

Interféromètre de Michelson :

MODÈLE IDÉAL SEPARATRICE INFINIMENT FINE

Separatrice : lame de verre avec un traitement de surface pour avoir 50% de transmission et 50% de réflexion

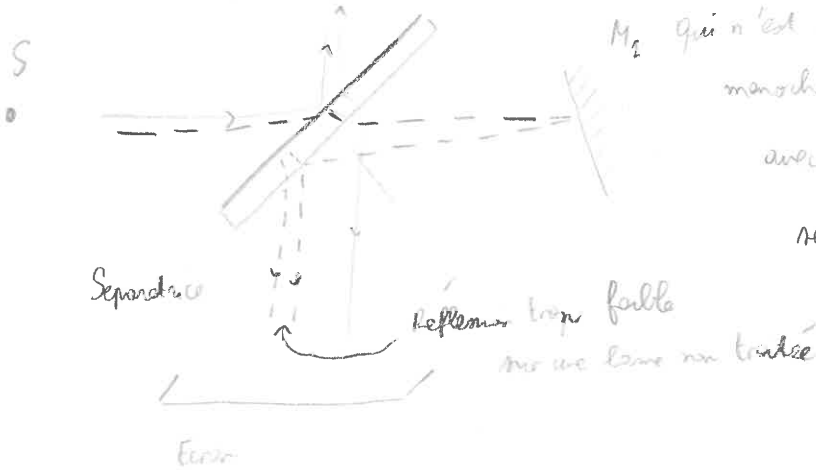
Compensatrice : lame de verre identique à la séparatrice (même épaisseur) mais non traitée

1) Sans compensatrice : le rayon (1) traverse 2 fois la lame mais le rayon (2)

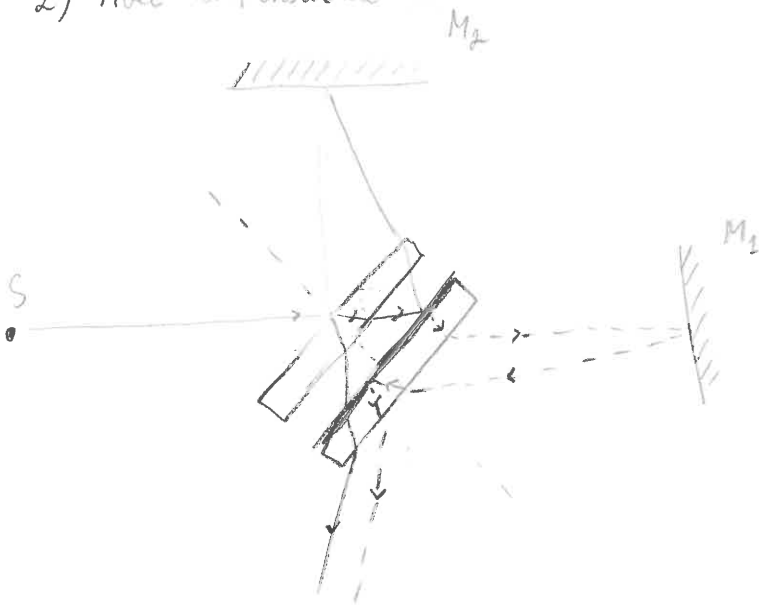
traverse 1 ou 3 fois la lame

⇒ cela entraîne de différences de marches irréductibles

M_2 qui n'est pas fermé lorsqu'on utilise une source monochromatique mais qui est très problématique avec une source polychromatique car la séparatrice disperse aussi la lumière



2) Avec compensatrice



Chaque trajet optique traverse 4 fois les lames de verre les 2 trajets optique sont équivalents

Rappel : Dans une lame de verre non traitée



$$r_{\text{air-verre}} = \frac{1,5-1}{1,5+1} \approx \frac{1}{5} \quad \text{car -verre} = \frac{2}{1,5+1} \approx 80\%$$

80%

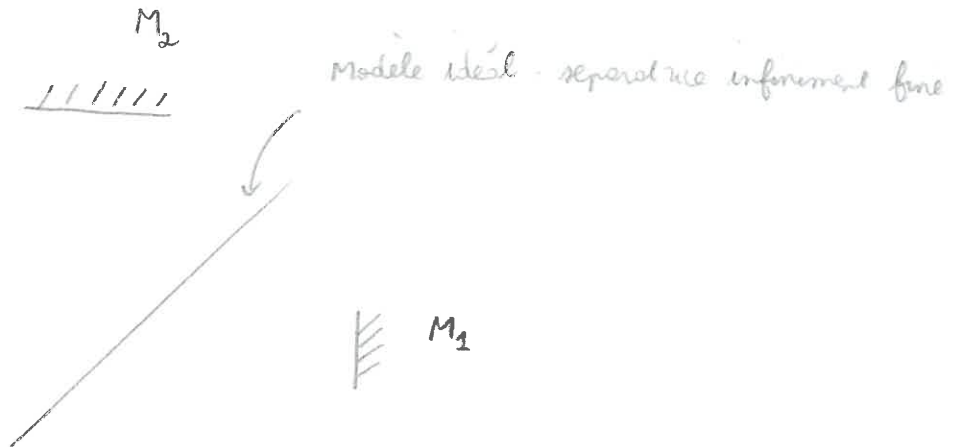
Énergie transmise par les transmissions multiples négligeable

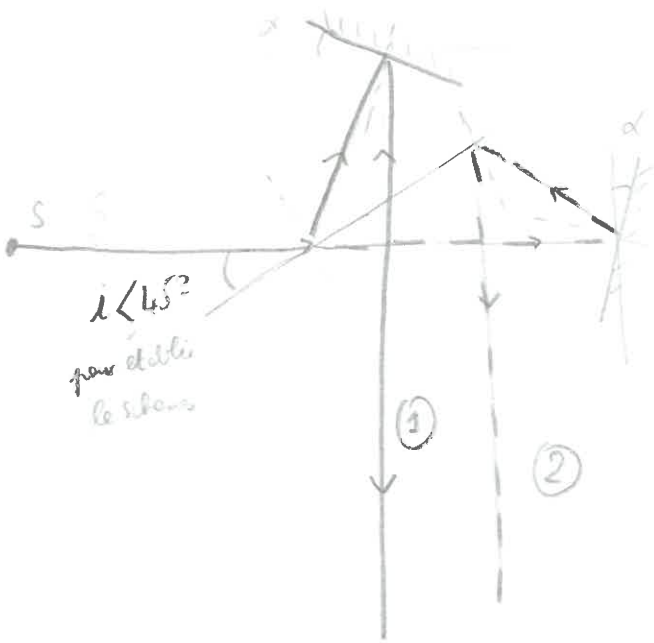
REGLAGE 1 : RÉGLER LES VIS DE LA COMPENSATRICE POUR FAIRE COINCIDER LES TABLES À L'ÉCRAN



Mettre le laser à la distance focale du miroir M_1
 on doit observer un point lumineux (retour) sur le laser

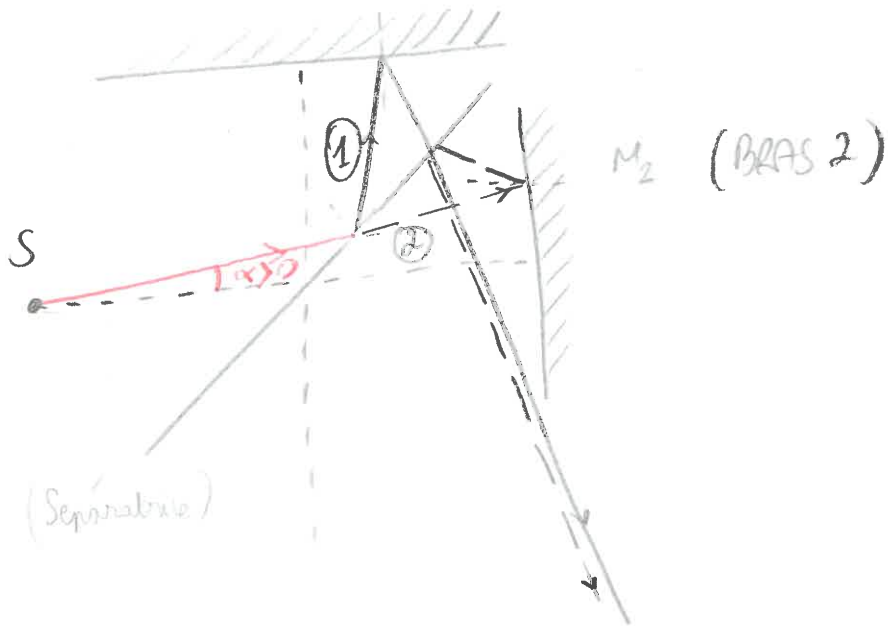
METTRE DES LUNETTES DE SÉCURITÉ !!!



