



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV](#)®

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

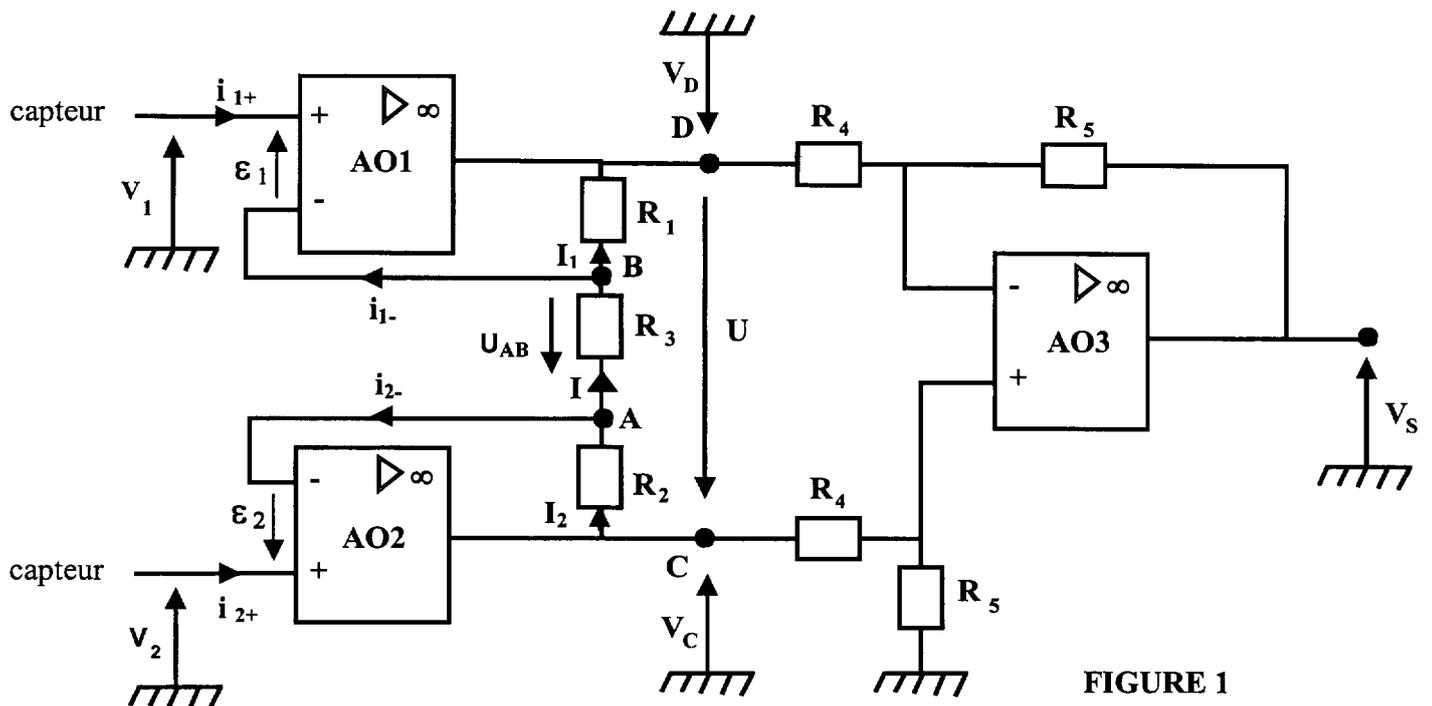


FIGURE 1

1.9 - On considère maintenant le deuxième étage comportant l'amplificateur opérationnel AO3 que l'on suppose idéal.

On montre facilement que la tension V_s en sortie du montage s'écrit : $V_s = \frac{R_5}{R_4} \cdot U$ avec $V_s > U$.

Quelle est la fonction réalisée par ce deuxième étage ?

1.10 - Application numérique : Pour une pression de 200 kPa, on veut que $U = 1$ Volt et $V_s = 10$ Volt.

