

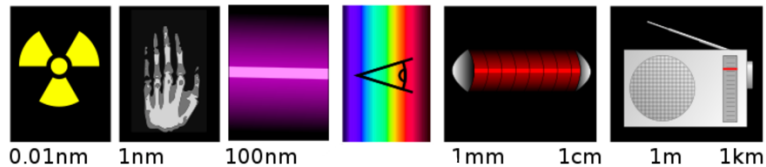
Optique Géométrique

Tous les phénomènes de ce cours se basent sur la théorie de l'électromagnétisme de Maxwell, qui spécifie que la lumière est une OEM.

I. Optique et Électromagnétisme

Rappel = une onde lumineuse est une association de deux champs (électrique et magnétique) perpendiculaires entre eux.

Une onde lumineuse est une OEM, mais une OEM n'est pas toujours une onde lumineuse ! (γ , X, UV, IR, Radio...)



A. L'indice optique

Lorsqu'une onde lumineuse se déplace dans un matériau, sa vitesse diminue :

$$v = \frac{c}{n}$$

$n = \sqrt{\epsilon_r}$ = **indice optique du milieu ou indice de réfraction du milieu**. (où ϵ_r est la constante diélectrique du milieu)

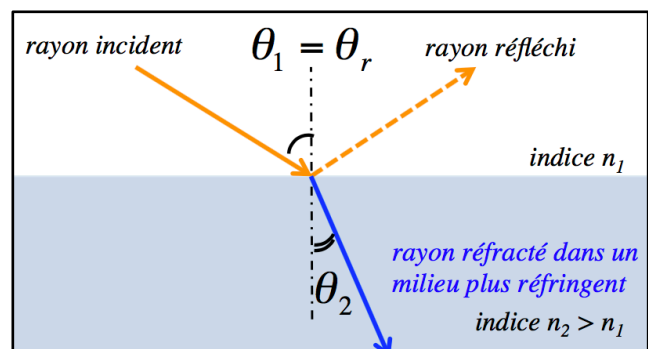
L'indice optique dépend de la nature du milieu traversé mais aussi de la longueur d'onde de l'onde.
Point info : la vitesse est le produit de la fréquence et de la longueur d'onde, cependant, la fréquence étant constante, l'indice du milieu divise uniquement la longueur d'onde.

B. Optiques Géométriques et ondulatoires

Optique Géométrique	Optique Ondulatoire
On se base sur l'existence et l'indépendance des rayons lumineux . Valable sur des systèmes simples dont les tailles sont très supérieures à la longueur d'onde de la lumière. (<i>lentilles, dioptries</i>)	On se base sur le caractère ondulatoire de la lumière. Valable sur des systèmes dont les tailles sont inférieures ou égales à la longueur d'onde de la lumière. (<i>interférences, diffraction</i>)

II. Réflexion et réfraction des rayons lumineux

Dioptré = Interface lisse entre deux milieux optiques différents d'indices n_1 et n_2 .
 Si $n_2 > n_1$ on dit que le milieu n_2 est plus **réfringent** que le milieu n_1 .



Lorsque qu'un rayon incident, arrive à la surface d'un dioptré plan, une partie est réfléchi et une autre partie est transmise dans le second milieu (avec une direction différente du rayon incident).

A. La loi de Snell-Descartes

Cette équation sert à décrire la réflexion et la réfraction des rayons :

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

1^{er} cas : Angle incident = 0

Dans le cas où l'angle incident est égal à 0, l'angle réfracté ne subit **aucune déviation**.

2^{ème} cas : $n_1 = n_2$

Lorsque les milieux ont le même indice optique, le rayon réfracté ne subit **aucune déviation** non plus.

3^{ème} cas : $n_1 < n_2$

Lorsque le second milieu est plus réfringent que le premier, la loi de SD a toujours une solution.
Le rayon réfracté va se rapprocher de la normale.

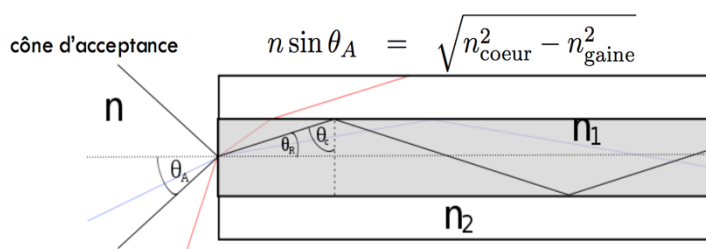
$$\theta_2 = \arcsin\left(\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1\right)$$

4^{ème} cas : $n_1 > n_2$

La loi de SD n'admet plus tout le temps de solution. Lorsque θ_1 augmente et atteint une certaine valeur dite « **angle limite** » θ_L : il n'y a plus de rayon réfracté, nous rentrons dans le cas de la **réflexion totale**.

$$\theta_L = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

B. L'ouverture numérique NA



Cas de la fibre optique : on a un cœur d'indice $n_{\text{cœur}}$ entourée d'une gaine d'indice n_{gaine} où $n_{\text{cœur}} > n_{\text{gaine}}$.
Il y a donc existence d'un angle limite pour que notre rayon soit totalement réfléchi sur la gaine et reste au cœur de la fibre.
Il est symbolisé par l'ouverture numérique.

Pour que le rayon se propage à l'intérieur du cœur, il faut que l'angle incident soit inférieur au cône ou à l'angle d'acceptance.

