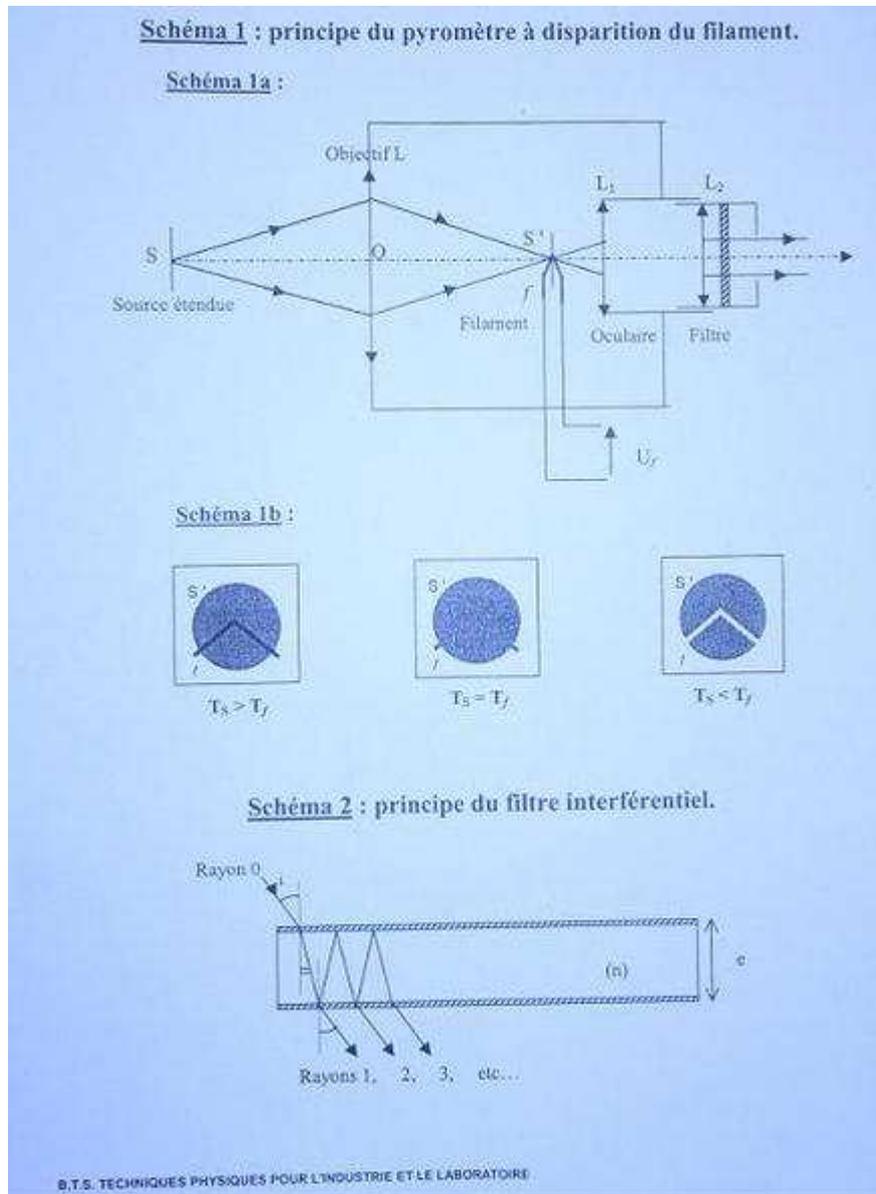


sujet Sciences Physiques BTS TPIL OPTIQUE 2006 mon corrigé

voici comme promis la correction de l'épreuve d'Optique

je corrige en ligne, rafraîchissez le navigateur souvent (ctrl+R)

schéma de l'appareil étudié:



ÉTUDE D'UN PYROMÈTRE OPTIQUE

Un pyromètre optique monochromatique à disparition de filament (voir schéma 1a) permet de mesurer à distance la température T_S d'une source étendue S incandescente, en comparant l'émittance monochromatique M de l'image S' de cette source, fournie par un objectif L , à celle d'un filament étalon f , placé en S' .

L'observation peut se faire à l'œil nu à travers un oculaire (non étudié dans ce sujet), formé de deux lentilles minces L_1 et L_2 . De plus, cette observation est faite en lumière monochromatique grâce à un filtre interférentiel placé à la sortie de l'oculaire.

Le filament a été étalonné au préalable avec un corps noir placé au même endroit que la source S étudiée. La courbe d'étalonnage du filament permet de faire correspondre à toute valeur de la tension U_f aux bornes du filament une valeur de la température T_f du filament égale à celle du corps noir quand ils ont la même émittance.

