

Ondes lumineuses

I Ondes lumineuses et rayons lumineux

1. Scalaire optique
2. Ondes monochromatiques
3. Surfaces d'ondes
4. Ondes localement planes
5. Rayons lumineux et théorème de Malus
6. Les lentilles comme transformateurs de phase

II Déphasage et chemin optique

1. Cas d'une onde plane
2. Cas d'une onde plane oblique sur les axes de coordonnée
3. Cas d'une onde sphérique divergente
4. Onde localement plane
5. Chemin optique associé à des rayons virtuels (HP ?)
6. Déphasages exceptionnels

III Stigmatisme et chemin optique

1. Cas d'une image à l'infini
2. Couple objet-image à distance finie
3. Cas du miroir plan

IV Lumière naturelle

1. Modèle rayonnement émis par une source
2. Temps et longueur de cohérence
3. Densité spectrale
4. Largeur des raies et temps de cohérence

V Récepteurs et intensité lumineuse

1. Intensité
2. Intensité et notation complexe
3. Sensibilité d'un détecteur
4. Rôle du temps de réponse

Définition

On appelle onde un phénomène dans lequel les variations temporelles d'une grandeur se propagent dans l'espace au cours du temps.

Définition

On appelle surface d'onde un ensemble de points M tels que $\Psi(M)$ soit constant.

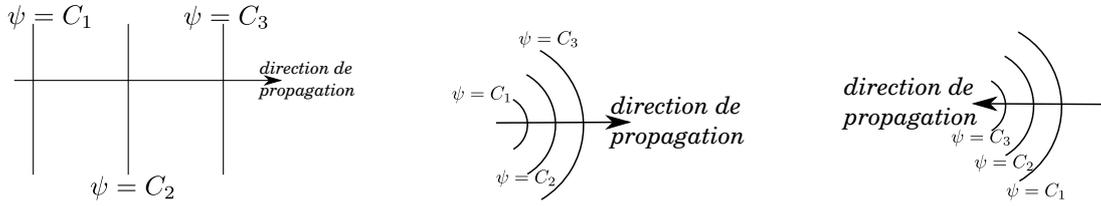


FIGURE 1 – Types d’ondes fréquents en optique : onde plane, onde sphérique divergente, onde sphérique convergente