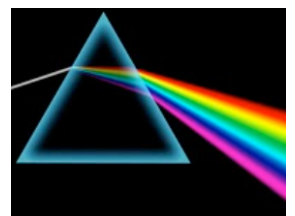
Cet angle est symbolisée mathématiquement par **l'ouverture numérique** $NA = n \sin \theta_A$.

Il y a trois conséquences à l'existence de l'ouverture optique :

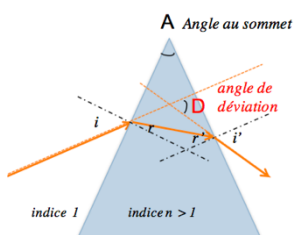
→ Condition de réflexion totale : $NA > n_2$

→ Dans le cas de la fibre optique : $NA = \sqrt{n_{\text{cœur}}^2 - n_{\text{gaine}}^2}$

→ Le pouvoir séparateur d'un instrument optique s'exprime souvent en fonction de NA.



C. Dispersion des rayons



En passant dans un prisme, un rayon subit deux réfractions, déterminant un angle D de déviation. D est approximé par $(n-1) \times A$.
 D est donc « proportionnel » à A et n .

Or d'après la loi de Cauchy, n varie en sens inverse au carré de la longueur d'onde.

Ainsi une plus petite longueur d'onde (**bleue**), est plus déviée qu'une grande longueur d'onde (**rouge**).

III. Dioptries et lentilles

A. Définitions

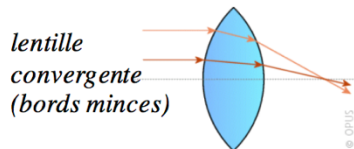


Dioptrie = interface lisse entre deux milieux transparents d'indices optiques différents.

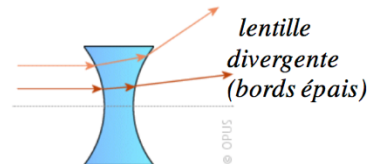
Lentilles =

Associations de deux dioptries, on distingue les lentilles ...

A bord mince dites convergentes



A bord épais dites divergentes



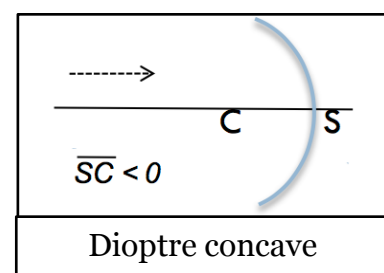
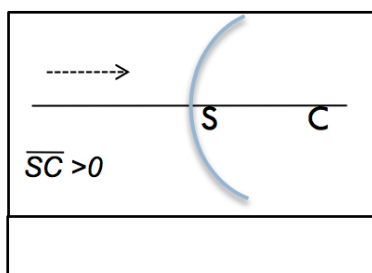
Système optique = Assemblage de miroirs et lentilles reliant objets et images. Par convention, l'entrée est à gauche et la sortie à droite. Il est dit centré si il existe un axe de symétrie de révolution, le **centre optique**.

Objet	Source de rayons entrants dans le système optique.	Réel : situé avant l'entrée Virtuel : situé après l'entrée
Image	Source de rayons sortant du système optique.	Réelle : située après la sortie (elle est projetable sur un écran) Virtuelle : située avant la sortie
Stigmatisme	Il y a stigmatisme si l'image d'un point est un point. Ils sont dits conjugués .	<i>Sauf pour un miroir, le stigmatisme est toujours approché.</i>
Aplanétisme	Dans un système centré, tout petit objet AB plan et perpendiculaire à l'axe optique a une image A'B' plane et perpendiculaire au même axe.	
Rayons paraxiaux	Ce sont des rayons qui ne forment que des petits angles par rapport à l'axe optique.	
Condition de Gauss	On suppose que le système optique ne comporte que des rayons paraxiaux, ainsi on respecte le stigmatisme et l'aplanétisme.	

B. Dioptries sphériques

Un **dioptre sphérique** est une interface courbe caractérisée par un sommet S et un centre C, entre deux milieux d'indices n et n' différents.

La distance \overline{SC} définit la convexité ou concavité du dioptre.



La loi du dioptre sphérique

Cette loi, modélise mathématiquement la vergence des dioptries avec p , la distance S/Objet et p' , la distance S/Image.

$$D = \frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \frac{n' - n}{SC}$$

Vergence (en dioptries δ)

Lorsque $D > 0$, on a un dioptre convergent.

Lorsque $D < 0$, on a un dioptre divergent.

Ainsi, en connaissant les indices des milieux ainsi que le type de dioptre que l'on a (concave ou convexe), on peut déterminer ses caractéristiques (convergent ou divergent).

