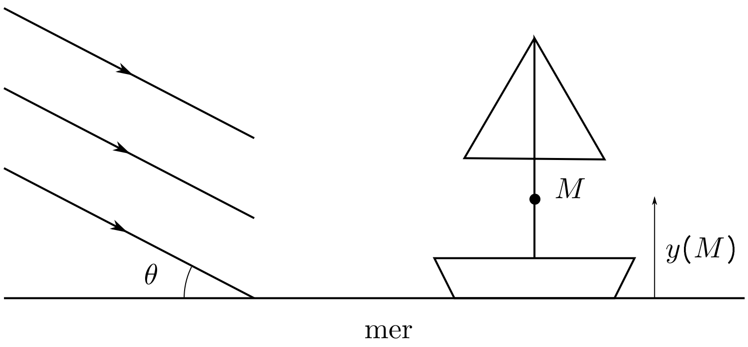
CCS1

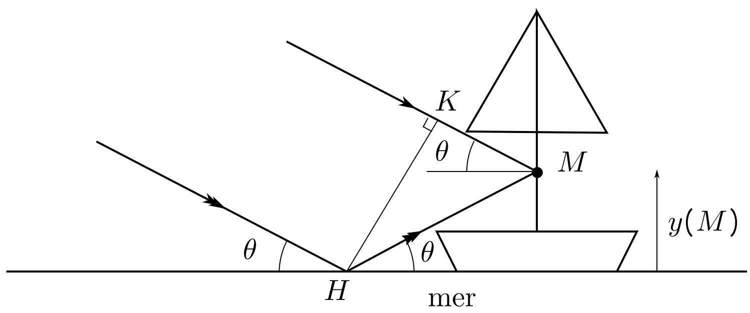
1 Réception d'ondes sur un bateau

Un bateau se situe à 10 km de la côte. Il reçoit sur un récepteur un faisceau d'ondes parallèles arrivant avec un angle θ au niveau de la mer. On donne la vitesse de la lumière dans le vide $c = 3{,}0 \times 10^{8}\,\mathrm{m\,s^{-1}}$, la fréquence des ondes $f = 100\,\mathrm{MHz}$ et l'indice optique de l'air $n_{\mathrm{air}} = 1,0$.
Lorsque la mer est calme, on considère l'interface comme un miroir parfait.
Le récepteur est situé en M, à une altitude $y(M)$ par rapport à la surface de la mer.



1. Quel phénomène physique apparait en M ? Expliquer.

   Réponse :
   On observe des interfénces entre le rayon arrivant directement et celui ayant subi une réflexion (comme pour le miroir de Lloyd).



---

2. Calculer la différence de marche $\Delta L(M)$ que l'on mettra sous la forme $\Delta L(M) = f(y)\sin(\theta)$. Expliciter $f(y)$.

   Réponse :
   Les ondes incidentes étant planes, les points K et H sont en phase. La différence de marche s'écrit :

$$\Delta L(M) = n_{\mathrm{air}}\,(HM - KM) \quad \text{avec} \quad HM = \frac{y}{\sin(\theta)} \quad \text{et} \quad KM = HM\cos(2\theta)$$

   On en déduit avec $n_{\mathrm{air}} = 1$:

$$\Delta L(M) = HM\,(1 - \cos(2\theta)) = \frac{y}{\sin(\theta)} \times 2\sin^2(\theta) \quad \text{soit} \quad \boxed{\Delta L(M) = 2y\sin(\theta)}$$

---

3. Lors de la réflexion sur la mer, on observe un déphasage de $+\pi$. Calculer la différence de phase $\Delta\phi(M)$ au point M.

Réponse :

$$\Delta\phi(M) = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta L(M) + \pi \qquad \text{avec} \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

On en déduit

$$\boxed{\Delta\phi(M) = \frac{2\pi f}{c} \times 2y\sin(\theta) + \pi}$$

---

4. Soit I_0 l'intensité de la source. Exprimer l'intensité $I(M)$ perçue au point M.

Réponse :
D'après la formule de Fresnel

$$I(M) = I_0\left(1 + \cos\left(\Delta\phi(M)\right)\right)$$

---

5. Exprimer l'interfrange i en fonction de λ et θ.

Réponse :
Il y a interférences constructives quand $\Delta\phi(M) = 2n\pi$ avec $n \in \mathbb{Z}$, soit

$$y_n = \frac{c}{2f\sin(\theta)}\left(n - \frac{1}{2}\right)$$

On en déduit l'interfrange

$$\boxed{i = y_{n+1} - y_n = \frac{c}{2f\sin(\theta)}}$$

---

6. Calculer l'interfrange pour les deux positions de l'émetteur :
   - premier cas : une colline de 700 m de hauteur ;
   - deuxième cas : un immeuble de 10 m de hauteur.

Réponse :
On calcule θ avec

$$\sin(\theta) \approx \tan(\theta) = \frac{h}{D} \qquad \text{avec} \qquad D = 10\,\text{km}$$

On a alors
- premier cas :

$$\sin(\theta) \approx 7 \times 10^{-2}\,\text{rad} \qquad \text{et} \qquad i = 21\,\text{m}$$

- deuxième cas

$$\sin(\theta) \approx 1 \times 10^{-3}\,\text{rad} \qquad \text{et} \qquad i = 1{,}5 \times 10^{3}\,\text{m}$$

---

7. Quel cas semble être le plus favorable à la réception ?

Réponse :
Le deuxième cas est préférable pour éviter le phénomène d'interférences.