Calculer le rapport $\frac{R_5}{R_4}$ permettant ce résultat.

En déduire la sensibilité $s = V_s / P$, de la conversion pression \rightarrow tension, exprimée en $V \cdot Pa^{-1}$.

Partie 2 : Conversion analogique-numérique de la tension V_s

On réalise une conversion analogique numérique de V_s , tension image de la pression dans la cuve, variant de 0 à 10 volts. On obtient un nombre $[N]$, proportionnel à la pression. Le dispositif de la figure 2 réalise cette conversion.

Le schéma ne représente pas le dispositif de maintien qui permet la lecture de la conversion lorsque celle-ci est terminée et la remise à zéro du compteur précédant une nouvelle conversion.

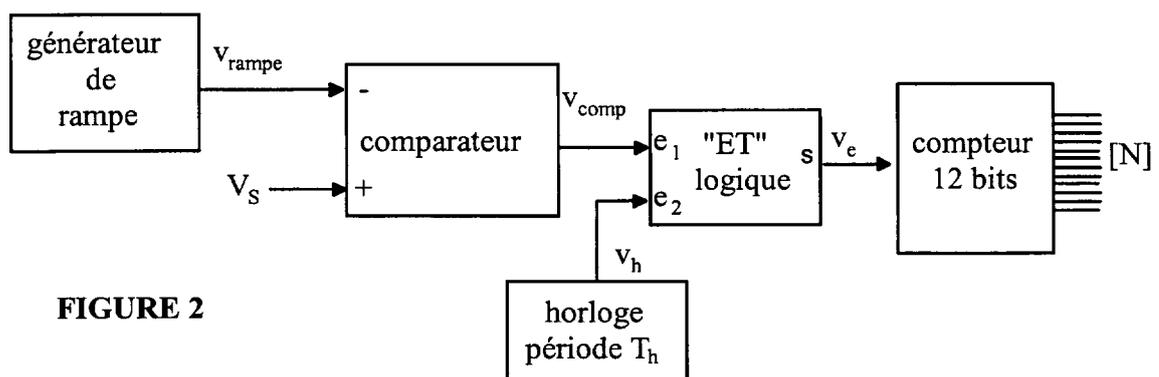


FIGURE 2

On admet comme hypothèse que la tension V_S reste constante pendant toute la durée de la conversion.

Le générateur de rampe fournit un signal en « dent de scie » v_{rampe} variant entre 0 et 12 volts, de période $T = 1$ ms (voir document réponse - graphe 1).

Le signal d'horloge v_h (graphe 3), de période T_h , de niveau 0 ou 5 volts, a un rapport cyclique égal à 0,5.

Le fonctionnement du comparateur est le suivant :

- si $V_S > v_{rampe}$, $v_{comp} = 5$ V ;
- si $V_S < v_{rampe}$, $v_{comp} = 0$ V.

La table de vérité du ET logique est la suivante :

e_1 (V)	e_2 (V)	v_e (V)
0	0	0
0	5	0
5	0	0
5	5	5

2.1 - Sur le document réponse, représenter, en fonction du temps, $v_{comp}(t)$ et $v_e(t)$.

Attention : Dans un souci de clarté, la période du signal d'horloge a été augmentée.

Les sorties du compteur sont actualisées sur front montant du signal d'horloge.

2.2 - En vous aidant du document réponse graphe 2 complété, identifier l'évènement qui indique que la conversion est terminée.

2.3 - Le compteur travaillant sur 12 bits, quel est le nombre décimal maximum, noté N_{MAX} , en sortie du compteur ?

2.4 - On veut que le nombre N_{MAX} coïncide avec la fin de la rampe.

2.4.1 - Calculer la période T_h du signal d'horloge.

2.4.2 - Exprimer littéralement puis numériquement la résolution, notée r , du convertisseur analogique-numérique.