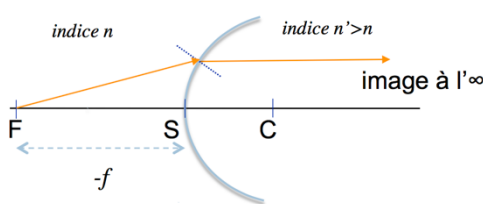
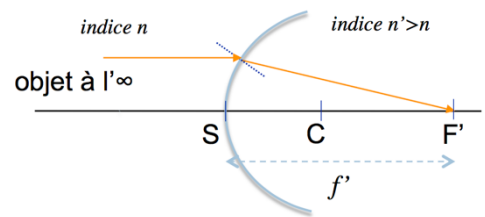
Type de dioptre	Indice des milieux	Vergence
Concave ($SC < 0$)	$n' < n$	Positive = Dioptre convergent
Concave ($SC > 0$)	$n' > n$	Négative = Dioptre divergent
Convexe ($SC < 0$)	$n' < n$	Négative = Dioptre divergent
Convexe ($SC > 0$)	$n' > n$	Positive = Dioptre convergent

C. Foyers et distances focales

Le foyer image est le point F' vers lequel convergent les rayons incidents parallèles à l'axe optique. Il est l'image d'un objet A situé à l'infini.

On considère la distance $\overline{SF'} = f' = \text{distance focale image}$.

Le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par ce point est appelé **plan focal image**.



Le foyer objet est le point F à partir duquel les rayons sont transmis parallèlement à l'axe optique. L'image de F est un point A' situé à l'infini.

On considère la distance $-\overline{SF} = -f = \text{distance focale objet}$.

Le plan perpendiculaire à l'axe optique passant par ce point est appelé **plan focal objet**.

On peut réécrire les équations de la vergence en fonction des distances focales objet et image f et f' .

NB : La vergence conserve les mêmes règles que tout à l'heure.



$$D = \frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \frac{n'}{f'} = -\frac{n}{f}$$

Vergence (en dioptries δ)

D. Lentilles minces

En accolant deux dioptries de telle façon à confondre leurs sommets en un centre optique on obtient une lentille mince schématisée par :



Lentille convergente

Lentille divergente



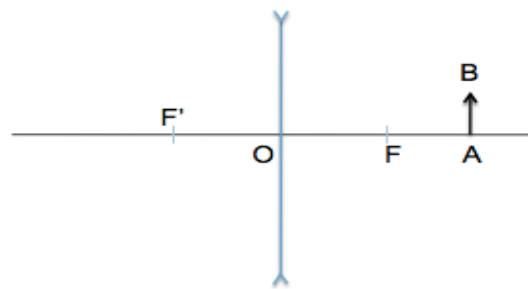
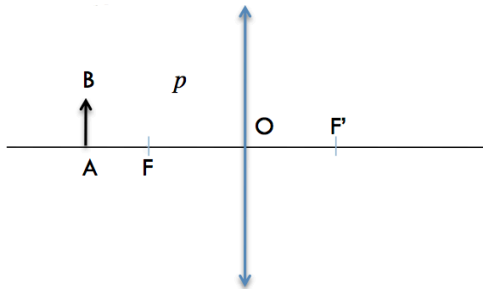
Les propriétés (+++) :

1. Les vergences de deux lentilles minces accolées s'additionnent.
2. Un rayon incident parallèle à l'axe optique est dévié par la lentille de sorte que le rayon sortant passe par le foyer image F' .
3. Un rayon incident qui passe par le foyer objet est dévié par la lentille de sorte que le rayon sortant est parallèle à l'axe optique.
4. Les rayons qui passent par le centre optique ne sont pas déviés.

E. Constructions Géométriques (++++)

On introduit la notion de **grandissement transverse** : $\gamma = \frac{p'}{p}$

Voici deux montages : une lentille mince convergente ainsi qu'une divergente avec les objets. A l'aide des règles énoncées précédemment, à vous de trouver les images correspondantes. (Correction disponible dans les fiches de résolution)

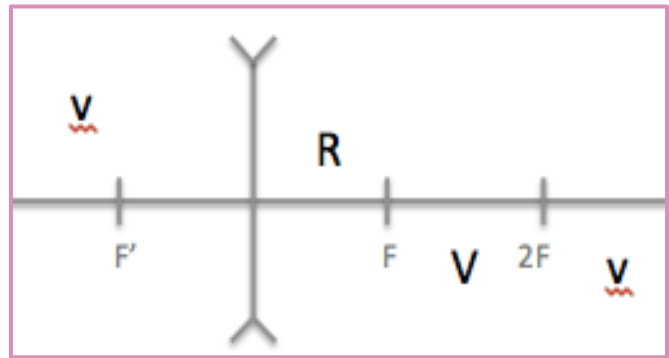
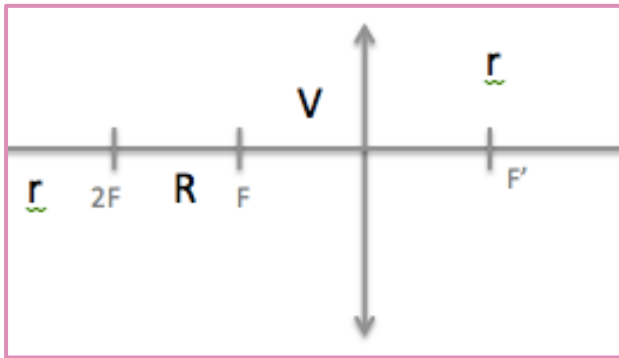


En vous entraînant avec différents objets, vous remarquerez qu'une lentille convergente n'entraîne pas forcément un grossissement positif ou supérieur à 1 : les différentes combinaisons possibles sont résumées dans le tableau ci-dessous. ++

LENTILLE	OBJET	IMAGE		
Convergente	réel, avant F	réelle	renversée	agrandie si $f' < -OA < 2f'$ réduite si $-OA > 2f'$
	réel, entre F et O	virtuelle	droite	agrandie
	virtuel	réelle	droite	réduite
Divergente	réel	virtuelle	droite	réduite
	virtuel, entre O et F	réelle	droite	agrandie
	virtuel, au-delà de F	virtuelle	renversée	agrandie si $f < OA < 2f$ réduite si $OA > 2f$



En dehors de ce tableau, une autre technique plus rapide existe pour réussir les QCMs de construction !
(Un peu relou à faire avec la légende la première fois, mais très pratique pour la suite)



L'emplacement des lettres **par rapport à la lentille** correspond à la **position de l'objet**.

