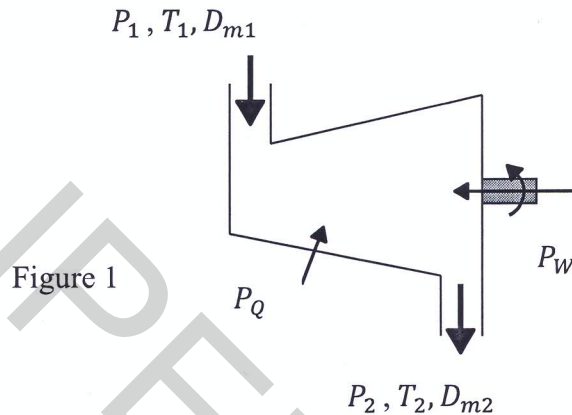


Devoir de contrôle de Physique N°02 (Durée : 2h)

Partie A - Étude d'une turbine

Dans une turbine, un fluide passe des conditions (pression P_1 , température T_1 , vitesse v_1 , enthalpie massique h_1) à l'entrée aux conditions (pression P_2 , température T_2 , vitesse v_2 , enthalpie massique h_2) à la sortie (Figure 1).



Dans la turbine, le fluide reçoit **algébriquement** de l'extérieur une puissance thermique P_Q et une puissance mécanique P_W (cette puissance mécanique n'inclut pas la puissance des forces de pression au niveau des sections d'entrée et de sortie). On néglige toute variation d'énergie potentielle gravitationnelle et on se place en régime permanent.

1- Montrer que les débits massiques entrant D_{m1} et sortant D_{m2} sont égaux (conservation du débit massique soit : $D_{m1} = D_{m2} = D_m$).

2- Montrer que l'application du premier principe de la thermodynamique à une quantité de fluide que l'on définira de manière précise, conduit à :

$$D_m \left\{ \left(h_2 + \frac{1}{2} v_2^2 \right) - \left(h_1 + \frac{1}{2} v_1^2 \right) \right\} = P_W + P_Q$$

3 - *Application numérique* : une **turbine à vapeur** fonctionne dans les conditions suivantes :

Entrée : $P_1 = 60 \text{ bar}$; $T_1 = 713 \text{ K}$; $v_1 = 160 \text{ m.s}^{-1}$; $h_1 = 3277,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Sortie : $P_2 = 0,95 \text{ bar}$; $v_2 = 80 \text{ m.s}^{-1}$; $h_2 = 2673,2 \text{ kJ.kg}^{-1}$

3.1- Représenter les deux points de fonctionnement $A_1 : (P_1, h_1)$ de l'entrée et $A_2 : (P_2, h_2)$ de la sortie et la transformation $A_1 \rightarrow A_2$ sur le diagramme (P, h) ci-joint (à rendre avec votre copie). Vérifier la valeur de T_1 sur le diagramme et en déduire la valeur de la température T_2 . Interpréter la transformation thermodynamique $A_1 \rightarrow A_2$.

Pour un débit massique $D_m = 20 \text{ kg.s}^{-1}$, la turbine fournit une puissance mécanique de $P_W = 11,5 \cdot 10^6 \text{ W}$

3.2- Calculer la puissance thermique P_Q et préciser le sens de ce transfert thermique.

3.3- Calculer le rapport $\left| \frac{P_Q}{P_W} \right|$. Commentaire.

3.4- Calculer le rapport $\left| \frac{\frac{1}{2}(v_2^2 - v_1^2)}{h_2 - h_1} \right|$. Commentaire.

Partie B – Optique Ondulatoire

A. Source lumineuses et modèle des trains d'onde

1. Rappeler les longueurs d'onde composant le spectre visible ainsi que les fréquences associées à ces ondes lumineuses.
2. Décrire une expérience permettant de visualiser le spectre émis par une source lumineuse.

