

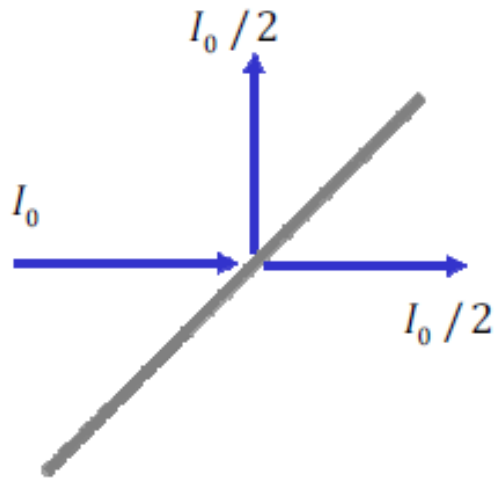
# Chapitre 4

**Division d'amplitude :  
interféromètre de Michelson**

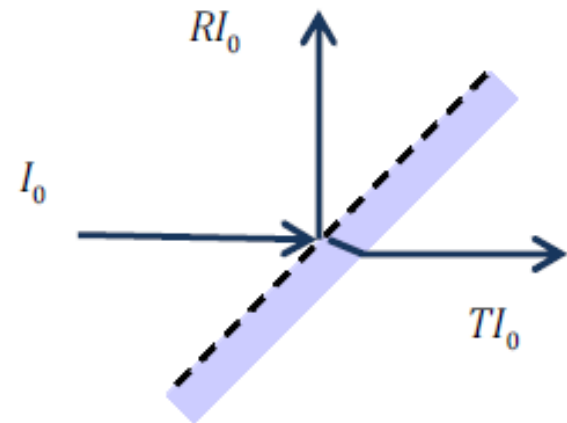
# A – Structure et considérations générales

(p 63)