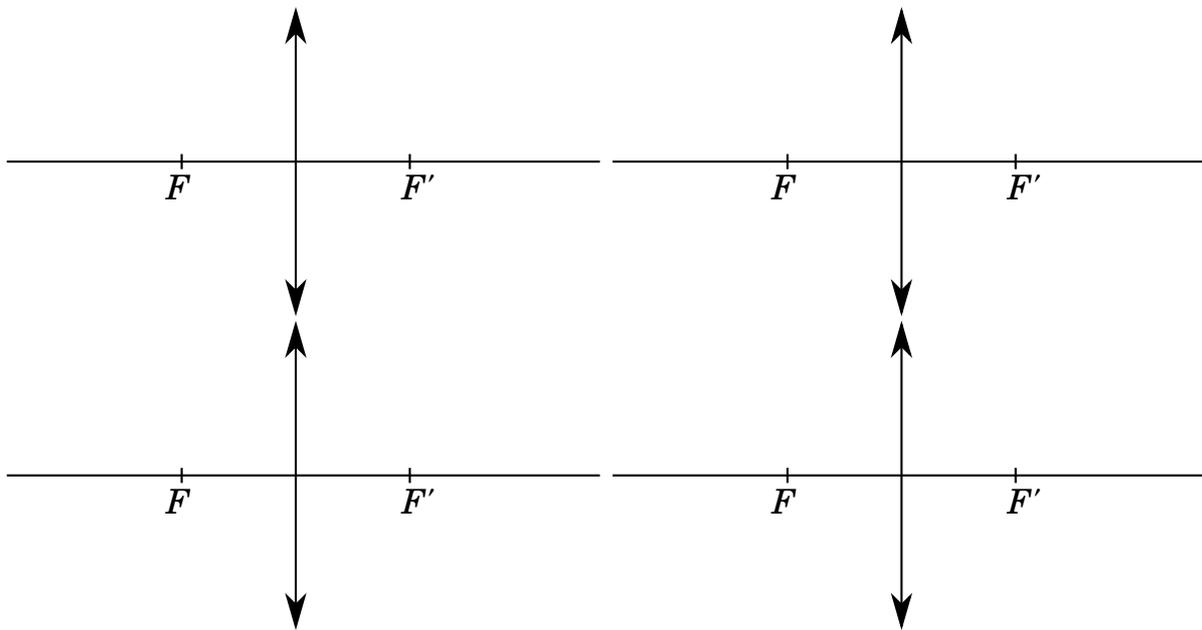


FIGURE 2 – Exemples d’action d’une lentille convergente sur une surface d’onde.

Théorème de Malus

Les rayons lumineux sont perpendiculaires aux surfaces d’onde.

Théorème de stigmatisme

Entre un point objet et son image, le chemin optique est indépendant du rayon lumineux suivi.

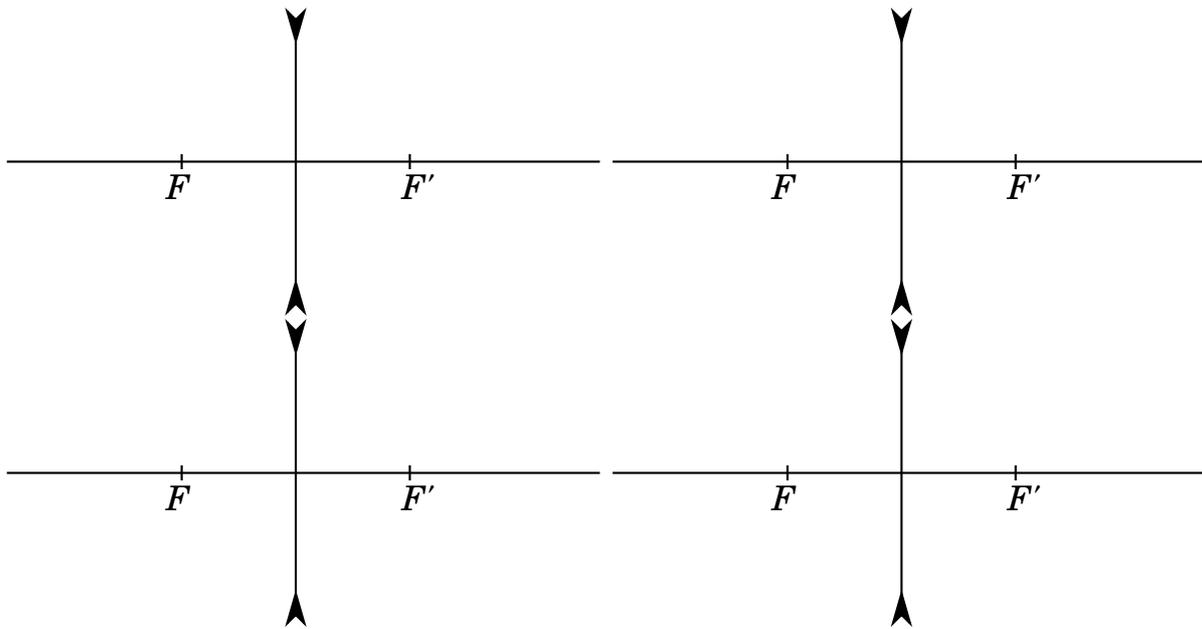


FIGURE 3 – Exemples d’action d’une lentille divergente sur une surface d’onde.