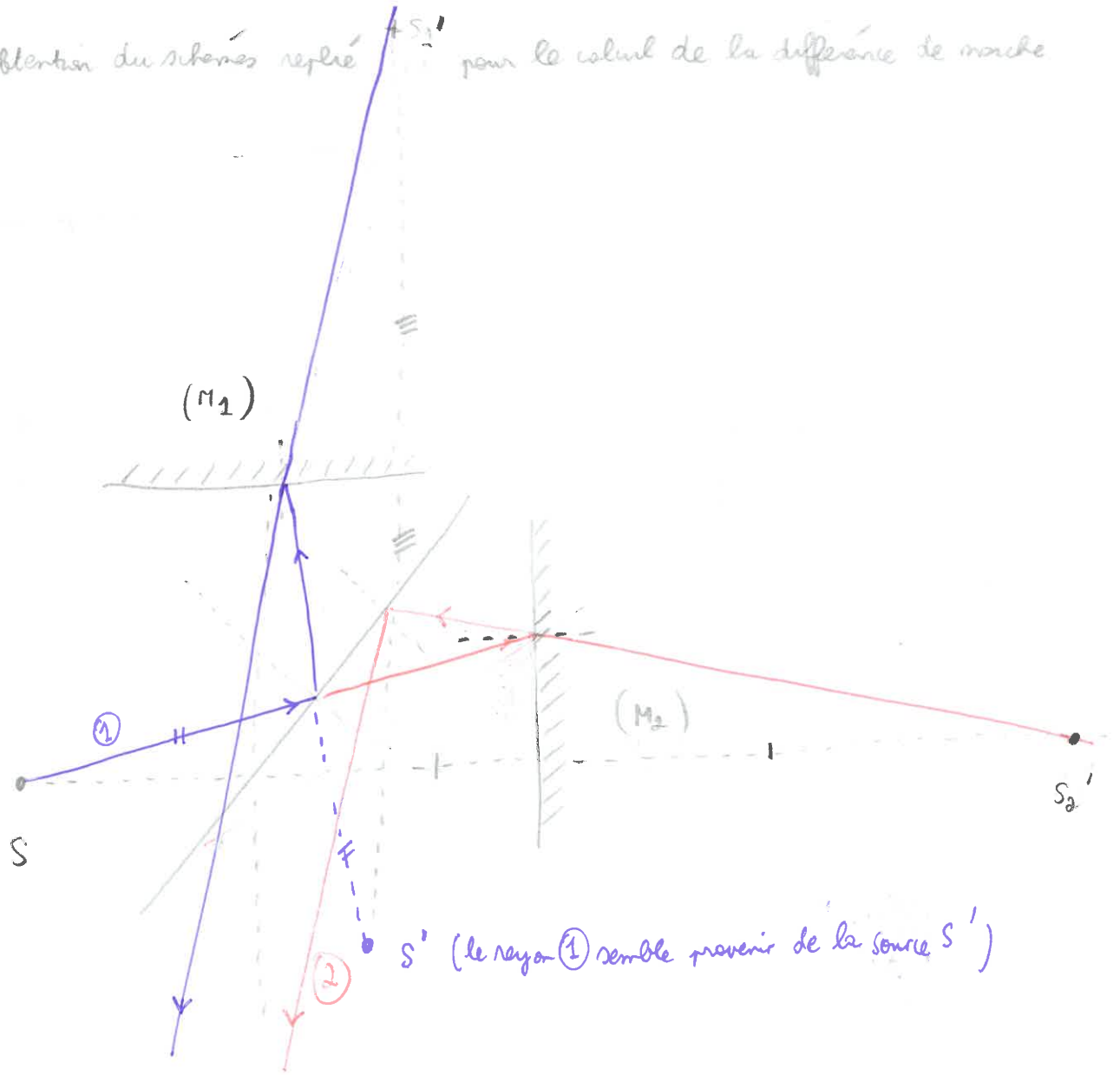


À la place, orienter le séparateur à 45° par rapport à l'horizontale et prendre un rayon incident ayant un angle positif avec le séparateur

(M₁) (BRAS 1)

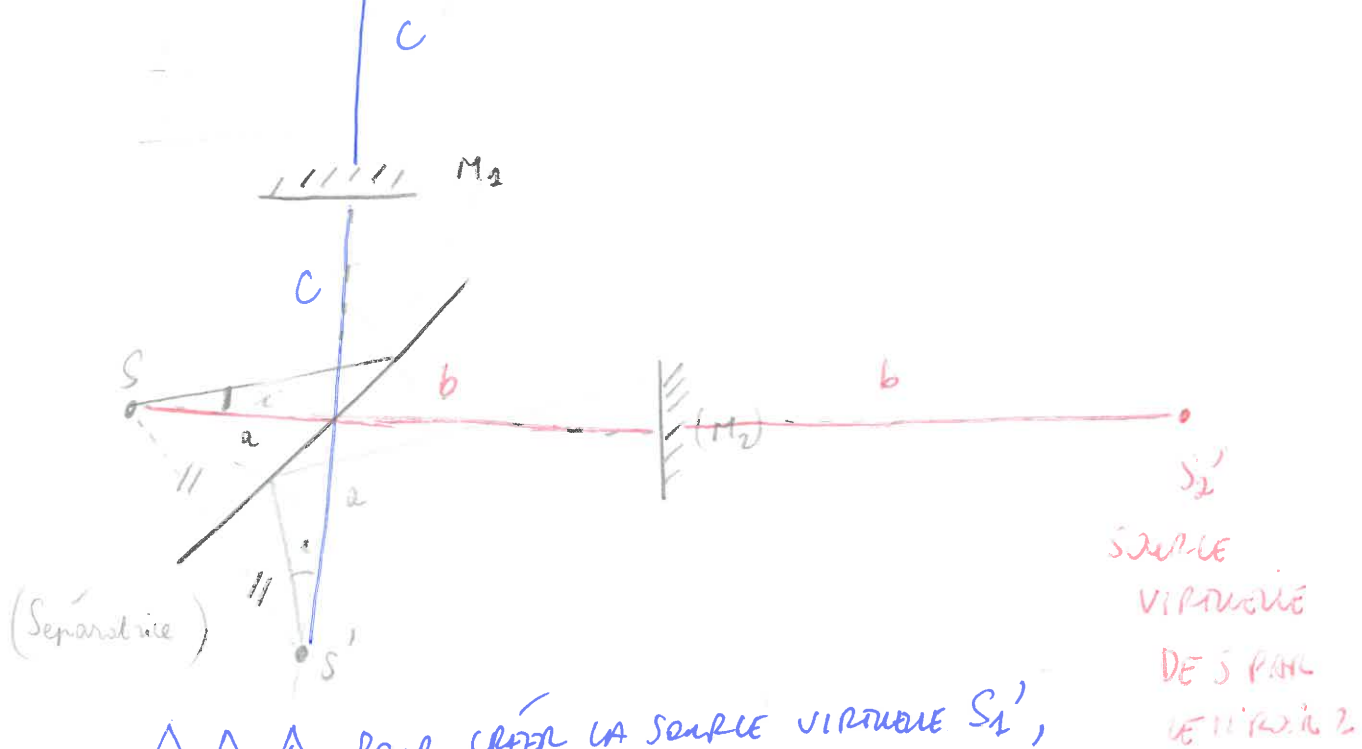


Méthode d'obtention du schéma replié pour le calcul de la différence de marche



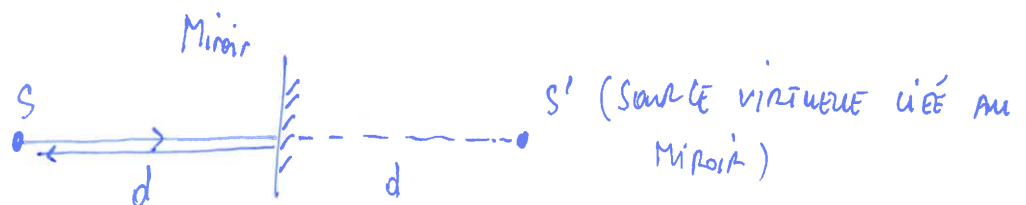
Rayons qui interfèrent à l'infini

S_1' SOURCE VIRTUELLE DE S' DONC DE S PAR LE Miroir 1
 Pour établir le schéma replié, il faut faire une rotation des bras 2 autour de la séparatrice



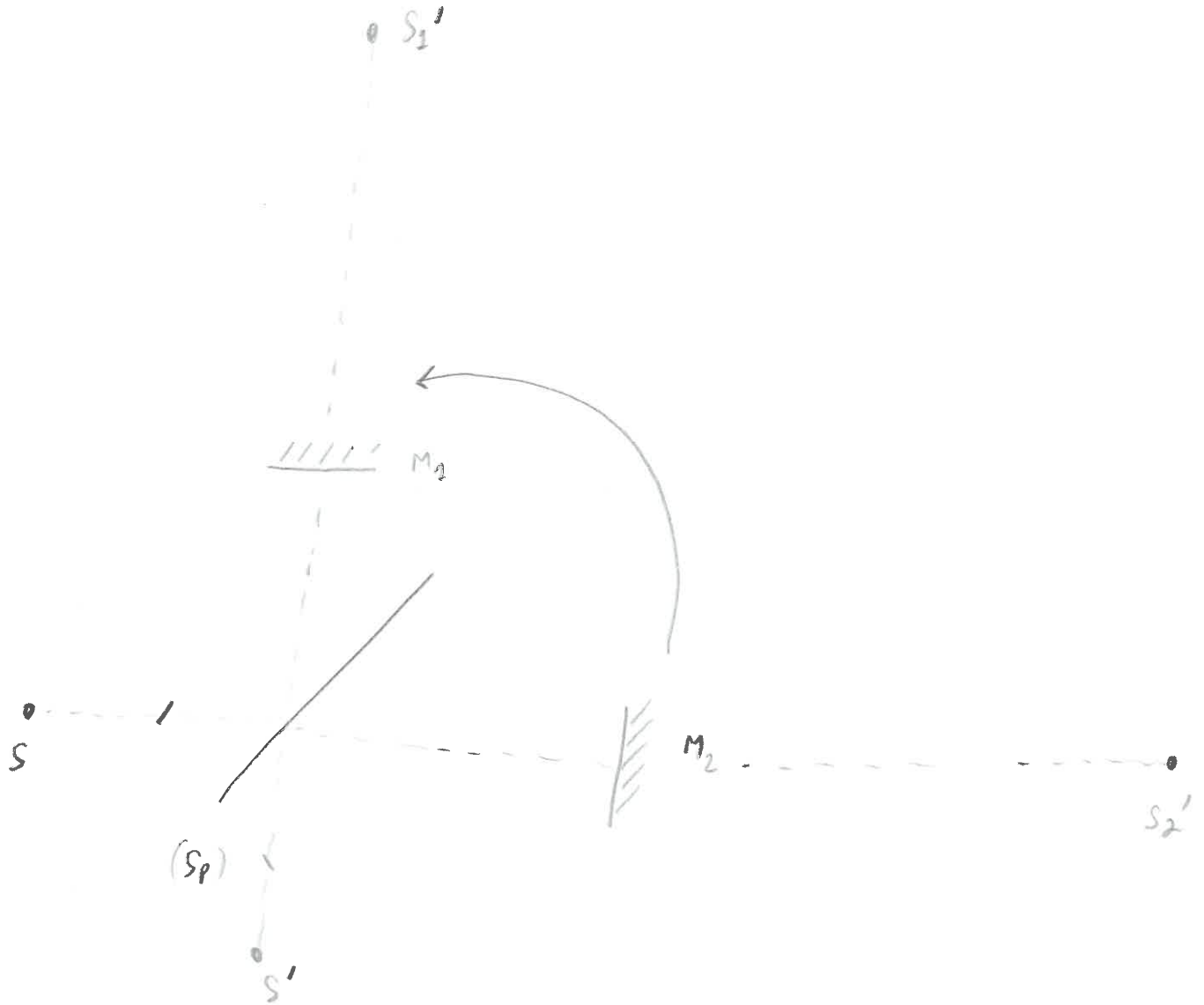
⚠️⚠️⚠️ POUR CRÉER LA SOURCE VIRTUELLE S_1' , ON CRÉE D'ABORD LA SOURCE VIRTUELLE S' POUR MODÉLISER LA RÉFLEXION DANS LA SÉPARATRICE (PUIS) ON CRÉE LA SOURCE S_1' , SOURCE VIRTUELLE DE S' PAR LE Miroir M_1