3. Sur quel principe de la physique repose l'émission lumineuse par les lampes spectrales.
4. Le modèle de train d'onde est introduit pour tenir compte du caractère non monochromatique des ondes lumineuses émises par les sources. En effet, la lumière émise par un atome n'est jamais monochromatique, elle a une extension temporelle finie τ_c appelée temps de cohérence temporel.
 - a. Donner l'expression de la longueur de cohérence.
 - b. Comparer la longueur de cohérence de la lumière visible à celle d'un laser He-Ne de largeur fréquentielle égale à 10^7 Hz .

B. Nécessité d'un dispositif interférentiel.

Soit un système interférentiel qui permet de superposer deux ondes d'intensité I_1 et I_2 proportionnelles à la valeur moyenne des carrés des amplitudes des ondes émises respectivement par deux sources S_1 et S_2 de la

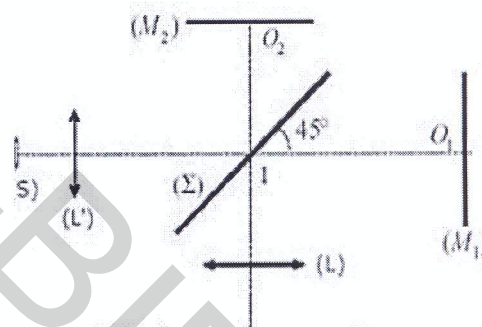
forme : $S_i(M, t) = A_i \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}(S_i M) + \varphi_i(t)\right)$ avec $i = 1, 2$.

On désigne par λ_0 longueur d'onde émise par les deux sources et $(S_i M)$ le chemin optique du rayon issu de la source S_i .

5. Etablir l'expression de l'intensité résultante au point M .
6. Que vaut cette intensité dans le cas deux sources cohérentes et incohérentes. Dans quelle condition les deux sources sont-elles cohérentes ? donner une condition bien claire et satisfaisante.
7. Donner l'expression du contraste. Dans quelle condition sera-t-il maximal ?
8. Donner l'expression de l'intensité au point M dans le cas d'un contraste maximal.

C. Interféromètre de Michelson

On étudie le phénomène d'interférence à travers un système interférentiel de Michelson. Il est observé sur l'écran placé dans le plan focal image d'une lentille convergente (L). La répartition de l'intensité est celle décrite par la première partie pour un contraste maximal.



9. Dessiner le schéma équivalent du Michelson en configuration de lame d'air et coin d'air en respectant les marches des rayons lumineux.
10. Recopier et Remplir le tableau suivant sachant que la source émettant la lumière est étendue.

	Lame d'air	Coin d'air
Localisation des franges		
Conditions d'observation		
Nature des franges		

11. Montrer à l'aide d'une figure bien claire que la différence de marche du Michelson en lame d'air est :

$$\delta(M) = (S_2 M) - (S_1 M) = 2e \cos \alpha$$

Avec α est l'angle d'incidence du rayon issu de la source sur le plan du miroir e est l'épaisseur de la lame d'air

12. Montrer que la distance entre les deux sources secondaires est égale à $2e$.

La figure d'interférence est observable sur le plan focal image d'une lentille convergente de distance focale f' .

13. Donner l'ordre d'interférence de la frange au centre de la figure.

14. Sachant que cette frange centrale est lumineuse, donner l'ordre et le rayon du $n^{\text{ème}}$ frange. Commenter.

15. Application numérique : calculer l'ordre d'interférence de l'anneau central ainsi que les trois premiers anneaux brillants. On donne : $\lambda_0 = 5086 \text{ Å}$ et $e = 7629 \mu\text{m}$ $f' = 1 \text{ m}$.

16. On introduit devant le miroir une très mince lame mica d'indice $n = 1.52$ d'épaisseur ℓ constante et inconnue, disposée parallèlement devant le miroir M_1 . On observe le défilement de 18 franges sur l'écran. Calculer ℓ .

