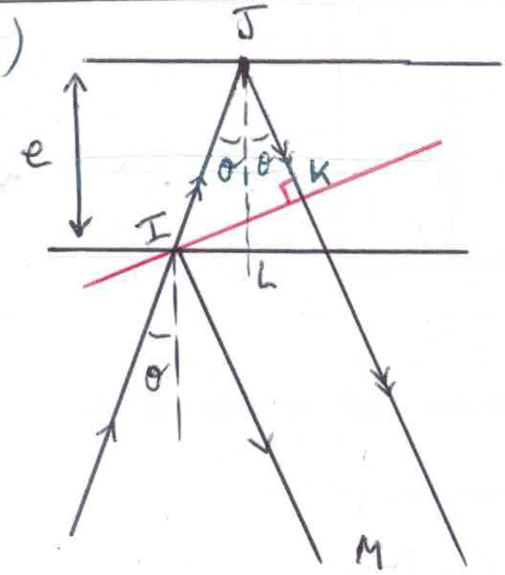
Interféromètre de Michelson (Centrale PC 2021)

Q1) Voir document

Q2)



$\delta_{2/1}(M) = (IJ) + (JK) + \cancel{(KM)} - \cancel{(IM)}$

Par principe de retour inverse de la lumière M se comporte comme une source. Entre la source M et la surface d'onde IK, le chemin optique est constant : $(IM) = (KM)$

$\delta_{2/1}(M) = IJ + JK$

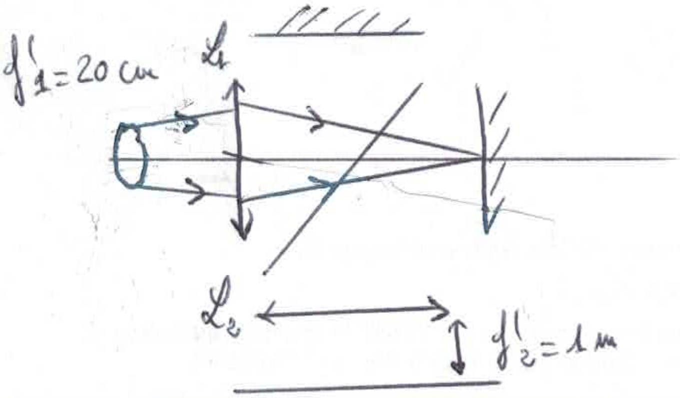
$\cos\theta = \frac{JL}{IJ} = \frac{e}{IJ}$ soit $IJ = \frac{e}{\cos\theta}$

$\cos 2\theta = \frac{JK}{IJ}$ soit $JK = IJ \cos 2\theta$

$\delta_{2/1}(M) = \frac{e}{\cos\theta}\big(\underbrace{1 + \cos 2\theta}_{= 2\cos^2\theta}\big)$

soit $\boxed{\delta_{2/1}(M) = 2e\cos\theta}$

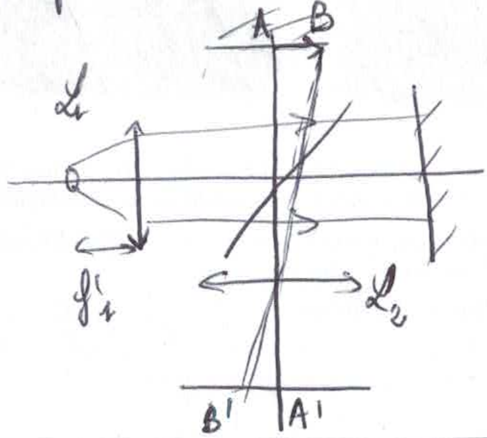
Q3) Les franges sont localisées à l'infini, on les observe dans le plan focal image d'une lentille convergente de grande focale pour voir de gros anneaux. On utilise une lentille de courte focale pour faire converger la lumière de la source sur les miroirs.