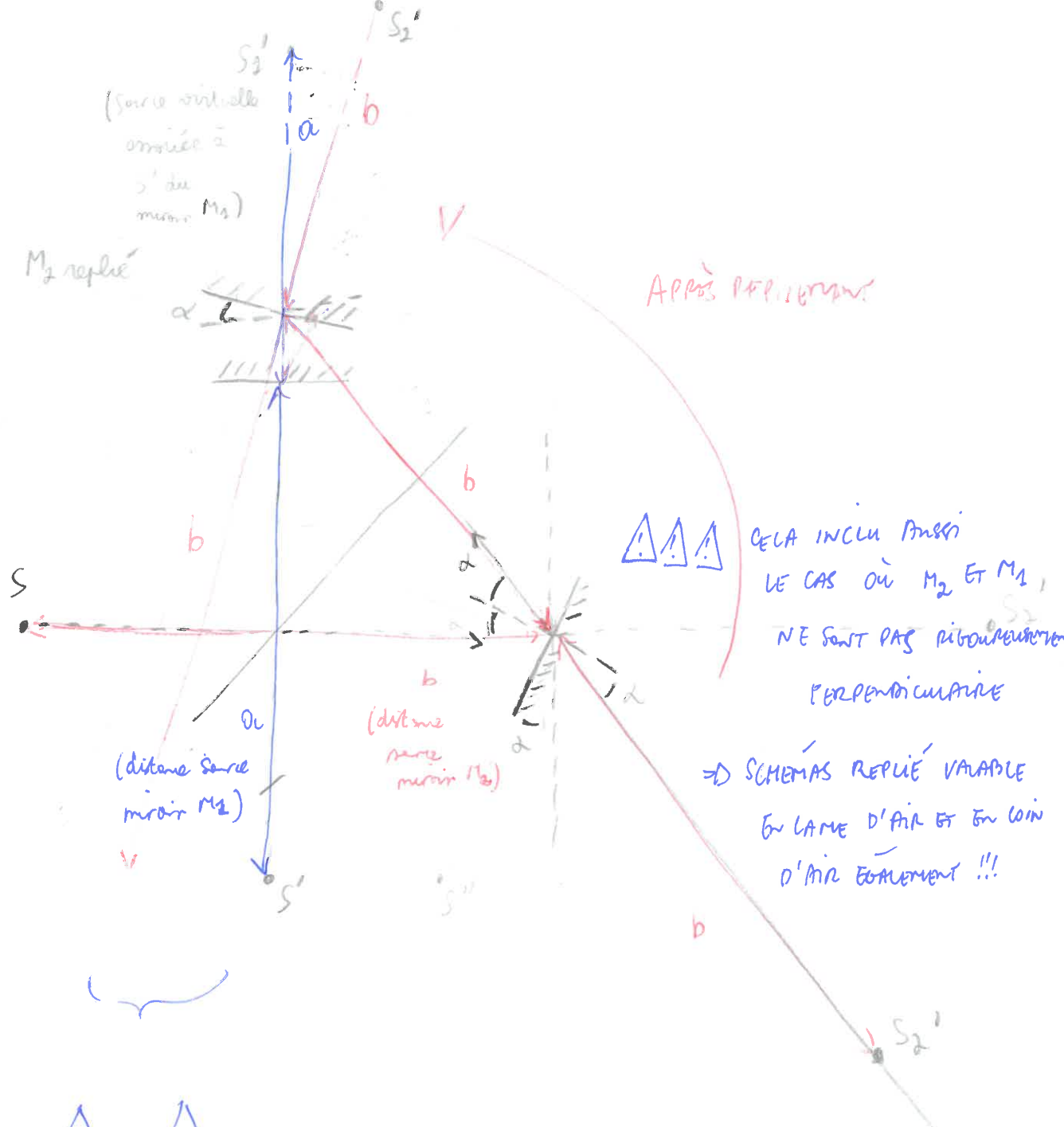
POUR CETTE ÉTAPE DE CONSTRUCTION, ON UTILISE PRINCIPALEMENT LE PRINCIPE DE L'IMAGE VIRTUELLE : LORSQU'UN Miroir PLAN RÉFLECTIT UN RAYON LUMINEUX, L'IMAGE DE LA SOURCE SEMBLE PROVENIR D'UN POINT SITUÉ DERRIÈRE LE Miroir (APPELÉ SOURCE VIRTUELLE) D'UNE DISTANCE DE CELLE QUI SÉPARE LA SOURCE RÉELLE AU Miroir





COMME LES RAYONS DE SORTI SONT PARALLÈLE, TOUT SE PASSE
D'UN POINT DE VUE DES RAYONS DE SORTIE (\equiv D'UN POINT M
SUR L'ÉCRAN) COMME SI LE MIROIR M_2 POUVAIT ÊTRE
REPLIÉ PAR RAPPORT À LA SÉPARATRICE





APRÈS DÉPHASAGE

⚠️ CELA INCLU AINSI LE CAS OÙ M_2 ET M_1 NE SONT PAS RIGORUEUSEMENT PERPENDICULAIRE

⇒ SCHEMAS REPLIÉ VARIABLE EN LAME D'AIR ET EN COIN D'AIR ÉGALEMENT !!!



EN COIN D'AIR LES RAYONS

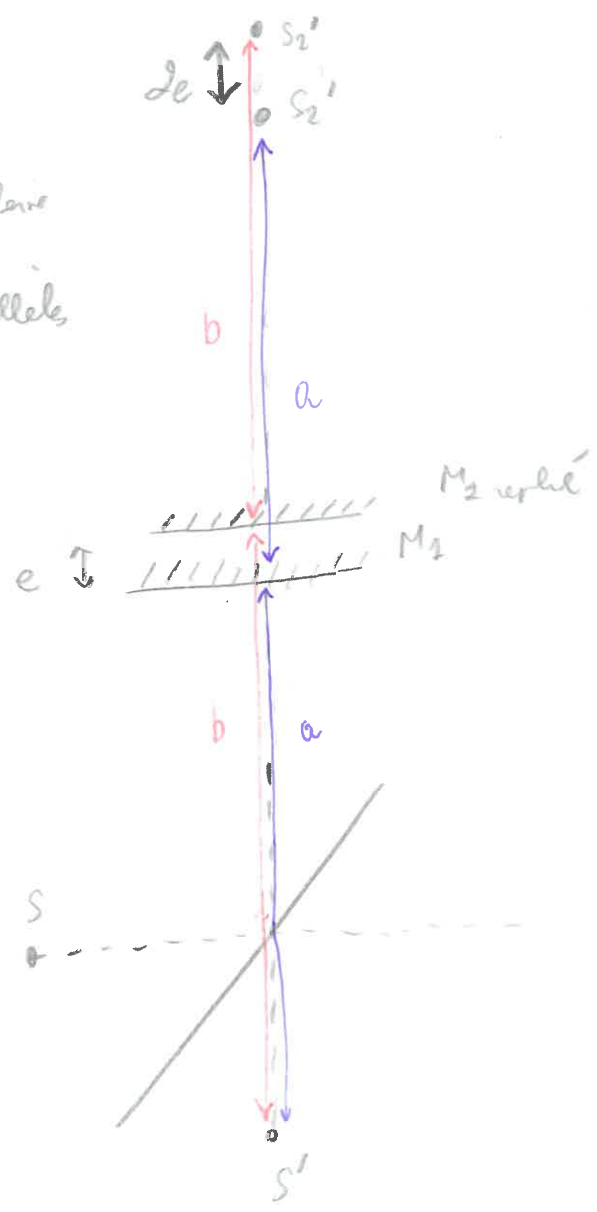
OBSERVÉS NE SONT PAS PARALLÈLES DONC NE PEUVENT PAS INTERFÉRER AVEC LES PHÉNOMÈNES DE BRAGG. EN RÉALITÉ, ON PREND DES INCLINAISONS TRÈS FAIBLES ENTRE LES DEUX MIROIRS DE TELLE SORTE QUE LES RAYONS SONT QUASI-PARALLÈLES, C'EST-À-DIRE À PEU PRÈS PARALLÈLES SUR DE COURTES DISTANCES

Normalement les ondes (vibrées) interfèrent toujours mais pas avec les phénomènes de Bragg (= phénomène de l'amplitude après l'ordre 0 (définissant l'optique géométrique))



⇒ NE PAS PROJETER L'IMAGE DES RAYONS DE SORTIE À L'INFINI AVEC UNE LENTILLE CONVERGENTE PLACÉE À LA SOURCE

Montage lame d'air :
 M_1 et M_2 sont perpendiculaires
 $\Rightarrow M_1$ et M_2 replié sont parallèles



COMME LES SOURCES VIRTUELLES ASSOCIÉS À CHAQUE MIROIR SONT DISTANTES DE 2 FOIS LA DISTANCE ENTRE LA SOURCE AVANT LE MIROIR ET LE MIROIR, SI M_1 ET M_2 REPLIÉ SONT SÉPARÉS D'UNE DISTANCE e , ALORS S_1' ET S_2' SERONT SÉPARÉS D'UNE DISTANCE $2e$



LES NOMS LAME D'AIR ET COIN D'AIR VIENNENT DE LA FORME DE L'AIR COINCÉE ENTRE M_1 ET LE PROJETÉ DE M_2



Calcul de la différence de marche par un montage à lame d'air

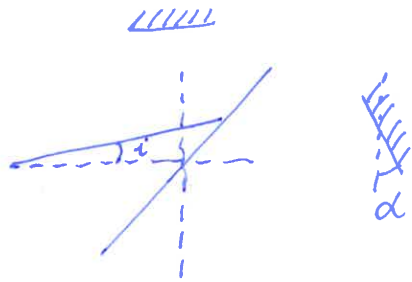
HYPOTHÈSES

- M_1 et M_2 projetés sont parallèles

=> rayons de sortie parallèles



i CORRESPOND À L'ANGLE ENTRE LA SOURCE S ET LA SÉPARATRICE ET NON À L'ANGLE ENTRE LES 2 MIROIRS (NOTÉ α)



=> ON OBTIEN DES FRANGES DE COULEUR D'ORDRE NUL



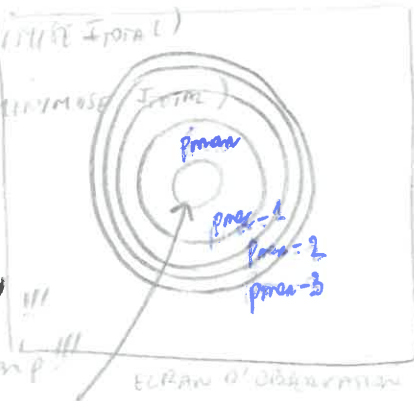
IL NE FAUT PAS CONFONDRE LE NUMÉRIQUE DE L'ORDRE ET L'ANGLE

$\delta = 2e \cos(i)$ ordre (PAR DÉFINITION DE L'ORDRE)

