

# TD Ondes électromagnétiques

## Réflexion sur un conducteur parfait

### 1 Réflexion d'une onde polarisée circulairement

Soit une OPPM polarisée circulairement se propageant dans le vide selon les  $z$  décroissants jusqu'à un métal parfaitement conducteur occupant le demi-espace  $z < 0$  :

$$\vec{E} = E_0 \cos(\omega t + kz) \vec{u}_x + E_0 \sin(\omega t + kz) \vec{u}_y \quad (1)$$

1. Calculez le champ magnétique incident et le vecteur de Poynting incident.
2. Prouvez l'existence d'une onde réfléchie dont vous calculerez les champs et le vecteur de Poynting.
3. Déterminez la structure de l'onde totale (champs, vecteur de Poynting) dans le demi-espace  $z > 0$ .
4. Calculez la charge surfacique et le courant surfacique sur  $z = 0$ .
5. La polarisation de l'onde incidente est-elle circulaire gauche ou droite ? Que devient-elle après réflexion ?

### 2 Microcoupures d'un téléphone portable

(Centrale MP 2015) En ville, les ondes électromagnétiques utilisées par la téléphonie mobile sont perturbées par les immeubles. Dans une modélisation très simplifiée, on suppose que l'onde devant une façade d'immeuble assimilée au plan  $x = L$  a pour champ électrique :

$$\vec{E} = E_0 \cos(2\pi f t + \varphi) \sin\left(\frac{2\pi f}{c}(x - L)\right) \vec{u}_z \quad (2)$$

pour  $x \leq L$ , avec  $E_0$  une constante et  $f = 900$  MHz.

1. Commentez cette expression.
2. On admet que la puissance  $\mathcal{P}$  reçue par le téléphone est quadratique avec le champ électrique. On suppose qu'il existe une puissance seuil  $\mathcal{P}_s$  en dessous de laquelle la réception du signal est impossible, et que la moyenne de  $\mathcal{P}$  suivant  $x$  est  $10\mathcal{P}_s$ .  
Le téléphone étant porté par un piéton marchant à  $v = 4 \text{ km h}^{-1}$  suivant  $x$ , calculez la fréquence des coupures ainsi que leur durée.

### 3 Réflexion sur un miroir mobile — Effet Doppler

Dans un référentiel  $\mathcal{R}$ , une surface parfaitement conductrice, plane et perpendiculaire à  $Ox$  se déplace à la vitesse constante  $v > 0$  le long de cet axe. Elle se trouve initialement en  $x = 0$ . Une OPPM incidente de champ électrique :

$$\vec{E} = E_0 \cos\left(\omega\left(t - \frac{x}{c}\right)\right) \vec{u}_y \quad (3)$$

se réfléchit sur cette surface.

1. Proposez une expression pour le champ électrique de l'onde réfléchi sans chercher à calculer les valeurs des coefficients.
2. Sachant que la résultante d'une force est indépendante du référentiel mais que les champs électrique et magnétique ne le sont pas, exploitez la loi de composition des vitesses pour établir les formules de transformation galiléenne des champs :

$$\begin{cases} \vec{E}' = \vec{E} + \vec{v}_e \wedge \vec{B} \\ \vec{B}' = \vec{B} \end{cases} \quad (4)$$

Que représente  $\vec{v}_e$  ?

3. L'étude de la réflexion sur le miroir doit être menée dans le référentiel lié au miroir. Cherchez l'onde réfléchie sous la forme d'une OPPM de pulsation  $\omega'$  que vous déterminerez.
4. Exprimez la variation de fréquence  $\Delta f$  dans la limite non relativiste  $v \ll c$ . Application numérique pour  $f = 5 \text{ GHz}$  et  $v = 100 \text{ km h}^{-1}$ .
5. Calculez le coefficient de réflexion en énergie. Comment expliquer qu'il est inférieur à 1 ?