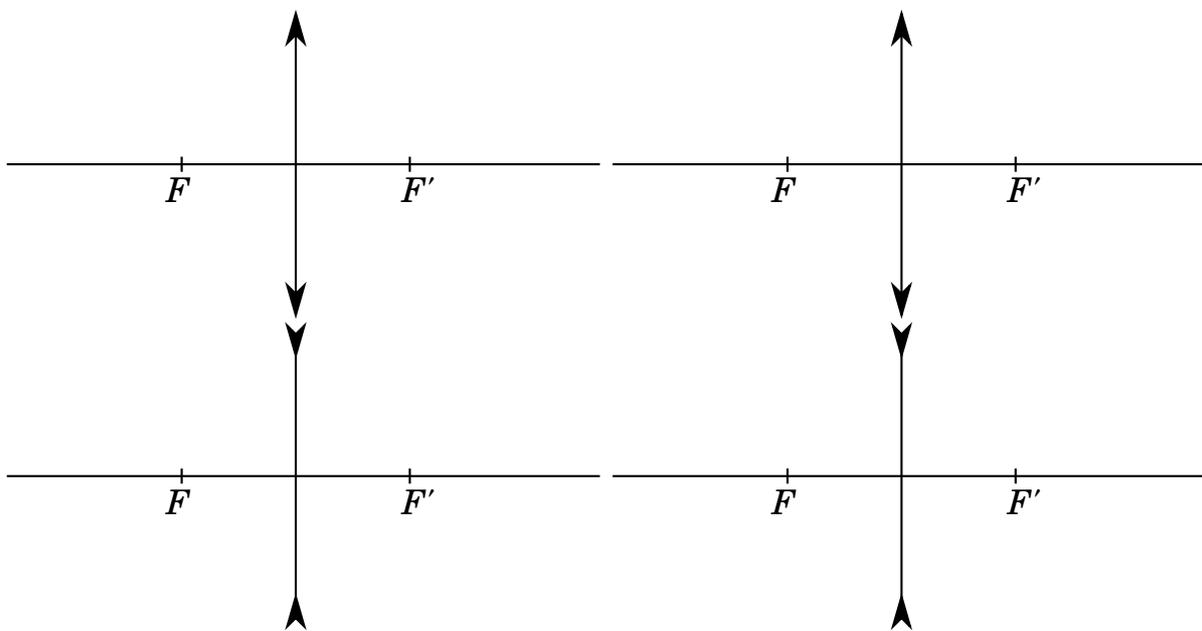


FIGURE 4 – Exemples de transformation d’une onde sphérique en une autre par une lentille

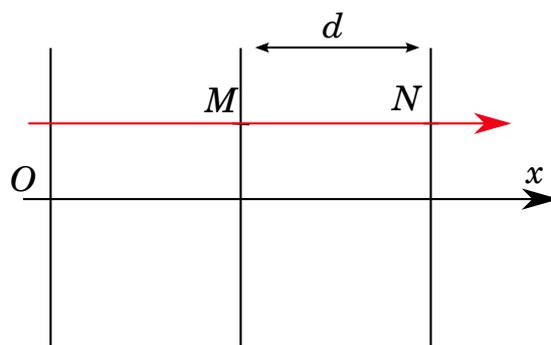


FIGURE 5 – Phase et retard dans une onde plane

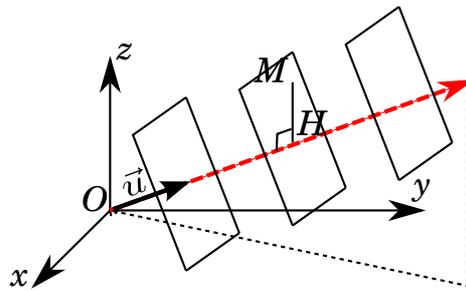


FIGURE 6 – Onde plane oblique sur les axes de coordonnées.

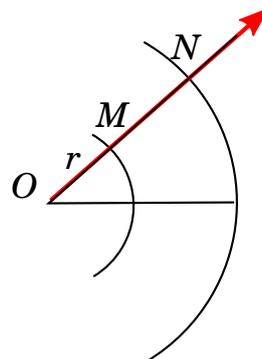


FIGURE 7 – Phase et retard dans une onde sphérique.