L'emplacement des lettres **par rapport à l'axe optique** correspond au **retournement de l'image** : renversée si en dessous de l'axe optique, non renversée si en dessus de l'axe.

Les lettres en elles-mêmes correspondent aux **caractéristiques de l'image** : V pour virtuelle, R pour réelle, en majuscule pour agrandie ($\gamma > 1$) et minuscule pour rétrécie ($\gamma < 1$).

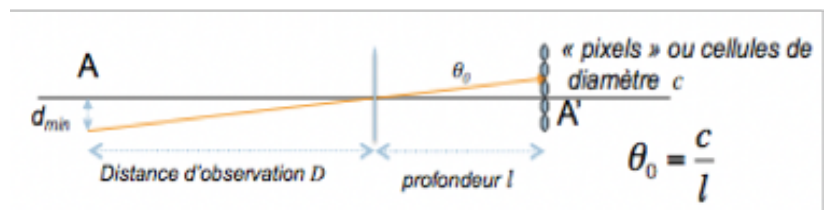
IV. Systèmes optiques simples

A. Notion de Profondeur de Champ (PdC)

On pose l'hypothèse initiale du **stigmatisme** : un point est associé à un point

Les systèmes optiques sont constitués de cellules/capteurs : une image donnée dépend alors des rayons qui arrivent sur une cellule donnée.

Le capteur a un diamètre « c ». Il décrit un angle θ_0 à l'intérieur duquel tous les rayons lumineux convergent.



On ne va donc pas distinguer des points précis mais des éléments qui ont une taille limitée par θ_0 , appelée **limite de résolution angulaire**. (avec $\tan \theta_0 = \frac{c}{l}$, si c est petit devant l , on néglige la tangente)

$$\theta_0 = \frac{c}{l}$$

D'ici, on introduit la notion de limite de résolution spatiale : la plus petite distance entre deux objets permettant de les distinguer (on multiplie juste par la distance d'observation).

$$d_{min} = D \cdot \theta_0$$

Ces données, ont une grande signification, mais il est plus pratique de parler couramment en terme de capacité.

On introduit donc deux nouvelles notions :

$$P_R = \frac{1}{\theta_0} = \frac{l}{c}$$

**Pouvoir de résolution
angulaire**



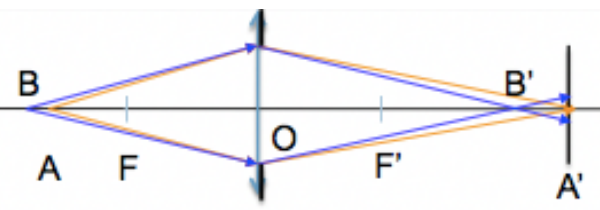
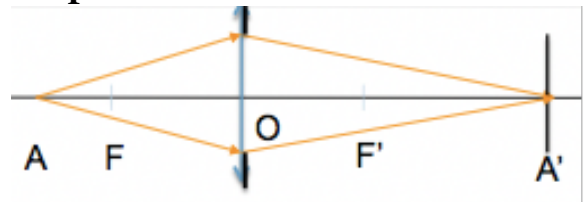
$$P_S = \frac{1}{d_{min}} = \frac{l}{Dc}$$

**Pouvoir de résolution
spatial**

Exemple : L'œil a un θ_0 d'environ 0,22 mr. On définit une acuité visuelle de 10/10 si $\theta_0 = 0,3$ mr. Cela correspond à la capacité de séparer 2 points distants de 3mm à 10m de distance. On en déduit aussi son pouvoir de résolution angulaire $P_R = 3\,333 \text{ rad}^{-1}$ et $P_S = 333 \text{ m}^{-1}$. Ces pouvoirs sont limités par la structure cellulaire de la rétine, qui possèdent un diamètre c .

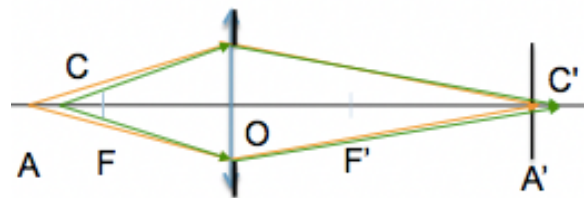
La profondeur de champ est la distance entre le premier et le dernier plan de l'espace, des objets qui apparaîtront nets sur le capteur.

On le matérialise par les schémas suivant où l'on garde constant un plan A formant une image parfaite sur le capteur.



On introduit un plan B : le premier plan permettant la formation d'une image sur le capteur. B est situé avant A sur l'axe optique. (C'est la distance la plus lointaine permettant d'obtenir une image sur notre capteur).

Enfin, on introduit un plan C : le dernier plan permettant la formation d'une image sur le capteur. C est situé après A sur l'axe optique. (C'est la distance la plus proche permettant d'obtenir une image sur notre capteur).

