Quelques commentaires qui peuvent vous être utiles…
optique physique

- Indice d'un milieu **n =c/v** et **λ(vide ou air)=c/f** alors que **λ_{milieu}=v/f =λ/n=λ_n**

Ex :eau n=1,33 et verre n=1,5

- **La fréquence d'une onde lumineuse ne change pas avec le milieu, seule la vitesse et donc également la longueur d'onde** ;l'œil n'est sensible qu'aux fréquences ou longueur d'onde dans le vide.
- Avoir une idée du spectre de la lumière visible :ex le vert à 500nm le rouge ..le bleu
- Chemin optique (AB):pour un milieu uniforme d'indice n= chemin géométrique × n= AB n

I Interférences

Les ondes lumineuses doivent être **cohérentes** :elles proviennent d'une seul source par division d'onde (sinon I =I_1+I_2).
Il faut toujours calculer la différence de marche δ ou la différence de phase entre 2ondes lumineuses monochromatiques
φ ou δ peuvent varier :

- si les ondes parcourent de longueur différentes
- si les ondes voyagent dans des milieux d'indice différent(il faut alors penser_ au chemin optique en multipliant par l'indice)
- si une des ondes ou les 2 ondes subissent une réflexion

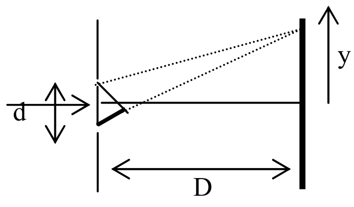
Si interférences ,alors $I=I_1+I_2+2\sqrt{I_1I_2}\cos\Delta\varphi$
Si chaque source peut produire le même I_0 séparément ,alors l'intensité de la figure d'interférences est **$I=4I_0\cos^2\Delta\varphi/2$** (les 2 fentes qui interférent sont des sources cohérentes) avec Δφ =2πδ /λ
savoir que **δ/λ =Δφ /2π=m(ordre d'interférence)**

Interférences constructives δ = mλ (maxima = franges brillantes) ou Δφ =2mπ ordre m entier I=Imax=($4Io^2$) ;ondes en phase
Interférences destructives δ = (2m+1) λ/2 (minima = franges sombres) ou Δφ =(2m+1) π ;I=0 (ordre m =entier +1/2) ;ondes en opposition de phase

Entre 2 franges brillantes (ou sombres)p varie de ±1 ;δ de ±λ ;Δφ de 2π.
Entre une frange brillante et une frange sombre p varie de ±1/2 ; δ de ±λ/2 ; Δφ de ±π.

Rmque Ces résultats sont aussi valables pour toutes les sortes d'ondes qui interfèrent(pas seulement optiques)

1)Fentes d'Young (pas de changement d'indice ;division de front d'onde)



Pour localiser les **franges** d'interférence on doit calculer δ des rayons qui atteignent l'écran(**parcours de longueur différente**)
δ= d sinθ si d est la distance entre les fentes et que l'écran est loin des fentes et donc tang θ ≅ θ = y / D Retenir que **δ/d =y/D**

Interférences constructives d sinθ= mλ≅d θ d'où θ =mλ/d
Interférences destructives d sinθ= (2m+1)λ/2 ≅ d θ d'où θ=(2m+1) λ/2d

La frange centrale(sur l'axe horizontal θ =0)) est toujours brillante (même si on envoie de la lumière blanche) m peut être positif ou négatif (m=0 ,± 1,±2 …) ;m s'appelle **ordre** d'une frange(donc **m=Δφ/2π ou** δ/λ)(il peut s 'appeler aussi k ou p) ;les autre franges sont colorées
La 1ère frange sombre au dessus de l'axe central par ex est pour m=0 ⇒ δ =λ/2
La 1ère frange brillante au dessus de l'axe central est pour m=1 ⇒ δ =λ

La distance entre 2 franges brillantes sur l'écran (ou deux franges sombres) s'appelle **interfrange i**

Et vaut **i= λD /d**

Pourquoi ? θ =y/D (parce que D>d)et pour un max **$m\lambda$ =δ** =d sinθ =d θ donc θ= mλ/d

On égalise les θ et donc y_m= mλ D/d de même y_{m+1} (max suivant d'ordre m+1) = (m+1)λ D/d d'où