$\delta_{\text{bullet}} = p\lambda$ (QUI MAXIMISE I TOTAL)

$\delta_{\text{ombre}} = (p + \frac{1}{2})\lambda$ (QUI MINIMISE I TOTAL)

Dans frange brillante si



L'ordre est maximum au centre et diminue avec le rayon

Si p_{max} EST un entier (FRANGE BRILLANTE AU CENTRE):



NE PAS CONFONDRE L'ORDRE D'INTERFÉRENCE ENTRE LE MICHELSON EN L'AIR ET D'AIRY ET LES ORDRES D'YOUNG

[Youtube com (Elearnmy-Physique) / Michelson en lame d'air - Rayons de courbure d'égalé en l'air]

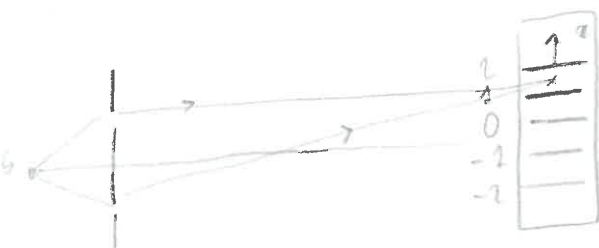
POUR LE MICHELSON EN LAME D'AIR:

$\delta = 2e \cos(i)$ CE N'EST PAS UNE LAME MAIS Y A UN COS !!!

=> POUR DEUX INTERFÉRENCES (FORMULE DE FRESNEL)

ordre $I = 2I_0 (1 + \cos(\frac{2\pi}{\lambda} \cdot 2e \cos(i)))$

$p = p_{\text{max}} - \frac{r}{\lambda}$ numéro de l'anneau

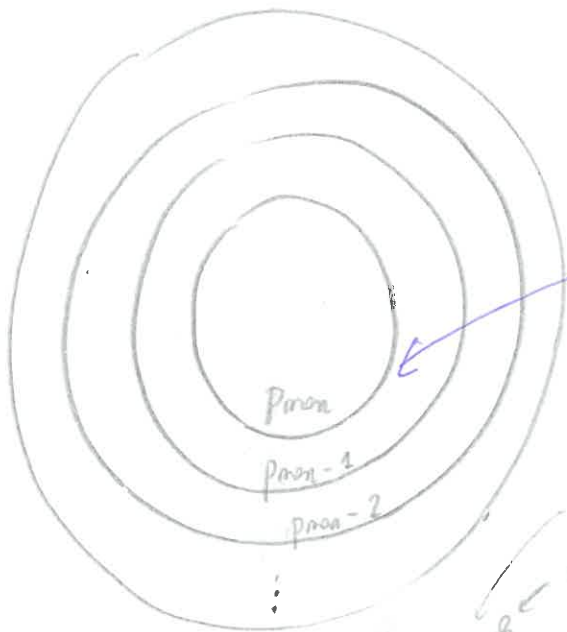


POUR LES FRANGES D'YOUNG: $\delta = \frac{ax}{D}$

L'ORDRE $p =$ COMPTAGE DE FRANGES D'INTERFÉRENCES

=> POUR DEUX INTERFÉRENCES (FORMULE DE FRESNEL): $I = 2I_0(1 + \cos(\dots))$

Si p_{max} est un entier (on a un anneau au centre) :



p_{max} observé dépend de e pour un montage en lame d'air

\Rightarrow PARAMÈTRE QUI DÉPEND DE L'EXPERIENCE, IL FAUT CHANGER DANS LE SENS OÙ LES ANNEAUX POINTENT VERS LE CENTRE POUR QUE $p_{max} = p_0$

Ordre $\rightarrow p = p_{max} - k$

En utilisant la différence de marche, pour obtenir une frange brillante (initiale de l'illumination), il faut être en une interférence constructive :

$$\delta = \delta_{\text{brillante}}$$

$$\Rightarrow 2e \cos(i) = p \lambda = (p_{max} - k) \lambda \quad (\text{CAS GÉNÉRAL})$$

($\triangle \triangle \triangle$) $2e \cos(0) = p_{max} \lambda$ (UNIFORMEMENT POUR LA FRANGE LA PLUS BRILLANTE (LE POUX QUI DÉPEND DE L'EXPERIENCE \equiv DU CHAT))

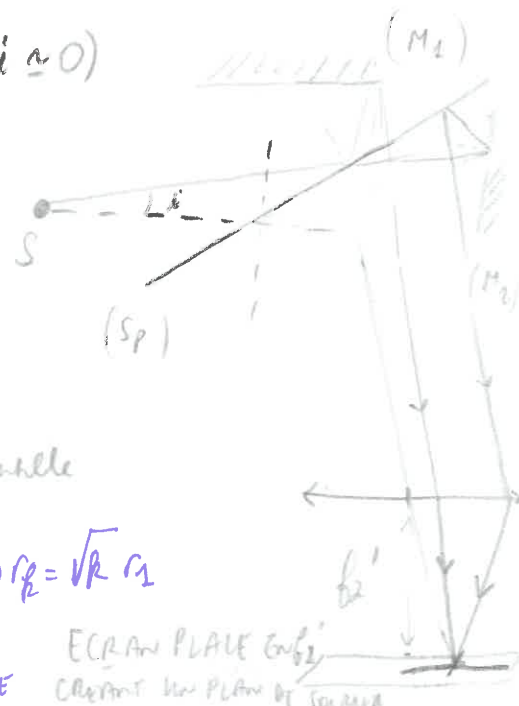
Développement limité du \cos à l'ordre 2 autour de 0 ($i \approx 0$)

$$2e \left(1 - \frac{i^2}{2}\right) = (p_{max} - k) \lambda$$

$$\Rightarrow 1 + 2e \frac{i^2}{2} = +k \lambda \quad \left. \begin{array}{l} \downarrow \\ p_{max} = \frac{2e}{\lambda} \end{array} \right\}$$

$$\frac{e r^2}{f'^2} = k \lambda \quad \left. \begin{array}{l} \downarrow \\ i = \frac{\text{rayon du cercle}}{f' \text{ de la lentille}} \end{array} \right\}$$

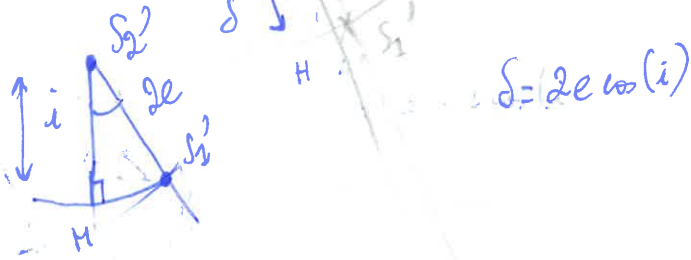
$$r_k = f' \sqrt{\frac{k \lambda}{e}} \quad (\text{si on a un point brillant au centre (hypothèse de départ)}) \quad \Rightarrow r_k = \sqrt{k} r_1$$



\Rightarrow l'interférence $i = r_k - r_{k-1}$ NON CONSTANT ET TEND VERS 0 LOIN DE

Calcul de la différence de marche en lame d'air :

À PARTIR DU SCHEMA DU MICHELSON REPLIE
 AVEC un angle δ ENTRE LA SOURCE ET L'HORIZONTALE



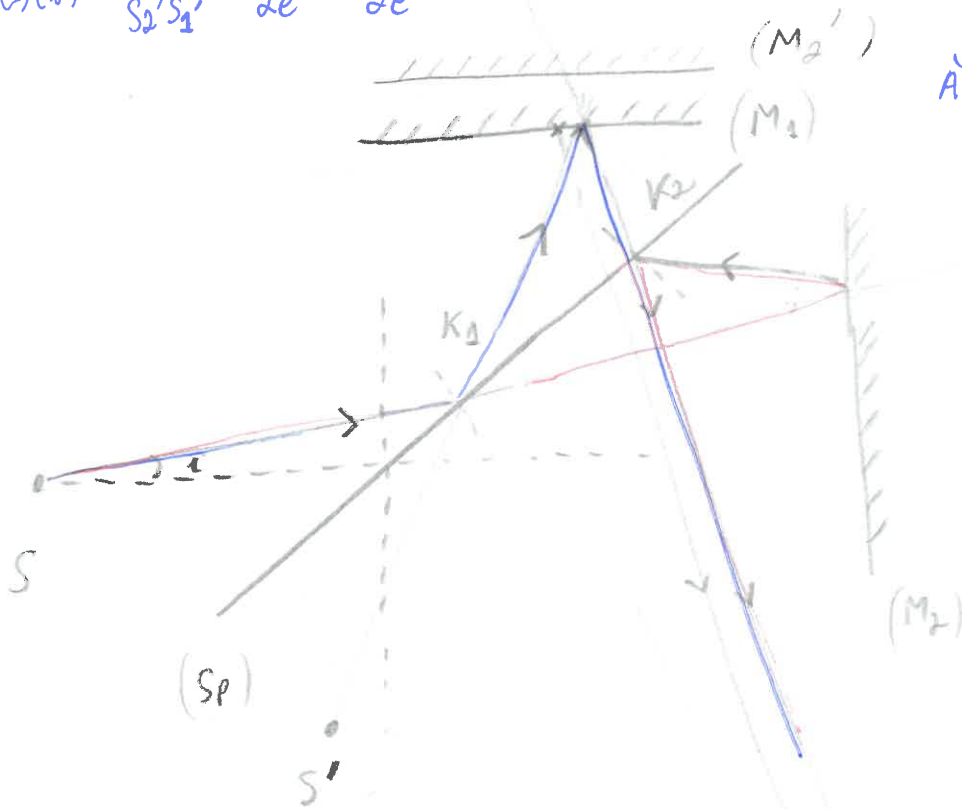
$$S = (2e \cos(i))$$



LE MONTAGE
 REPLIE PERMET
 D'OBTENIR
 DIRECTEMENT LA
 DIFFERENCE DE
 MARCHE

$$\cos(i) = \frac{S_2'H}{S_2'S_1'} = \frac{S_2'H}{2e} = \frac{S}{2e}$$

À PARTIR DES MIROIRS LES
 RAYONS SONT PARALLELES
 DANS LE MONTAGE REPLIE



Reflexion pure

$$(SM)_1 = SK + KM_1 + \left(\frac{\lambda}{2}\right) + M_1M$$

$$(SM)_2 = SM_2 + \left(\frac{\lambda}{2}\right) + M_2K_2 + K_2M$$

Pourquoi une réflexion dans un miroir introduit un déphasage de $\pi \equiv$ une différence de marche de $\frac{\lambda}{2}$???