Q4) L'ordre d'interférences s'écrit $p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2e\cos\theta}{\lambda}$. Les points de l'écran qui sont sur une même frange ont le même ordre d'interférences donc ils ont la même valeur de θ, ces points sont donc sur un cercle. Les franges sont des anneaux dits d'égale inclinaison (même valeur de θ)

Q5) Le contact optique correspond à $e=0$. Pour diminuer e il faut translater le miroir chariotable de sorte à voir les anneaux s'engloutir vers le centre. Au contact optique on voit sur l'écran un gros anneau lumineux.

Q6) En coin d'air, les franges sont localisées près des miroirs, pour les observer il faut faire l'image du miroir M_1 sur l'écran à l'aide d'une lentille convergente. La source quant à elle doit être placée dans le plan focal objet d'une lentille pour que les miroirs soient éclairés en incidence quasi normale.



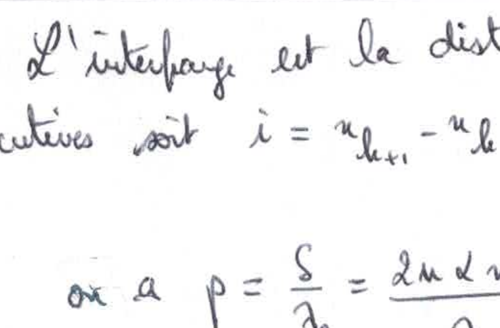
Q7) L'interfrange est la distance entre deux milieux de franges brillantes consécutives soit $i = x_{k+1} - x_k$ où x_k est la position du milieu de la frange brillante d'ordre k

on a $p = \frac{\delta}{\lambda_0} = \frac{2n\alpha x_k}{\lambda_0} = k$ (k entier relatif pour une frange brillante)

soit $x_k = k\frac{\lambda_0}{2n\alpha}$ et $i = ((k+1)-k)\frac{\lambda_0}{2n\alpha}$ donc $\boxed{i = \frac{\lambda_0}{2n\alpha}}$

Plus l'angle α du coin d'air augmente et plus l'interfrange est petit donc les franges sont plus nombreuses à l'écran et plus rapprochées.

Q8)



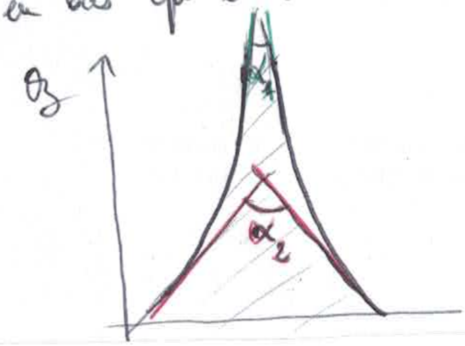
Sous incidence quasi-normale, la différence de marche entre les deux rayons est voisine de $2ne$. Ce qui correspond à un déphasage $\phi_{2/1} = \frac{2\pi\delta}{\lambda_0} = \frac{2\pi\, 2ne}{\lambda_0}$.

Or le rayon $\rightarrow$ subit une réflexion sur un milieu plus réfringent donc il subit un déphasage de π. Le rayon $\twoheadrightarrow$ non car il subit une réflexion sur un milieu moins réfringent.

d'où $\phi_{21_1} = \frac{2\pi \, 2ne}{\lambda_0} + \pi$ (+ ou − π c'est pareil !)

$$\boxed{\Delta\phi = \phi_{21_1} = \frac{2\pi}{\lambda_0}\left(2ne + \frac{\lambda_0}{2}\right)}$$

Q9) Sur la figure 6 on voit que l'interfrange varie avec l'altitude. Les franges sont plus rapprochées en bas du film ce qui correspond à un interfrange plus petit donc à un angle α du coin d'eau plus grand ce qui est cohérent avec l'action de la gravité, le film de savon est plus large en bas qu'en haut à cause du poids.