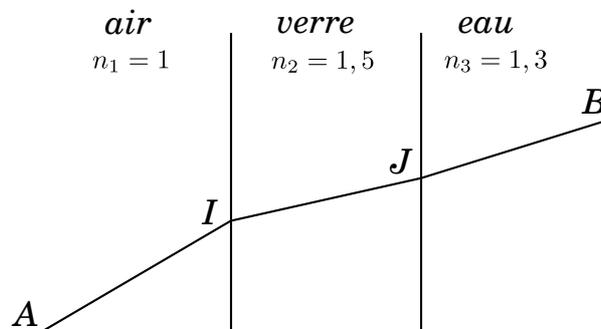


FIGURE 8 – Exemple de chemin optique dans une succession de trois milieux homogènes.

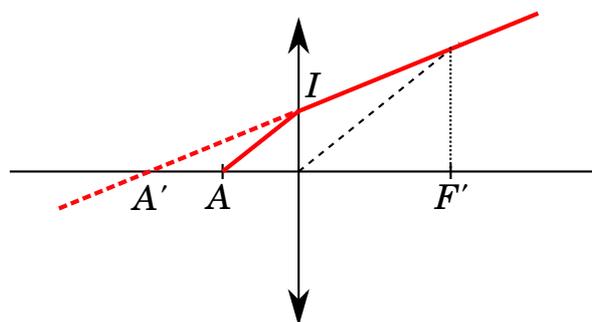


FIGURE 9 – Exemple de chemin optique pour un rayon virtuel.

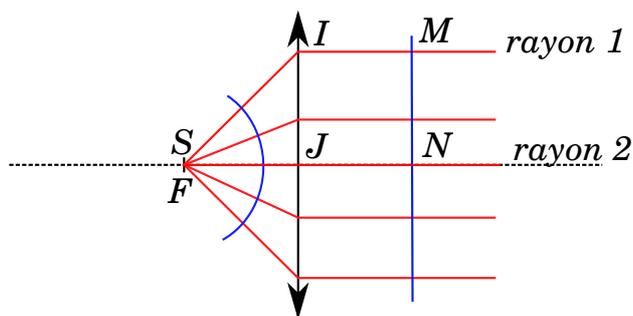


FIGURE 10 – Analyse du chemin optique dans le cas d’une image à l’infini.

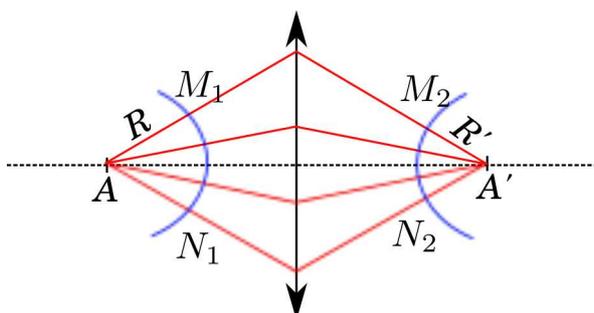


FIGURE 11 – Analyse du chemin optique entre un objet et une image à distance finie.

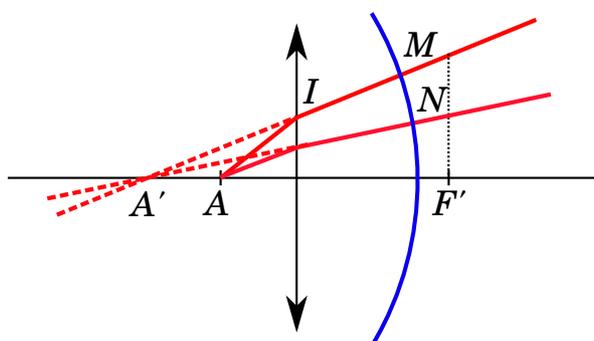


FIGURE 12 – Analyse du chemin optique entre une objet réel et une image virtuelle.

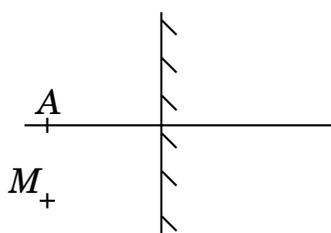


FIGURE 13 – Analyse du chemin optique entre une objet réel et son image dans un miroir plan.

