noeuds de champ magnétique en fonction λ .
- 2 - Déterminer de même les positions x_p des ventres de champ magnétique.
- 3 - Comparer aux valeurs x_n et x_p à ceux du champ électrique.

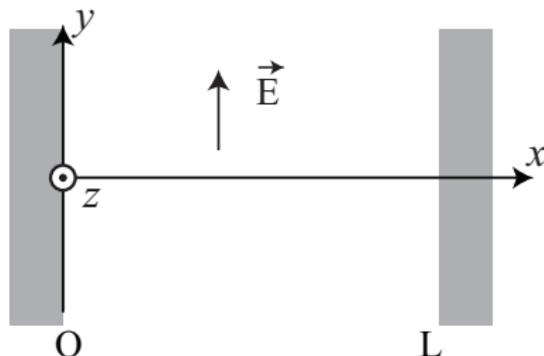


Définition :

Un **mode** d'une cavité correspond à l'existence d'une onde électromagnétique d'une longueur d'onde dépendante de la forme et de la taille de la cavité.

Exemple 3

On considère une cavité électromagnétique constituée de deux surfaces métalliques parallèles disposées en $x = 0$ et $x = L$. On s'intéresse à l'écriture du champ électrique sous la forme d'une onde stationnaire :



$$\vec{E}(x, t) = E_0 \cos \omega t \times f(x) \vec{e}_y$$

- 1 - Quelle est l'équation vérifiée par $f(x)$?
- 2 - En déduire la solution générale pour la fonction $f(x)$.
- 3 - En utilisant les relations de passage pour le champ électrique en $x = 0$ et $x = L$ et montrer que seules des ondes dont le vecteur d'onde est de la forme $k_n = n\pi/L$ peuvent exister dans la cavité (avec $n \in \mathbb{N}^*$).

Représenter l'allure de l'amplitude $f(x)$ pour $n = 1$, $n = 2$ et $n = 3$.

- 4 - Dans un laser He-Ne possédant une cavité laser de $L = 15,0$ cm,

calculer l'espace fréquentiel entre les modes.

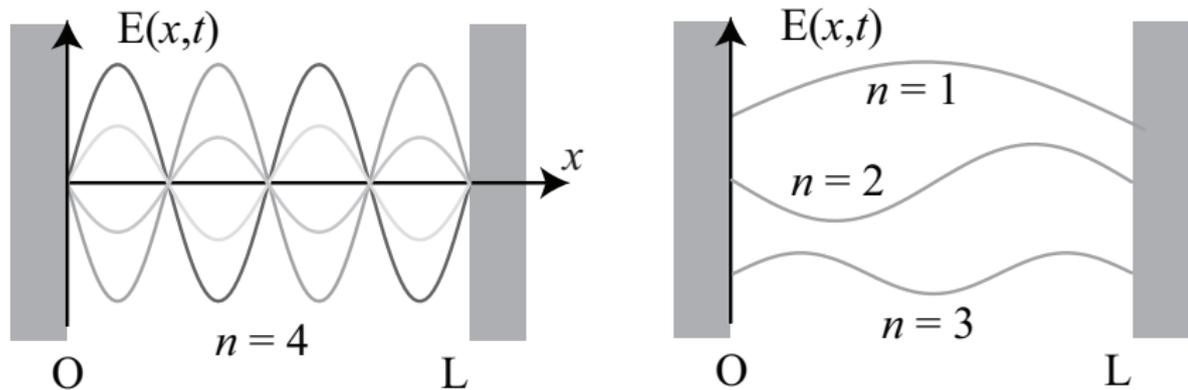


Figure – a) Allure des premiers modes du champ électrique. b) Représentation du champ $E(x, t)$ à différents instants pour $n = 3$.

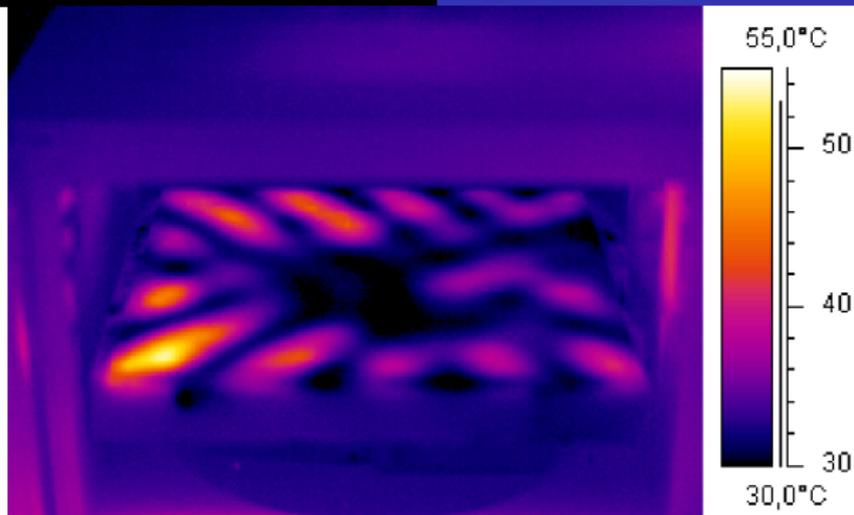


Figure – Assiette d'eau vue à la caméra infrarouge dans un microonde sans plateau tournant. Les zones chauffées correspondent aux ventres des modes de la cavité du four et sont espacées d'environ $\lambda/2 \approx 6$ cm, en bon accord avec $f = c/\lambda = 2,4$ GHz. D'après Vollmer, *Physics of the microwave oven*, Phys. Ed. **39**, 74 (2004).