## A.1 lame séparatrice 分束器



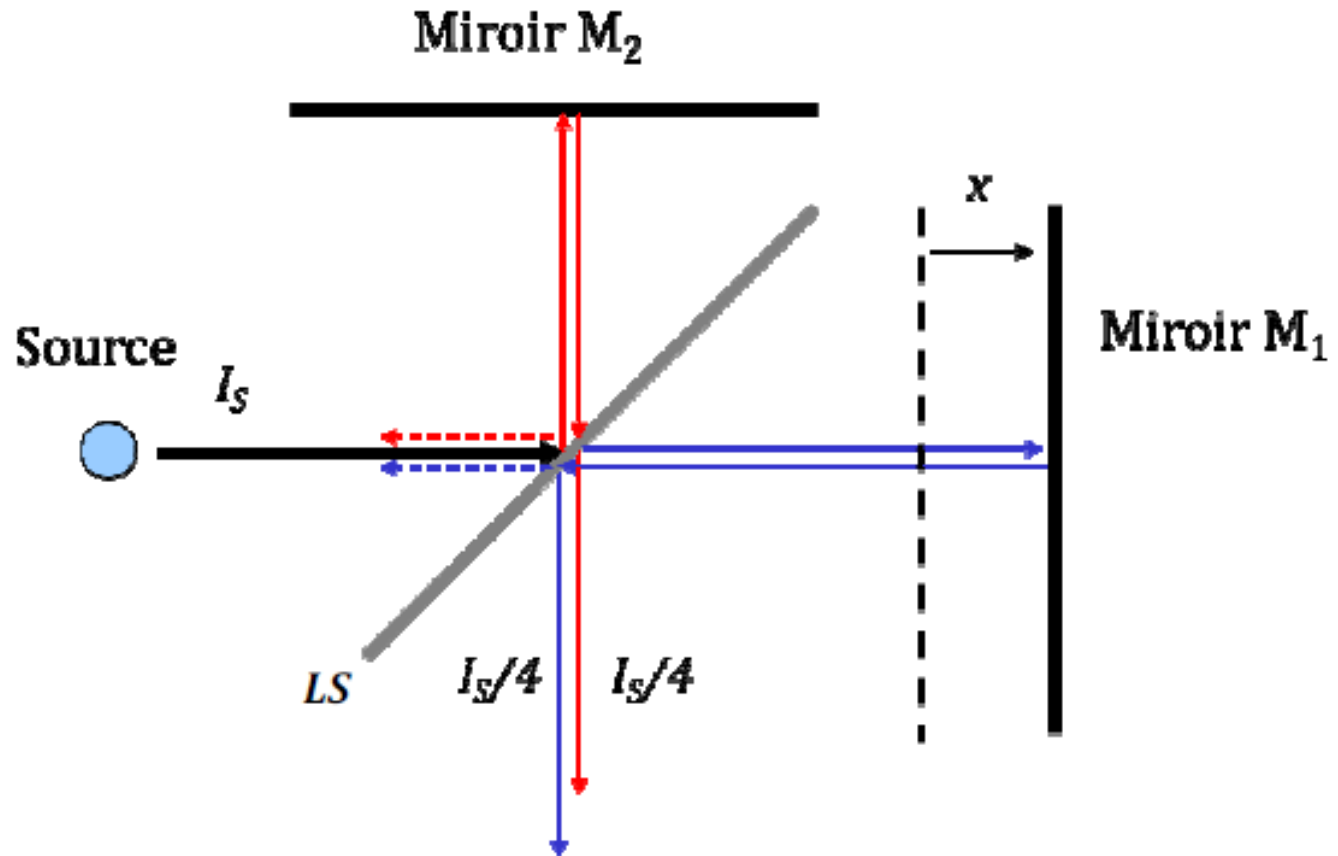
*Lame idéale*



$$R < 1, T < 1, R + T < 1$$

*Lame réelle*

## A.2 Structure de l'interféromètre et structure de base

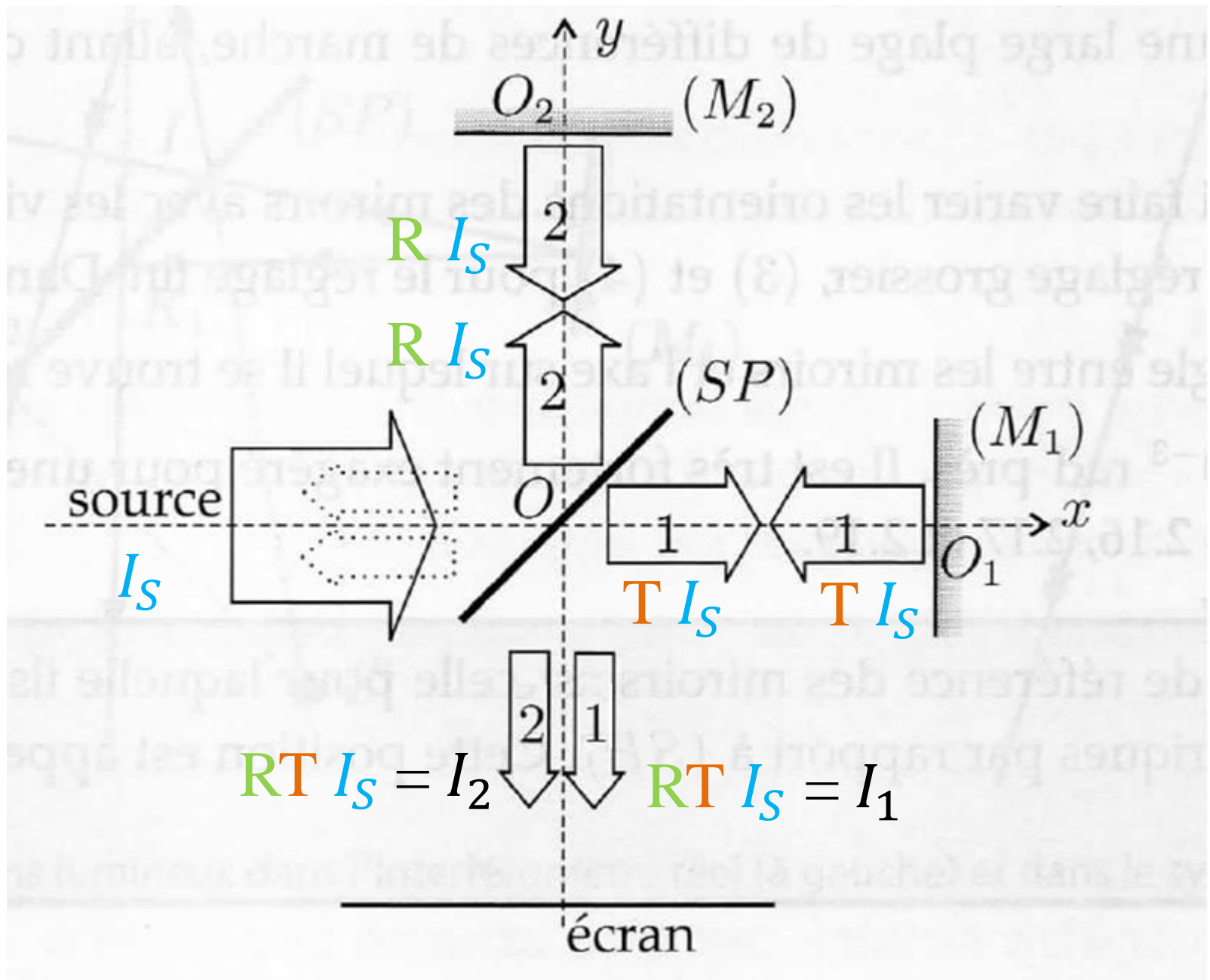


Bras de l'interféromètre 干涉臂

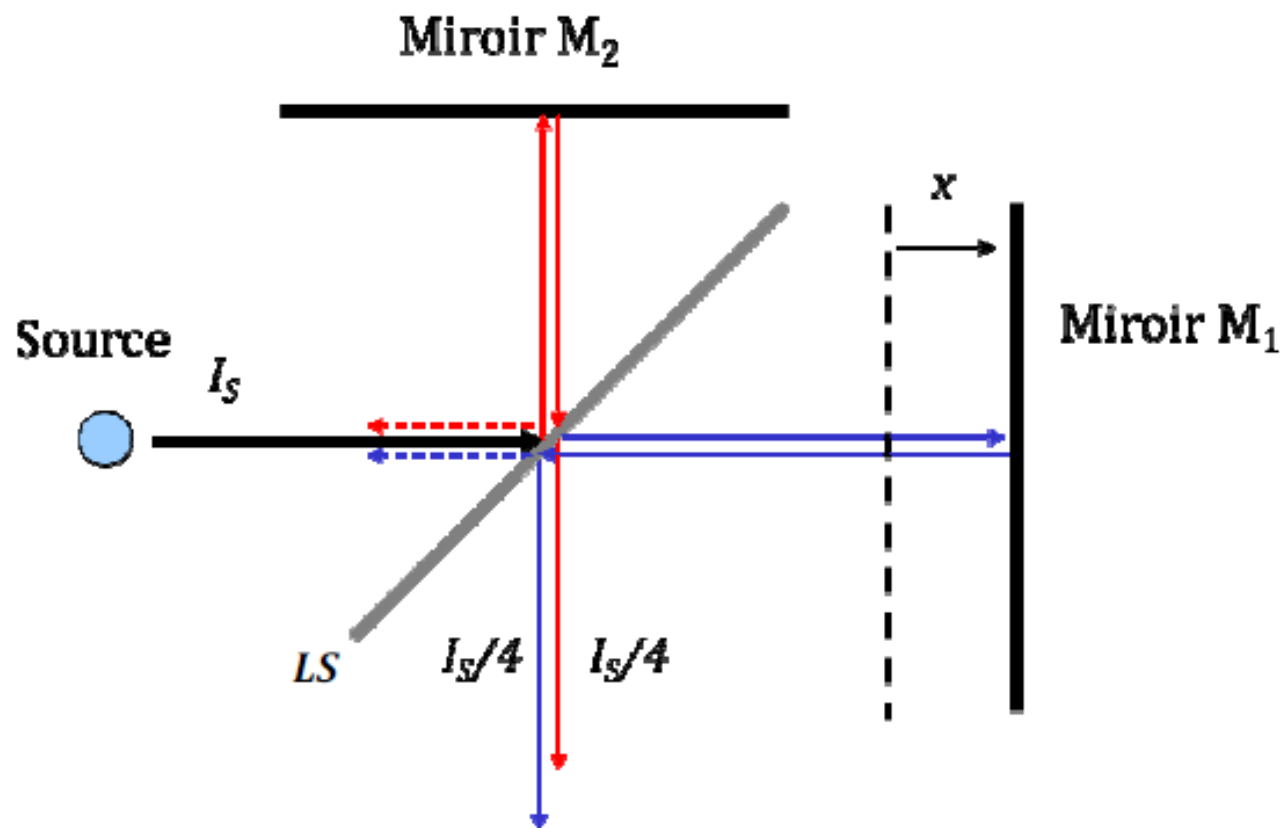
## Question 4.1

Quelles seraient les intensités de chacune des familles de rayons dans le cas d'une lame réelle de coefficients  $R$  et  $T$  ?

Pourquoi est-il avantageux d'avoir  $R = T = \frac{1}{2}$  ?



Différence de marche  $\delta_{1/2}(0) = 2x$



## Question 4.2

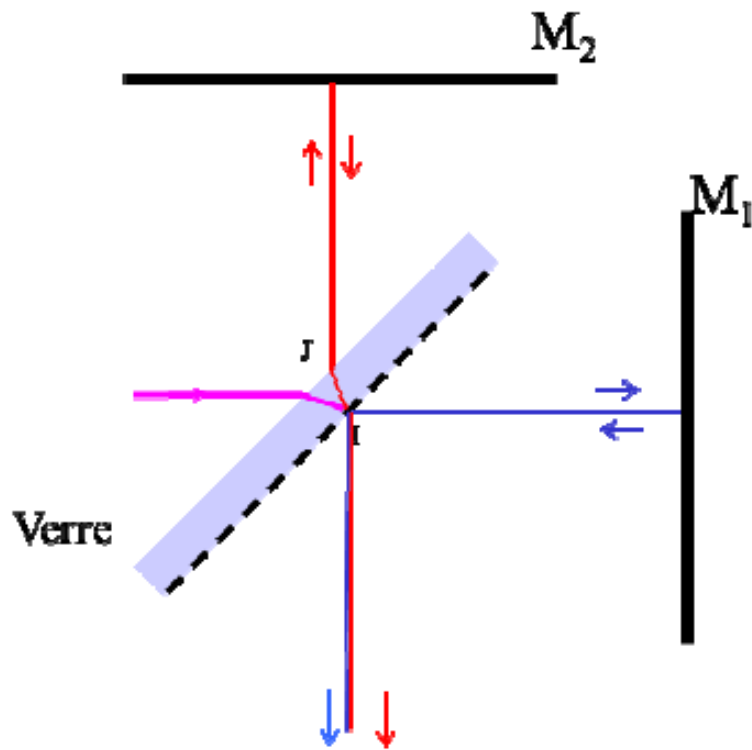
Quelle est l'intensité maximale que l'on peut obtenir en sortie de l'interféromètre ?

## Question 4.3

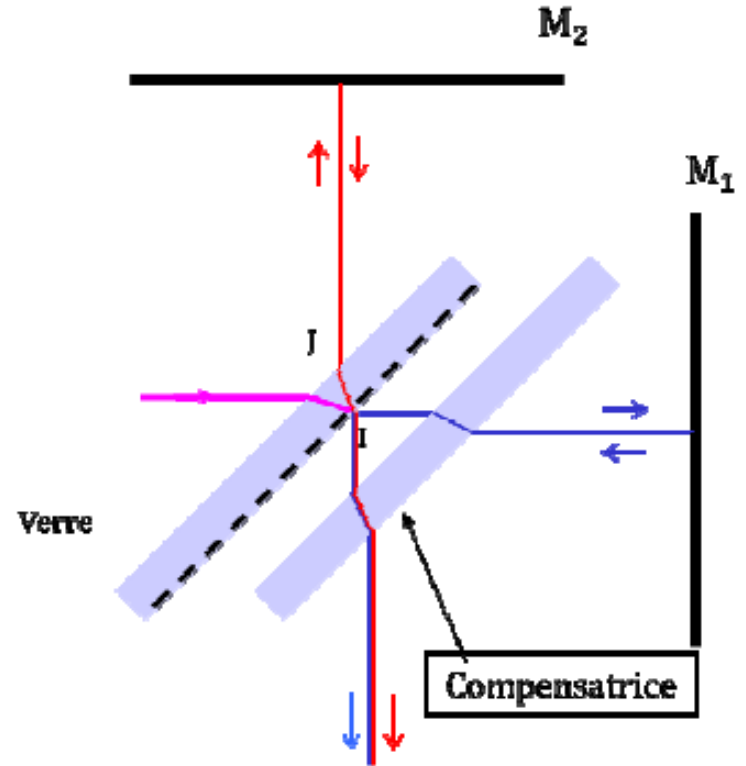
Dans le cas où les interférences sont constructives en sortie de l'interféromètre, que peut-on dire des interférences entre les deux ondes qui reviennent vers la source ?