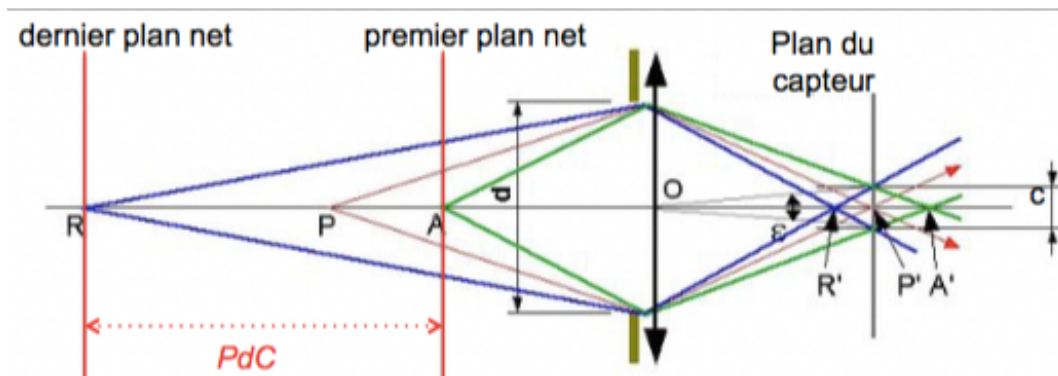


Un objet placé avant B ou après C, serait en dehors des limites de résolution de notre appareil, le stigmatisme n'étant plus respecté, il n'y a plus d'image.

Cette distance BC définit ce que l'on appelle la **Profondeur de Champ**.



Les trois schémas précédents se résument un seul (même si la légende diffère).



On définit :

- R le premier plan net.
- A le dernier plan net.
- P la plan permettant d'obtenir une image nette = distance de mise au point.
- RA notée H : la profondeur de champ.
- c : le cercle de confusion (=diamètre du cercle où arrivent les rayons).

On définit mathématiquement la distance hyperfocale : $H = \frac{fd}{c}$

(avec f = la distance focale et d = l'ouverture de l'instrument (p sur le schéma).

= La plus courte distance à laquelle un sujet sera net lorsque la mise au point est réalisée sur l'infini (c'est une notion difficile à saisir).

La PdC s'exprime en fonction de cette distance hyperfocale : $PdC = \frac{2HP^2}{H^2 - P^2}$

Si $P \geq H$, alors PdC est infinie.

Exemple : l'œil a une distance hyperfocale : $H = 14 \text{ m}$. A partir d'une distance de 14 m, l'œil n'a plus besoin d'accommoder.

B. L'œil

Punctum Remotum	Punctum Proximum
Point le plus éloigné mathématiquement donnant encore une image nette sur la rétine, et ce sans accommodation (sans effort). Pour un œil emmétrope (normal), il est situé à l'infini.	Point le plus proche donnant une image nette sur la rétine lorsque l'œil accomode. Pour une personne adulte avec un œil emmétrope, il se situe à 25 cm de l'œil. (cette distance varie selon l'âge)

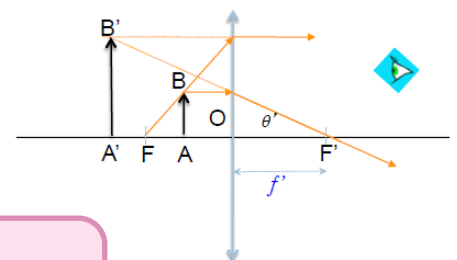
C. La loupe

C'est un objet qui sert à **augmenter le pouvoir séparateur de l'œil**.

On place l'objet entre le foyer objet et la lentille pour obtenir une **image virtuelle, agrandie et droite**.

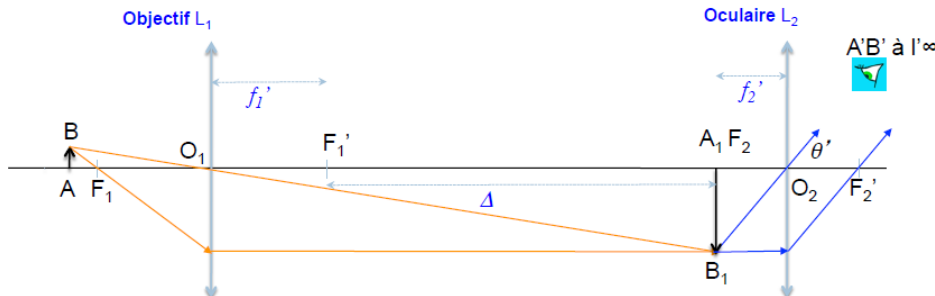
On définit son grossissement :

$$G = \frac{|Pp|}{f'} = |Pp|P$$



D. Le microscope

Il permet d'avoir un grossissement encore plus grand : il possède deux lentilles (un **objectif** qui agrandira l'objet une première fois et un **oculaire**, qui agrandira et retournera l'image obtenue). Entre le foyer image de l'objectif et le foyer objet de l'oculaire se trouve, $\Delta = \text{l'intervalle optique}$.



