
Interféromètre de Michelson

Table des matières

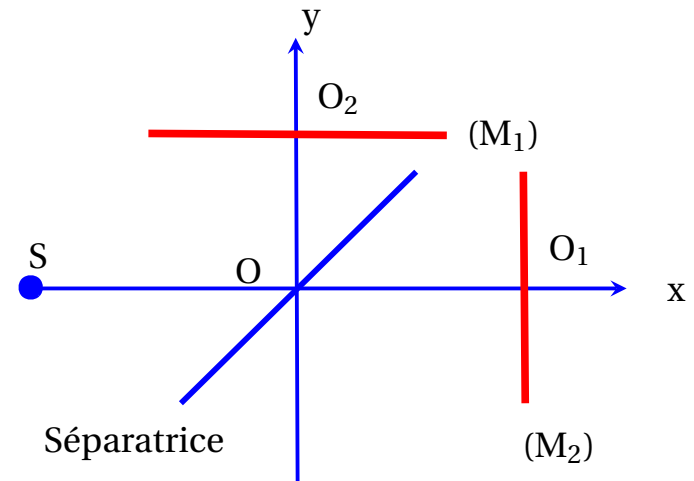
1	Inteféromètre de Michelson éclairé avec une source ponctuelle	2
1.1	Principe de l'interféromètre de Michelson	2
1.2	Equivalence à une lame d'air	2
1.3	Equivalence à un coin d'air	3
2	Interféromètre de Michelson éclairé avec une source étendue	4
2.1	Réglage en lame d'air : franges d'égales inclinaisons	4
2.2	Réglage en coin d'air : franges d'égale épaisseur	6

1 Intéféromètre de Michelson éclairé avec une source ponctuelle

1.1 Principe de l'interféromètre de Michelson

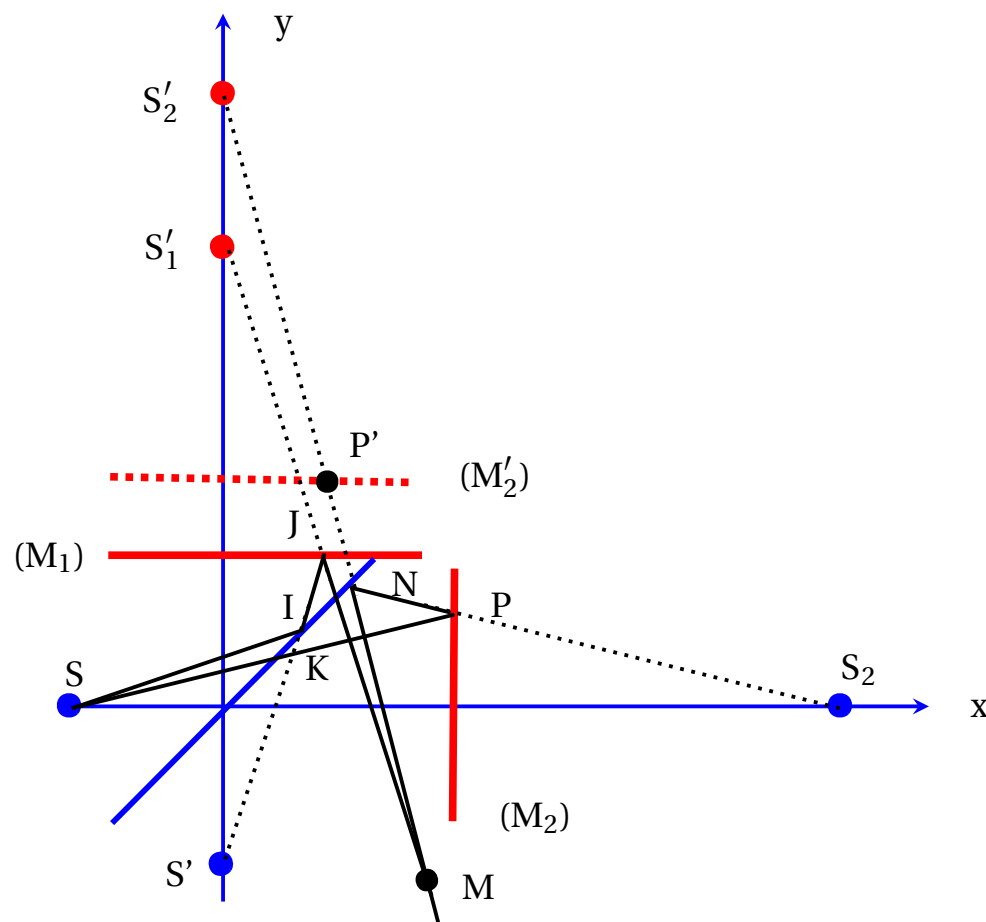
L'interféromètre de Michelson est constitué :

