LYCÉE D'EXCELLENCE
MOHAMMED VI
LEM6 - CASABLANCA

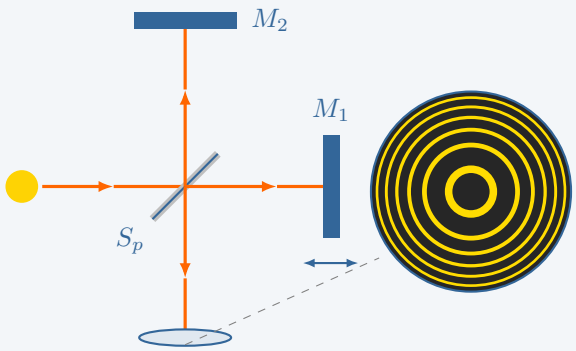
Classes préparatoires aux grandes écoles
MP — Physique-chimie
Année 2026-2027

FICHE RÉSUMÉ

04 OPTIQUE ONDULATOIRE

Division d'amplitude : interféromètre de Michelson

Division d'amplitude — Modèle de la lame d'air — Localisation des franges — Anneaux d'égale inclinaison — Franges d'égale épaisseur — Défilement et mesures interférométriques



« *Nos découvertes futures doivent être cherchées à la sixième décimale.*

— Albert A. Michelson, discours d'inauguration du Ryerson Physical Laboratory, Université de Chicago (1894)

physionova
physionova.academy

Pr. CHARIFI
professeurcharifi@gmail.com

Simulation associée sur **PhysioNova**
« Interféromètre de Michelson »

O4 — Fiche résumé

L'essentiel en trois phrases

Le Michelson divise l'**amplitude** de chaque rayon : les deux ondes qui interfèrent viennent du même rayon incident, d'où des franges contrastées même avec une source étendue, mais **localisées**. Grâce au miroir image M_2', tout se ramène à une lame d'air ($\delta = 2e\cos i$, anneaux à l'infini) ou à un coin d'air ($\delta \approx 2\alpha x$, franges rectilignes sur les miroirs). Translater M_1 de Δe fait défiler $\frac{2\Delta e}{\lambda_0}$ franges : c'est un instrument de mesure de longueurs d'onde, d'écarts spectraux, d'indices et d'épaisseurs.

I Dispositif et modèle

Définition — Constitution R

- **Séparatrice** S_p semi-réfléchissante à $45°$; **compensatrice** C_p identique, non traitée, qui égalise les traversées de verre (4 par voie).
- Miroir M_2 fixe orientable ; miroir M_1 orientable et **translatable** (chariot).
- Bilan : chaque voie apporte $\frac{I_0}{4}$, la moitié de la puissance retourne vers la source ; $I = \frac{I_0}{2}\left(1+\cos\frac{2\pi\delta}{\lambda_0}\right)$, contraste 1.

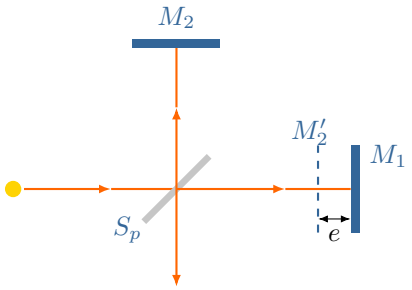


Schéma équivalent R

M_2' = image de M_2 par S_p (supposée infiniment mince). Le Michelson équivaut à une **lame d'air** entre M_1 et M_2' ; les déphasages de réflexion sont les mêmes sur les deux voies.

Réglage	Miroirs	Franges (source étendue)	Observation
Lame d'air	$M_1 \parallel M_2'$, écart e	anneaux d'égale inclinaison	plan focal d'une lentille (infini)
Coin d'air	angle α entre M_1 et M_2'	segments parallèles à l'arête	image des miroirs sur un écran
Contact optique	$M_1 = M_2'$	teinte plate	—

Source ponctuelle (laser) : franges **non localisées**. Source étendue : franges **localisées** (résultat admis, constaté en TP).

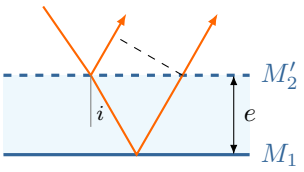
II Lame d'air : anneaux d'égale inclinaison

Différence de marche et anneaux R D

$$\delta = 2e\cos i \qquad p_0 = \frac{2e}{\lambda_0} = m + \varepsilon$$

Ordre **maximal au centre**. Le k-ième anneau brillant ($p_k = m - k + 1$) a pour rayon dans le plan focal d'une lentille f' :

$$r_k = f'\sqrt{\frac{\lambda_0}{e}(k - 1 + \varepsilon)}$$



$r_{k+1}^2 - r_k^2 = \frac{f'^2\lambda_0}{e}$: anneaux de plus en plus serrés.

Évolution R

$e \searrow$: $p_0 \searrow$, les anneaux **rentrent** et disparaissent au centre (un par $\frac{\lambda_0}{2}$), s'élargissent et se raréfient ; $e = 0$: teinte plate. $e \nearrow$: les anneaux sortent du centre.