Puis, pour mesurer la température T_S de la source étendue, on règle la tension U_f jusqu'à avoir l'égalité des émittances de S' et de f (voir schéma 1b) :

- si le filament apparaît sombre sur le fond de l'image S' de S , c'est que la température T_S de la source est supérieure à T_f : $T_S > T_f$;
- si on ne peut distinguer le filament : $T_S = T_f$;
- si le filament apparaît clair sur fond sombre : $T_S < T_f$.

Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Partie 1 : Position de la source par rapport à l'objectif de l'appareil

L'objectif L est assimilable à une lentille mince convergente de centre O et de distance focale image $f' = +10$ cm (voir schéma 1a).

Dans l'utilisation normale de ce pyromètre, la distance $D' = OS'$ entre l'objectif L et le filament f vaut $D' = 15$ cm.

1.1 - Quelle doit être la valeur de la distance $D = OS$ entre la source S et l'objectif L , pour que l'on puisse former l'image S' de la source S sur le filament f ?

Partie 2 : Étude du filtre interférentiel

La source S incandescente émet de la lumière blanche : $\lambda \in [380 \text{ nm} ; 780 \text{ nm}]$.

Le filtre interférentiel, placé à la sortie de l'oculaire après L_2 et éclairé sous incidence normale, sélectionne la longueur d'onde $\lambda_0 = 656,3$ nm (raie H_α de l'hydrogène). Voir schéma 1a.

Ce filtre est une lame mince à faces parallèles, d'épaisseur e et d'indice $n = 1,564$ pour la longueur d'onde λ_0 .

Un traitement a été effectué sur chaque face (parties grisées du schéma 2), ce qui confère, sous une incidence quasi-normale, un coefficient de réflexion en intensité élevé pour chacune de ces faces : $R = 0,90$. On obtient ainsi une cavité de Fabry-Pérot.

Le rayon incident (rayon 0 du schéma 2) subit une multitude de réflexions à l'intérieur de cette lame, ce qui génère une infinité de rayons transmis (rayons 1, 2, 3, etc... du schéma 2) qui interfèrent à l'infini.

2.1 - Soit $\delta = [e_2] - [e_1]$ la différence de chemin optique entre deux rayons transmis successifs pour une incidence normale.

B.T.S. TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE

partie 1 POSITION DE LA SOURCE PAR RAPPORT À L'OBJECTIF DE L'APPAREIL

1.1 appliquons la relation de conjugaison objet-lentille-image de DESCARTES

$$1/p' = 1/f' + 1/p \text{ avec } p' = 0,15\text{m} \quad f' = 0,10\text{m} \text{ on obtient } p = p' \cdot f' / (f' - p')$$

$$\text{soit après A.N.: } p = -0,30\text{m}$$

il faut donc placer la source à 30 cm devant la lentille

partie 2 ÉTUDE DU FILTRE INTERFERENTIEL

2.1.1 - Donner l'expression de δ en fonction de e et de n .

2.1.2 - En déduire l'expression de l'ordre d'interférence $p = \frac{\delta}{\lambda}$, quand la lame est éclairée par une onde de longueur d'onde λ .

2.1.3 - Enfin, donner l'expression de la différence de phases $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ entre deux ondes transmises successives, en fonction de n , e , λ .

2.2 - L'intensité transmise I_t , et par conséquent la transmittance T de la lame, rapport entre cette intensité et l'intensité incidente I_0 , sont maximales si les ondes transmises successives donnent des interférences constructives.

2.2.1 - Donner l'expression de l'épaisseur e de la lame, en fonction de n et de λ_0 , pour que l'onde de longueur d'onde λ_0 soit transmise avec le maximum d'intensité.

2.2.2 - Calculer la valeur minimale, e_0 de cette épaisseur pour que la lame transmette l'onde de longueur d'onde λ_0 avec le maximum d'intensité.

Dans toute la suite du problème, on utilise une lame d'épaisseur $e = e_0$.

2.3 - La lame a l'épaisseur minimale e_0 .

2.3.1 - Montrer que l'ordre d'interférence a pour expression : $p = \frac{\lambda_0}{\lambda}$

2.3.2 - Exprimer la différence de phases $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ en fonction de la longueur d'onde λ_0 et de la longueur d'onde λ de l'onde incidente.

2.3.3 - Vérifier que la longueur d'onde λ_0 est la seule du domaine-visible [380 nm ; 780 nm] qui soit transmise avec un maximum d'intensité.