On va définir le grossissement du microscope comme le produit du grossissement de ses deux lentilles :

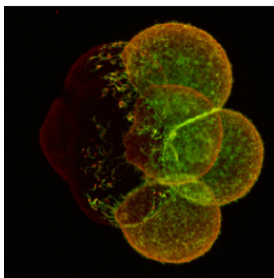
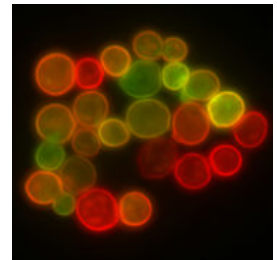
$$G = \frac{\Delta |Pp|}{f_1' f_2'} = \Delta |Pp| P_1 P_2$$

NB : On peut différencier le grossissement de l'objectif ($\frac{\Delta}{f_1'}$) et celui de l'oculaire ($\frac{|Pp|}{f_2'}$).

E. Vers la microscopie moderne (Big Up à la BioCell)

Microscopie traditionnelle fluorescente

On rajoute un condenseur afin d'éclairer plus fortement notre objet pour mieux le voir. On peut aussi rajouter des fluorochromes afin d'observer des éléments particuliers en l'illuminant avec certaines longueurs d'onde sélectionnées grâce à un miroir dichroïque : c'est l'épifluorescence. Une technique très utile mais manquant de précision.



Microscopie confocale à balayage laser

Pour remédier au manque de précision de la technique précédente, on ajoute un diaphragme, et notre lumière va se déplacer en de façon précise afin de collecter la puissance point par point, nous permettant une reconstitution de meilleure qualité et en 3D.

On ne peut cependant pas observer certains objets qui sont trop petits.

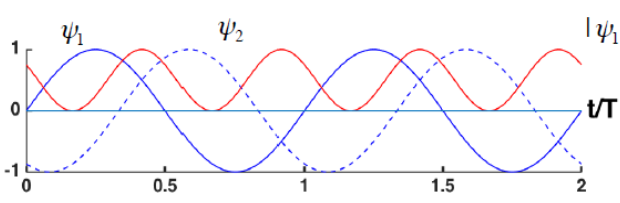
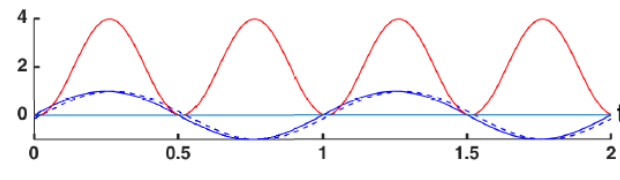
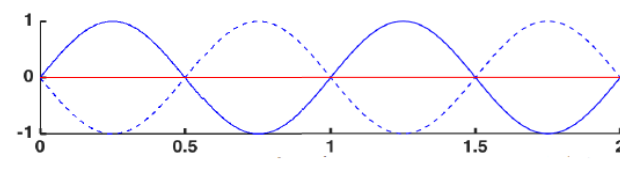
En effet, la nature ondulatoire de la lumière l'emporte et on assiste donc à des phénomènes de diffraction et d'interférences.



V. Les interférences

A. Définitions

Les interférences sont des modifications de l'intensité lumineuses lors d'une superposition de signaux sinusoïdaux (ondes) déphasés. On considère mathématiquement que leurs champs électriques s'additionnent.

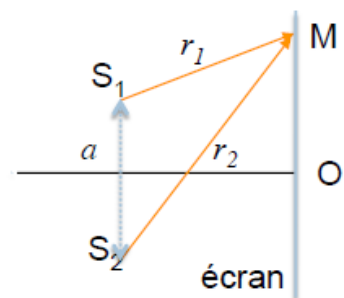
Schéma obtenu	Type d'interférences
	<p>→ Cas général : on a deux ondes décalées l'une par rapport à l'autre qui se superposent, ce qui entraîne une variation d'énergie donc une variation de l'intensité.</p>
	<p>→ Ondes en phase : les champs électriques s'additionnent. L'amplitude de l'onde résultante est quatre fois plus grande, on a une intensité maximale : on parle d'interférences constructives</p>
	<p>→ Ondes en opposition de phase : la somme des amplitudes des deux champs électriques s'annule, donc on a une variation d'énergie nulle. Ce sont des interférences destructives.</p>

B. Interférences à deux sources d'onde

On pose deux conditions :

- Les ondes sont monochromatiques
- Les ondes sont cohérentes

Cela se traduit dans le système de **fentes d'Young** par une seule source, dont les rayons vont traverser deux fentes séparées d'une longueur a (on obtient donc deux sources).



La différence de trajet parcourue par les deux rayons s'appelle la **différence de marche** :

$$\delta = n(r_2 - r_1)$$

Selon le type d'interférences que l'on a, on obtient des valeurs de la différence de marche définies :

→ **Interférences constructives** :

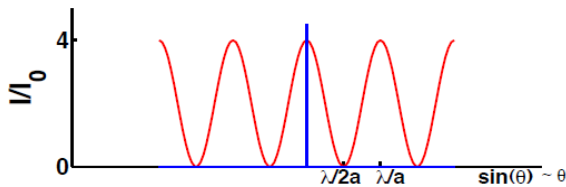
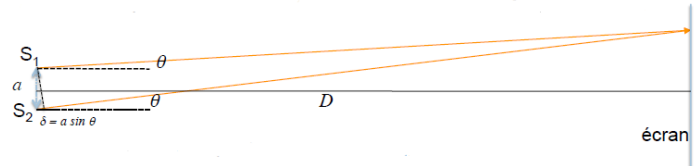
$$\delta = k\lambda$$