La source est maintenant une lampe à vapeur de sodium qui émet deux radiations monochromatiques de même intensité et de longueurs d'onde voisines : $\lambda_1 = 5889.9 \text{ \AA}$ et $\lambda_2 = 5895.9 \text{ \AA}$.

On posera : $\lambda = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2}$ et $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$.

17. Montrer que l'intensité vibratoire au centre O peut s'écrire : $I(e) = I_0 \left[1 + V(e) \cos \left(\frac{4\pi e}{\lambda} \right) \right]$.

On explicitera la fonction de visibilité $V(e)$. On donne : $\cos(p) + \cos(q) = 2 \cos \left(\frac{p+q}{2} \right) \cos \left(\frac{p-q}{2} \right)$.

18. On règle la position de M jusqu'à observer des anneaux parfaitement visibles ; de quelle quantité Δe minimale faut-il traduire M_1 pour que ces anneaux disparaissent complètement.

19. L'interféromètre de Michelson est exposé maintenant à deux sources ponctuelles S' et S''

Chacune des sources va engendrer deux sources secondaires :

$$\begin{cases} S'_1 \text{ et } S'_2 \text{ deux sources secondaires engendrées par } S' \\ S''_1 \text{ et } S''_2 \text{ les deux sources secondaires issues de } S'' \end{cases}$$

En un point M de l'écran on retrouve la superposition de la figure d'interférence des deux sources S' et S'' . Voir la figure ci-dessous.



Les coordonnées des points sont : $S'_1 (a + b, 0, 0)$, $S'_2 (-a - b, 0, 0)$, $S''_1 (a - b, 0, 0)$ et $S''_2 (-a + b, 0, 0)$

