

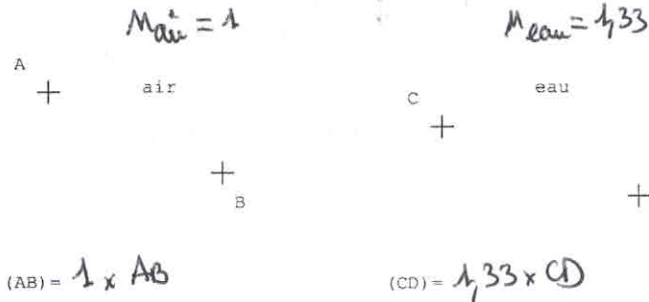
Chapitre optique ondulatoire : interférences lumineuses

I. Définitions

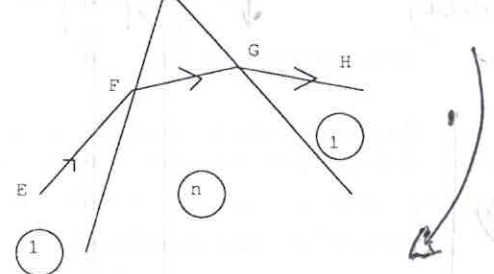
1. *Chemin optique* : soit deux points A et B sur un rayon lumineux, le chemin optique (AB) est défini par

$$(AB) = \int_A^B n \cdot dl. \text{ Dans un milieu homogène d'indice } n \text{ le chemin optique (AB) est } (AB) = n \cdot \int_A^B dl = n \cdot AB$$

Exemples :



(on peut découper le chemin optique comme avec la relation de Charles)



$$(EH) = (EF) + (FG) + (GH) = 1 \times EF + n \times FG + 1 \times GH$$

Qu'est-ce-que ça représente?

On considère un milieu homogène d'indice n . Le chemin optique (AB) est: $n \times AB$

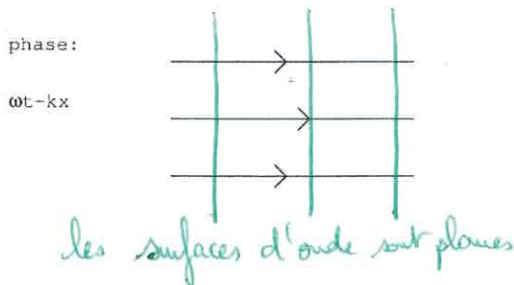
Le temps mis par la lumière pour aller de A à B est: $t = \frac{\text{distance}}{\text{vitesse}} = \frac{AB}{c/n} = \frac{n \cdot AB}{c} = \frac{(AB)}{c}$

Le chemin optique est donc la distance qu'aurait parcourue la lumière dans le vide pendant l'intervalle de temps où elle a parcouru le rayon AB dans son milieu d'origine.

2. *Surface d'onde* : c'est l'ensemble des points atteints au même instant par la lumière issue de la source S, soit le temps de parcours de la lumière de la source S jusqu'à ces points est le même ou encore le chemin optique entre la source et ces points est le même.

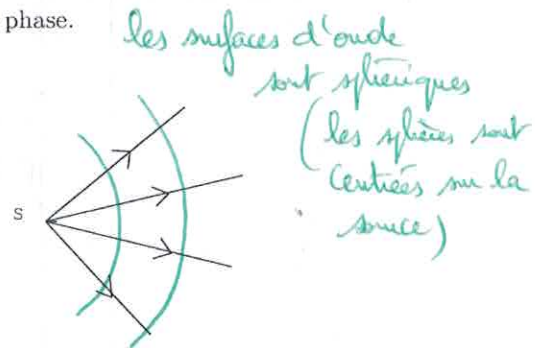
Autre définition : c'est l'ensemble des points qui à tout instant ont la même phase.

Il existe deux types de surface d'onde:



phase:

$$\omega t - kr$$



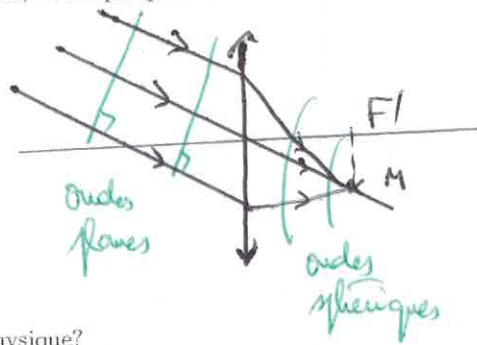
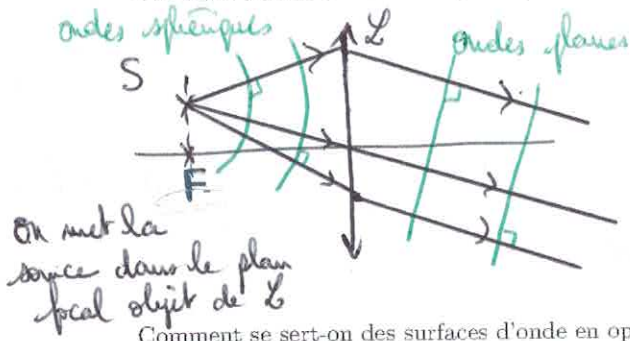
L'onde est dite plane lorsque les surfaces d'onde sont des plans, l'onde est dite sphérique lorsque les surfaces d'onde sont des sphères.