2.4 - La courbe, $T = f(\lambda)$, donnant les variations de la transmittance T de la lame en fonction de la longueur d'onde λ , est représentée sur le schéma 3 au voisinage de $\lambda_0 = 656,3$ nm.

2.4.1 - Quelle est la couleur de la lumière transmise par ce filtre interférentiel ?

2.4.2 - Calculer l'absorbance A du filtre pour la longueur d'onde λ_0 en utilisant le schéma 3 du document réponse.

2.4.3 - Déterminer graphiquement la bande passante de ce filtre interférentiel, définie par l'ensemble des longueurs d'onde pour lesquelles la transmittance appartient à l'intervalle : $\frac{T_{\max}}{2} \leq T \leq T_{\max}$. Rendre le document-réponse complété (schéma 3).

2.4.4 - Calculer la largeur $\Delta\lambda$ de la bande passante.

2.4.5 - Vérifier numériquement que la largeur de la bande passante est donnée par la formule :

$$\Delta\lambda = \frac{2\lambda_0}{\pi\sqrt{m}}$$

la constante m , fonction du facteur de réflexion en intensité R , vaut : $m = \frac{4R}{(1-R)^2}$.

B.T.S. TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE

2.1.1 à l'intérieur de la lame: un premier rayon la traverse => [I1] = ne
 un second subit un aller -retour avec 2 réflexions du type n1>n2
 (introduisant chacune un retard lambda/2)
 suivi d'une traversée son chemin optique [I2] = 3ne + 2(lambda/2)

entre les deux rayons apparaît le delta = [I2] - [I1] = 2ne + lambda soit équivalent à 2ne

delta = 2 ne est donc le bon résultat cherché

2.1.2 p = delta / lambda devient **p = 2ne/lambda**

2.1.3 phi = 2pi.delta/lambda = **4pi.ne/lambda**

2.2.1 au maximum d'intensité phi = 2pi . p d'où **e = p . lambda/2n**

2.2.2 pour p = 1 on obtient le e0 minimum à lambda0 = 656,3 nm cela donne **e0 = 0,21µm**

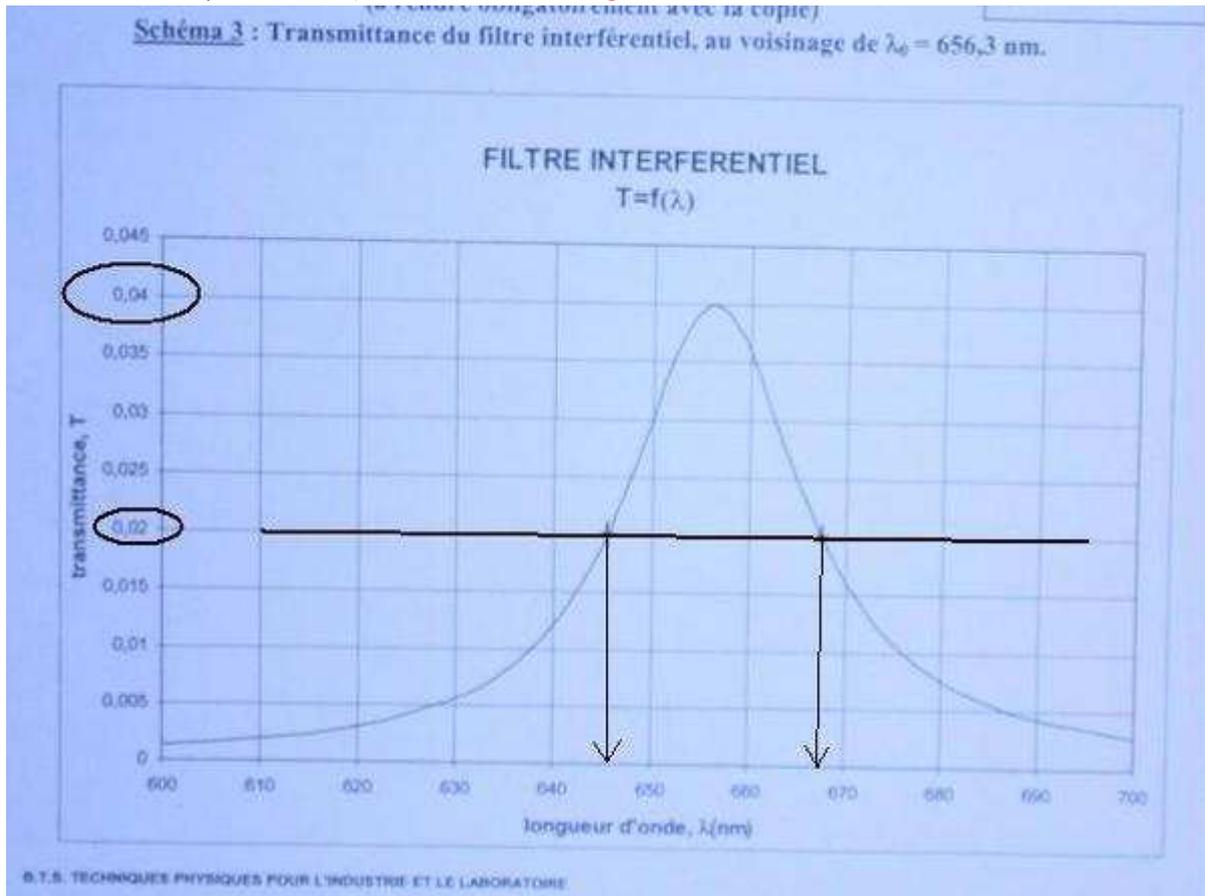
2.3.1 de p = delta/lambda et de delta = 2neo et de e0 = lambda0 / 2n