→ **Interférences destructives** :

$$\delta = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda$$



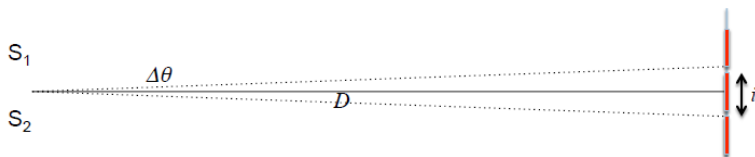
Dans le cas où $D \gg a$ on obtient une différence de marche : $\delta = a \cdot \sin \theta$ où $\sin \theta$ peut s'écrire θ . Donc : $\delta = a \cdot \theta$



On observe une alternance de bandes claires et sombres avec des maximums (interférences constructives) et des minimums (interférences destructives).

La distance angulaire entre deux franges claires est **l'intervalle angulaire** :

$$\Delta \theta = \frac{\lambda}{a}$$



Pour obtenir cette mesure en système métrique, on va la multiplier par la distance d'observation, on a maintenant **l'interfrange**.

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

On tire donc une nouvelle expression de l'intervalle angulaire :

$$\Delta \theta = \frac{i}{D}$$



C. Interférences dans les lames minces

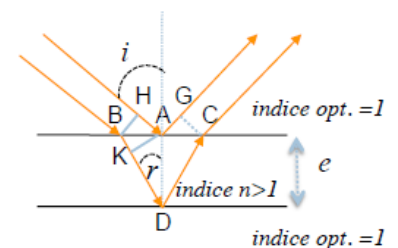
On considère deux cas : même indice optique des deux côtés de la lame mince, et indice optique plus élevé à la sortie qu'à l'entrée de la lame mince.

On rappelle qu'on peut observer deux grands types d'interférences : constructives et destructives.

📌 Même indice optique des deux côtés de la couche :

Ici, la différence de marche s'écrit :

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$



Dans le cas où l'on observe des interférences constructives, on trouve : $2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$

Aussi écrit : $e = \frac{(k - \frac{1}{2})\lambda}{2n} = \frac{(2k - 1)\lambda}{4n}$ et on obtient l'épaisseur minimale :

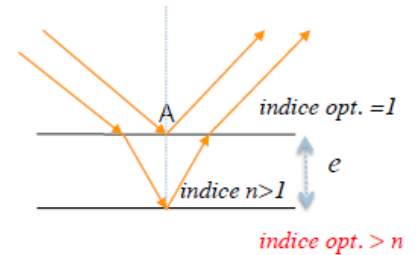
$$e_{min} = \frac{\lambda}{4n}$$

Pour calculer toutes les couches possibles il est plus facile d'utiliser $e = (2k - 1)e_{min}$ (Il faut calculer l'épaisseur minimale avec la première formule, et calculer les épaisseurs possibles en augmentant k)

Indice optique plus élevé après qu'avant la couche :

Ici, la différence de marche s'écrit :

$$\delta = 2ne$$



Dans le cas où l'on observe des interférences constructives, on trouve : $2ne = (k + \frac{1}{2})\lambda$

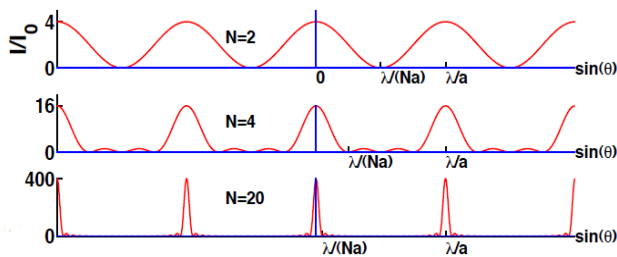
Aussi écrit : $e = \frac{(k + \frac{1}{2})\lambda}{2n} = \frac{(2k+1)\lambda}{4n}$ et on obtient l'épaisseur minimale :

$$e_{min} = \frac{\lambda}{4n}$$

Pour calculer toutes les couches possibles il est plus facile d'utiliser $e = (2k + 1)e_{min}$ (Il faut calculer l'épaisseur minimale avec la première formule, et calculer les épaisseurs possibles en augmentant k)

D. Interférences à N sources : les réseaux optiques

Même principe que les interférences à 2 sources, sauf que la plaque est traversée par **N fentes** espacées d'une distance **a = le pas du réseau**.



Nous remarquons que l'intensité change beaucoup, elle est proportionnelle à N^2 .
Même si les pics semblent plus serrés, l'espace entre eux reste le même : $\theta = k \frac{\lambda}{a}$.

La largeur des pics est inversement proportionnelle à N. En effet :

$$\Delta\theta = \frac{\lambda}{Na}$$

Le réseau permet donc de différencier 2 pics dont les variations de longueurs d'onde sont telles que : $\Delta\lambda/\lambda > 1/kN$.

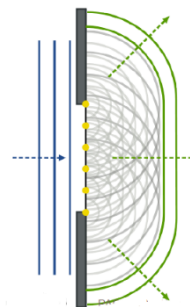
Cette application se retrouve dans la comparaison entre CD et DVD : **L'écartement des couleurs va être d'autant plus important que la structure du système est fine.**

VI. La diffraction

A. Définitions

La diffraction c'est les interférences produites par un très grand nombre de sources voisines les unes des autres.