- deux miroirs plans (M_1) et (M_2)
- une lame semi-réfléchissante infiniment mince appelée **séparatrice**
- la lame fait un angle de 45° avec Ox



Sortie-Observation

1.2 Equivalence à une lame d'air



► Différence de Marche $\delta(M)$

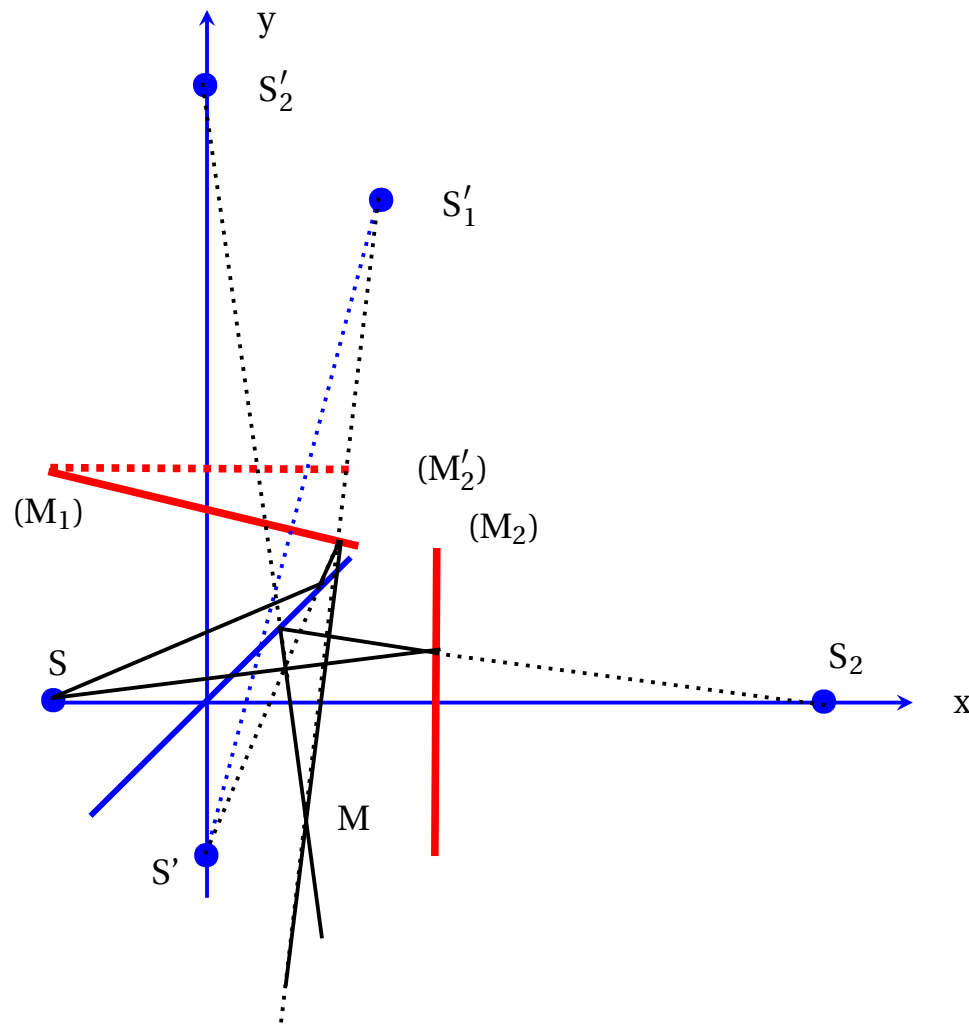
- $\delta(M) = (SM)_2 - (SM)_1 = (SKPNM) - (SIJNM) = (SK + KP + PN + NM) - (SI + IJ + JM)$
- $SK = S'K$; $KP = KP'$; $PN = P'N$; $SI = S'I$
- $\delta(M) = (S'K + KP' + P'N + NM) - (S'I + IJ + JM) = (S'P' + P'M) - (S'J + JM)$
- $(S'P') = (S'_2P')$; $(S'J) = (S'_1J)$
- donc : $\delta(M) = (S'_2M) - (S'_1M)$

$$\delta(M) = (S'_2M) - (S'_1M)$$

• **Conclusion** : L'interféromètre de Michelson réglé avec les miroirs parallèles est équivalent à une lame d'air.