# Interféromètre réel : lame compensatrice 补偿板

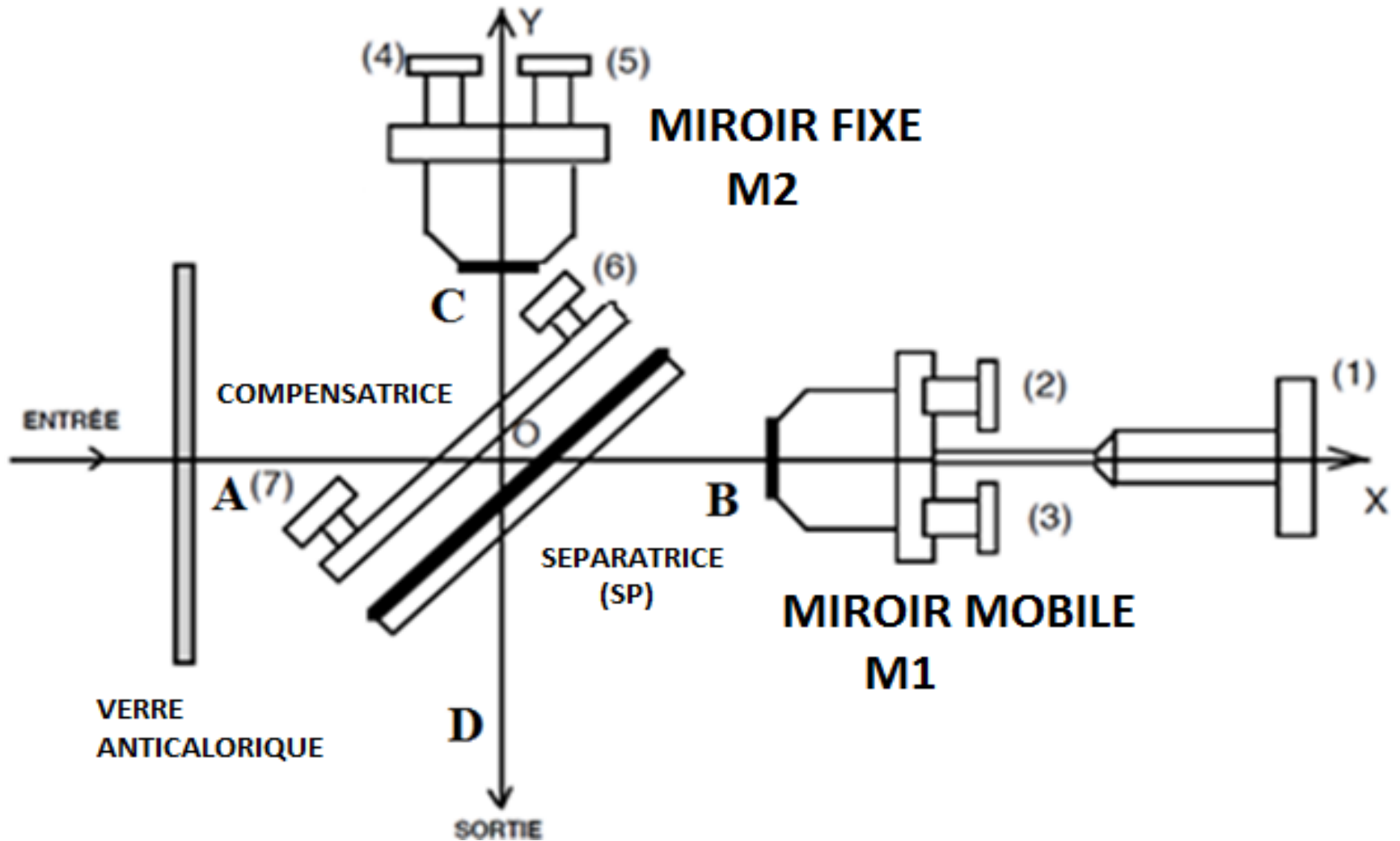


*Sans lame compensatrice*



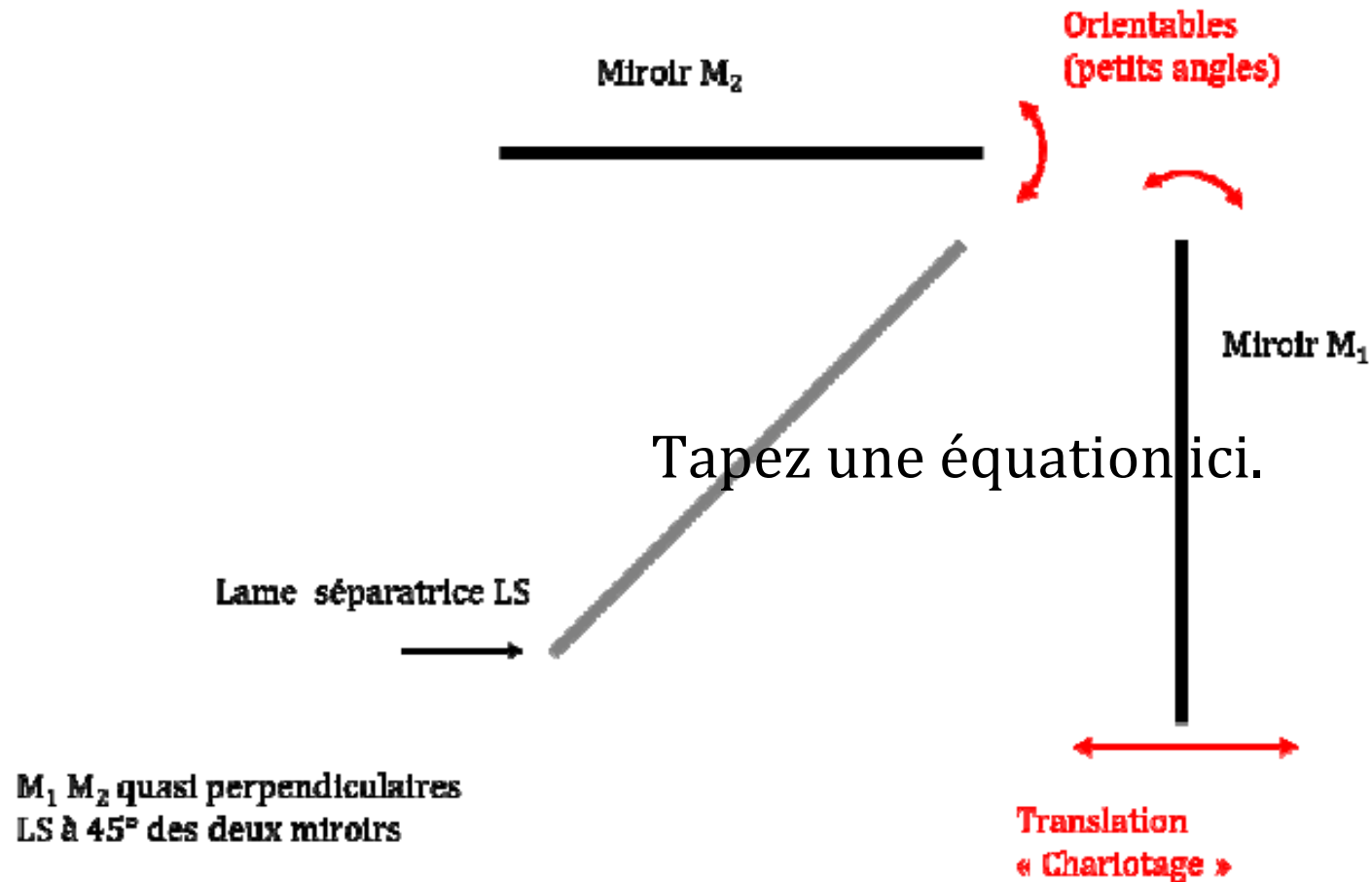
*Avec lame compensatrice*

# Au laboratoire



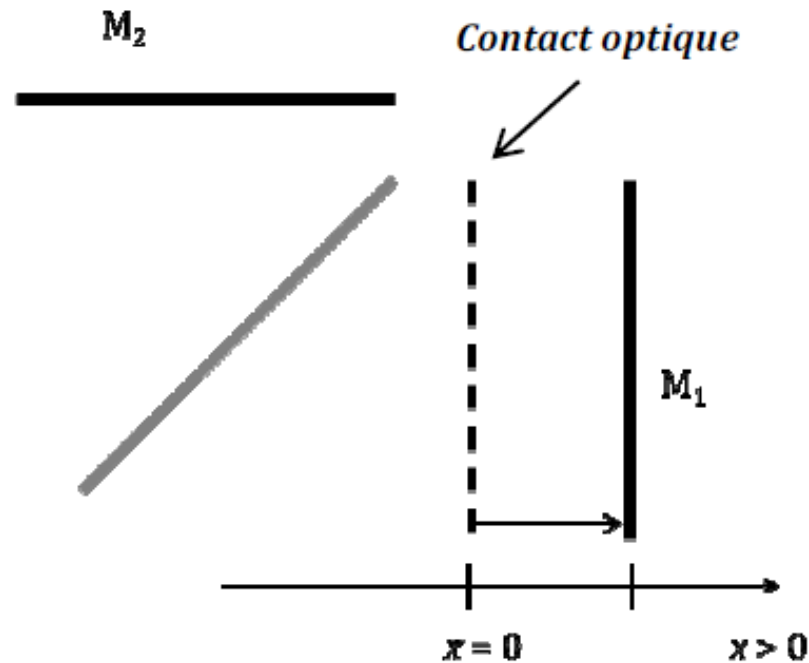


## A.3 Configurations et simplifications



Possibilité de « chariotage » 车削 (ou translation)  
du miroir  $M_1$

# Contact optique et configuration en lame d'air 等倾干涉



## Définition : contact optique



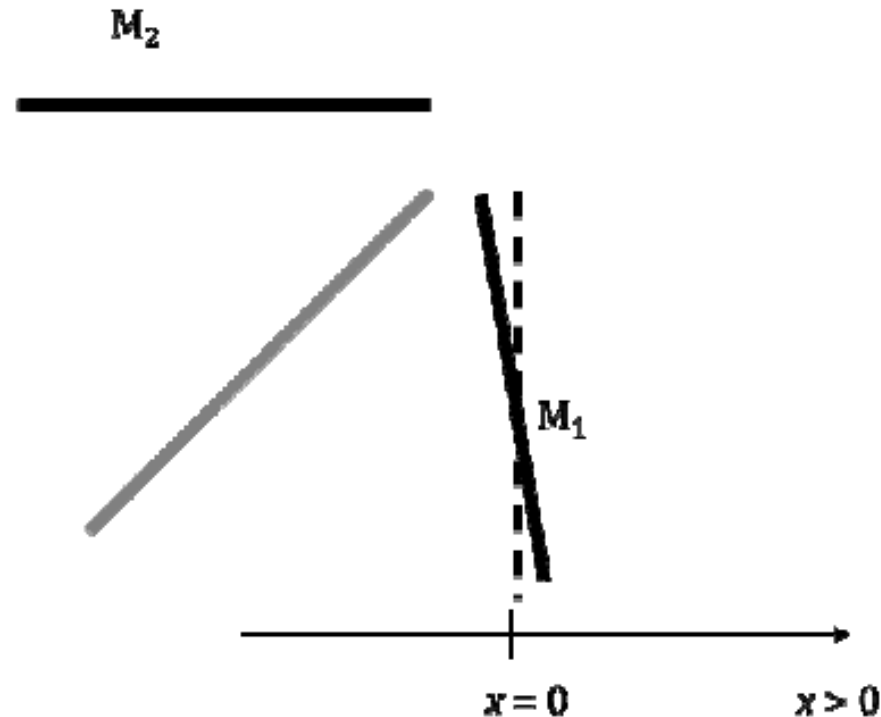
Les 2 miroirs sont exactement perpendiculaires et image l'un de l'autre par la séparatrice ( $x = 0$ )

Lorsque l'on translate le miroir  $M_1$  de  $x$  par rapport à la position de contact optique, on obtient une configuration en **lame d'air** 等倾干涉 (à faces parallèles)



