

# Interférence et diffraction des micro-ondes

Sofia Vallecorsa

TPE - Semestre d'Hiver 2006

Université de Genève

## Content

- Notions sur les ondes
  - Période, fréquence et longueur d'onde
  - ondes transversales
- Onde EM
  - Intensité
  - Polarisation
- Interférence et diffraction
  - Interféromètre de Michelson
  - Diffraction à deux fentes
  - Diffraction de Bragg

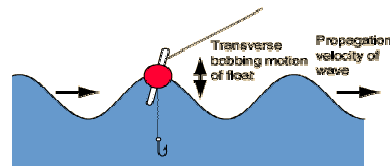
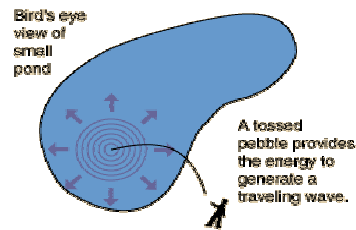
## Ondes

• Onde: une **perturbation** qui se propage dans l'espace avec un transfert d'énergie

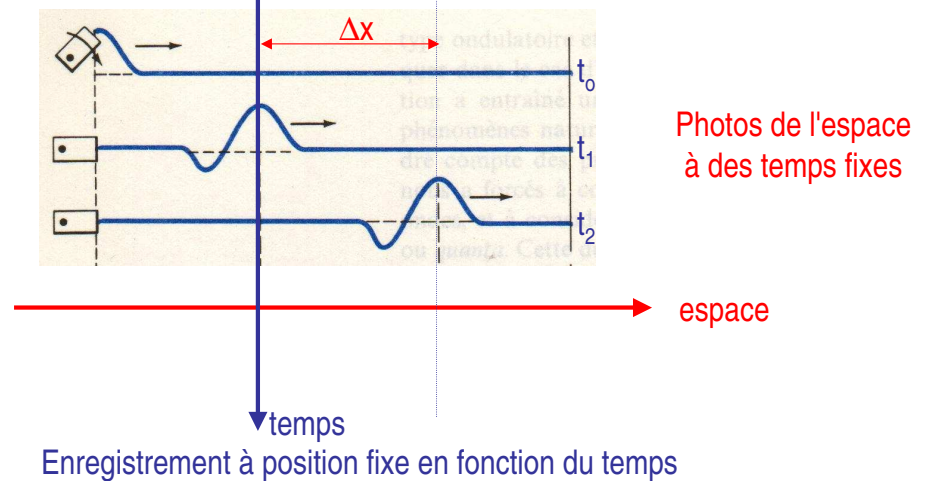
• Si la perturbation est **perpendiculaire** à la direction de propagation l'onde est dit transversale

(onde EM, eau, string)

NB: le son est une onde longitudinale

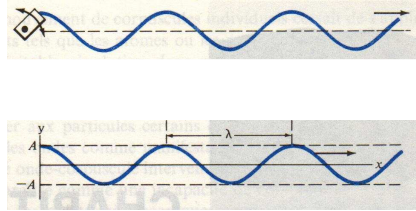
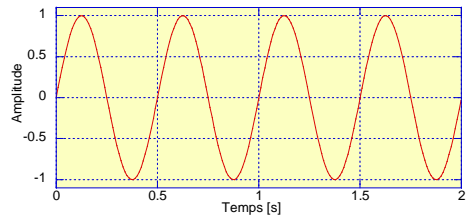


## Propagation d'une onde



On peut déterminer une vitesse de propagation :  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