$i=y_{m+1} - y_m = \lambda D/d$;cote des franges brillantes y_m =m ×i

Rmque = Si ces interférences se font dans un autre milieu, la différence de marche est multipliée par n
Donc l'interfrange vaut i=λD/nd

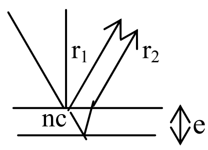
Ex :Si l'expérience des fentes d'Young a lieu sous l'eau ,les franges se resserrent(car i est divisé par n)

Plus la lumière est monochromatique ,plus on observe les franges contrastées

2) les pellicules minces :bulle d'eau savonneuse ,tache d'huile, plume de paon(division d'amplitude) ;il y a changement d'indice

Il faut une faible épaisseur(de grandes épaisseurs nuisent à la cohérence de la lumière) ;c'est l'interaction de la source avec la pellicule qui donne naissance aux 2 sources qui interfèrent .(on ne se restreint qu'à 2 rayons)
En général l'incidence est quasinormale et on regarde par réflexion. (il y a 2 interfaces**)**
L'épaisseur de la lame mince n'est pas toujours constante et c'est cette épaisseur e en un point donné qui détermine si la lumière réfléchie a une intensité max ou non (=une longueur d'onde brillante ou supprimée = une interférence constructive ou destructive ;cetteépaisseur met les ondes réfléchies en phase ou non.

Les franges sont d'égales épaisseur.(de couleur caractéristique de l'épaisseur)
La réfraction à un interface ne produit pas de déphasage mais la réflexion oui éventuellement



indice moins élevé	**pas de φ ou δ_{sup}**
indice plus élevé	**δ_{sup} =λ/2 ou φ =π**

a)<u>lame mince d'épaisseur constante</u>(voir fig)

Ex ici : *La lame mince forme une couche d'indice n_C entre 2 indices (1 ici)*

rayon r_1 :λ/2 à la $1^{ère}$ réflexion ou φ_1=π

rayon r_2 :δ_{geo} =2n_Ce (parcours aller retour×n_C= chemin optique dans le milieu n_C) et pas de déphasage du à la réflexion sur le $2^{ème}$ interface ou la réfraction sur le 1^{er}.

donc φ_2=2π δ/λ soit $\Delta\varphi$=φ_2-φ_1=4πn_C e/λ - π

Interférences constructives(pour une λ donc une couleur brillante =ondes en phase) :$\Delta\varphi$=2m$\pi$$\Rightarrow$
4πn_Ce/λ=(2m+1)$\pi$$\Rightarrow$ 2e =(m+1/2)λ/n_C ou (2m+1))λ/2n_C (n_C est l'indice où on calcule le chemin 2e)
Interférences destructives (pour une couleur éteinte) :$\Delta\varphi$=(2m+1)$\pi$$\Rightarrow$ 4πne/λ=(2m+2)π=2m$\pi$$\Rightarrow$
2e =mλ/n_C d'où :

- si λ est fixée ,on a l'épaisseur e pour une frange brillante ou pour une frange sombre d'ordre m

L'épaisseur minimale demandée dans un exo correspond à m=0(ou m=1)

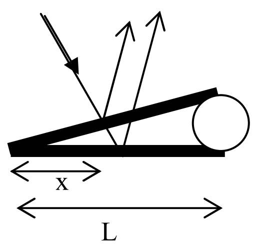
- si e est fixée, alors il y a une longueur d'onde(donc une couleur) pour une interférence constructive ou destructive qui correspond à chaque valeur de m(donc des longueurs d'onde brillantes et d'autres sombres)

cas particulier ici : si l'épaisseur est négligeable $\Delta\varphi$ =π la pellicule paraît sombre (dans ce cas de lame d'indice n)

Attention :il faut faire très attention à l'indice de la pellicule par rapport à chaque coté pour savoir s'il y a déphasage supplémentaire dû à la réflexion :analyser à chaque fois le$\Delta\varphi$ cal les conditions sur l'épaisseur peuvent être inversées

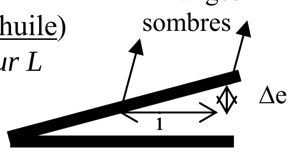
Par ex une lame d'huile coincée entre l'air et l'eau(n_a< n_c <n_{eau})

Rmque :quand l'épaisseur augmente ,plusieurs max pour plusieurs λ peuvent avoir Lieu au même endroit et si la lame est trop épaisse on ne voit plus rien.