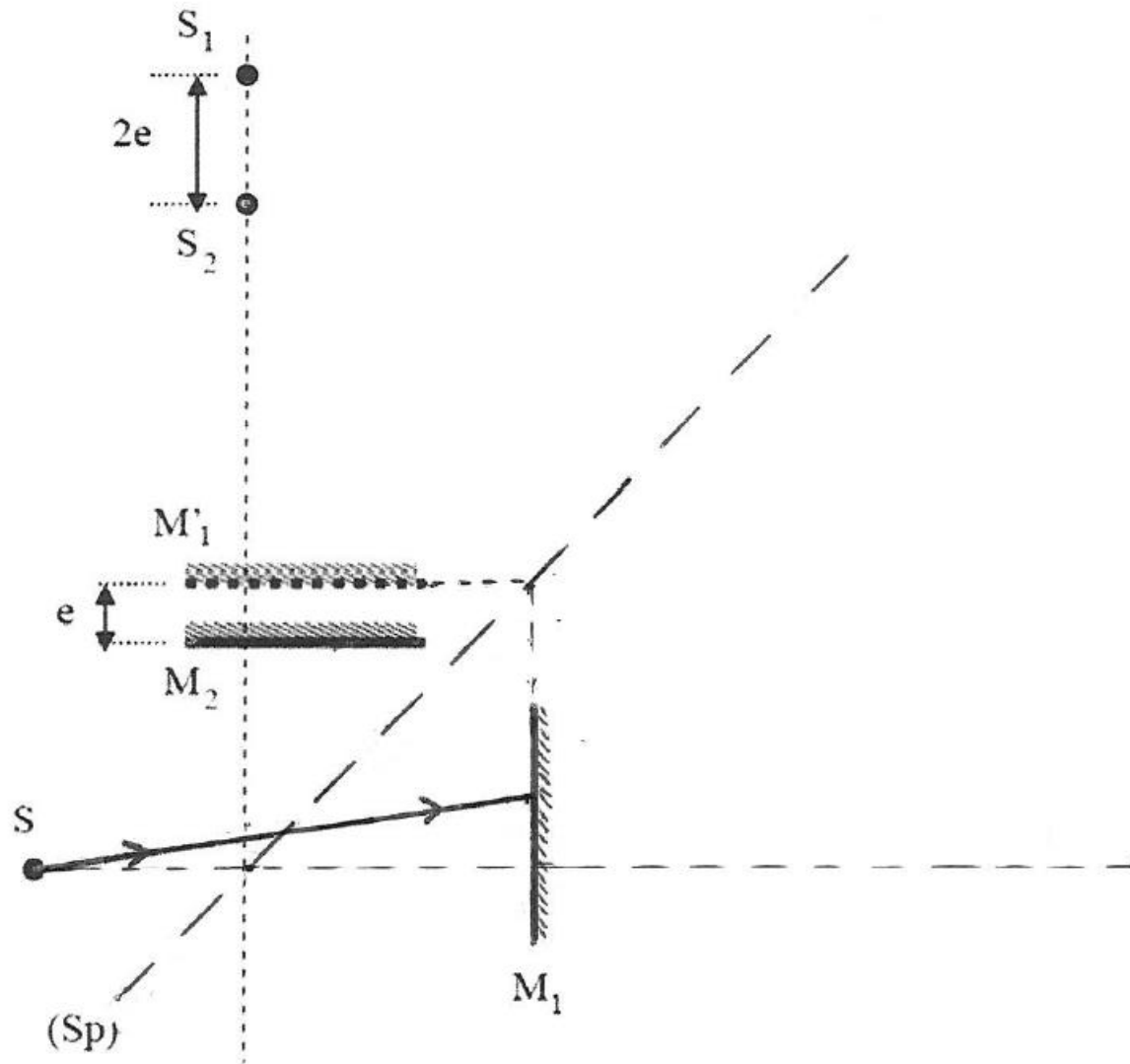
## Configuration en coin d'air 等厚干涉

A partir du contact optique ( $x = 0$ ), on incline légèrement un des deux miroirs



Remarque : on peut aussi chariotter le miroir  $M_1$

## B – Utilisation en lame d'air (p 68)

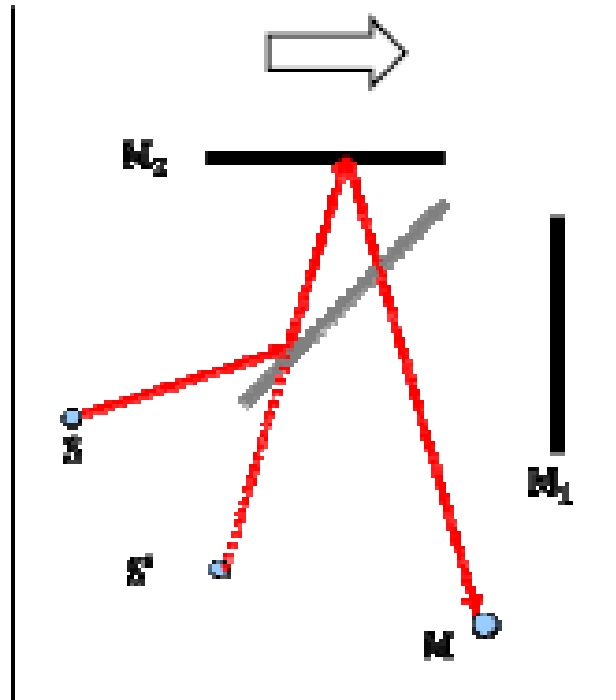
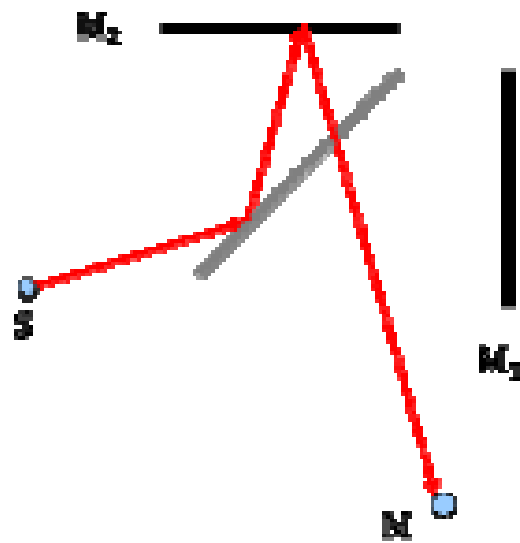




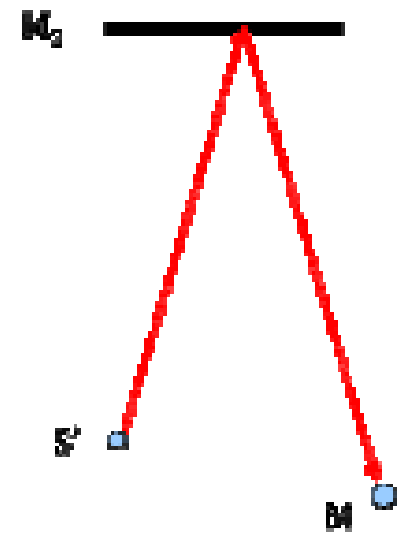
## Question 4.4

Montrer que pour chacune de ces transformations, le chemin optique ( $SM$ ) réel est égal au chemin optique ( $S'M$ ) du montage équivalent.