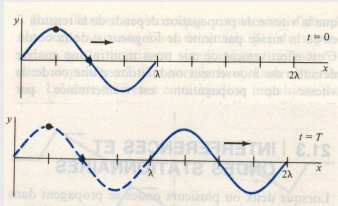
# Ondes sinusoidales



T : période dans le temps  
Temps entre deux maxima = T  $f = \frac{1}{T}$

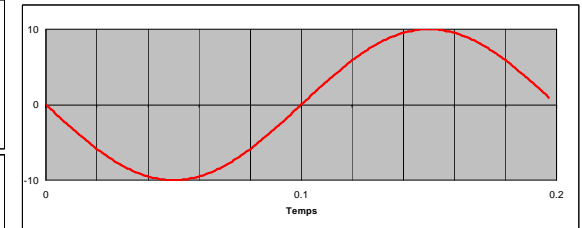
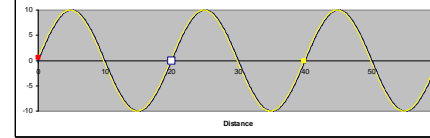
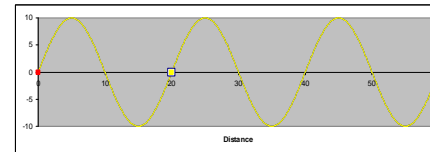
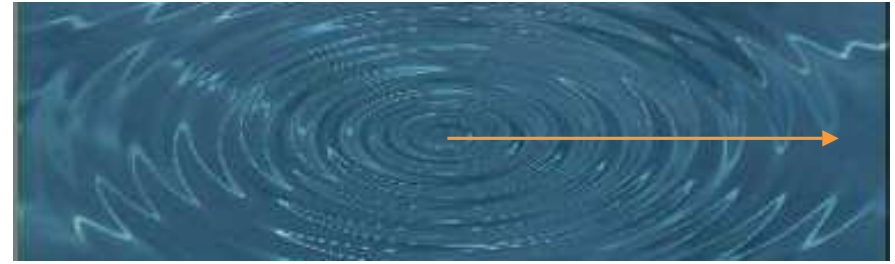
$\lambda$  période dans l'espace  
Distance entre 2 maxima =  $\lambda$

Vitesse de propagation d'une onde



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow v = \lambda f$$

# Ondes



$$v = \frac{\text{distance}}{\text{temps}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \frac{1}{T} = \lambda f$$



# Ondes electromagnetiques

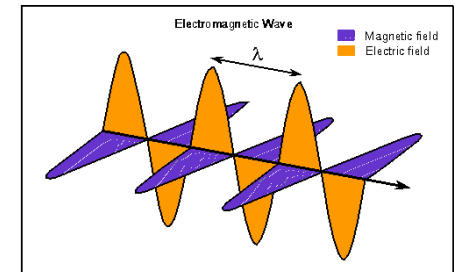
- **Onde EM:** ONDE transversale résultant d'un champs électrique et d'un champs magnétique qui se propagent dans l'espace

Vitesse de propagation:

$$c \sim 300\,000 \text{ km/s}$$

Longueur d'onde:

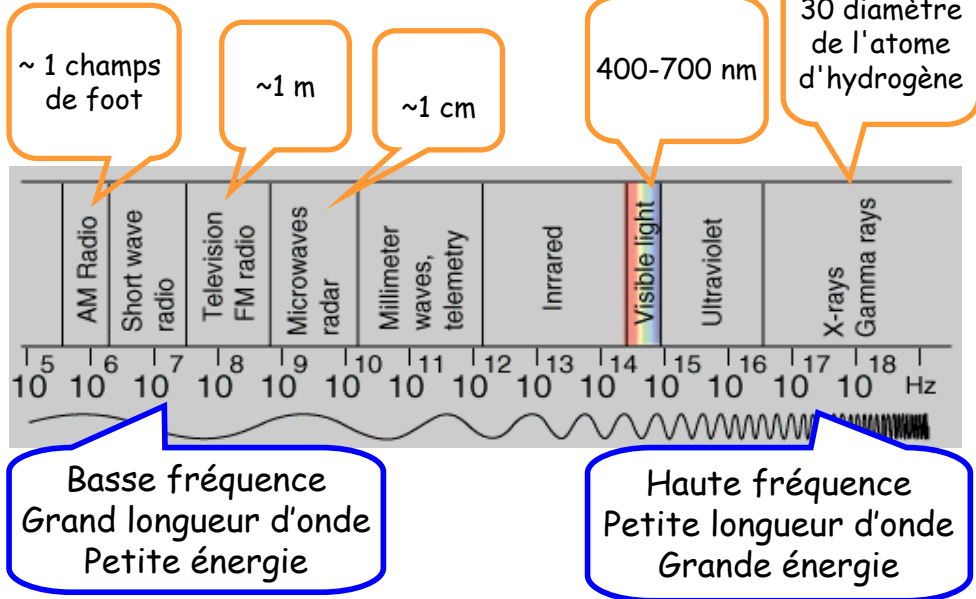
$$\lambda \sim 10^{-6} \text{ nm} - 100 \text{ km}$$