Description de la lumière naturelle

Nous avons jusqu'ici considéré que la lumière comme une onde avec une variation temporelle parfaitement sinusoïdale, sa phase évoluant donc de manière déterministe au cours du temps. Une telle représentation peut sans doute convenir pour une onde radio émise par une antenne, mais malheureusement elle n'est guère réaliste pour la lumière. Dans une source lumineuse classique, la lumière n'est en effet pas rayonnée par une « antenne » unique, mais par une foule d'atomes subissant des excitations et désexcitations radiatives. L'onde lumineuse résulte donc de la superposition d'une multitude d'ondes très petites émises sans concertation avec des phases relatives aléatoires. Si les différents atomes émettent des fréquences distinctes, la lumière ainsi produite n'est évidemment pas monochromatique. Mais même dans le cas où tous émettraient à la même pulsation ω , elle ne le serait pas.

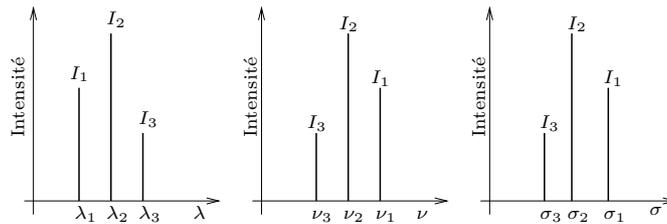


FIGURE 14 – Allure schématique d'un spectre de raie. On peut repérer chaque raie par sa longueur d'onde λ , par sa fréquence ν ou par son nombre d'onde σ

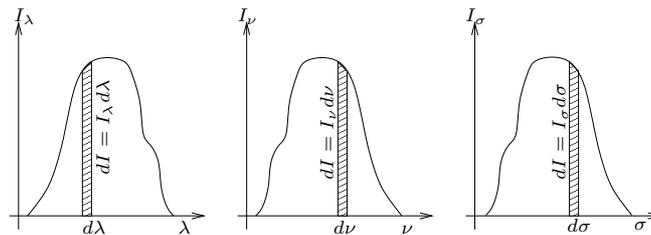


FIGURE 15 – Allure schématique d'un spectre continu. On peut utiliser en abscisse la longueur d'onde λ , la fréquence ν ou le nombre d'onde σ . Un intervalle infinitésimal équivaut à une raie d'intensité $dI = I_\lambda d\lambda$ ou $dI = I_\nu d\nu$ ou encore $dI = I_\sigma d\sigma$. Les fonctions I_λ , I_ν et I_σ s'appellent densité spectrale.

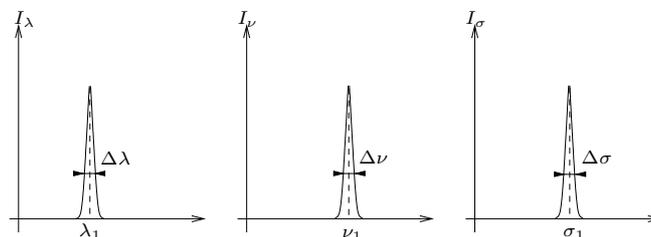


FIGURE 16 – Vue resserrée d'une raie : on voit apparaître sa largeur spectrale $\Delta\lambda$, $\Delta\nu$ ou $\Delta\sigma$ selon la représentation choisie.

Temps de cohérence

On appelle temps de cohérence τ_c d'une source ou d'une onde lumineuse la durée pendant laquelle la phase $\Psi(M, t)$ reste « relativement » stable en un point donné. Il est toujours très supérieur à la période $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

	Lumière blanche	filtre interférentiel	Lampe spectrale	Laser He-Ne	Laser monomode
$\Delta\lambda$ nm	400	10	0, 1	10^{-3}	10^{-6}
$\Delta\nu$ Hz	$3 \cdot 10^{14}$	10^{13}	10^{11}	10^9	10^6
L_c	$1 \mu\text{m}$	$30 \mu\text{m}$	3 mm	30 cm	300 m

TABLE 1 – Ordre de grandeur des longueurs de cohérences de quelques sources usuelles.