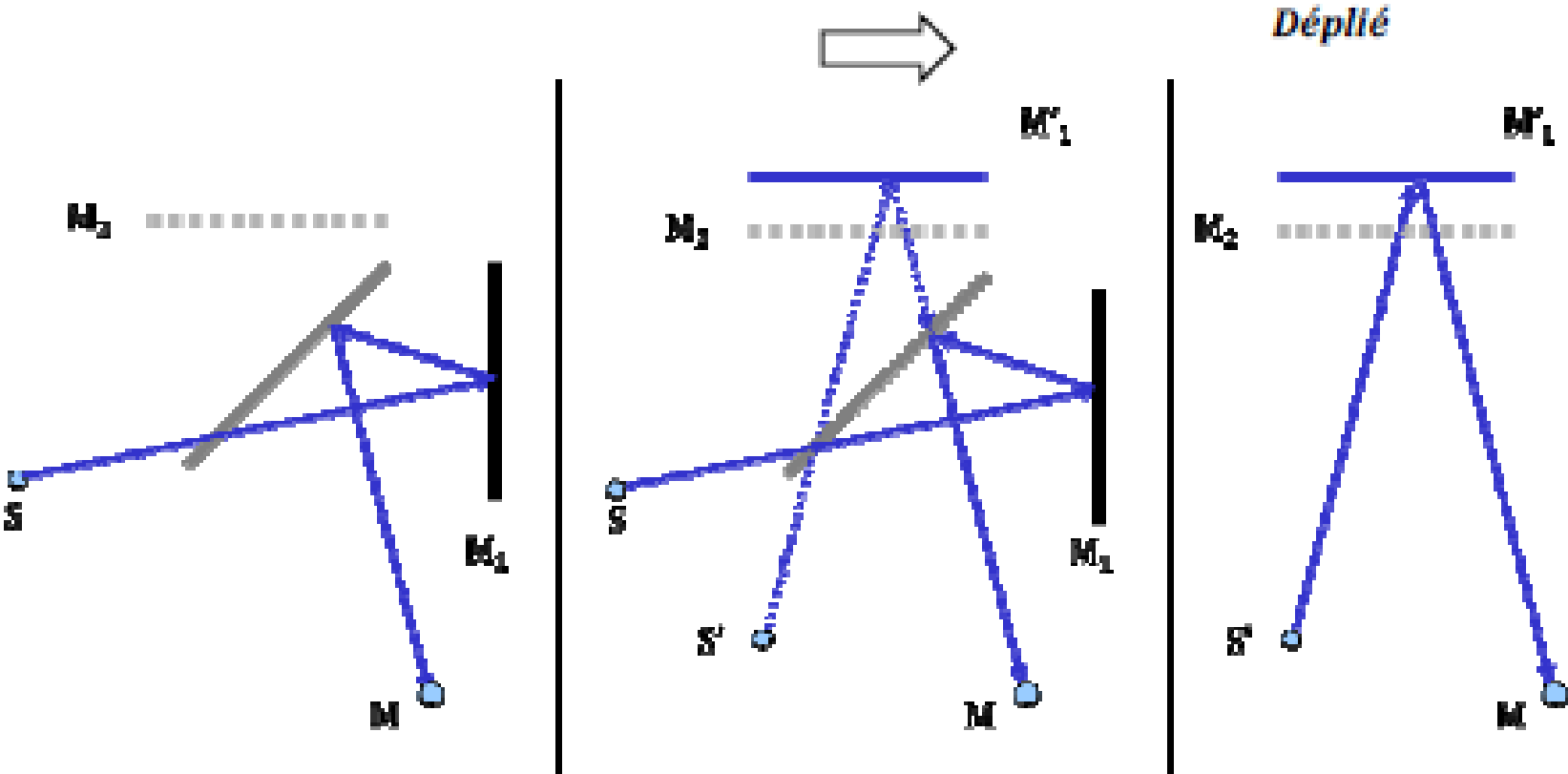
*Famille 2*



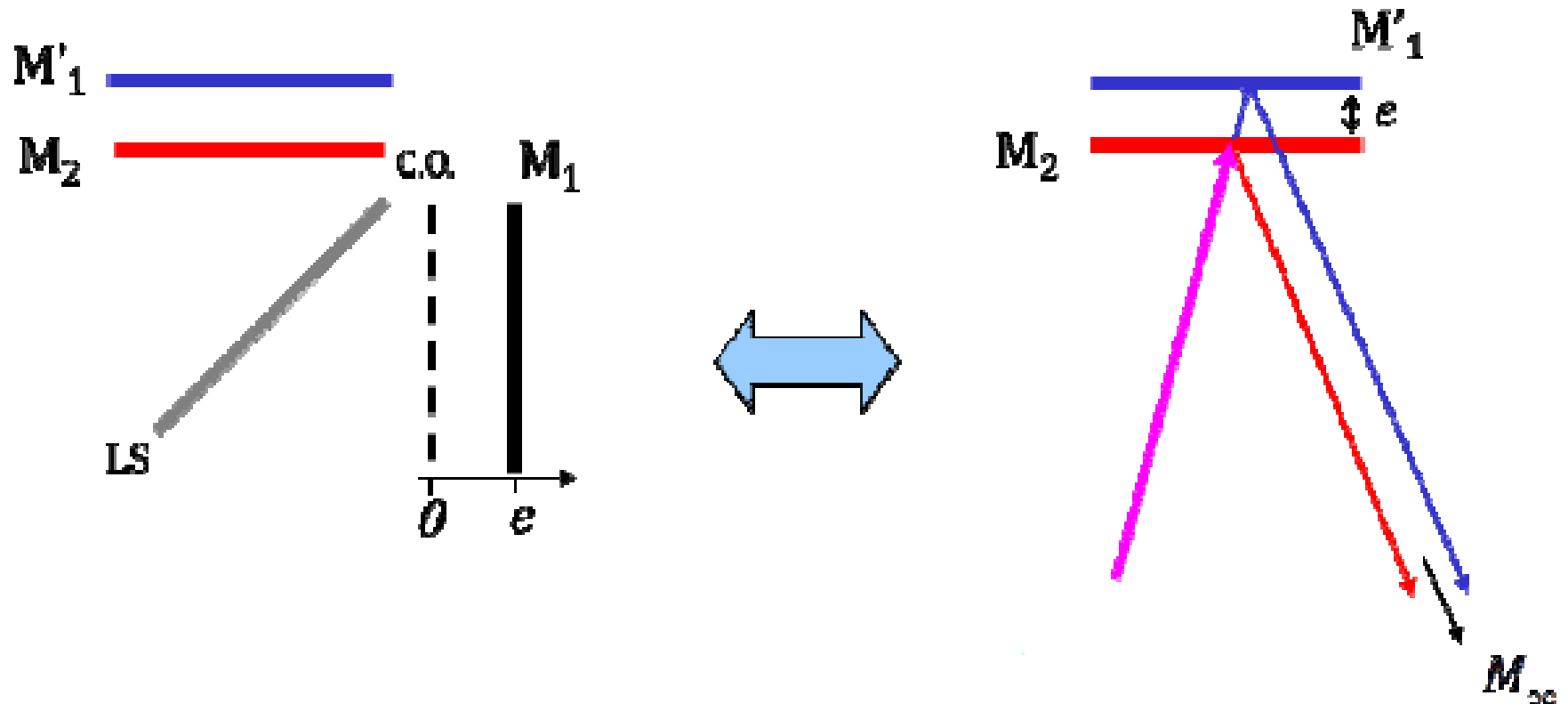
*Déplié*



*Famille 1*

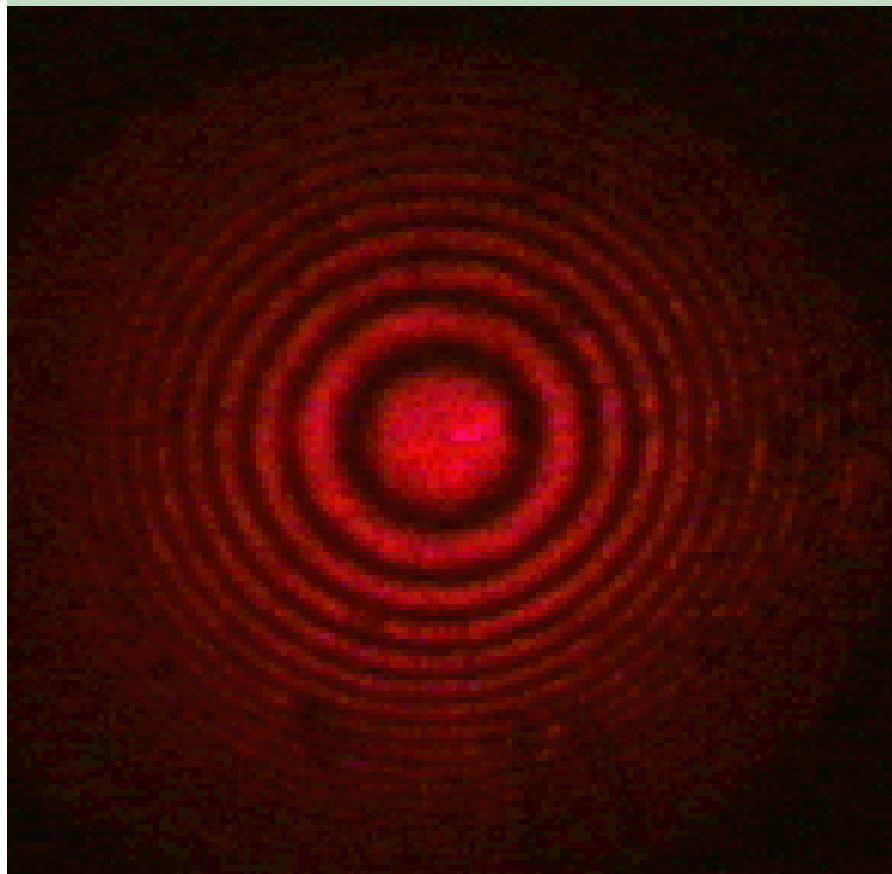


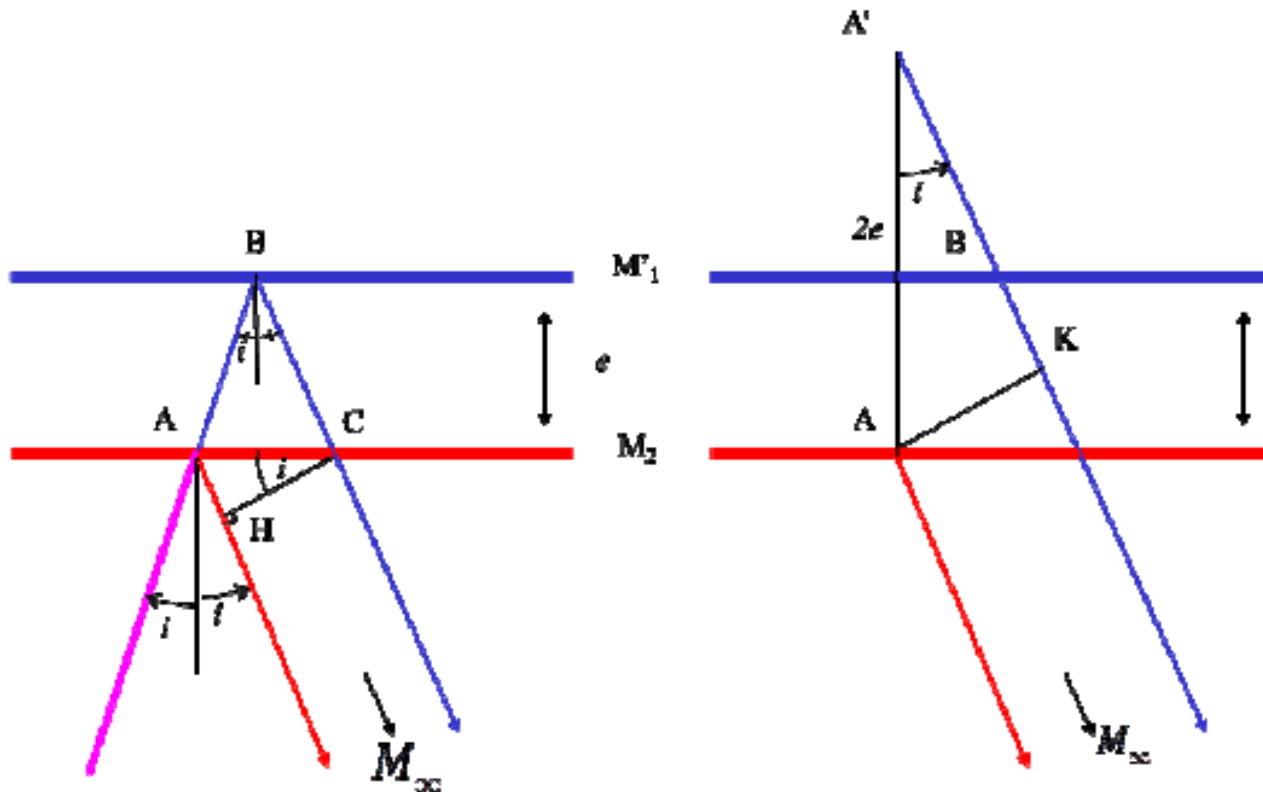
## Montage équivalent



Les interférences sont localisées à l'infini

## B.2 Figure d'interférences : anneaux 环 de Haidinger





Montrer que

$$\delta_{1/2}(M_\infty) = 2e \cos i$$

## Résumé

En configuration lame d'air :



- les interférences sont localisées à l'infini
- on parle de franges d'égale inclinaison 等倾条纹

$$\delta_{1/2}(M_{\infty}) = 2e \cos i$$

Cas où  $e = 0$

$$\delta_{1/2}(M_\infty) = 0$$

L'éclairement est uniformément brillant en tout point de l'écran.