on tire **p = lambda0/lambda**

2.3.2 **phi = 4pi.ne0/lambda = 2pi.lambda0/lambda = 2pi.p**

2.3.3 pour obtenir l'intensité maximale il faut que les deux rayons successifs soient en phase donc on doit avoir entre eux la condition phi = 2pi donc compte tenu du résultat précédent: **p = 1** qui entraîne **lambda = lambda0**

2.4.1 la couleur correspondant à 656,3 nm est bien sûr **le rouge**



2.4.2 la transmittance maximale est de $T = 0,4$

cela donne une absorbance (loi de Beer Lambert du cours de Chimie) $A = \log (1/T)$

ici $A = \log (1/0.4) = 1,4$

2.4.3 l'analyse graphique de la courbe spectrale de transmittance donne une BP:

de 642.5 à 668 nm soit 25nm

2.4.4 le calcul à partir de la relation donnée dans le texte donne **BP = 22 nm**

partie 3 mesures des températures

Partie 3 : Mesure des températures

On suppose que le filtre "H_β" a été placé à la sortie de l'oculaire et que toutes les mesures se font donc à la longueur d'onde $\lambda_0 = 656,3 \text{ nm}$.

On mesure alors la température T_S de la source en faisant varier l'émission du filament étalonné jusqu'à la rendre égale à celle de l'image de la source. La courbe d'étalonnage du filament donne $T_S = 2600 \text{ K}$.

L'émission M_0 de la source est analogue à celle du corps noir pour la longueur d'onde $\lambda_0 = 656,3 \text{ nm}$. La courbe traduisant les variations de M_0 en fonction de T , au voisinage de $T_S = 2600 \text{ K}$ et correspondant au tableau de valeurs ci-dessous (T en kelvins et M_0 en gigawatts par mètre cube), est représentée sur le schéma 4.

T(K)	2590	2592	2594	2596	2598	2600	2602	2604	2606	2608	2610
$M_0(\text{GW.m}^{-3})$	647,3	651,6	655,8	660,1	664,4	668,7	673,1	677,5	681,9	686,3	690,7

On suppose qu'un œil normal standard peut apprécier sans difficulté, dans cette région du spectre, une variation relative d'émission de 1 %, soit : $\frac{|M_0(T) - M_0(T_S)|}{M_0(T_S)} = \frac{\Delta M_0}{M_0(T_S)} = \frac{1}{100}$.

3.1 - Pour calculer l'incertitude absolue ΔT sur la mesure de $T_S = 2600 \text{ K}$, on peut linéariser la courbe $M_0 = f(T)$ au voisinage du point ($T_S = 2600 \text{ K}$; $M_0(T_S) = 668,7 \text{ GW.m}^{-3}$).

3.1.1 - Calculer le coefficient directeur, a , de la droite confondue avec la courbe $M_0 = f(T)$ au voisinage du point étudié.

3.1.2 - En déduire la valeur de l'incertitude absolue ΔT sur la mesure de T_S , correspondant à $\frac{\Delta M_0}{M_0(T_S)} = \frac{1}{100}$.