20. Exprimer l'intensité au centre de la figure d'interférence de chacune des sources S' et S''

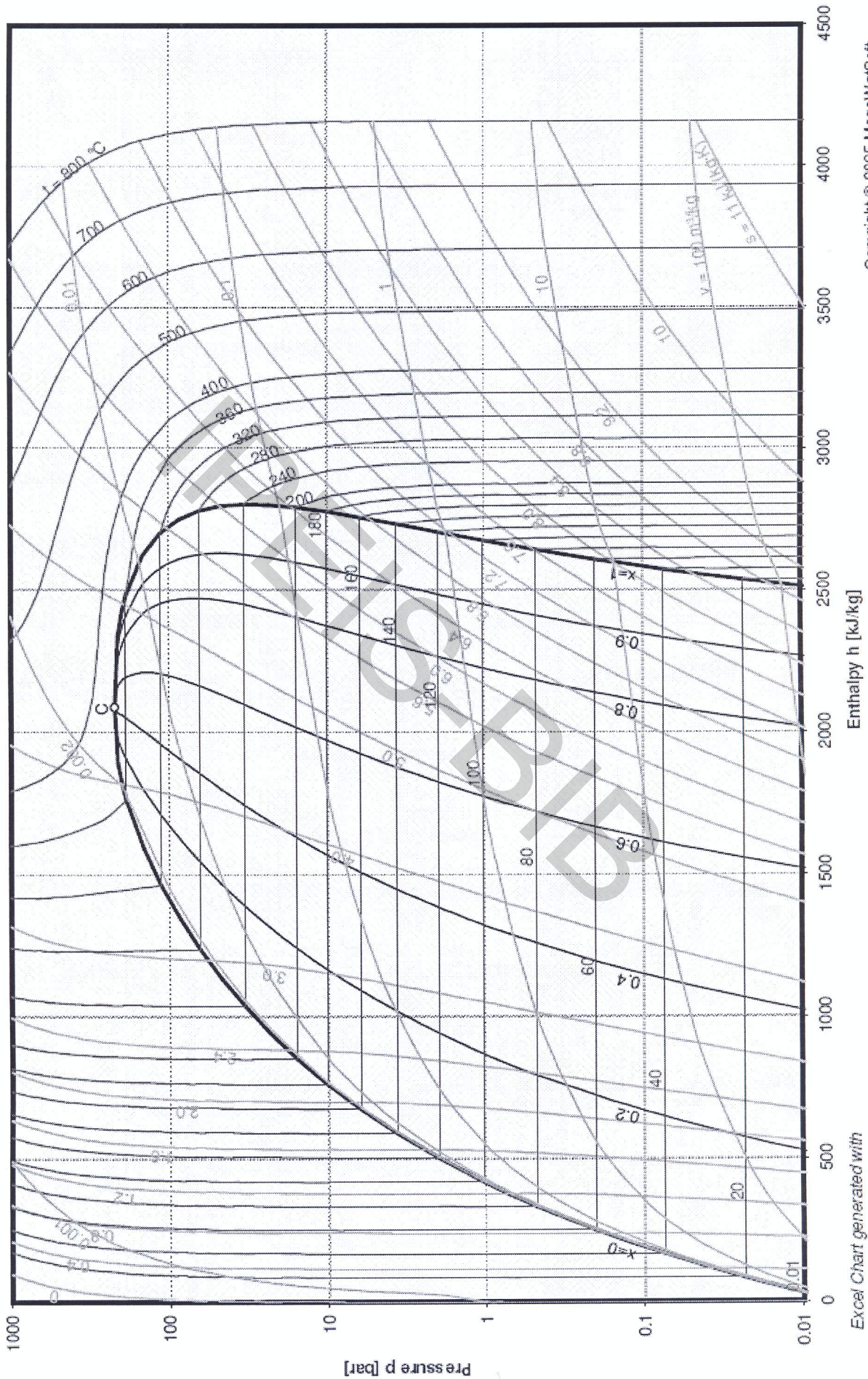
21. Exprimer l'intensité résultante

En supposant que $b \ll a$.

22. A quelle configuration correspond la valeur $b = 0$. Donner l'expression de l'intensité pour cette configuration.

23. On augmente b progressivement. Quelle valeur de b minimale $b_{\min}$ à partir de laquelle on observe le brouillage du spectre.

log P-H diagram



Copyright © 2005 MegaWatSoft

Excel Chart generated with
Steam97 Excel Add-In

DEVOIR DE CONTRÔLE

N°2

Partie B. OPTIQUE

ONDULATOIRE

1. Source lumineuse et modèle de train d'onde.

longueur d'onde du spectre visible $400\text{nm} \leq \lambda \leq 800\text{nm}$

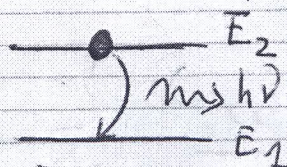
$\Rightarrow$ fréquences $3,75 \cdot 10^{14} \text{Hz} < \nu < 7,5 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

($\nu = \frac{c}{\lambda}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m.s}^{-2}$).

2. Pour visualiser le spectre il suffit d'exposer un prisme milieu dispersif à une source de lumière

3. L'émission lumineuse par les lampes spectrales repose sur la désexcitation d'une particule par une émission d'un photon.

effet, suite à la transition d'un niveau énergétique à un niveau plus bas, la particule, débarrassée de cet excès d'énergie sous forme d'un rayonnement.



a. $\tau_c = \frac{1}{\Delta\nu}$; $L_c = c\tau_c = c/\Delta\nu$

b. Lumière visible

$L_c \sim 1 \mu\text{m}$

Laser : $L_c \sim 1 \text{m}$.