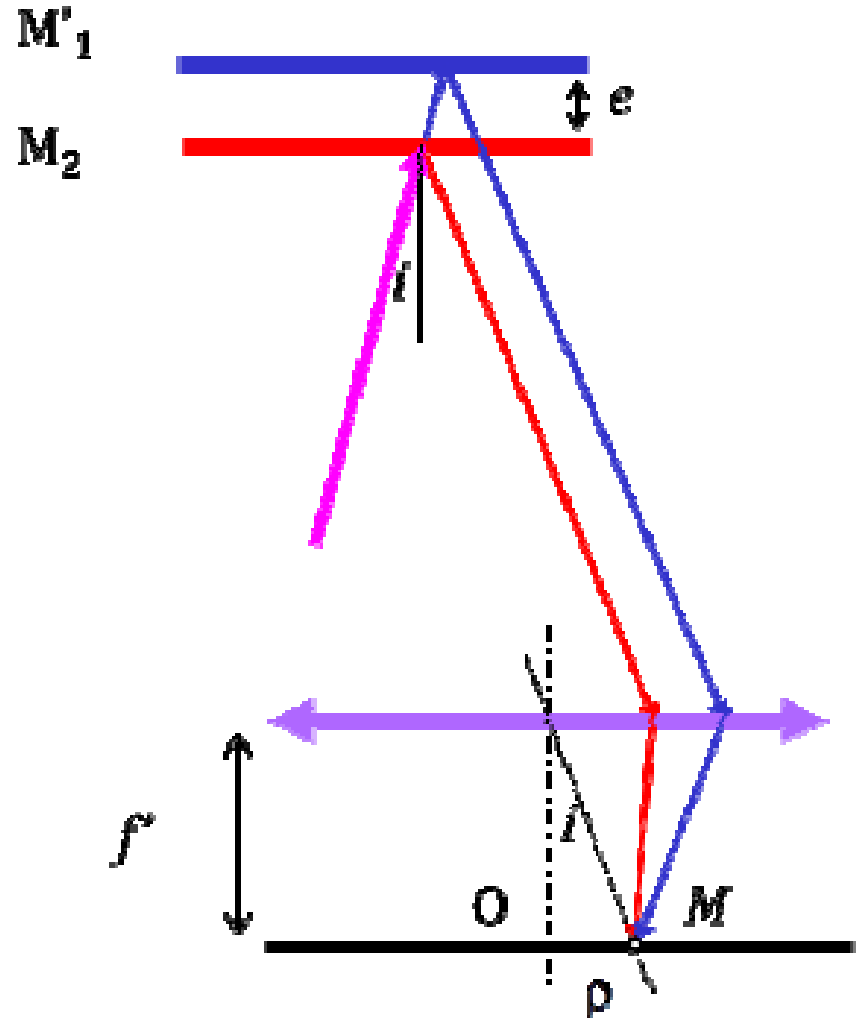


Montrer que

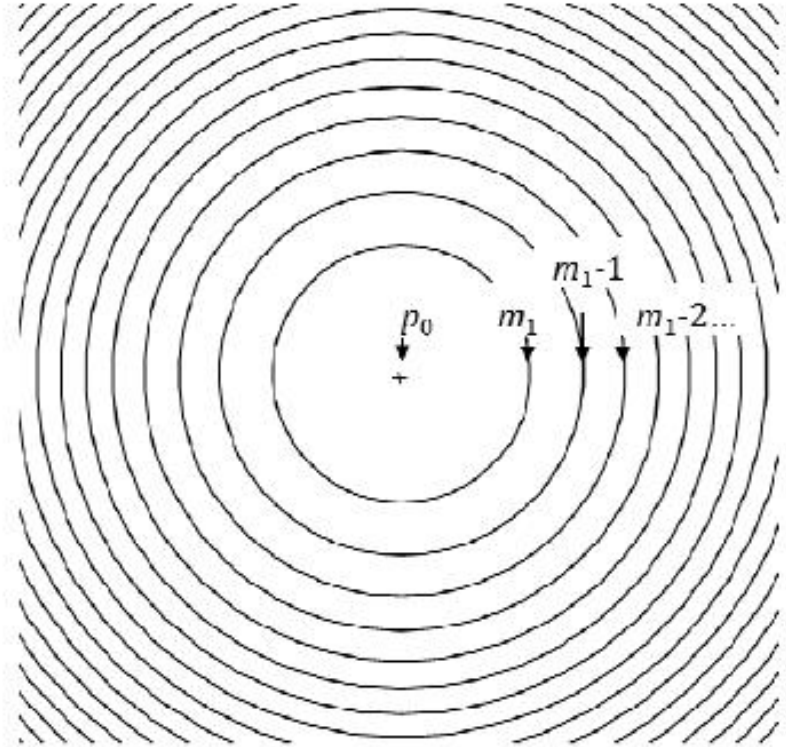
$$\delta \cong 2e \left( 1 - \frac{\rho^2}{2f'^2} \right)$$

Montrer que le rayon  $\rho_m$   
de la frange brillante  
d'ordre  $m$  est tel que

$$\rho_m = f' \sqrt{2} \sqrt{1 - \frac{m\lambda_0}{2e}}$$

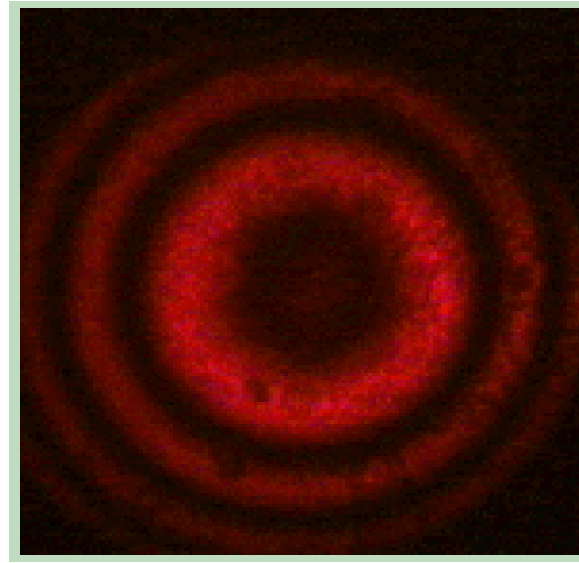
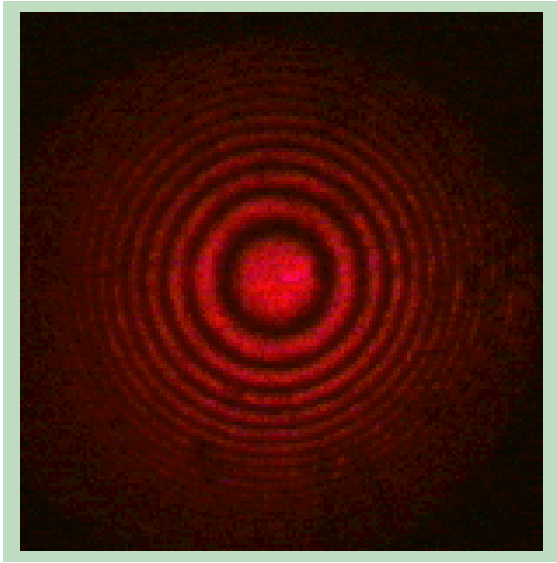


Les anneaux brillants sont donc de plus en plus serrés lorsqu'on s'éloigne du centre de la figure.



# Evolution vers le contact optique

$$e \rightarrow 0$$



$e$  diminue,  $\rho$  augmente

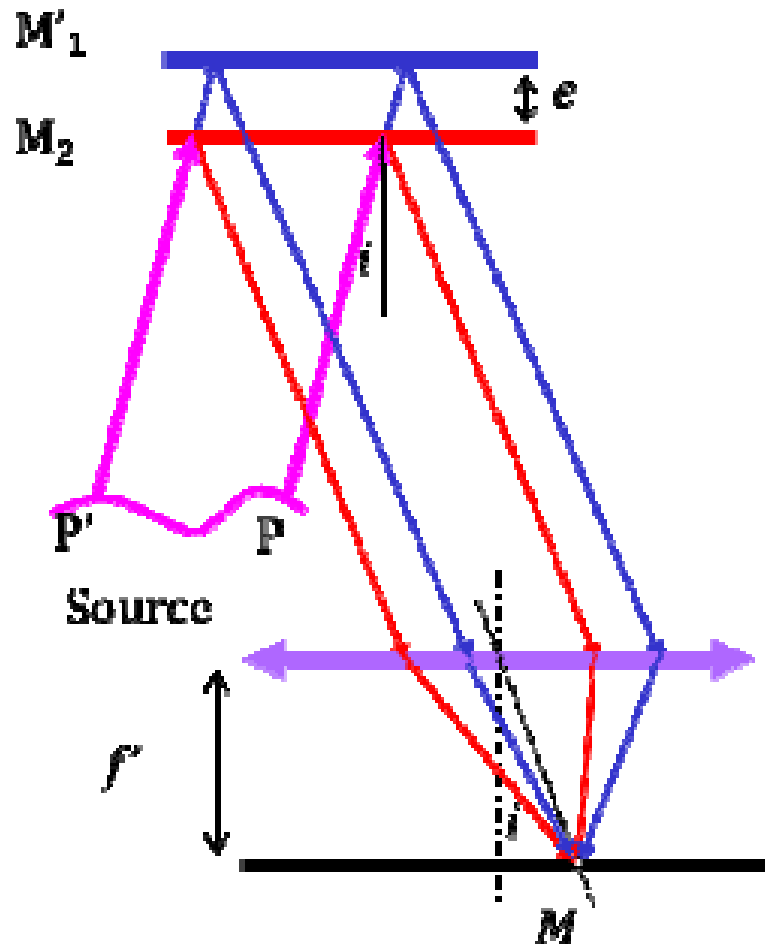
Pour se rapprocher du contact il faut chariotter le miroir  $M_1$  pour faire rentrer les anneaux au centre de la figure