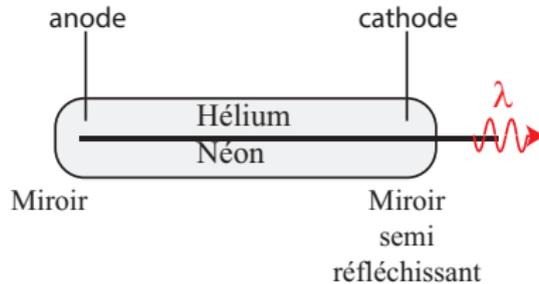
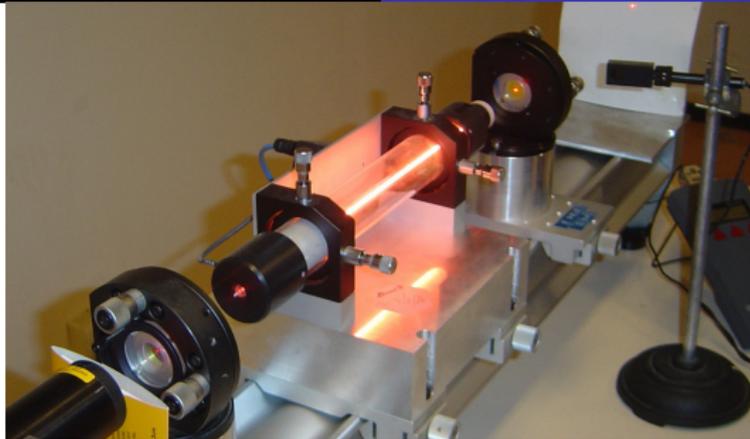


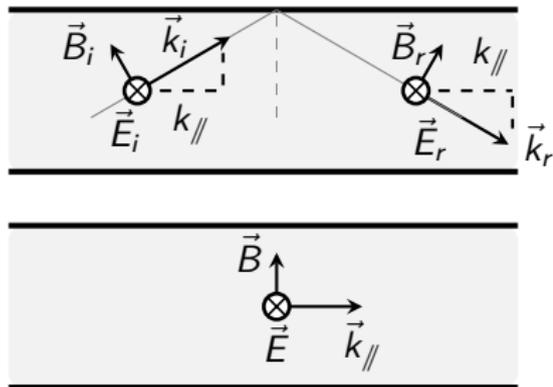
Figure – Cavité laser de démonstration, laboratoire Kastler-Brossel, (© D. Monniaux), et schéma de principe.



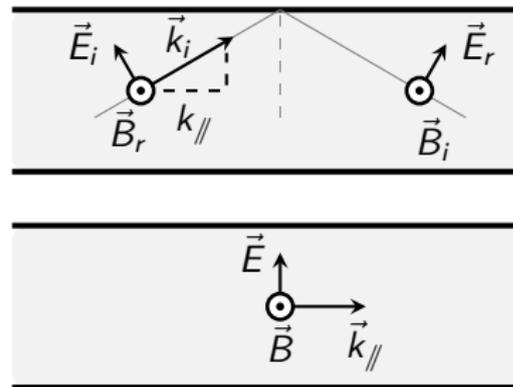
Définition :

La composante du vecteur d'onde **parallèle** au guide $k_{//}$, ou β , est appelée **constante de propagation**. Elle caractérise le mode guidé.

a) Polarisation TE



b) Polarisation TM



 **Exemple 4** On cherche un champ magnétique TE à l'intérieur du guide de largeur L (on note β la constante de propagation du mode guidé)

$$\vec{B}(x, z, t) = B_0(x)e^{i(\omega t - \beta z)} \vec{e}_x$$

- 1 - Établir l'équation vérifiée par B_0 à partir de l'équation de D'Alembert.
- 2 - On note $K^2 = \omega/c^2 - \beta^2$, résoudre l'équation différentielle pour $\beta < \omega/c$. Montrer que les relations de continuité imposent des valeurs de K discrètes.
- 3 - Tracer qualitativement $\omega = f(\beta)$ pour le premier mode. Établir l'existence d'une pulsation de coupure ω_c en dessous de laquelle aucun mode n'est supporté. Quelle est la longueur d'onde associée ? La comparer à la taille du guide et commenter. Calculer la fréquence de coupure pour $L = 1,0$ cm.

Données : $\Delta f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$



Définition :

La composante longitudinale du vecteur d'onde β , appelée constante de propagation suit une **relation de dispersion d'un mode guidé**

$$\omega = f(\beta).$$