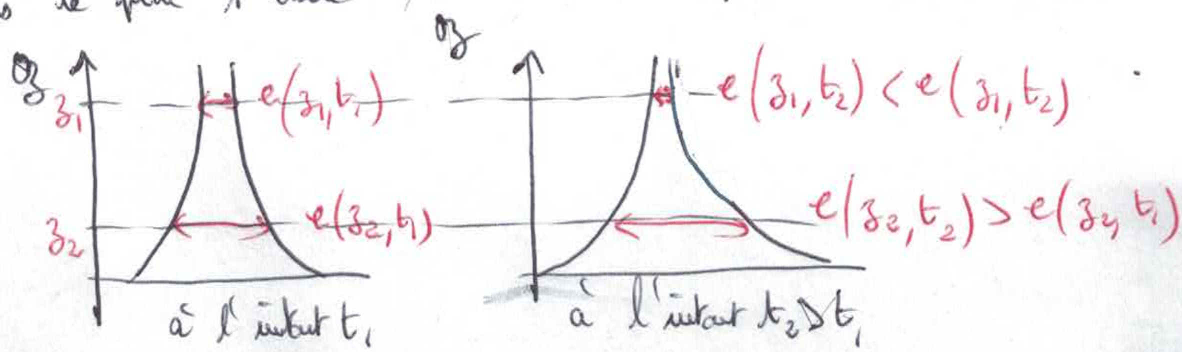
$\alpha_2 > \alpha_1$ donc $i_2 < i_1$ $\left(i = \frac{\lambda_0}{2n\alpha}\right)$

Q10) Pour $z = H$: on a $e = 0$ soit $\Delta\phi = \pi$: on a donc des interférences destructives, les ondes arrivent en opposition de phase donc on a une frange sombre, c'est effectivement ce que l'on voit sur la figure 6.

A t fixé : $e(z,t) = \sqrt{\frac{2\eta(H-z)}{\rho g t}}$ diminue quand z augmente, ce qui est cohérent avec le schéma de la réponse de la question 9, le film est plus large pour $z \simeq 0$ donc α du coin d'eau est plus grand donc l'interfrange est plus petit.

Pour $t = 0$ il y a un problème avec cette expression, $e(z, t=0)$ n'est pas défini.

La loi donnée est telle que quand t augmente $e(z,t)$ diminue. Ce qui est vrai pour z grand mais pas pour z petit, car sous l'action du poids le film s'étale au cours du temps : le modèle ne convient pas.



Q 11) On a pu le déphasage entre les ondes : $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0}\left(2ne + \frac{\lambda_0}{2}\right)$

soit $\Delta\phi = \frac{2\pi}{\lambda_0}\left(2nK\,(H-z_k)^{\beta} + \frac{\lambda_0}{2}\right) = 2\pi k$: avec k entier relatif pour une frange brillante

$$2nK\,(H-z_k)^{\beta} = \lambda_0\left(k - \frac{1}{2}\right)$$

soit $(H-z_k)^{\beta} = \frac{\lambda_0}{2nK}\left(k-\frac{1}{2}\right)$: on prend le ln de cette expression pour trouver une loi affine (le but est de faire un changement de variable adapté pour tracer et exploiter une droite)

$$\beta \ln(H - z_k) = \ln\left(\frac{\lambda_0}{2nK}\left(k-\frac{1}{2}\right)\right)$$

soit $\ln(H-z_k) = \frac{1}{\beta}\ln\left(k-\frac{1}{2}\right) + \underbrace{\frac{1}{\beta}\ln\left(\frac{\lambda_0}{2nK}\right)}_{=\,y_0}$

on pose $y = \ln(H - z_k)$ et $x = \ln\left(k - \frac{1}{2}\right)$, y et x vérifient la loi affine $\boxed{y = \frac{x}{\beta} + y_0}$: $\frac{1}{\beta}$ est la pente de la droite

On exploite le tableau 1.

numéro de la frange brillante : c'est k	1	2	3	4	5	6	7	8
Position z_k (cm)	4,5	4,1	3,7	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6
$x = \ln(k - 1/2)$	−0,69	0,40	0,92	1,25	1,50	1,70	1,87	2,01
$y = \ln(H - z_k)$ avec $H = 5$ cm	−0,69	−0,10	0,26	0,47	0,59	0,69	0,79	0,87