- **Micro-onde:** ONDE Electromagnetiques (EM) avec une longueur d'onde de quelque cm et une fréquence de 1GHz - 100GHz

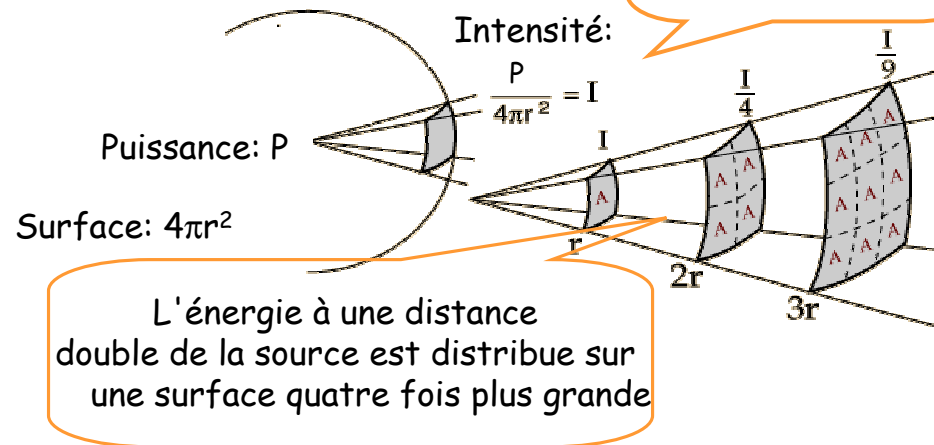
# Le spectre des ondes EM

La longueur d'onde:



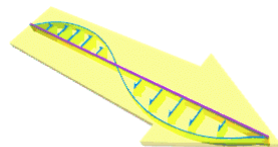
# Energie transportee par l'onde

La puissance d'une onde est proportionnelle au carré du champ électrique:  $P \propto |E|^2 \propto 1/r^2$

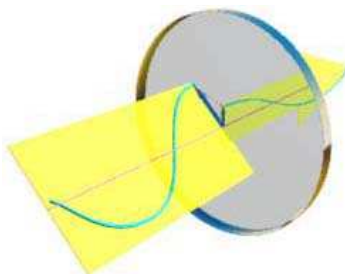


# Polarisation

• Si la vibration ne pointe pas toujours dans la même direction, l'onde est NON-POLARISEE

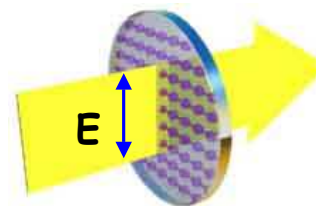
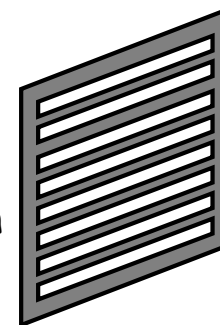


• Il est possible de « polariser » l'onde à l'aide d'un polariseur:

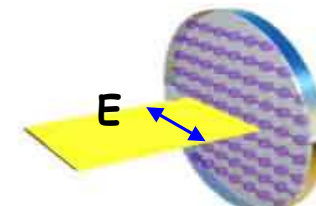


# Polarisation

Le micro-ondes sont polarisée par des tiges métalliques qui arrêtent les ondes si sont elles sont parallèles à l'oscillation du champ électrique.