(Réponse ChatGPT :)

Coefficient de réflexion lors d'un changement de milieu (Fresnel):

$$r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2}$$

Si $n_2 > n_1$ (milieu d'arrivée plus réfringent):

$n_1 - n_2 < 0 \Rightarrow r < 0 \Rightarrow E_r = -|r| E_i \Rightarrow$ déphasage de π du champ électrique réfléchi par rapport au champ électrique incident

Si $n_2 < n_1$ (milieu d'arrivée moins réfringent)

$n_1 - n_2 > 0 \Rightarrow r > 0 \Rightarrow E_r = |r| E_i \Rightarrow$ pas de déphasage du champ électrique réfléchi par rapport au champ électrique incident

MÊME SI LES DIFFÉRENCES DE MARCHE SONT DÉFINIES PAR RAPPORT AUX CHEMINS OPTIQUES ET NON PAR RAPPORT AUX CHAMPS ÉLECTRIQUES, LA DIFFÉRENCE DE MARCHE CHANGE QUAND LE CHEMIN OPTIQUE EST RÉFLECTI !!

Une fois obtenue la différence de marche :

UTILISATION DE LA FORMULE DE FRESNEL (S'IL N'Y A QUE 2 RAYONS QUI INTERFÈRENT)

OU DE LA FORMULE DES RÉSEAUX (S'IL Y A N RAYONS QUI INTERFÈRENT)

Par exemple dans le cas d'un Michelson configuré en lame d'air :

$$I \propto \langle EE^* \rangle_c = 2I_0 \left(1 + \cos \left(\Delta\phi_{1/2} \right) \right) = 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \delta \right) \right)$$

$$= 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} \times 2e \cos(i) \right) \right)$$

puis exploitation de la formule de Fresnel pour obtenir

- LA DIFFÉRENCE DE MARCHÉ POUR LES FRANGES BRILLANTES ET SOMBRES

- FRANGES BRILLANTES si $I_{TOT} = I_{MAX} \Rightarrow \delta = p \lambda$
(INTERFÉRENCES CONSTRUCTIVES)

- FRANGES SOMBRES si $I_{TOT} = I_{MIN} \Rightarrow \delta = \left(p + \frac{1}{2}\right) \lambda$
(INTERFÉRENCES DESTRUCTIVES)

- LES ORDRES D'INTERFÉRENCES ($\Delta \Delta \Delta$ À NE PAS CONFONDRE AVEC L'ORDRE DES ANNÉAUX POUR

\Rightarrow INSÉRENCE DE L'IMPLEMENTATION DE UN MONITEUR DE MICHELSON) LA DIFFÉRENCE DE MARCHÉ DANS L'ORDRE DES ANNÉAUX

$2e \cos(i) = p \lambda$ (INTERFÉRENCE BRILLANTE), $p = p_{max} - k$
 et $i = \frac{OM}{R_2} = \frac{r}{R_2}$ $\Rightarrow R_2 = \sqrt{R_1} \sqrt{\frac{\lambda}{e}} = \sqrt{R_1} \sqrt{\lambda}$
 \leftarrow Si l'anneau au milieu \rightarrow brillant

- LES INTERFÉRENCES ($\Delta \Delta \Delta$ SONT NON DÉFINIS POUR UN MONITEUR) DE MICHELSON

$$\lambda = R_2 - R_1$$

(LES INTERFÉRENCES CORRESPONDENT À LA PÉRIODE SPATIALE (OBSERVÉ SUR L'ÉCRAN) DE PHÉNOMÈNE

Inclusi des phénomènes de braouillage



LES PHÉNOMÈNES DE BRAUILLAGE
N'INTERFÈRENT PAS !!!

⇒ IL NE FAUT PAS APPLIQUER LA
FORMULE DE FRESNEL MAIS

SIMPLEMENT AJOUTER LES INTENSITÉS

LUMINEUSES AVEC DES DÉPHASAGES

S_p DIFFÉRENTS (MODÉLISÉS PAR UN RECTANGLE
DE VISIBILITÉ DANS LA FORMULE DE FRESNEL)



⇒ DANS LE CAS D'UN MICHELSON, IL N'Y A QUE LE
BRAUILLAGE TEMPOREL CAR LE BRAUILLAGE SPATIAL
PAR UNE SOURCE SPATIALE ÉTENDUE N'INTRODUIT
PAS DE DÉPHASAGE ADDITIONNEL DONC LES
INTENSITÉS LUMINEUSES DE TOUTES LES
SOURCES ÉTENDUES S'AJOUTENT !!!

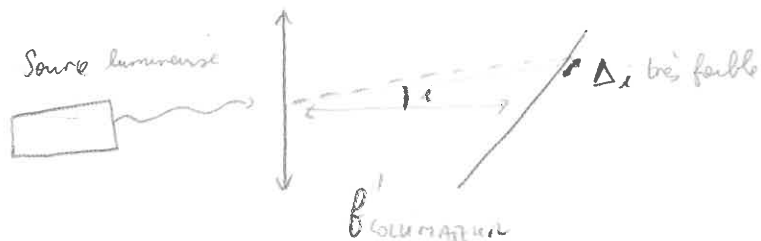
En pratique :

- l'ordre d'interférence (et la différence de marche ne dépend que de l'ordre i)

$$\delta = 2e \cos(i)$$

\Rightarrow Plus i augmente et plus $P \uparrow$ donc plus on peut observer d'anneaux lumineux

Solution : UTILISER UN COLLIMATEUR APRÈS LA SOURCE DE LUMIÈRE
POUR RÉDUIRE L'ÉTENDUE DE LA SOURCE DONC L'INCIDENCE SUR
L'ANGLE i



- le rayon d'un anneau

$$r_k = \sqrt{k} \quad f = \sqrt{\frac{\lambda}{e}}$$

\Rightarrow plus l'épaisseur entre les 2 miroirs diminue (\equiv plus e diminue)
plus r_k augmente (les rayons semblent rentrer les uns
dans les autres) jusqu'à ce que $e = 0$

À $e = 0$, on est à l'ordre 0, c'est le contact optique

(M_1 et M_2 projetés sont parfaitement superposés),

l'écran est uniformément éclairé (c'est la tache plate)

Calcul de la différence de marche pour un montage en coin d'air.

HYPOTHÈSES :

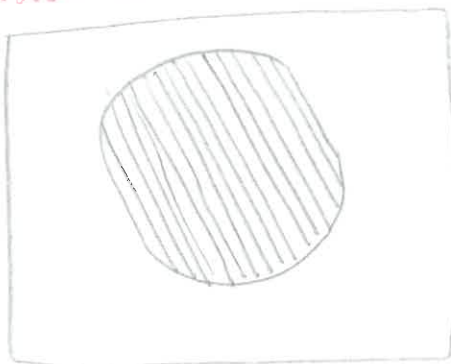
- M_1 très peu incliné par rapport à M_2 projeté
- => rayons de sortie quasi-parallèles (= parallèles sur de courtes distances)
- => interférences visible sans lentille de séparation ...
- Epaisseur e de la lame veuve (SOURCE ÉTENDUE OU SOURCE PONCTUELLE DONT LE RAYON INCIDENT N'ARRIVE PAS EXACTEMENT AU MILIEU DE LA SÉPARATRICE)



α angle entre les sources et la séparatrice et non entre les 2 miroirs (note α) !!!

→ ON OBTIENT SUR L'ÉCRAN DES FRANGES PERPENDICULAIRES D'ÉGALÉES M_2 projeté

ÉPAISSEUR PAS

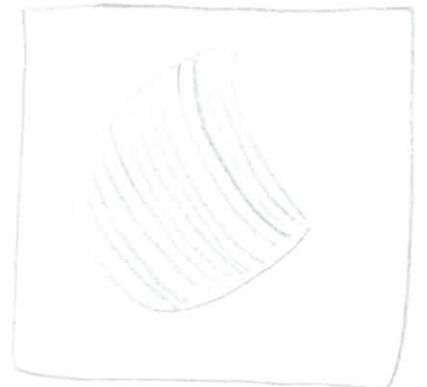


ÉCRAN D'OBSERVATION

MONTAGE COIN D'AIR α ~~45°~~ M_2 projeté M_2

FRANGES D'ÉGALÉES ÉPAISSEURS
FRANGES QUI PEUVENT ÊTRE
TOURNÉES MAIS QUI SONT PERPENDICULAIRES

MONTAGE LAME D'AIR M_2 projeté M_2
FRANGES AYANT UNE INCLINAISON
⇒ QUI NE SONT PAS DROITES !!!



ÉCRAN D'OBSERVATION



UTILISATION
D'UNE LENTILLE
CONVERGENTE POUR
VOIR LES ANNEAUX
EN LAME D'AIR

APRÈS AJUSTEMENT
DE LENTILLE
ENFIN LA SOURCE
ET L'ÉCRAN (p.39)

FRANGES
D'ÉGALÉES
INCLINAISON



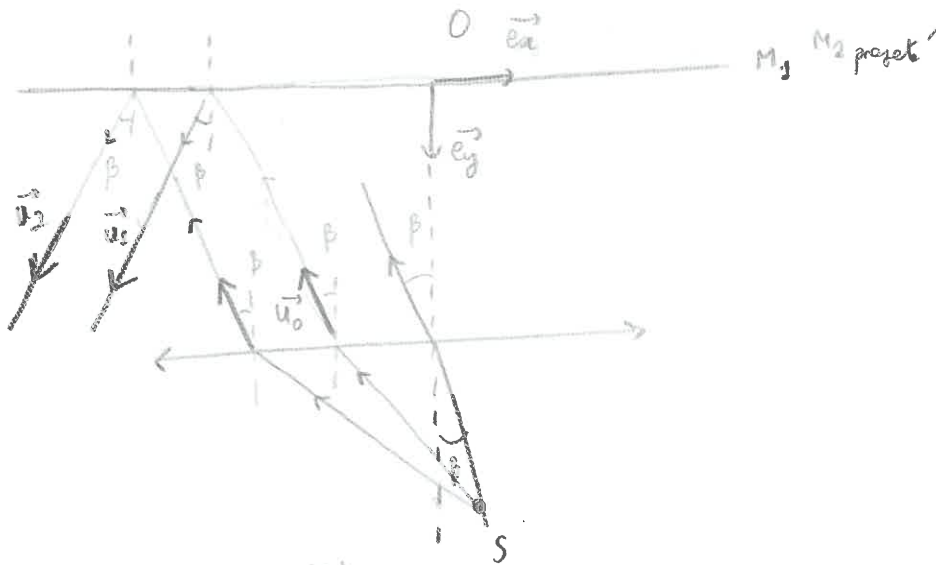
ÉCRAN D'OBSERVATION

FRANGES D'ÉGALÉES ÉPAISSEURS

D'après [Physique tout en un, PC-PC, M N Sany / Chapitre 23. L'interféromètre de Michelson]