(B) Nécessite d'un dispositif interférentiel

$$S_i(M,t) = A_i \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}(S_i M) + \phi_i(t)\right)$$

$i = 1, 2$

5. L'onde résultante au point M est:

$$S(M,t) = S_1(M,t) + S_2(M,t)$$

$$I \propto \langle S^2(M,t) \rangle$$

$$I = k \langle S^2(M,t) \rangle$$

$$I = k (\langle S_1^2(M,t) \rangle + \langle S_2^2(M,t) \rangle + 2 \langle S_1(M,t) S_2(M,t) \rangle)$$

$$\text{Or } \langle S_1^2(M,t) \rangle = \frac{A_1^2}{2}; I_1 = k \frac{A_1^2}{2}$$

$$\langle S_2^2(M,t) \rangle = \frac{A_2^2}{2}; I_2 = k \frac{A_2^2}{2}$$

$$\Rightarrow I = I_1 + I_2 + 4\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}(S_2 M) + \phi_2(t)\right) \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}(S_1 M) + \phi_1(t)\right) \rangle$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2 M) - (S_1 M)) + \phi_2(t) - \phi_1(t)\right) \rangle$$

$$\text{or } \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2 M) - (S_1 M)) + \phi_2(t) - \phi_1(t)\right) \rangle \neq 0$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2 M) - (S_1 M)) + \phi_2(t) - \phi_1(t)\right) \rangle$$

6. Si les deux sources sont cohérentes

$$\phi_2(t) = \phi_1(t) \Rightarrow \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2 M) - (S_1 M)) + \phi_2(t) - \phi_1(t)\right) \rangle = \langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2 M) - (S_1 M))\right) \rangle$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \delta\right)$$

avec $\delta = (S_2M) - (S_1M)$

Si les deux sources ne sont pas cohérentes $\phi_1(t) \neq \phi_2(t)$

$$\langle \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0}((S_2M) - (S_1M)) + \phi_2 - \phi_1\right) \rangle = 0$$

$$I = I_1 + I_2$$

7. $C = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$

$$C = \frac{(I_1 + I_2)^2 - (I_2 - I_1)^2}{(I_1 + I_2)^2 + (I_2 - I_1)^2}$$

$$C = \frac{4\sqrt{I_1 I_2}}{2(I_1^2 + I_2^2)}$$

Contraste maximal :

$$C = 1 \Rightarrow I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 I_2} = 0$$

$$\Rightarrow I_1 = I_2 = I_0$$

8.

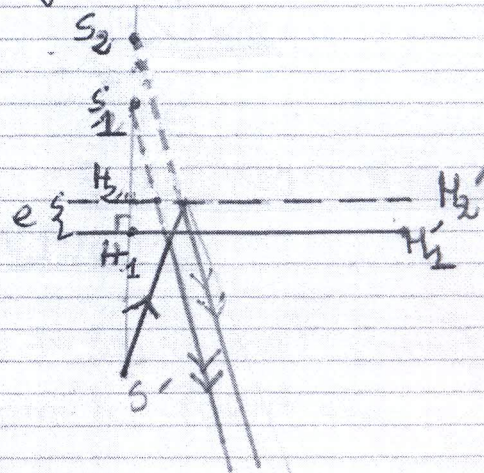
$$I = 2I_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} \delta\right)\right)$$

C. Interféromètre de Michelson

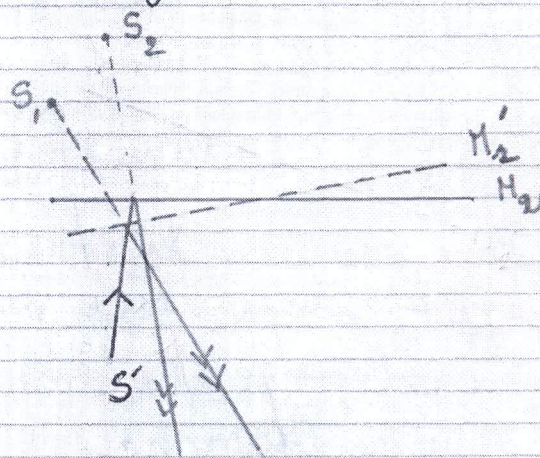
9. Schéma équivalent du Michelson

$$\begin{aligned} \delta &= (IJK) - (IH) \\ &= 2IJ - IH \\ &= \frac{2e}{\cos \alpha} - IK \sin \alpha \\ (9) &= \frac{2e}{\cos \alpha} - 2IL \sin \alpha \end{aligned}$$