Avec une source ponctuelle monochromatique, les interférences sont observables sur une vaste zone de l'espace, donc non localisées, et sont en formes d'anneaux sur un écran situé parallèlement aux miroirs.

1.3 Equivalence à un coin d'air



- On montre que la différence de marche est donnée par

$$\delta(M) = (S'_2M) - (S'_1M)$$

- l'angle α entre les deux miroirs est faible : $\alpha \ll 1 \text{ rad}$

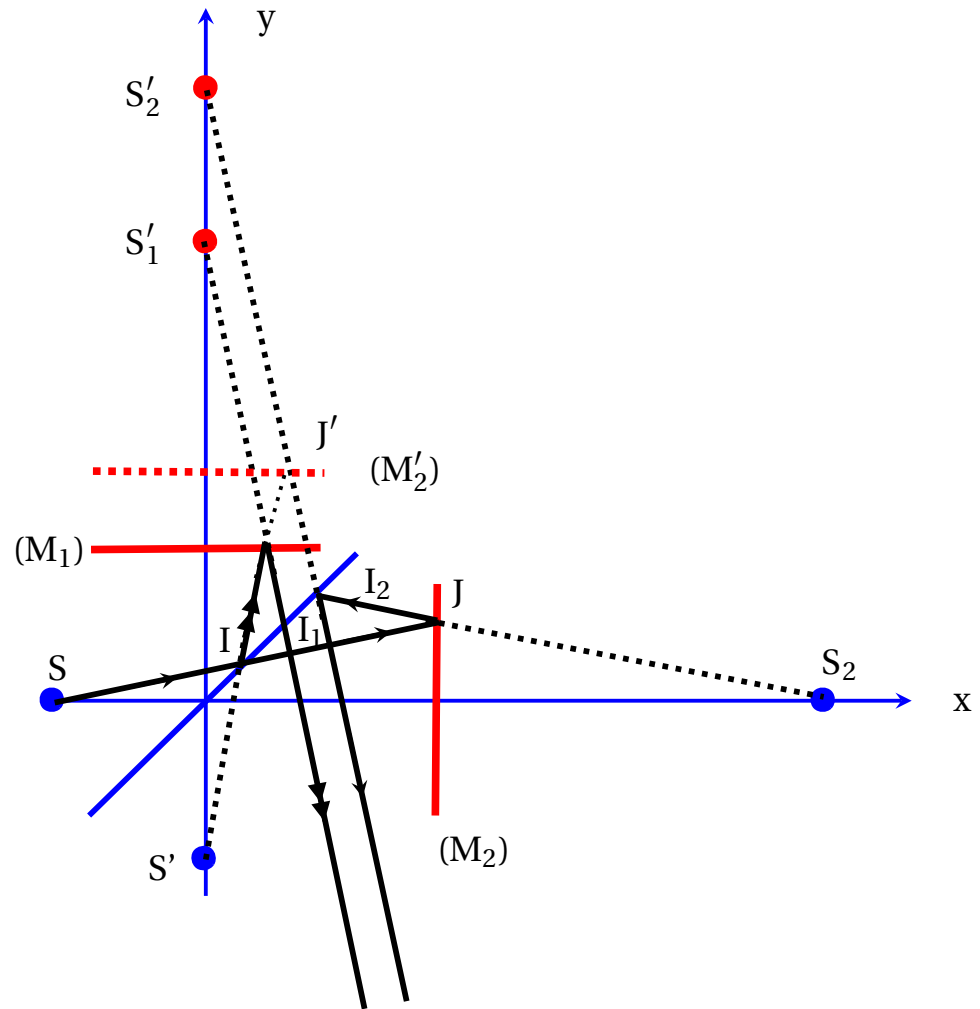
• **Conclusion** : L'interféromètre de Michelson réglé avec les miroirs inclinés est équivalent à un coin d'air.

Avec une source ponctuelle monochromatique, les interférences sont observables sur une vaste zone de l'espace, donc non localisées, et sont en formes rectilignes sur un écran situé parallèlement aux miroirs.