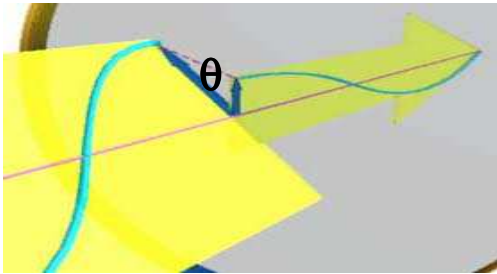


Le champ électrique est perpendiculaire aux tiges:  
L'onde passe



Le champ électrique est parallèle aux tiges:  
L'onde est arrêtée

# Polarisation



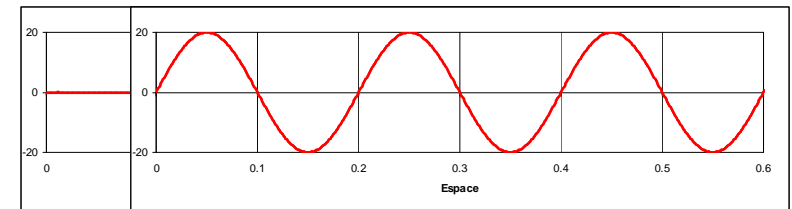
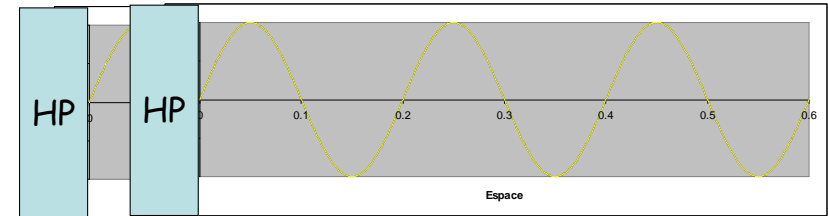
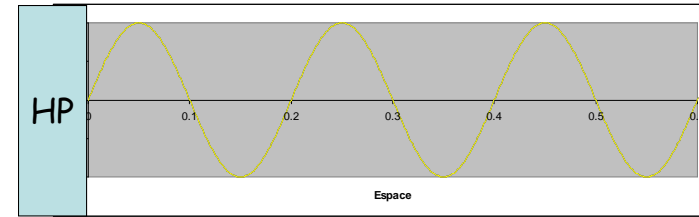
$$|E_{\text{polarisee}}| = |E| \cos \theta$$

$$I \div |E|^2 \cos^2 \theta$$

L'amplitude du champs électrique est réduite par le polariseur d'un facteur  $\cos \theta$  ( $\cos \theta < 1$ )

L'intensité de l'onde est réduite d'un facteur  $\cos^2 \theta$

# Interférences



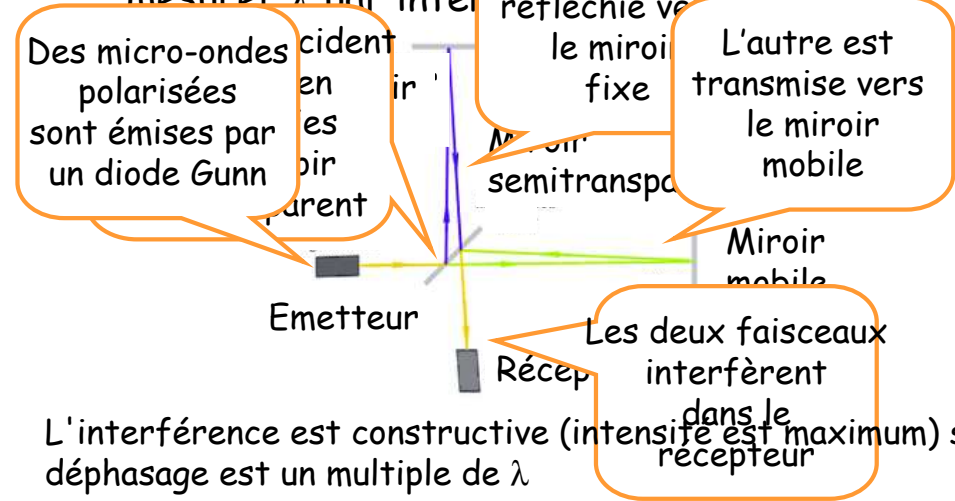
# Interférences



Feuille de calcul Microsoft Excel

# Interféromètre de Michelson

- L'interféromètre de Michelson permet de mesurer  $\lambda$  par interférences.