Configuration lame d'air:



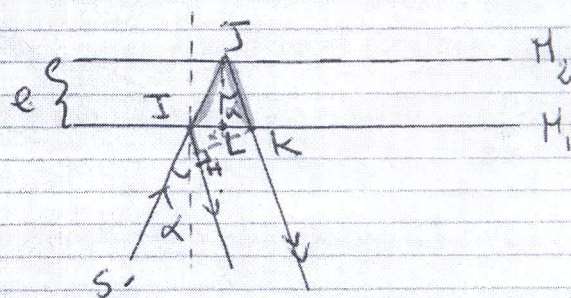
Configuration Coin d'air:



10.

	Lame d'air	Coin d'air
loc. des franges	à l'infini	au niveau du coin
Condition d'observation	Plan focal image d'une lentille	image du coin par une lentille
Nature des franges	Anneaux	R rectilignes

11.



$$\delta = \frac{2e}{\cos \alpha} - 2e \tan \alpha \sin \alpha$$

$$\delta = 2e \left(\frac{1}{\cos \alpha} - \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} \right)$$

$$\boxed{\delta = 2e \cos \alpha}$$

3. D'après la fig. de la question 9.

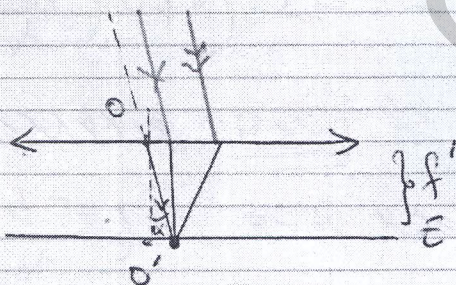
$$S_2 = S'S_2 - S'S_1$$

$$= 2 S'H_2 - 2 S'H_1$$

$$S_1 S_2 = 2 \left[\underbrace{S'H_2 - S'H_1}_e \right]$$

$$\boxed{S_1 S_2 = 2e}$$

3.

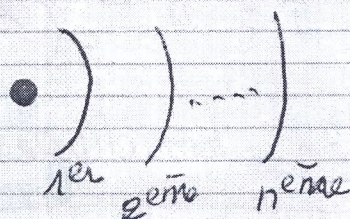


au Centre $\alpha = 0 \Rightarrow \delta = 2e$

$$P_0 = \frac{2e}{\lambda}$$

4.

$$= 2e \cos \alpha$$



$$= P_0 - 1$$

$$= P_0 - 2$$

$$= P_0 - n$$

L'anneau central possède l'ordre le (5)

plus grand.

$$15. \text{ AN } P_0 = \frac{2 \times 7629 \cdot 10^6}{5086 \cdot 10^{10}}$$

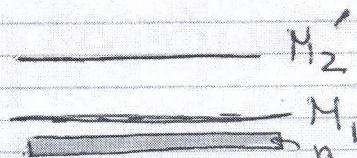
$$\Rightarrow P_0 = 30000$$

$$P_1 = 29999 \quad (P_1 = P_0 - 1)$$

$$P_2 = 29998 \quad (P_2 = P_0 - 2)$$

$$P_3 = 29997 \quad (P_3 = P_0 - 3)$$

16.