2 Interféromètre de Michelson éclairé avec une source étendue

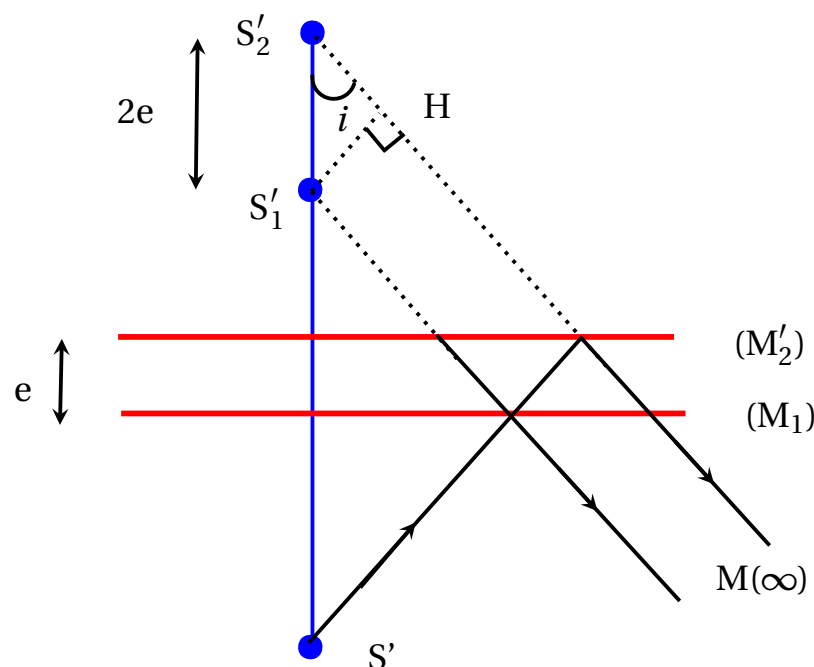
2.1 Réglage en lame d'air : franges d'égales inclinaisons

- les miroirs (M_1) et (M_2) sont perpendiculaires, donc (M_1) et (M'_2) sont parallèles
- la source est monochromatique étendue
- à la sortie de l'interféromètre les rayons sont parallèles



- les interférences sont localisées à l'infini
- On observe la figure d'interférence avec la maximum de contraste à l'infini
- pratiquement on observe cette figure d'interférence sur un écran loin de quelques mètres de l'interféromètre ou sur le plan focal image d'une lentille convergente

► Calcul de la différence de marche en un point M à l'infini



- $\delta(M) = (S'_2M) - (S'_1M) = S'_2M - S'_1M$
- $S'_1M = HM$
- $S'_2M - S'_1M = S'_2H = 2e \cos i$

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

► **Ordre d'interférence $p(M)$**

- l'ordre d'interférence en un point M

$$p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda} = \frac{2e \cos i}{\lambda}$$

- l'ordre d'interférence au centre ($i = 0$)

$$p_0 = \frac{2e}{\lambda} > p(M)$$

- p_0 est quelconque, donc l'intensité du centre est quelconque

► **Calcul de l'intensité lumineuse au point M**

- l'intensité au point M : $I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} \delta(M)\right)$
- donc l'intensité

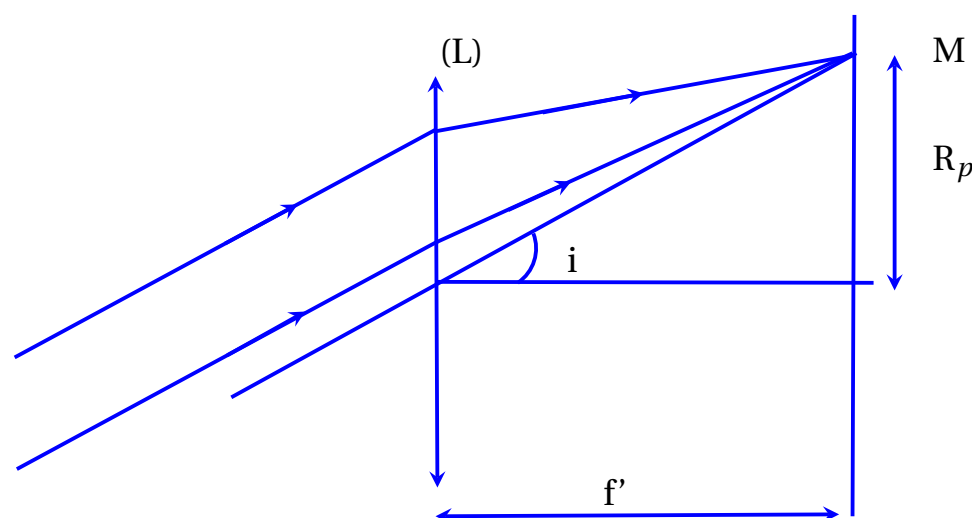
$$I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} 2e \cos i\right)$$