# Interféromètre de Michelson

Déphasage:  $\Delta = 2 (SA - SB)$

Si on déplace le miroir B entre deux positions  $B_1$  et  $B_2$  donnant un maximum d'intensité:

$$\Delta_1 = 2 (SA - SB_1) = n_1 \lambda$$

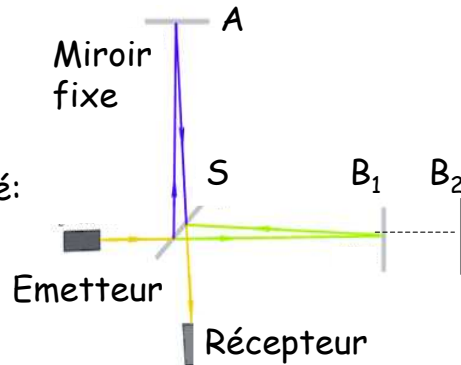
$$\Delta_2 = 2 (SA - SB_2) = n_2 \lambda$$

Donc

$$\Delta_1 - \Delta_2 = (n_1 - n_2) \lambda = 2(SB_2 - SB_1)$$

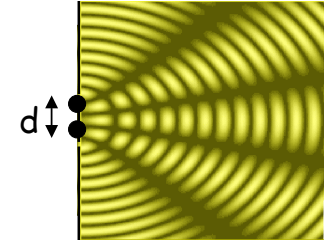
Ce qui permet de trouver la longueur d'onde:

$$\lambda = 2(SB_2 - SB_1) / (n_1 - n_2)$$



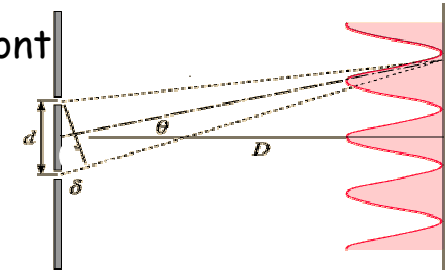
# Diffraction a deux dimension

- Les ondes émises par chacune des fentes séparées d'une distance  $d$  ( $< \lambda$ ) interfèrent constructivement si la différence de chemin est un multiple de la longueur d'onde  $\lambda$ :



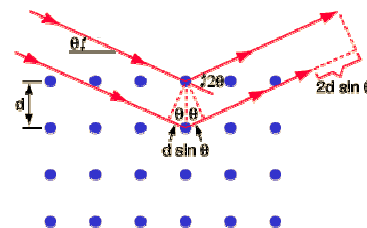
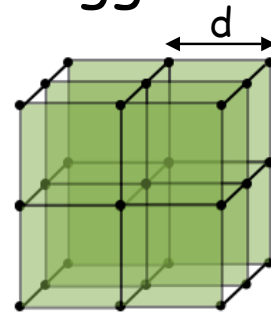
- Les maxima d'intensité sont observés pour des angles donnés par:

$$\sin \theta = n \lambda / d$$



# Diffraction de Bragg

- Un solide cristallin, avec son arrangement régulier d'atomes, forme un réseau naturel à 3 dimensions
- Les ondes sont réfléchies par différents plans et interfèrent entre eux:
  - L'interférence est constructive si la différence de chemin est un multiple de la longueur d'onde  $\lambda$



$$2d \sin \theta = n \lambda$$

# Résumé

- Définitions micro-ondes
  - Onde EM avec une longueur d'onde  $\sim$ cm et une fréquence  $\sim$ GHz
  - Intensité  $I \div 1/r^2$
  - Polarisation  $I \div |\cos \theta|^2$
- Interférence et diffraction
  - Interféromètre de Michelson
  - Diffraction à deux dimensions
  - Diffraction de Bragg