On supprime au départ le contact optique, pour n'obtenir que l'influence de l'angle entre M_1 et M_2 et non l'influence de l'épaisseur entre M_1 et M_2

Dans le cas d'une source étendue qui éclaire une lentille convergente permettant de rendre parallèles les rayons de sortie (\equiv rayons foyers)



$$\vec{u}_0 = -\sin(\beta)\vec{e}_x - \cos(\beta)\vec{e}_y$$

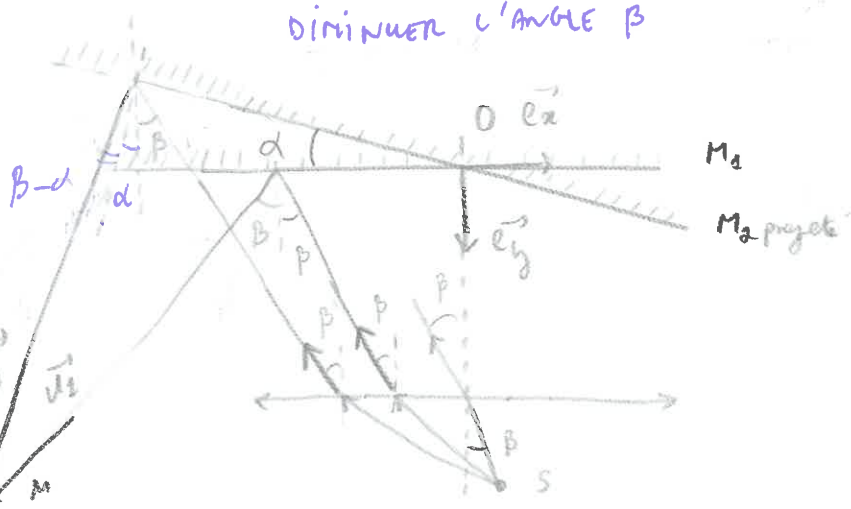
$$\vec{u}_1 = -\sin(\beta)\vec{e}_x + \cos(\beta)\vec{e}_y$$

$$\vec{u}_2 = \vec{u}_1 \text{ (vecteurs colinéaires)}$$

Montage en coin d'air (avec un angle α entre M_1 et le projeté de M_2)



AVEC L'INCLINAISON DE LA SOURCE ET DES MIROIRS COMME INDICUÉ SUR LE SCHEMAS, LE PROJETÉ DU MIROIR M_2 VIENDRIT DIMINUER L'ANGLE β



$$\Rightarrow \vec{u}_0 \text{ inchangé}$$

$$\vec{u}_1 \text{ inchangé}$$

$$\vec{u}_2 = -\sin(\beta-d)\vec{e}_x + \cos(\beta-d)\vec{e}_y$$

POINT D'INTERSECTION DES RAYONS

M

⇒ VALEUR DE L'ONDE MODÉLISÉE PAR UNE ONDE PLANE PROGRESSIVE AU POINT M.

$$\begin{cases} \psi_1(M) = \psi_0 e^{i(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}_1 \cdot \vec{OM})} \\ \psi_2(M) = \psi_0 e^{i(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}_2 \cdot \vec{OM})} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Delta\phi_{1/2}(M) &= \left(\frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}_2 \cdot \vec{OM} \right) - \left(\frac{2\pi}{\lambda} \vec{u}_1 \cdot \vec{OM} \right) = \frac{2\pi}{\lambda} (\vec{u}_2 - \vec{u}_1) \cdot \vec{OM} \\ &= \dots \\ &= \frac{2\pi}{\lambda} \times 2 \sin(\alpha) (x \cos \beta - y \sin \beta) \end{aligned}$$

Vecteur quelconque
 de la base
 $\vec{OM} = x \vec{e}_x + y \vec{e}_y$

Obtenir l'extremum (maximum) de la différence de phase en fonction de β :

cela revient à obtenir les valeurs de β telles que: $\frac{\partial(\Delta\phi_{1/2})}{\partial\beta}$

⇒ ... ⇒ $\beta = 0$ (interférence maximale si le surs est perpendiculaire à la base)

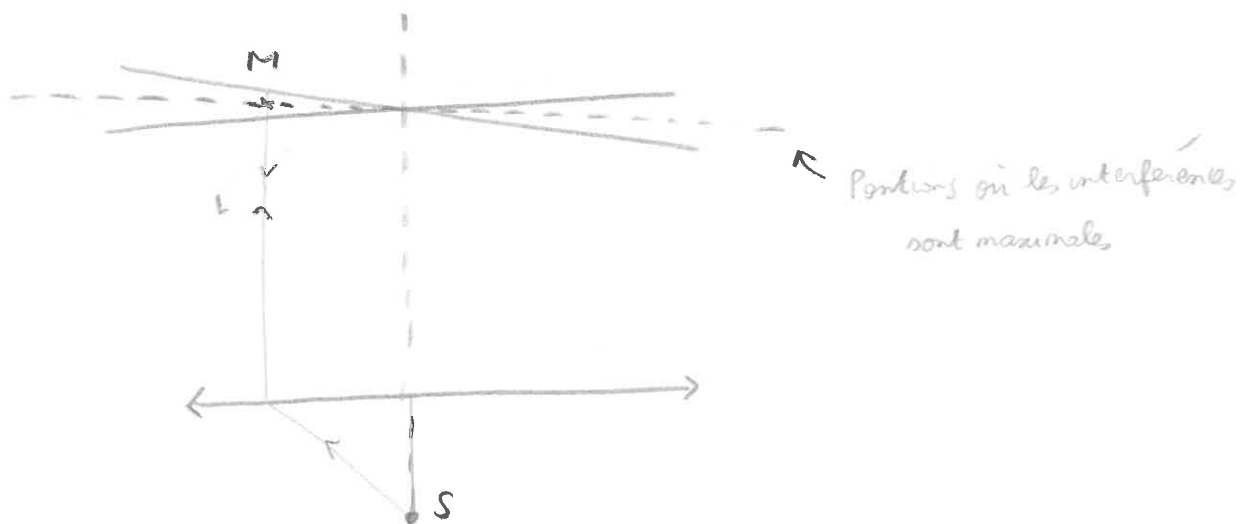
BLOUILLAGE ⇒ C'EST L'OPPOSÉ DES RESULTATS OBTENUS EN LA ME D'AIR !!!

Si l'on prend une source ponctuelle

⇒ $\beta = 0$

$$\Rightarrow \Delta\phi_{1/2}(M) = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2 \sin(\alpha) x$$

⇒ LES INTERFÉRENCES SONT MAXIMALES ENTRE M_1 ET LE PROJETÉ DE M_2 ET À CAUSE DU BLOUILLAGE, ELLES SONT SURTOUT VISIBLES ENTRE M_1 ET LE PROJETÉ DE M_2



(A cause du brulage, les interférences ne sont visible que par des faible α
lors l'intersection des rayons est pratiquement collée à M_1 ???

$$\Rightarrow \text{Pour une source ponctuelle } (\beta=0) : \Delta\phi_{s/2} = \frac{2\pi}{\lambda} 2\sin(\alpha) x \approx \frac{2\pi}{\lambda} 2\alpha x$$

On retrouve alors un résultat tout sur un écran placé tout près des miroirs
(franges parallèles d'interférences) que dans les calculs (après approximation),
un résultat très proche des faits de Young, pour un interféromètre de Michelson
replié en coin d'air UNIFORMEMENT :

$$\Delta\phi_{s/2} \approx \frac{2\pi}{\lambda} 2\alpha x \Rightarrow p \approx \frac{2\alpha x}{\lambda}$$

En posant $e(x)$ l'épaisseur entre M_1 et le miroir de M_2 , on obtient :

$$e(x) = x \sin(\alpha)$$
$$\Delta\phi_{s/2} = \frac{2\pi}{\lambda} 2\sin(\alpha) x = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2e(x)$$

$$\Rightarrow p = \frac{2e(x)}{\lambda}$$

Reglage de l'interféromètre de Michelson



(VIS NOIRS PEUITS POUR
LE RÉGLAGE GROSSIÈRE DU
MURIN (M₂))



Verre anti-reflexe
par filtre à IR
à lumière blanche et
éviter la dilatation
des pièces d'optique



VIS de charnière
(REGLAGE FIN)
Vernier à 5µm près

Étapes de réglage:

- 1) Régler la compensation
Utiliser un laser en entrée



Reglage "brève" et "pointe" des vis de la
compensatrice pour faire coïncider les 2 fentes

2) Utiliser un collimateur (ou l'OBJECTIF d'un microscope ou un ÉVALUATEUR DE FAISCEAU) étendre la source et aligner le diamètre du phénomène

3) Utiliser si besoin une lentille de sorte à la distance focale par rapport à la séparatrice

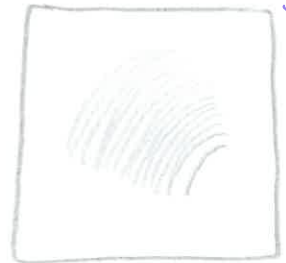
4) Régler (réglage partiel et brique) le miroir M_1 pour être en "lame d'air", c'est-à-dire obtenir des anneaux d'égal inclinaison



LA LONGUEUR DE COHÉRENCE D'UN LASER EST DE 100 m!!! \Rightarrow ON VOIT TOUT DE SUITE LES INTERFÉRENCES (= ON EST TOUJOURS EN "LAME D'AIR" AVEC UN LASER ???)