Une source ponctuelle émet une onde ...sphérique

Le laser émet une onde ...plane

Théorème de Malus : les surfaces d'onde sont perpendiculaires aux rayons lumineux.

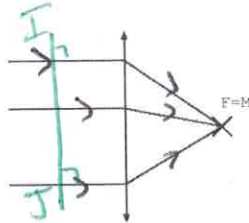
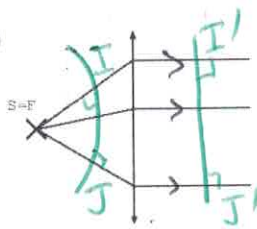
Comment passer d'une onde sphérique à une onde plane, et réciproquement?



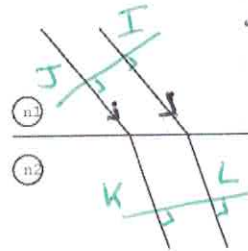
Comment se sert-on des surfaces d'onde en optique physique?

- Propriété 1 : entre une source et une surface d'onde le chemin optique est constant (ce qui signifie qu'il est identique pour tout rayon lumineux entre la source et la surface d'onde).
 Propriété 2 : entre deux surfaces d'onde, le chemin optique est constant.
 Propriété 3 : entre un objet et son image, le chemin optique est constant.
 Illustration des propriétés:

IS et IJ' sont des surfaces d'onde et S est la source donc $(SI) = (SJ)$ et $(SI') = (SJ')$



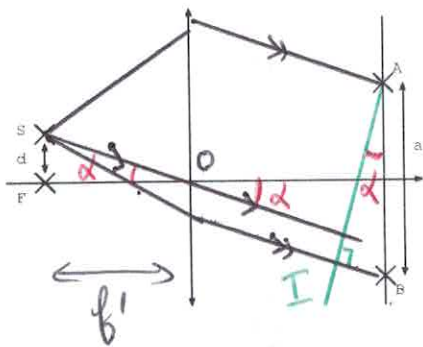
IS et KL sont des surfaces d'onde donc $(IL) = (JK)$



par principe de retour inverse de la lumière, M se compte comme une source et entre la source M et la surface d'onde IJ, le chemin optique est constant soit : $(IM) = (JM)$

3. A savoir et à savoir faire:

Cas 1 : construire les rayons lumineux SA et SB et calculer $(SB) - (SA)$ en fonction de d , a et f' .



S est dans le plan focal de la lentille donc tous les rayons qui partent de S sortent de la lentille parallèles entre eux soit parallèles à a' →
 On construit les rayons → parallèles à a' → et passant par A et B et on les prolonge ("à reculons") jusqu'à S.

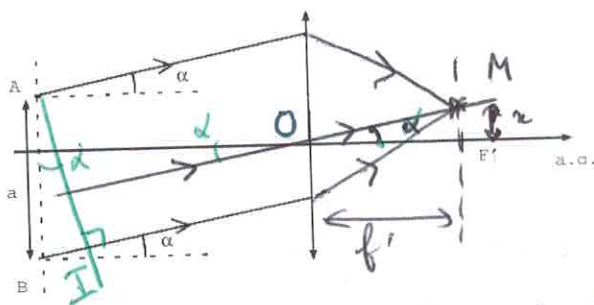
S source
 AI surface d'onde } donc $(SA) = (SI)$

$$(SB) - (SA) = (SI) + (IB) - (SA) = (IB) = 1 \times IB = \frac{a d}{f'}$$

$$\sin \alpha = \frac{IB}{a} \approx \alpha \quad (\text{triangle ABI}) \quad \tan \alpha = \frac{SF}{OF} = \frac{d}{f'} \approx \alpha \quad (\text{triangle OFS})$$

$$d'a' \quad IB = a \alpha = a \frac{d}{f'} \quad ?$$

Cas 2 : construire le point M , point d'intersection des rayons lumineux qui sont issus de A et B . Calculer $(BM) - (AM)$ en fonction de α et a puis en fonction de $x = F'M$, a et f' .