- les franges sont telle que $I(M) = cte \Rightarrow i = cte$: les franges sont des anneaux d'égales inclinaisons localisées à l'infini

• **Conclusion** : Les franges d'interférences d'un interféromètre de Michelson, éclairé avec une source étendue en lame d'air, sont des franges d'égales inclinaisons (anneaux).

► **Calcul du rayon R_p de l'anneau d'ordre d'interférence p**

On s'intéresse au cas où on observe la figure d'interférence au plan focal image d'une lentille convergente de distance focale f'



- $\delta(M) = 2e \cos i$
- on travaille dans les conditions de Gauss : i faible
- $\cos i \approx 1 - \frac{i^2}{2}$

$$\delta(M) \approx 2e \left(1 - \frac{i^2}{2}\right)$$

- $\delta(M) = p(M)\lambda$

$$i \approx \sqrt{2 \left(1 - \frac{p\lambda}{2e} \right)}$$

- $R_p = f' \cdot \tan i \approx f' i$

$$R_p \approx f' \sqrt{2 \left(1 - \frac{p\lambda}{2e} \right)}$$

- lorsqu'on s'éloigne du centre l'ordre d'interférence diminue, donc le rayon des anneaux augmente
- pour une frange donnée ($\delta(M) = cte$), lorsqu'on augmente la distance e entre les miroirs, le rayon de l'anneau augmente

• **Conclusion** : Pour un interféromètre de Michelson réglé en lame d'air, diminuer la distance relative entre les miroirs fait rentrer les anneaux et diminuer leur nombre sur l'écran

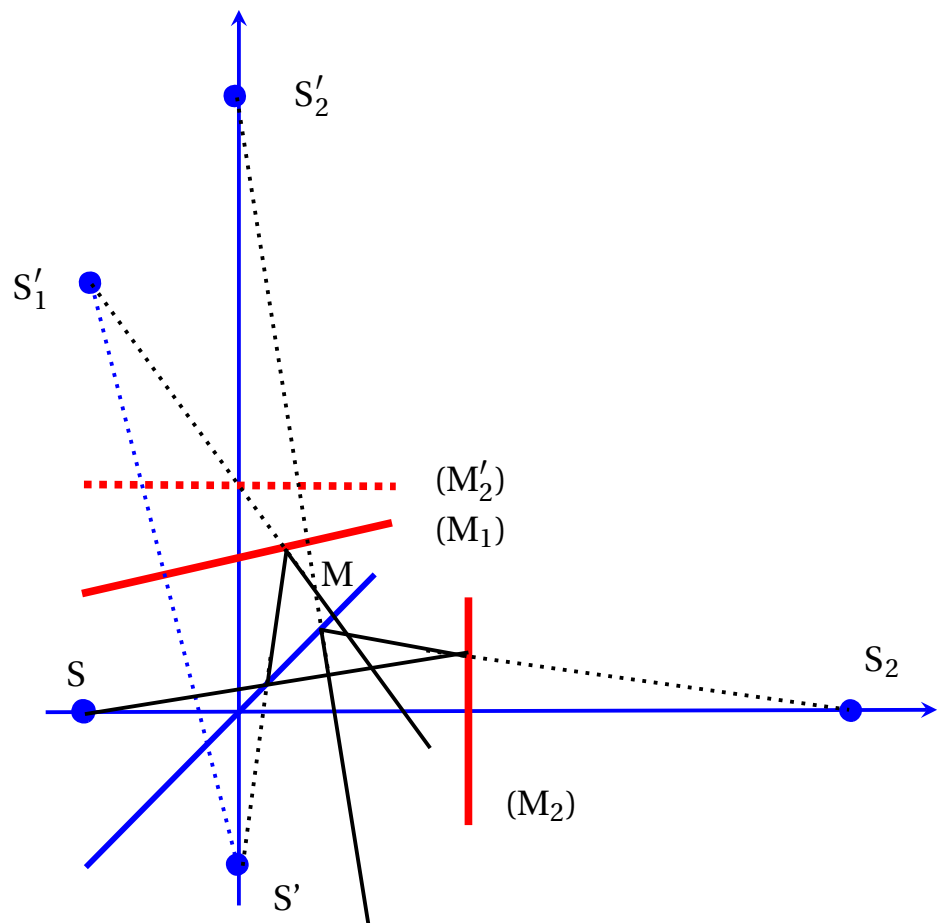
► **Contact optique**

- lorsque $e = 0 \Rightarrow \delta = 0$: $I(M) = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} = cte$: l'écran devient uniformément éclairé : c'est la teinte plate, on dit qu'il y a contact optique