Lorsque les ondes passent dans la fente, elles se cassent et vont interagir entre elles et former des régions où l'intensité lumineuse est différente.

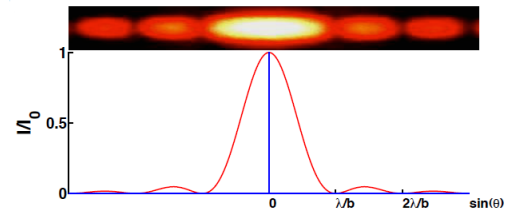


B. Diffraction par une seule fente

On observe des tâches d'intensités différentes : la tâche centrale est plus lumineuse que les autres !

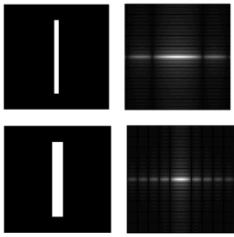
La largeur angulaire de la tâche centrale se calcule grâce à cette formule :

$$\Delta\theta = \frac{2\lambda}{b}$$



Elle correspond en fait à deux tâches lumineuses côtes à côte d'où le 2 au numérateur !

Obstacle pour une source lumineuse cohérente Écran en champ lointain



On remarque bien ici, que la taille de la tâche centrale varie de façon inversement proportionnelle avec la taille de la fente !

De plus on remarque que la fente et la tâche ne sont pas dans le même sens !



Encore une fois, pour retrouver la **taille de l'interfrange** en système métrique, on multiplie par la distance d'observation :

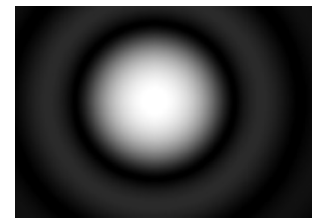
$$L = \frac{2\lambda D}{b}$$

On peut ainsi retrouver la taille de la fente ou d'un objet en connaissant nos autres paramètres :

$$b = \frac{2\lambda D}{L}$$

C. Diffraction par une ouverture circulaire

Le phénomène de diffraction peut aussi être observé non pas par des fentes mais par des ouvertures circulaires : on observe donc une tâche centrale circulaire, dont les intensités sont plus faibles que précédemment : c'est la **tâche d'Airy**.

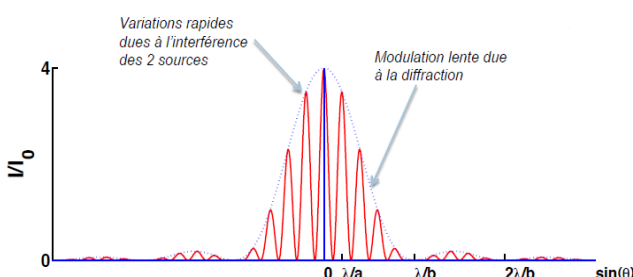
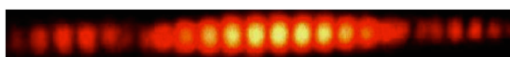


La tâche est caractérisée par sa demi largeur angulaire :

$$\theta_0 = 0,61 \frac{\lambda}{r}$$



D. Diffraction par deux fentes



Dans ce cas, on met en place un système d'Young, qui en plus de cela est soumis à des phénomènes de diffraction (on obtient la figure ci contre).

Les courbes pleines correspondent aux interférences (soumises aux modifications de a) et celles en pointillées, la diffraction (soumises aux variations de B).

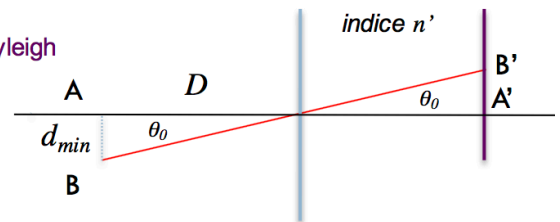
VII. Le pouvoir de résolution optique

A. Le pouvoir de résolution des instruments optiques

Dans un microscope, il y a des formations de tâches d'Airy. Afin de vérifier que l'on distingue deux points distincts, on va provoquer la création de deux tâches d'Airy et vérifier qu'elles sont distinctes.

C'est le **critère de Rayleigh** : Deux points sont encore séparables si le centre de B' coïncide avec le bord de la tâche de A'.

Cas limite où A et B sont résolus suivant le critère de Rayleigh



Connaissant la valeur de la demi largeur angulaire (qui correspond à la limite de résolution angulaire), on en déduit la valeur de la **limite de résolution spatiale** de l'instrument :

On rappelle que le pouvoir séparateur est l'inverse de cette limite de résolution.

$$P_s = 1/d_{min}$$

$$d_{min} = 0,61 \frac{\lambda D}{n' r}$$

B. Pouvoir séparateur de l'œil (Copié Collé de la ronéo mais y a rien à dire de plus).

On peut appliquer ces notions à l'œil. En reprenant la formule avec un lambda dans le visible (500 nm), n' lié à l'indice optique à l'intérieur de l'œil (=1,35) et un rayon d'ouverture de 1,5 mm on obtient un θ_0 de 0,15 mr.

On remarque que c'est proche de la valeur que l'on a obtenu lorsque l'on a calculé la limite de résolution du à la cellularisation (0,2 mr).

C'est tout bon pour cette fiche thème Evoli + Starters Eau.
Je vous joins les derniers starters (Tiplouf le best) et plein d'amour <3