→
Régler M_1



Montage "lame d'air"
Anneaux d'égal épaisseur

Montage "lame d'air"
Anneaux d'égal inclinaison

5) Régler le miroir M_1 pour amener le centre des anneaux au centre de la tache d'orientation (AVEC UN LASER, COMME ON EST TOUJOURS EN "LAME D'AIR", LES RÉGLAGES SUR M_1 PERMETTENT UNiquement DE CENTRER LES ANNEAUX)

6) Une fois la configuration en lame d'air atteinte \rightarrow chariotage pour attendre le contact optique

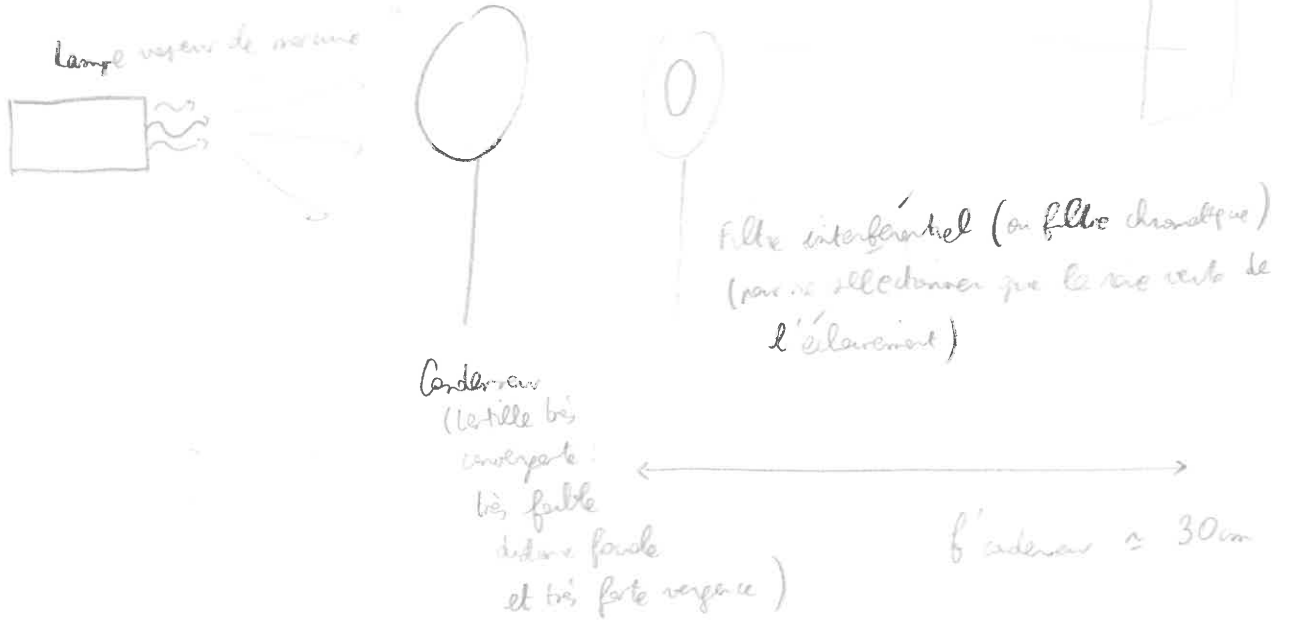
\Rightarrow Faire rebattre les anneaux le cas à l'intérieur des autres à l'aide de la vis de chariotage

Regler fin: SOURCE VOIRIS COULEUR (LAMPE DE MERCURE)

(longueur de cohérence de la raie verte $\approx 1 \text{ nm}$)

\Rightarrow Faire un faisceau le plus convergent possible par ouverture la grande d'angle α

\Rightarrow Travailler avec des raies monochromatiques (\Rightarrow sélectionner une raie de l'éclairement)



Condenseur
(lentille très convergente :
très faible
distance focale
et très forte vergence)

$f' \text{ condenseur} \approx 30 \text{ cm}$

\Rightarrow NE PERMET PAS DE

Faire de belles images

ON N'EST PAS DANS LES

CONDITIONS DE GAUSS

ON CHERCHE À

ENVOYER LE MAXIMUM

DE LUMIÈRE DANS

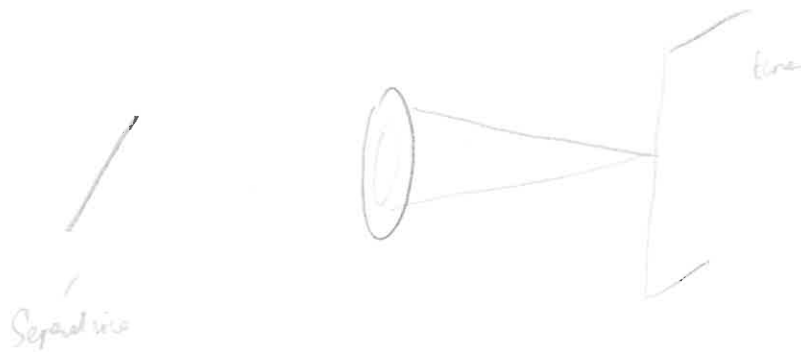
L'INTERFÉROMÈTRE

Bon alignement vertical et bon alignement horizontal

\downarrow
Un banc optique est très
sensible aux vibrations du sol

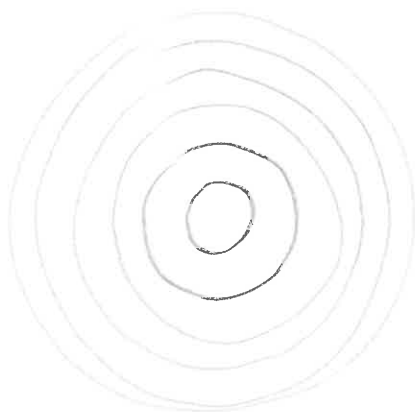
les franges d'interférence sont localisées à l'infini

⇒ en utilisant une lentille convergente ($f \approx 30\text{ cm}$), elle sert placée dans le plan focal image de la lentille



Le contraste est parfois mauvais (figure bruyillée) lorsqu'on a un peu de "coin d'air" et un peu de "lame d'air"

⇒ Repolage de M_1 très délicat pour améliorer le contraste, c'est-à-dire se mettre en "lame d'air"



Ne pas aller trop loin (ne pas dépasser le contact optique), 2 ou 3 anneaux nécessaires après chariotage

Replote très très fin - lumière blanche - l'apex de charnière à 4 pm

CHARRIÈRE TRÈS DOUCEMENT DANS LE MÊME SENS APRÈS AVOIR CHARNÉ UNIFORMEMENT LA SOURCE DE LUMIÈRE
 Charrière dans le même sens jusqu'à obtenir les traits de Newton pour le cas achromatique (blanc d'ordre 0 qui correspond au contact optique)

⇒ CONTRAINTES OPTIQUES PASSEZ DE CETTE MANIÈRE À 4 pm PAS

Il est possible de se passer de l'air

NE PAS LE FAIRE BRUTALEMENT, TOUCHER LES VIS TRAPPE ET PARE DU MIROIR M2 TRÈS PEU (ESSAYER DE PLACER LA PART ACHROMATIQUE AU MILIEU DE L'ÉCRAN)

(Et)

CHANGEMENT DE LENTILLE DE SOURCE ($f' = 20 \text{ cm}$) COMME LES INTERFÉRENCES EN "COIN D'AIR" SE FAISSENT PAS DU MIROIR M2

Écran continue de modifier les vis du miroir M2 par force opposée le blanc d'ordre 0, et les blancs d'ordre supérieur (et les conchures, des blancs d'ordre supérieur)

⇒ FERMER L'ADJUT DU COIN D'AIR PAR LES VIS DU MIROIR M2 ET NON PAR CHARRIÈRE !!!
 Placer une fibre optique devant l'écran et visualiser le spectre avec un spectrophotomètre

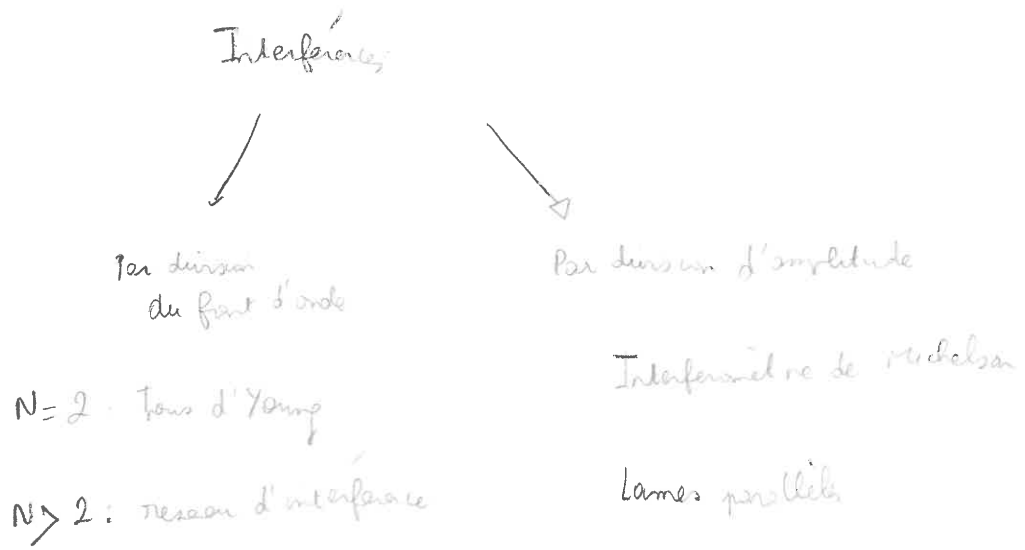
(LES TEMPS D'INTÉGRATION DU SPECTROPHOTOMÈTRE PEU ÊTRE LEVÉ ⇒ ATTENDRE UN PEU
 C'est 2 périodes de l'oscillation)
 Conclusions dans les blancs d'ordre supérieurs (interférences destructives)
 LES CONCHURES S'ÉCARTENT PAR L'ADJUT DU COIN D'AIR



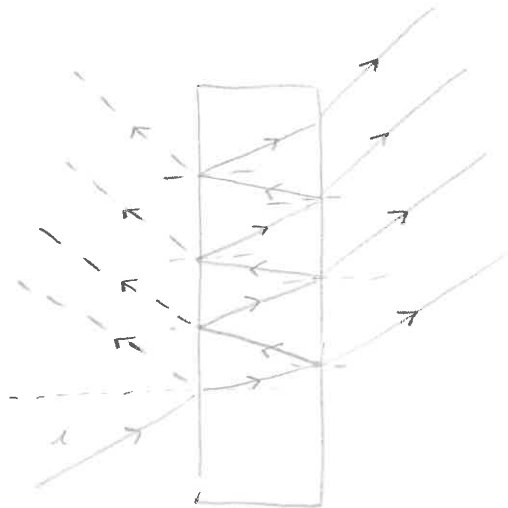
Puis charrière, ne pas toucher aux vis du miroir M2
 Plus on se rapproche de l'écrite du coin d'air par charrière plus les conchures (interférences destructives) s'écartent et inversent

D'après [Youtube (Physique Smo) / Interféromètre de Michelson, Pascalatin et réplage complet]