Question 1

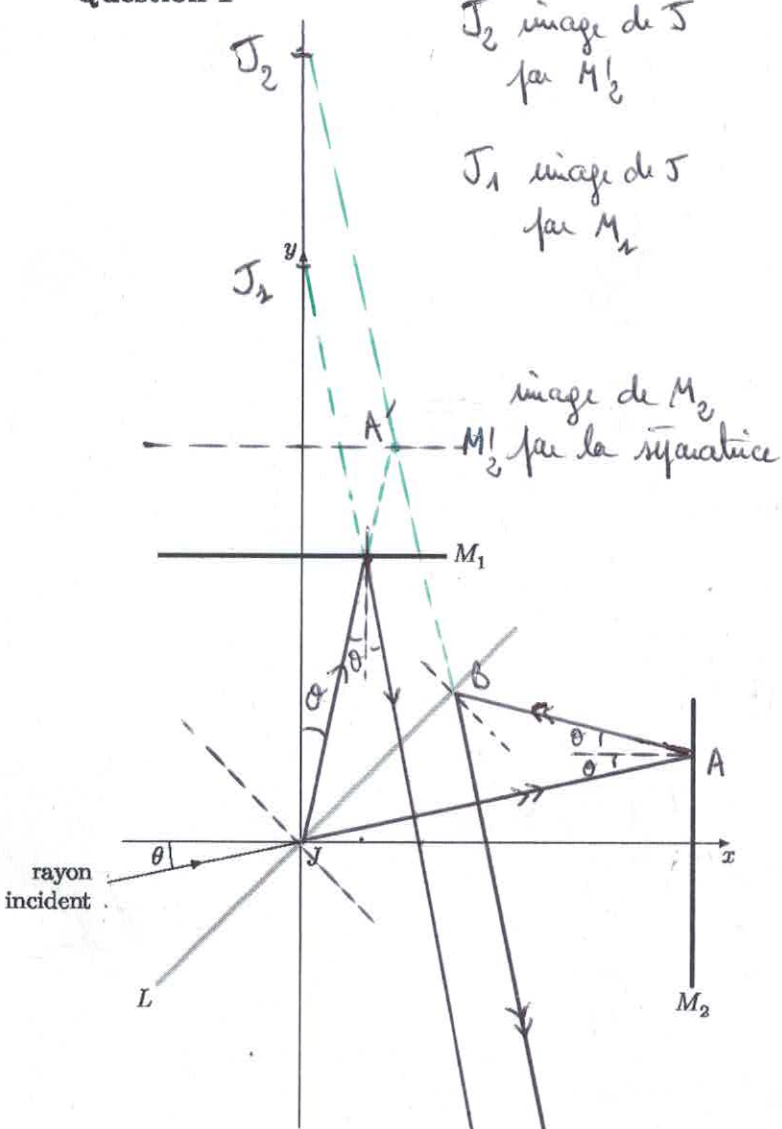
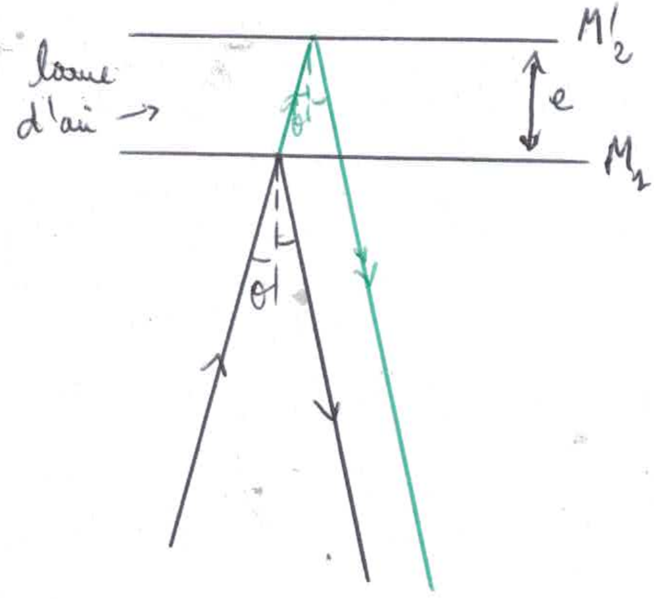