3.2 - Vérifier numériquement que l'incertitude absolue sur T_S est donnée par :

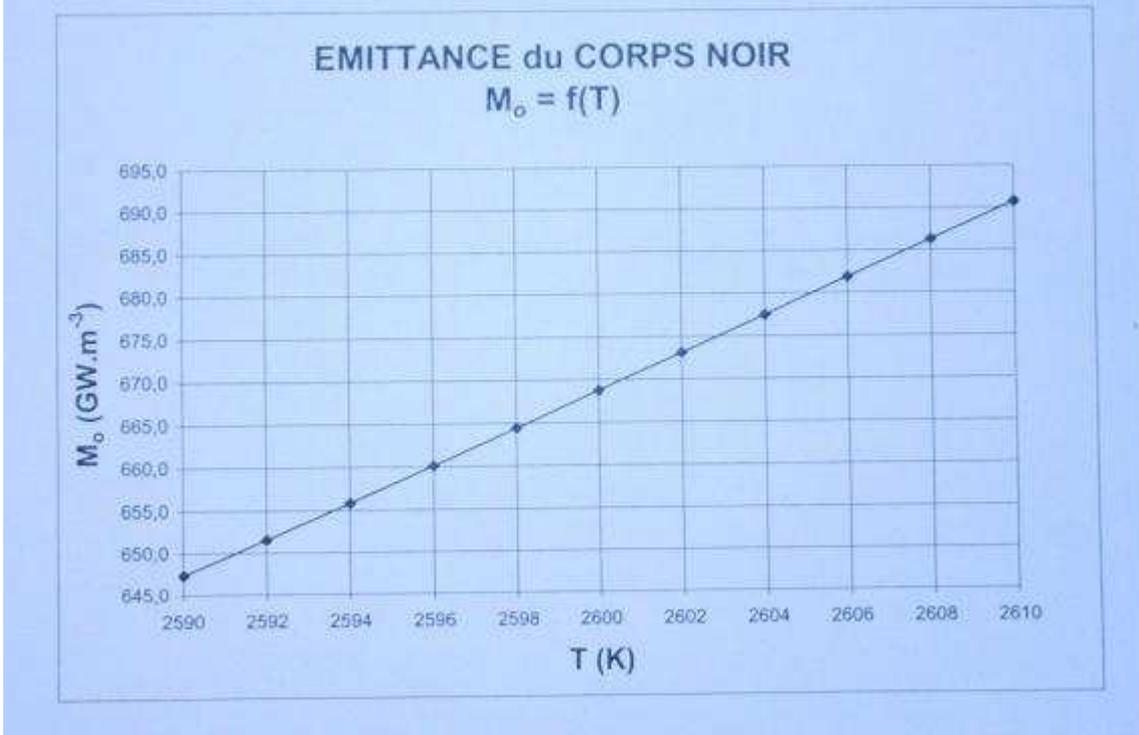
$$\Delta T = \frac{1}{100} \cdot \frac{\lambda_0 T_S^2}{C_2} \quad \text{avec } C_2 = \frac{hc}{k} = 1,439 \cdot 10^{-2} \text{ m.K.}$$

(h , constante de Planck ; c , célérité de la lumière dans le vide ; k , constante de Boltzmann).

3.3 - Conclure sur la précision des mesures de température faites avec cet appareil.

avec schéma :

Schéma 4 : Émittance du corps noir pour $\lambda_0 = 656,3 \text{ nm}$, au voisinage de $T_S = 2600 \text{ K}$.



- 3.1 le coefficient directeur cherché se calcule entre deux points assez voisins du point de référence, j'ai choisi: (2596,660) et (2604,677) parce que la droite qui joint ces points passe par le point de référence (2600, 668.7)

je trouve (ça c'est dur!!!) $a = dM/dT = (677 - 660) / (2604 - 2596) = 2,125 \text{ GW/m}^3\text{K}$

- 3.2 le calcul de dt est évident $dM_o/M_o = 1/100$ or $Dm = a dT$ donc $dT = M_o/100a$

AN: $dT = (668,7) / (100 \cdot 2,125) = 3,14 = 3\text{K}$ environ

le calcul demandé donne $dT = 3,08\text{K}$

- 3.3 la précision de l'appareil est optimale puisque le résultat expérimental couvre le résultat théorique à $0,14 - 0,08 = 0,06 \text{ K}$ près !

mon commentaire: j'avais traité le filtre Fabry-Pérot à un niveau très supérieur bien qu'il soit simple, ce sujet n'est pas bien intéressant, il fait "enfoncer des portes ouvertes par l'étudiant" qui ne sait pas s'il est possible que ce soit aussi simple !!! et qui ne voit pas où conduit le problème ! de plus présenter un sujet au texte aussi compliqué et chargé de notions qui ne sont même pas exploitées à un niveau BTS...quid ... ???

on va pas se plaindre, mais tout de même on ne s'y attendait pas!