• Le contact optique est l'état particulier de l'interféromètre de Michelson quand $e = 0$ et $\alpha = 0$. L'écran est uniformément éclairé : teinte plate

2.2 Réglage en coin d'air : franges d'égale épaisseur

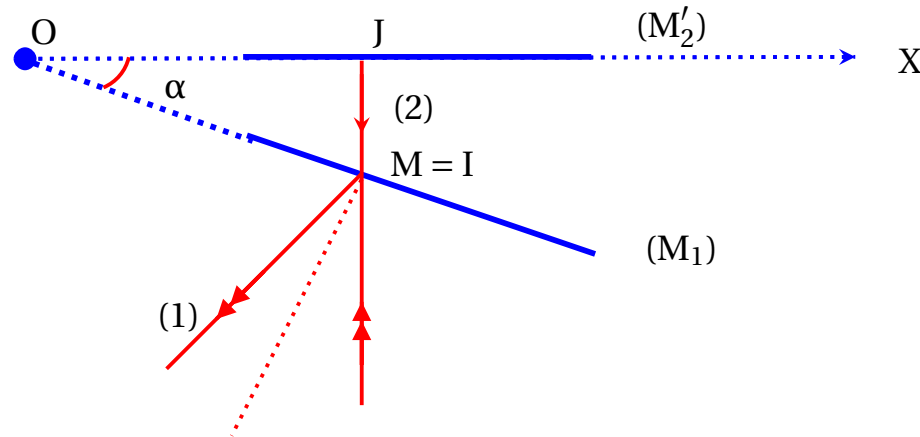
- le miroir (M_1) est incliné avec un angle α
- l'angle entre les miroirs (M_1) et (M'_2) est α
- l'angle α est faible
- la source S est étendue et monochromatique



- on ne peut avoir des interférences bien contrastées que pour des rayons quasi-normaux aux miroirs
- les interférences sont localisées sur la coin (plus précisément sur le miroir (M_1))

- pour observer la figure d'interférence il faut le projeter sur un écran à l'aide d'une lentille convergente

► Calcul de la différence de Marche

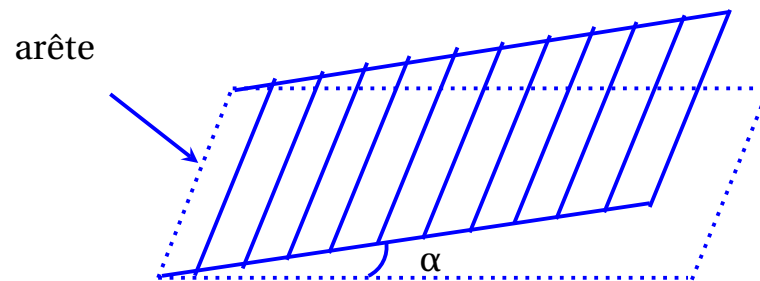


- $\delta(M) = (SM)_2 - (SM)_1 = 2IJ$
- $IJ = \tan \alpha \cdot OM \approx \alpha x$ avec $OM = x$

$$\delta(M) \approx 2x\alpha$$

• **Remarque** : on peut obtenir facilement cette expression : $\delta(M) = 2e \cos i$ avec $i \ll 1 \text{ rad}$; $e = IJ$ d'où $\delta(M) \approx 2x\alpha$

- les franges : $\delta(M) = cte \Rightarrow x = cte$: les franges d'égale intensité sont rectilignes parallèles à l'arête du coin d'air et localisées sur celui-ci.



► Calcul de l'interfrange

- l'ordre d'interférence : $p(M) = \frac{\delta(M)}{\lambda} = \frac{2\alpha x}{\lambda}$
- l'interfrange $i = x_{p+1} - x_p$

$$i = \frac{\lambda}{2\alpha}$$

- lorsque α diminue l'interfrange augmente