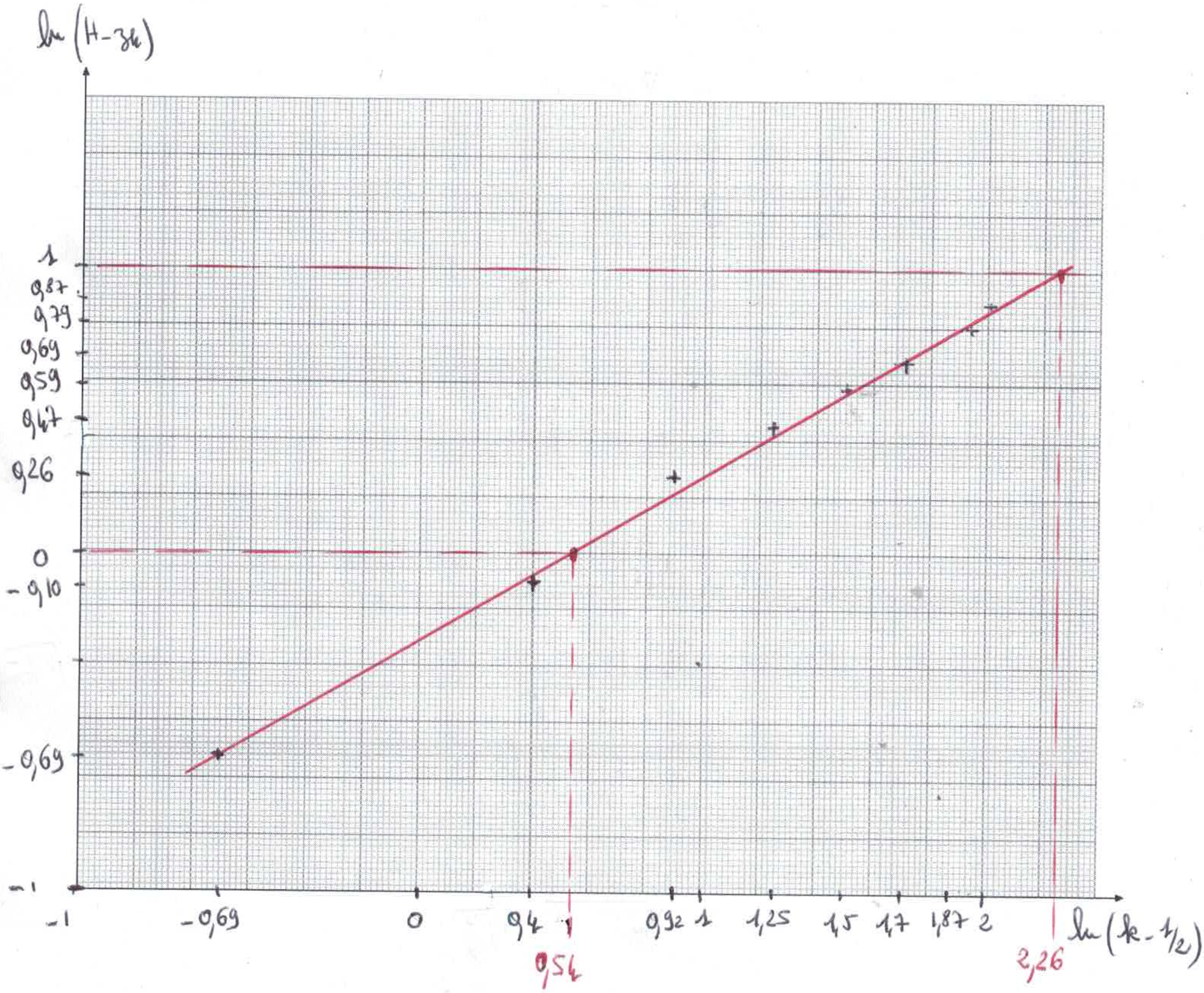
Figure A

Lame d'air équivalente



Par symétrie le rayon JAB réfléchi par M_2 peut être remplacé par le rayon JA'B réfléchi sur M'_2

Question 11



pente de la droite : $\dfrac{1-0}{2{,}26-0{,}54} = 0{,}58 = \dfrac{1}{\beta}$ d'où $\boxed{\beta = 1{,}7}$