b<u>) lame d'épaisseur variable :bulles de savon ou taches d'huile)</u>

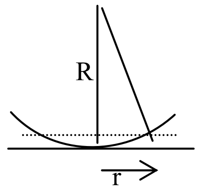
- *ex coin d'air formé par 2 lames(d'indice n) de longueur L séparées par un cheveu ou fil fin de diamètre D*



δ_{geo}=2 e(x) =2x α =2 x D/L

pour le rayon r_1 ;φ_1 =0
pour le rayon r_2 $\varphi_2$correspond à $\delta_{geo}+\lambda/2$(car air-verre)
d'où $\Delta\varphi$…
Très souvent la question porte sur la distance entre 2 franges sombres ou brillantes i(ne pas appliquer la formule des fentes d'young):entre 2 franges de même nature δ varie de λ or $\Delta\delta$ =2 Δe d'où $\Delta e=\lambda/2$ et $\Delta e =\alpha\ \Delta x$ d'où pour Δx=i **$\Delta e =\alpha$ i= D/L i = $\lambda/2$** (i peu être connu ,λaissi et on trouve D)
il faut retenir entre 2 franges de même nature $\Delta e=\lambda/2$

c)<u>les anneaux de Newton</u> :
Par ex lentille de verre de grand rayon de courbure R
posée sur une surface plane:on forme une mince pellicule d'air(coincée entre 2 indices n)
Les franges sont des anneaux centrés sur O er de rayon r
α =r/R et e=R(1- cosα)≅R $\alpha^2/2$ d'où r^2=2R e
$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1=2\pi\ 2e/\lambda+\pi$ (ou $\delta=\delta_{geo}+\lambda/2$)



les franges brillantes correspondent à $\Delta\varphi=2m\pi$ d'où e =(2m-1)λ/2 d'abord puis r orrespondant à une valeur de m.

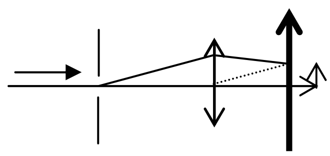
<u>II.Diffraction</u>

Quand la lumière passe dans « trou » qui a une taille d de l'ordre de la longueur d'onde, la lumière est déviée avec une image particulière :la région concernée par la diffraction (entorse à l'optique géométrique) a une taille angulaire de l'ordre de 2 λ/d.
Rmque :cela existe aussi pour des ondes non lumineuses, chaque fois qu'une onde rencontre un obstacle(ex onde sonore)
Tache centrale de diffraction : deux fois plus grande que les taches secondaires.

1. Diffraction par une fente de largeur a:
La figure de diffraction comporte une frange centrale très brillante, dans la direction prévue par l'optique géométrique, entourée de franges secondaires deux fois moins larges et beaucoup moins brillantes.
Il faut impérativement que la largeur de la fente soit comparable à λ(ou plus petite) pour que la diffraction puisse s'observer(si a>>λ on observe une image habituelle de fente éclairée)

Sous incidence normale, les deux premières franges sombres correspondent donc à des points P_1 dont la position angulaire θ_1 obéit à l'équation : a sinθ =$\pm\lambda$ .soit sin θ =$\pm\lambda$/a

La frange centrale est d'autant plus large que la fente est étroite ou que λest grande.
Si l'angle θ est petit(soit λ<<a), sin$\theta\approx\theta$ et la largeur angulaire de la frange centrale est $\boxed{\Delta\theta = 2\frac{\lambda}{a}}$
Dans la configuration de Fraunhofer (= diffraction à l'infini) : si f' est la distance focale image d'une lentille L qu'on peut placer après les fentes alors θ=tangθ=y/f'
Et donc la largeur de la tache centrale sur l'écran vaut
2Δy=2f'λ/a



Rmque :les autres franges sombres corresponde d'un point de vue angulaire à a sinθ =mλ (avec m=$\pm$1 ,$\pm$ 2 $\pm$ 3 …)
Chaque λ a sa figure de diffraction

2)Diffraction par une ouverture circulaire de diamètre d
Ex :ouverture comme celle d'une lentille circulaire à travers laquelle la lumière peut passer(source lumineuse ponctuelle comme une étoile) :l'image se formant dans le plan focal :elle n'est plus un point (selon optique géométrique)à cause de la diffraction

La tache centrale, appelée aussi « tache d'Airy », est limitée par le 1er minimum nul de I(θ), repéré par l'angle θ tel que **sinθ=1,22 λ/d** → facteur 1,22 par rapport à la position du 1er minimum pour une fente de largeur a.
Si d >> λ, le diamètre angulaire de la tache centrale est alors :$\Delta\theta$= **1,22 λ/d**.