III Coin d'air : franges d'égale épaisseur

Coin d'air sous incidence quasi normale R D

$$e(x) \approx \alpha x \qquad \delta \approx 2\alpha x \qquad i_f = \frac{\lambda_0}{2\alpha} \qquad i_{\text{écran}} = |\gamma|\, i_f$$

Franges rectilignes parallèles à l'arête, chaque frange = ligne d'égale épaisseur (contrôle de planéité : un décalage d'une frange $\leftrightarrow \frac{\lambda_0}{2}$ d'épaisseur).

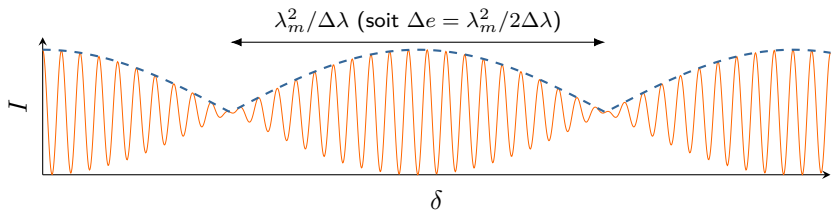
Lumière blanche (au voisinage du contact optique) R

Frange centrale **blanche** ($\delta = 0$) bordée de franges sombres, puis teintes de Newton, puis **blanc d'ordre supérieur** (spectre cannelé : extinction des λ telles que $\frac{\delta}{\lambda} = k + \frac{1}{2}$). Repère sûr du contact optique. Lame (n, ε) dans une voie : $\Delta\delta = 2(n-1)\varepsilon$, compensée par $\Delta e = (n-1)\varepsilon$.

IV Défilement et mesures

★ À retenir

Défilement	translation Δe de M_1	$\Delta p = \dfrac{2\Delta e}{\lambda_0}$
Longueur d'onde	compter N franges	$\lambda_0 = \dfrac{2\Delta e}{N}$
Doublet $(\lambda_m, \Delta\lambda)$	distance entre deux brouillages	$\Delta e = \dfrac{\lambda_m^2}{2\Delta\lambda}$, $C = \left\lvert \cos \dfrac{\pi\delta\Delta\lambda}{\lambda_m^2} \right\rvert$
Cohérence	disparition des anneaux depuis le contact optique	$2e_{\max} \approx L_c = \dfrac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = c\,\tau_c$
Indice d'un gaz	cuve de longueur L que l'on vide	$N = \dfrac{2L(n-1)}{\lambda_0}$



Doublet : franges de période λ_m modulées par l'enveloppe de contraste.

Ordres de grandeur

$\lambda_0 \approx 0{,}5\,\mu\text{m}$: une frange défile pour $0{,}25\,\mu\text{m}$ de translation. Coin d'air visible à l'œil : $\alpha \sim 10^{-4}\,\text{rad}$. Doublet du sodium : $\Delta e \approx 0{,}29\,\text{mm}$. L_c : $1\,\mu\text{m}$ (blanc), quelques mm à quelques cm (lampe spectrale), $20\,\text{cm}$ à des centaines de mètres (lasers). Michelson-Morley : $0,4$ frange attendue, rien observé.

V Méthodes et pièges

☞ Méthode — Choisir le montage d'observation M

- **Lame d'air** : source étendue, faisceau convergent sur les miroirs (incidences variées) ; écran dans le plan focal image d'une lentille.
- **Coin d'air** : faisceau quasi parallèle (incidence normale) ; lentille conjuguant les miroirs et l'écran.
- **Contact optique** : faire rentrer les anneaux jusqu'à la teinte plate, puis finir en lumière blanche (frange achromatique).
- **Mesures** : compter beaucoup de franges ou d'intervalles pour diviser l'incertitude de repérage.

✗ Attention, erreurs fréquentes

- $\Delta\delta = 2\Delta e$ (aller-retour) : ne pas oublier le facteur 2, ni dans le défilement, ni pour un doublet, ni pour une lame insérée.
- L'ordre est maximal au centre des anneaux ; le centre n'est en général ni brillant ni sombre.
- Tourner M_2 de θ tourne M_2' de θ : l'angle du coin est celui des miroirs, pas le double.
- En source étendue, on n'observe pas les anneaux sur un écran quelconque : ils sont à l'infini.
- Entre le 1^{er} et le n^{e} brouillage, il y a $n-1$ intervalles.

Savoir-faire : je coche quand je sais

- ☐ Je sais construire M_2' et identifier la configuration (lame, coin, contact optique).
- ☐ Je sais démontrer $\delta = 2e\cos i$ et $\delta \approx 2\alpha x$.
- ☐ Je sais calculer l'ordre au centre et les rayons des anneaux brillants.
- ☐ Je sais prévoir le sens de défilement quand on translate M_1.
- ☐ Je sais où sont localisées les franges et comment les observer.
- ☐ Je sais exploiter un comptage de franges, des brouillages d'un doublet, une longueur de cohérence.
- ☐ Je sais décrire les franges en lumière blanche et le spectre cannelé.