Après la disposition de la lame.

$$\delta = (S_2 M) - (S_1 M) = 2e \cos \alpha + 2(1-n)l$$

au Centre.

$$\frac{\delta(0)}{\lambda_0} = \frac{2e}{\lambda_0} + \underbrace{2(1-n)l}_{\tau_0} \frac{1}{\lambda_0} = \frac{2e}{\lambda_0} - 18$$

$$\Rightarrow \frac{2(n-1)l}{\lambda_0} = 18$$

$$\Rightarrow l = \frac{18 \times 5086 \cdot 10^{10}}{2(1,52 - 1)}$$

$$\boxed{l = 8,80 \mu m}$$

17

$$I = I(\lambda_1) + I(\lambda_2)$$

$$= 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda_1} \right) \right) + 2I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda_2} \right) \right)$$

$$I = 2I_0 \left(2 + \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda_1} \right) + \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda_2} \right) \right)$$

$$= 2I_0 \left(2 + 2 \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda} \right) \cos \left(\frac{\pi \Delta \lambda}{\lambda_1 \lambda_2} \right) \right)$$

au Centre $\delta = 2e$

$$I = 4I_0 \left(1 + \cos \left(\frac{4\pi e}{\lambda} \right) \cos \left(\frac{2e \Delta \lambda}{\lambda_1 \lambda_2} \right) \right)$$

Point $V(e) = \cos\left(\frac{2\pi\Delta\lambda}{\lambda_1\lambda_2}\right)$

$I = 4I_0 \left(1 + V(e) \cos\left(\frac{4\pi e}{\lambda}\right)\right)$

18.

Visibilité maximale $\rightarrow c=1=|V(e)|$

$V(e) = \pm 1$

~~e_k~~ $\left(2\pi e \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1\lambda_2}\right) = k\pi$

$e_k = k \frac{\lambda_1\lambda_2}{2\Delta\lambda}$

Visibilité minimale $\rightarrow c=0=|V(e)|$

$V(e)=0 \Rightarrow 2\pi e_k \frac{\Delta\lambda}{\lambda_1\lambda_2} = (2k+1) \frac{\pi}{2}$

$e_k = (2k+1) \frac{\lambda_1\lambda_2}{4\Delta\lambda}$

on passe d'une visibilité maximale à une minimale suivante (marque k)

$\Delta e = (2k+1) \frac{\lambda_1\lambda_2}{4\Delta\lambda} - k \frac{\lambda_1\lambda_2}{2\Delta\lambda}$

$\Delta e = \frac{\lambda_1\lambda_2}{4\Delta\lambda}$

~~19.~~

20. D'après la question 12

pour une source conjuguée par le Michelson en deux sources secondaires S_1, S_2 au centre on a $S=2e$ ou $S_1S_2=2e$

$S = S_1S_2 = 2e$

Pour la source S'

$S' = S'_1S'_2 = (a+b) - (-a-b) = 2(a+b)$

$I' = 2I_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} 2(a+b)\right)\right)$

Pour la source S''

$S'' = S''_1S''_2 = (a-b) - (-a+b) = +2(a-b)$

$I'' = 2I_0 \left(1 + \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda_0} 2(a-b)\right)\right)$

21. $I = (2I_0(2 + \cos(\frac{4\pi}{\lambda_0}(a+b))) + \cos(\frac{4\pi}{\lambda_0}(a-b)))$

$I = 2I_0(2 + 2\cos(\frac{4\pi a}{\lambda_0})\cos(\frac{4\pi b}{\lambda_0}))$

$I = 4I_0(1 + \cos(\frac{4\pi a}{\lambda_0})\cos(\frac{4\pi b}{\lambda_0}))$

si $b \ll a$, pour ~~précédente~~

~~$\cos(\frac{4\pi b}{\lambda_0})$~~ joue le rôle de facteur de visibilité

22. $b=0$ correspond au fait S' et S'' sont confondus

$I = 4I_0(1 + \cos(\frac{4\pi a}{\lambda_0}))$

23. brouillage: ~~$\cos(\frac{4\pi b}{\lambda_0})$~~ $= 0$

$b_{\min} = \frac{\lambda_0}{8}$

$\cos(\frac{4\pi b}{\lambda_0})$