2.4.3 - Exprimer littéralement puis numériquement la variation de pression ΔP qui provoque une incrémentation de 1 sur la sortie du compteur.

DANS CE CADRE

NE RIEN ÉCRIRE

Académie : _____ Session : _____
Examen ou Concours _____ Série* : _____
Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
NOM : _____
(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)
Prénoms : _____ N° du candidat
Né(e) le : _____

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

Repère : TPSP

Session : 2006

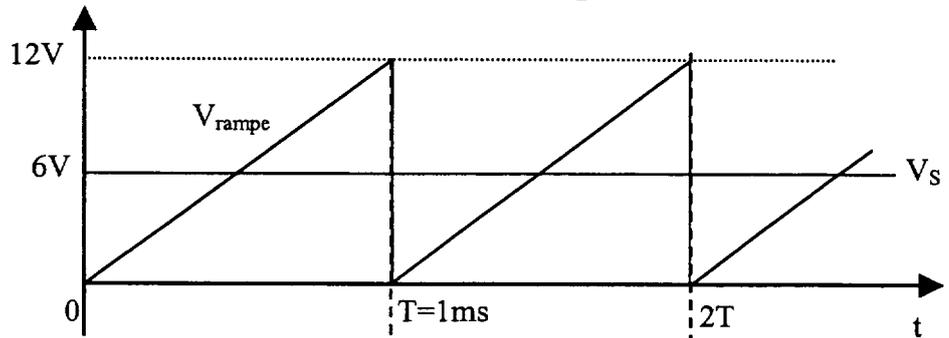
Durée : 4 H

Page : 4/14

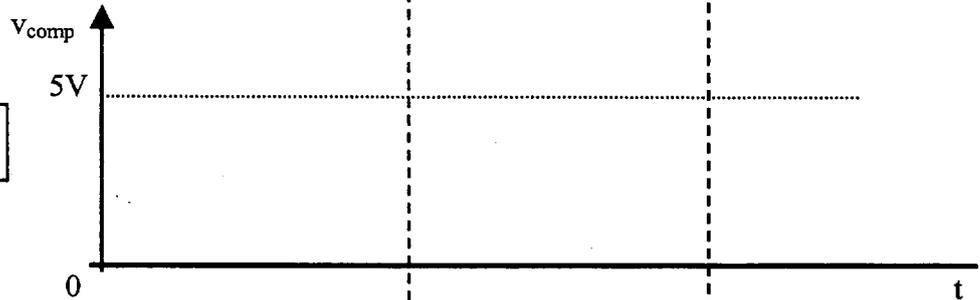
Coefficient : 4

DOCUMENT RÉPONSE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

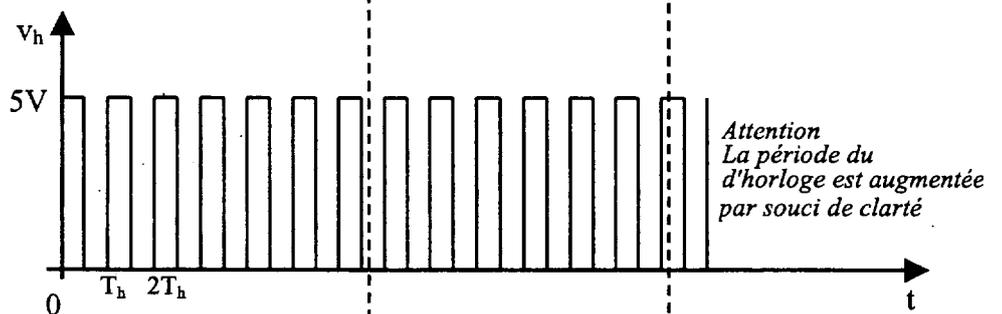
Graphe 1



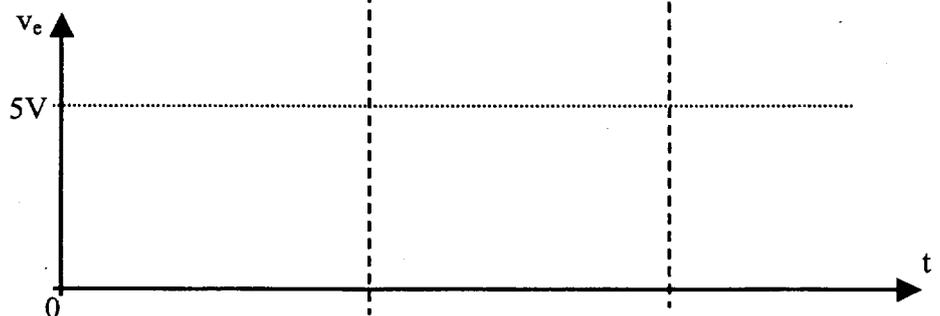
Graphe 2



Graphe 3



Graphe 4



PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE (durée conseillée 1 h 15)**LE MOTEUR DE STIRLING**

**Il n'est pas nécessaire d'avoir étudié le moteur de Stirling pour pouvoir traiter ce sujet.
Des rappels théoriques et résultats intermédiaires sont fournis dans l'énoncé.**

Partie 1 : Généralités sur les moteurs dithermes

Le moteur de Stirling est un système fermé échangeant du travail W avec l'extérieur, de la chaleur Q_c avec la source chaude à la température T_c et de la chaleur Q_f avec la source froide à la température T_f .

1.1 - Compléter le schéma du document réponse en faisant apparaître, à l'aide de flèches, le sens des échanges d'énergie (W , Q_c , Q_f). En déduire le signe de chacun de ces échanges.

1.2 - Donner la définition du rendement η du moteur de Stirling.

Partie 2 : Étude d'un moteur de Stirling