## Eclairement sur l'écran

D'après la formule de Fresnel, on a :

$$I = 2I_0 \left( 1 + \cos \left( k_0 2e \left( 1 - \frac{\rho^2}{2f'^2} \right) \right) \right)$$

## B.3 Elargissement 拓宽 de la source et localisation

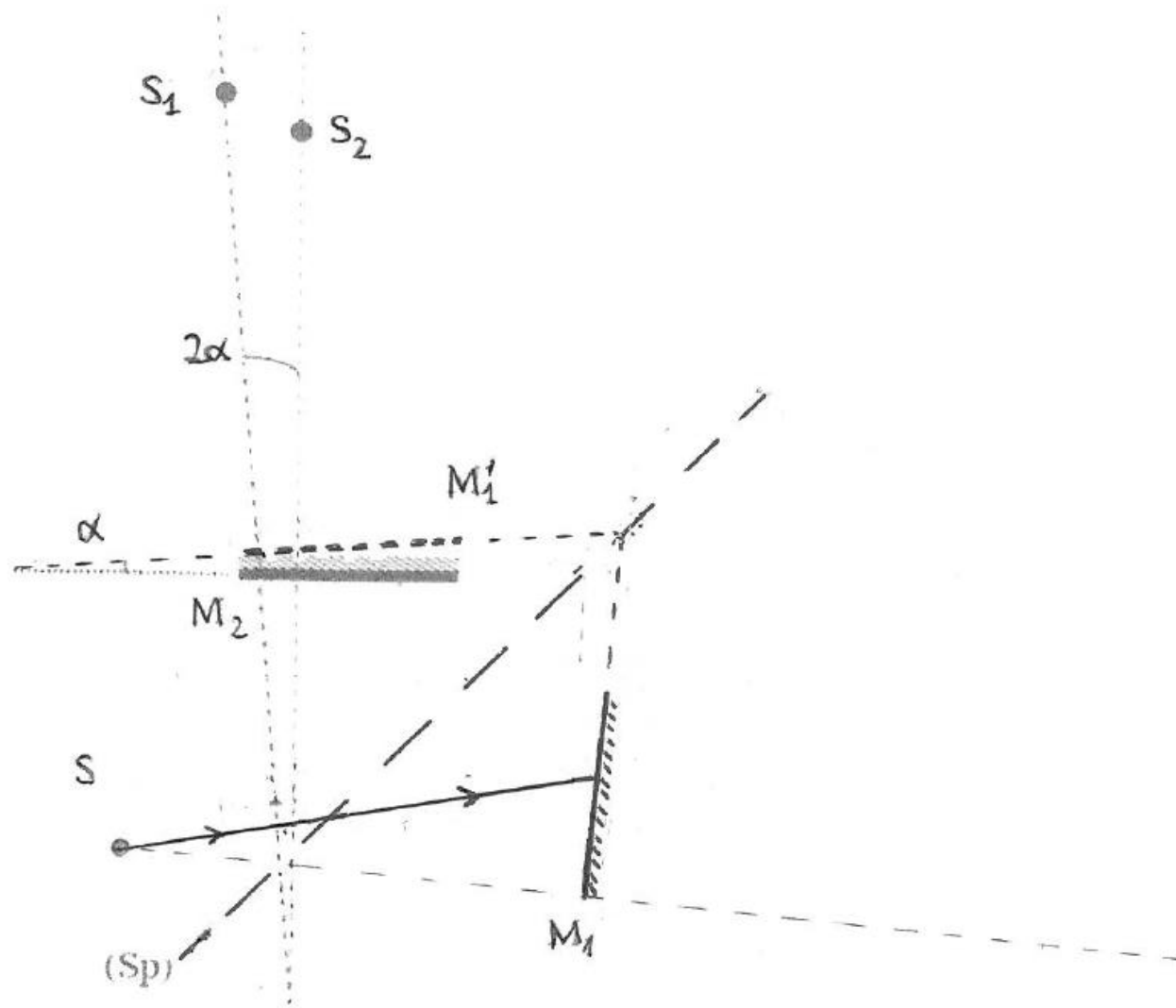


Les ondes émises par les différents points de la source sont incohérentes entre elles, les éclaircissements s'ajoutent.

Les figures d'interférences associées à chaque point P de la source sont exactement confondues.

On peut élargir la source sans perdre de contraste

## C – utilisation en coin d'air (p 72)

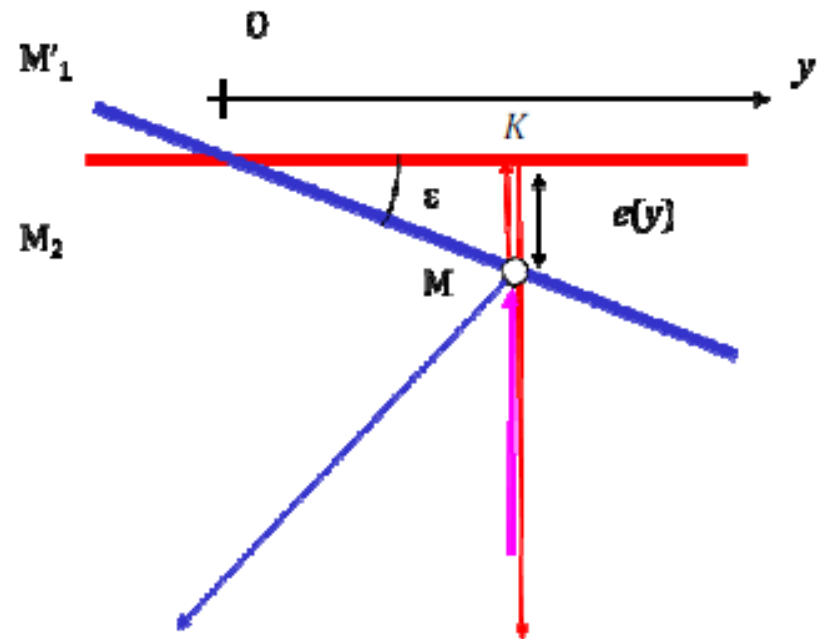


# C.1 Localisation et différence de marche

## Résumé

En configuration coin d'air

- les interférences sont localisées au voisinage des miroirs et
- la différence de marche vaut  $\delta = 2e(y) \cos i$





## C.2 Franges d'égale épaisseur 等厚条纹

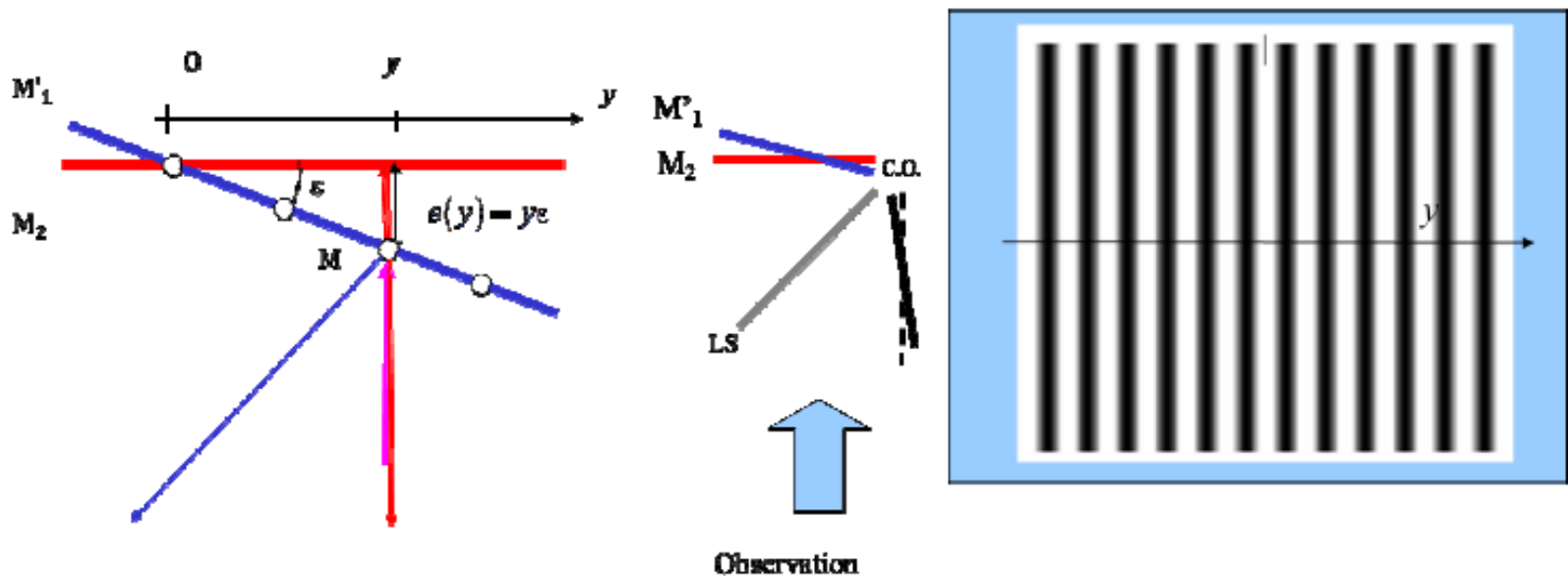
Pour  $i \approx 0$ , les franges brillantes sont telles que

$$\delta = m\lambda_0 = 2e(m)$$

L'épaisseur du coin est la même pour toutes les franges. Ces franges sont appelées **franges d'égale épaisseur**.