Et si la figure de diffraction est observée dans le plan focal image d'une lentille de distance focale f', alors le rayon de la tache centrale est **$\rho = f' 1{,}22\, \lambda/d$**.

Application :critère de Rayleigh.
On veut séparer deux objets ponctuels éloignés présentant une faible séparation angulaire
La limite de résolution angulaire d'un instrument d'optique peut en fait être précisée quantitativement à l'aide du **critère de Rayleigh : deux objets sont tout justes séparés si le milieu du pic central de diffraction de l'image de l'un correspond au premier minimum du pic central de diffraction de l'autre**

$$\boxed{\Delta\theta \geq \theta_R = \sin^{-1}\left(1{,}22\frac{\lambda}{\Phi}\right) \approx 1{,}22\frac{\lambda}{\Phi}}$$

3) Diffraction par une fente double

Chaque source a une largeur a et les 2 fentessont distantes de d
L'intensité sur l'écran est le produit d'un terme d'interférences modulé par un terme de diffraction par une fente seule de largeur a. Le nombre de franges observables dans le dispositif des fentes d'Young est limité par la diffraction.
A la limite des angles faibles

- largeur de la frange centrale de diffraction sur l'écran :$\Delta y = 2\lambda D/a$ (si D distance des fentes à l'écran> >a)

le 1er minimum correspond à $\sin\theta = \pm\lambda/a$ (de part et d'autre de l'axe horizontal)

- interfrange de la figure d'interférences sur l'écran : $i = \lambda D/d$;

on peut aussi écrire $\sin\theta = m\lambda/d$(pour les constructives)
Si on divise ces 2 relations angulaires m=d/a :cela donne la valeur limite entière de m pour qu'une frange brillante soit dans la fig de diffraction
→ **nombre n de franges d'interférences observables à l'intérieur de la frange centrale de diffraction lié au rapport d/a** . Pour calculer n, faire un schéma au cas par cas. :par ex ici 2fois m pour avoir les franges brillantes de chaque coté +frange brillante du centre.

4)Réseaux de diffraction

Un réseau plan est une structure périodique constituée de N traits semblables et parallèles, distants d'un pas d,(distance entre les fentes) et de longueur L très grande devant d.

On distingue deux grands types de réseaux : les réseaux par transmission et les réseaux par réflexion.
Les réseaux usuels comportent 50 à 500 traits par mm sur une largeur de 5 cm.

Pour N élevé, la figure de diffraction est essentiellement composée de pics principaux de diffraction pour lesquelles les N ondes diffractées sont toutes cohérentes et en phase : $\delta_{géo} = n\, d\sin\theta = m\lambda$

Formule fondamentale des réseaux sous incidence normale :$\boxed{\sin\theta_m = m\lambda/d,\ m = 0, \pm1, \pm 2, \pm3,\ldots}$
m est appelé l'ordre d'interférence.(chaque m est un pic ;par ex m=0 est le pic d'ordre 0) Les ordres m permis sont en nombre limité avec $|m| < \dfrac{d}{\lambda}$
La largeur des pics principaux varie en 1/N(fig caractéristique pour une longueur d'onde ;la formule donne largeur=λ/Nd)

Utilisation en lumière polychromatique :- le spectroscope à réseau fournit autant de spectres de l'élément qu'il y a d'ordres m permis non nuls, plus une image géométrique non dispersée, correspondant à m = 0, et dont la couleur est celle de la source de lumière « brute »
Contrairement au prisme, **le réseau dévie plus le rouge que le bleu**.

La dispersion angulaire augmente avec l'ordre d'interférence. Cet effet d'étalement croissant, induit un **recouvrement des spectres dès les ordres 2 et 3.**

Le pouvoir de résolution intrinsèque du réseau est alors défini à partir du critère de Rayleigh par :
$R = \lambda/\Delta\lambda = mN$; **R augmente avec l'ordre du spectre et le nombre de traits du réseau**. Plus m et/ou N sont grands, et plus des radiations proches pourront être séparées.