On construit le rayon $\rightarrow$ parallèle aux rayons passant par A et B . Les rayons parallèles entre eux se coupent dans le plan focal image de la lentille soit ici ils se coupent en M .

D'après le principe de retour inverse de la lumière M se comporte comme une source et AI est une surface d'onde soit $(AM) = (IM)$

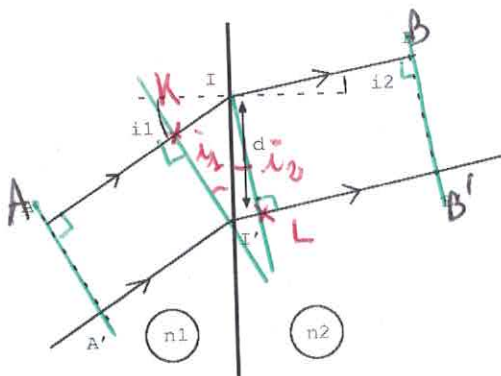
$$(BM) - (AM) = (BI) + (IM) - (AM) = (BI) = 1 \times BI = \frac{a n}{f'}$$

triangle $GF'M$: $\tan \alpha = \frac{n}{f'} \approx \alpha$ (angles petits)

triangle IAB : $\sin \alpha = \frac{IB}{a} \approx \alpha$

d'où $IB = a \alpha = \frac{a n}{f'}$

Cas 3 : construire les plans d'onde passant I et I' . Que dire de (AB) et $(A'B')$? En décomposant les chemins optiques (AB) et $(A'B')$, retrouver les lois de Descartes à la réfraction sur un dioptre.



AA' et BB' sont des surfaces d'onde donc $(AB) = (A'B')$

soit $(AK) + (KI) + (IB) = (A'I') + (I'L) + (LB')$

or $(AK) = (A'I')$ car AA' et KI' sont des surfaces d'onde

or $(IB) = (LB')$ car IL et BB' sont des surfaces d'onde

triangle IKI' : $\sin i_1 = \frac{KI}{II'}$

triangle IIL' : $\sin i_2 = \frac{IL'}{II'}$

d'où $(KI) = (IL')$

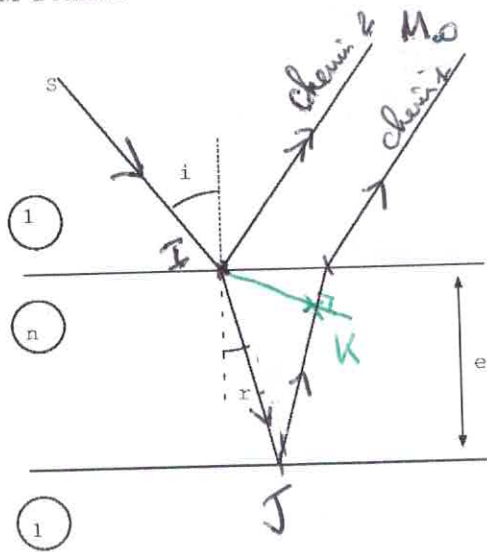
$n_1 \times KI = n_2 \times IL'$

$\Rightarrow n_1 II' \sin i_1 = n_2 II' \sin i_2$

on retrouve les lois de Descartes :

$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Cas 4 : Calculer la différence de marche entre les deux rayons issus de S et qui vont interférer en un point M à l'infini.



On calcule :

$$\begin{aligned} \delta(M) &= (SM_{\infty})_1 - (SM_{\infty})_2 \\ &= (\cancel{SI}) + (IJ) + (JK) + (KM) \\ &\quad - (\cancel{SI}) - (IM) \end{aligned}$$

M se comporte comme la source pour la lumière réfléchi (principe de retour inverse de la lumière) et IK est une surface d'onde donc $(IM) = (KM)$

$$\text{soit } \delta(M) = (IJ) + (JK) = IJ + JK$$

triangle ILJ :

$$\cos r = \frac{LI}{IJ} = \frac{e}{IJ} \Rightarrow IJ = \frac{e}{\cos r}$$

triangle ISK :

$$\cos 2r = \frac{JK}{IJ} \Rightarrow JK = IJ \cos(2r)$$

$$\text{d'où } \delta(M) = IJ + IJ \cos(2r) = \frac{e}{\cos r} (1 + \cos(2r))$$

$$\text{or } \cos(2r) = 2\cos^2 r - 1 \text{ soit } 1 + \cos(2r) = 2\cos^2 r$$

$$\text{donc } \boxed{\delta(M) = \frac{e}{\cos r} 2\cos^2 r = 2e \cos r}$$