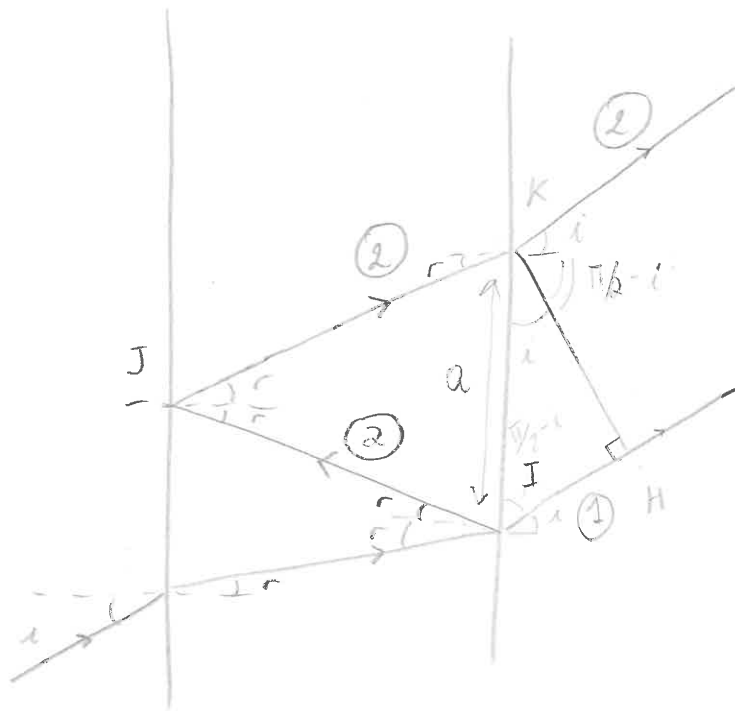
Lames parallèles, et route de Fabry Perrot :



Étude des lames parallèles

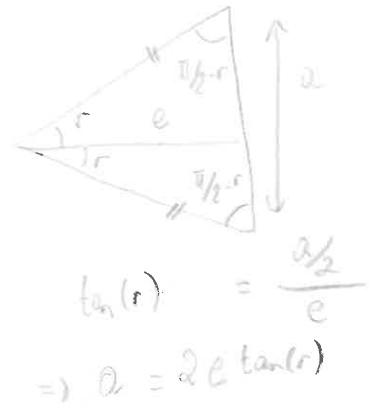


Avec uniquement une seule réflexion par la lame mince



Ordes, qui interfèrent à l'infini

$$\begin{aligned}
 \delta &= n \left(\frac{IJ}{\frac{1}{2}} + \frac{JK}{\frac{1}{2}} \right) - IH \\
 &= n(e \cos(r) + e \cos(r)) - a \sin(i) \\
 &= 2ne \cos(r) - a \sin(i) \\
 &= 2ne \cos(r) - 2e \tan(r) \sin(i) \\
 &= 2ne \cos(r) - 2e \frac{\sin(r)}{\cos(r)} \sin(i)
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \tan(r) &= \frac{a/2}{e} \\
 \Rightarrow a &= 2e \tan(r)
 \end{aligned}$$

D'après la loi de Snell Descartes :

$$n_{\text{air}} \sin(i) = n_{\text{verre}} \sin(r) \Rightarrow \sin(i) = \frac{n_{\text{verre}}}{n_{\text{air}}} \sin(r) = \frac{n}{2} \sin(r) = n \sin(r)$$

$$\Rightarrow \delta_{1/2} = 2ne \frac{1}{\cos(r)} (1 - \sin^2(r)) \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \cos^2(r) + \sin^2(r) = 1$$

$$\Rightarrow \delta_{1/2} = 2ne \frac{\cos^2(r)}{\cos(r)} = 2ne \cos(r)$$

LE RÉSULTAT DE LA DIFFÉRENCE DE MARCHE DU RAYON EN L'AMÉRIQUE D'AIR EST OBTENU!!!



ON PEUT TOUJOURS AJOUTER LES CHAMPS ELECTRIQUES MAIS PAS LES INTENSITES LUMINEUSES (QUI CORRESPONDENT A L'ENERGIE - DES CHAMPS ELECTRIQUES) (LES INTENSITES LUMINEUSES S'AJOUTENT UNIQUEMENT POUR DES ONDES QUI N'INTERFERENT PAS !!!)

$$\Psi_{\text{total}} = \sum \Psi_i$$

$$= A_0 e^{i\omega t} + A_0 t_1 t_2 e^{i(\omega t - \Delta\phi)} + A_0 t_1 t_2 r^2 e^{i(\omega t - 2\Delta\phi)} + A_0 t_1 t_2 r^4 e^{i(\omega t - 3\Delta\phi)} + \dots$$

En supposant que l'absorption est négligeable et que toutes les ondes ont la même intensité

$$= A_0 t_1 t_2 e^{i\omega t} (1 + r^2 e^{-i\Delta\phi} + r^4 e^{-2i\Delta\phi} + r^6 e^{-3i\Delta\phi} + \dots)$$

$$= A_0 t_1 t_2 \frac{1}{1 - r^2 e^{-i\Delta\phi}}$$

Suite géométrique de raison $r^2 e^{-i\Delta\phi} < 1$ donc la suite converge

EN RÉSUMÉ LA TAILLE DE LA LAME EST FINIE \Rightarrow LE NOMBRE DE RÉFLEXIONS EST FINI

\Rightarrow LE CALCUL MENÉ DONNE DONC UNE ERREUR PAR RAPPORT AU NOMBRE RÉEL MAIS CETTE ERREUR N'INTERVIENT PAS À CAUSE DES PHÉNOMÈNES

DE BRUYLLAGE QUI PERTURBENT D'AVANTAGE LE SIGNAL

Pour ce \bar{I} l'intensité observée :

$$I = \langle \Psi_{\text{norm}} \Psi_{\text{norm}}^* \rangle = A_0^2 \frac{t_1 t_2}{1 + r^2 - 2r \cos(\Delta\phi)}$$

$$= A_0^2 \left(\frac{t_1 t_2}{1 - r^2} \right)^2 \frac{1}{1 + \frac{4r^2}{(1-r^2)^2} \sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right)}$$

$$\cos^2(\theta) + 1 = \cos 2\theta$$

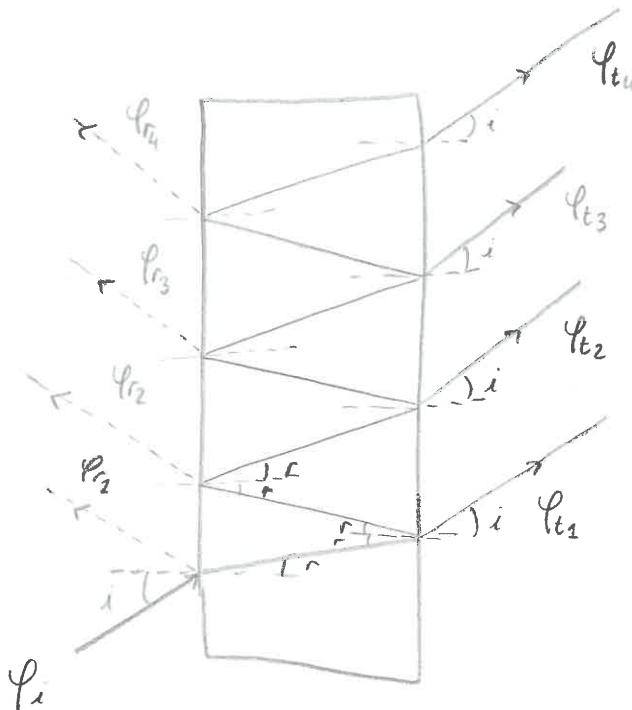
$$\text{et } \cos^2(\theta) = \frac{1 + \cos 2\theta}{2}$$

Ainsi, pour les 2 dispositifs à division d'amplitude (l'interféromètre de Michelson et la lame d'air Å), l'interférence entre 2 rayons voisins (rayons consécutifs) produit une différence de marche identique:

$$\delta_{1/2} = 2ne \cos(\alpha)$$

$$\Rightarrow \Delta\phi_{1/2} = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2ne \cos(\alpha)$$

Généralisation pour N réflexions :



Rappel des coefficients de Fresnel:

$$t_{1 \rightarrow 2} = \frac{n_2 - n_1}{n_1 + n_2}$$

$$r_{1 \rightarrow 2} = \frac{2n_1}{n_1 + n_2}$$

($\triangle \triangle \triangle$ LES COEFFICIENTS

DE FRESNEL SONT DETERMINES EN INFLUENCE NORMALE!!)

En utilisant les lois de Fresnel :

$$\psi_{t1} = t_1 t_2 \psi_i$$

$$\psi_{t2} = t_1 t_2 r^2 \psi_i$$

$$\psi_{t3} = t_1 t_2 r^4 \psi_i$$

$$\psi_{t4} = t_1 t_2 r^6 \psi_i$$

$$\psi_{tN} = t_1 t_2 r^{2N-2} \psi_i$$

$$I = A_0^2 \frac{1}{1 + m \sin^2 \left(\frac{\Delta\phi}{2} \right)}$$

$$\text{avec } m = \frac{4r^2}{t_1 t_2} = \frac{4r^2}{r^2}$$

Sans absorption

$$\begin{cases} r^2 + \frac{n_{\text{verre}}}{n_{\text{air}}} t_1^2 = 1 \\ r^2 + \frac{n_{\text{air}}}{n_{\text{verre}}} t_2^2 = 1 \end{cases}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{t_2}{t_1}$$

$$\Rightarrow r^2 + t_1 t_2 = 1 \quad (\text{MODELE SANS ABSORPTION})$$

et

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda} \delta = \frac{2\pi}{\lambda} \times 2ne_{\text{verre}}(r)$$



I : L'INTENSITÉ LUMINEUSE N'EST JAMAIS NÉGATIVE (C'EST UNE ÉNERGIE)

MAIS DANS CE CAS, ELLE NE S'ANNULE PAS NON PLUS, ELLE EST TOUJOURS

POSITIVE



COMME DANS LE CAS D'UN RESEAU DE DIFFRACTION, L'INTERFERENCE DE N ONDES PRODUIT UN RETRAISSEMENT DES PICS DONC AUGMENTE LE POUVOIR DE RESOLUTION

⇒ GRACE À UN TRÈS FORT POUVOIR DE RESOLUTION (AFFINEMENT DES PICS UNIFORMES), LES DISPOSITIFS UTILISANT LES INTERFÉRENCES À N ONDES ONT DES APPLICATIONS INDUSTRIELLES D'ANALYSE DE LA LUMIÈRE PAR SÉPARATION DES LONGUEURS EN PICS TRÈS FINS DONC SONT UTILISÉS POUR CRÉER DES SPECTROPHOTOMÈTRES INDUSTRIELS !!!