La différence de marche ne dépend que de  $y$ .

Les franges brillantes sont telles que  $y = m \times \frac{\lambda_0}{2\varepsilon}$



Que vaut l'interfrange ?

## Effet d'un chariotage

Si l'on translate le miroir  $M'_1$  de  $e_0$ , l'épaisseur devient

$$e(y) = e_0 + y\varepsilon$$

Et les franges brillantes sont sur les points

$$y_m = m \frac{\lambda_0}{2\varepsilon} - \frac{e_0}{\varepsilon}$$

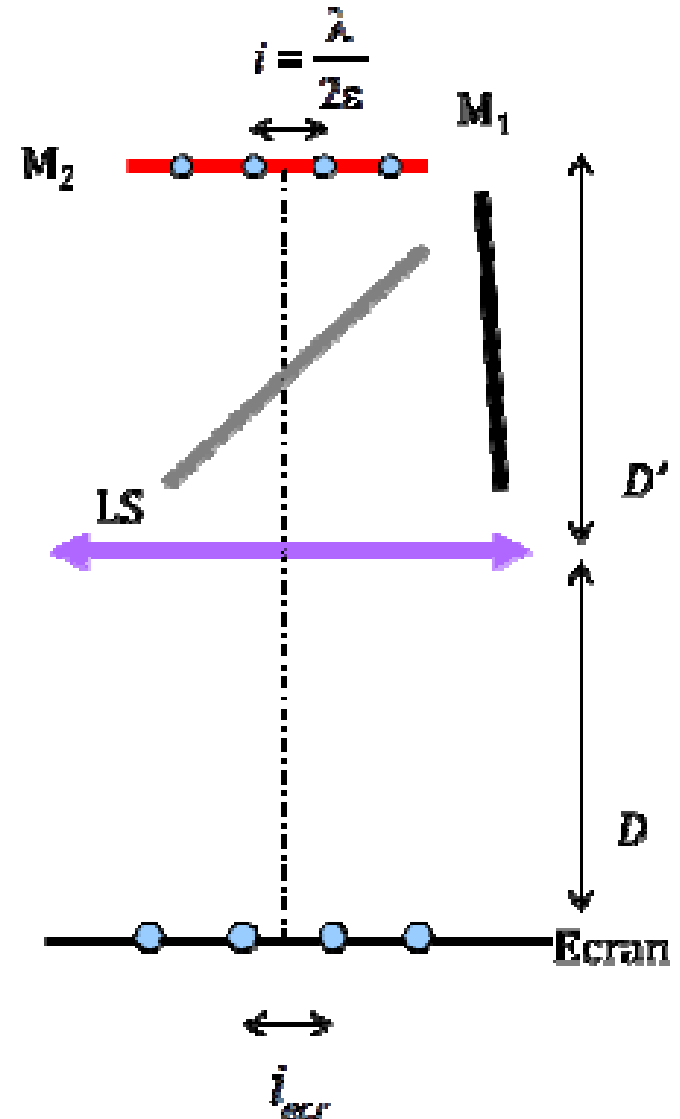
Avec  $\varepsilon \sim 10^{-4}$ , la translation des franges est amplifiée

# Visualisation pratique (en TP)

Formule de conjugaison

Grandissement transversal

Sur l'écran,  $i_{\text{écran}} = \frac{D}{D'} i$



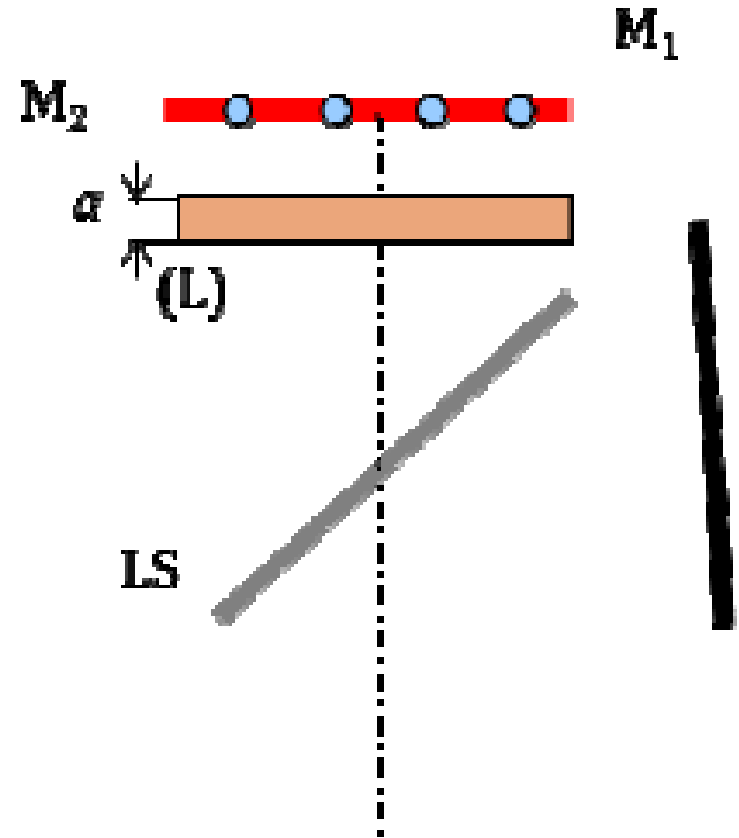
# Application

Différence de marche

Position des franges brillantes

Quantité translatée

Comparaison à l'interfrange

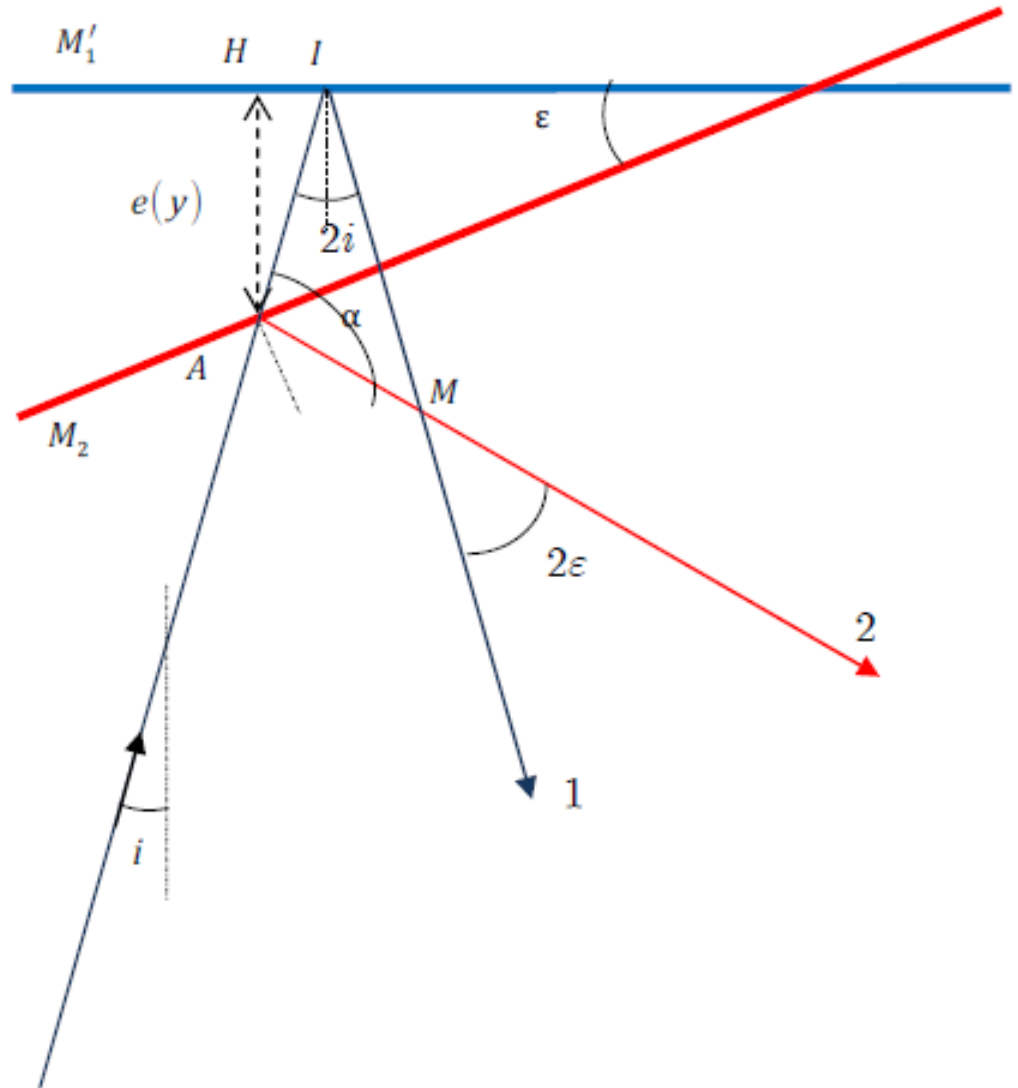


L'interféromètre de Michelson est plutôt utilisé pour mesurer les défauts (d'épaisseur  $\delta a$ ) d'une lame telle que

$$\frac{\delta a}{\lambda_0} \sim \frac{1}{20}$$

### C.3 Différence de marche en coin d'air (cas général)

Montrer que  
 $\delta = 2e(y) \cos i$



Fin du chapitre 4