Le moteur de Stirling est modélisé par un cycle à quatre transformations réversibles. Le gaz utilisé dans ce cycle est considéré comme parfait et sa quantité de matière (nombre de moles n) est constante puisque le système est fermé.

- **Compression isotherme** : ($1 \rightarrow 2$) à la température T_f de la source froide. On passe alors du volume V_1 au volume V_2 tel que $V_1 > V_2$. Dans cette transformation, le gaz échange de la chaleur avec la source froide.
- **Chauffage isochore** : ($2 \rightarrow 3$) jusqu'à la température T_c de la source chaude.
- **Détente isotherme** : ($3 \rightarrow 4$) à la température T_c , jusqu'au volume initial. Dans cette transformation, le gaz échange de la chaleur avec la source chaude.
- **Refroidissement isochore** : ($4 \rightarrow 1$) jusqu'à la température T_f .

Dans la suite du sujet on notera W_{12} , W_{23} , W_{34} et W_{41} les travaux échangés au cours des transformations ($1 \rightarrow 2$), ($2 \rightarrow 3$), ($3 \rightarrow 4$), ($4 \rightarrow 1$) ; on fera de même pour les quantités de chaleur.

2.1 - Compléter le diagramme de Clapeyron fourni sur le document réponse en précisant :

- les points (1, 2, 3, 4) du cycle ;
- le sens du parcours du cycle.

2.2 - Quel échange d'énergie représente l'aire du cycle en coordonnées de Clapeyron ?

2.3 - Compléter le tableau du document réponse (page 8/14), en indiquant les éventuels calculs effectués.

2.4 - A partir de l'expression générale du travail des forces pressantes entre un état initial i et un état

final f : $W_{if} = \int_i^f P \cdot dV$, démontrer que l'expression du travail W_{12} , pour la compression isotherme,

s'exprime de la manière suivante : $W_{12} = n R T_f \ln \frac{V_1}{V_2}$, avec n le nombre de moles du gaz parfait.

2.5 - De même on montre que $W_{34} = n R T_c \ln \frac{V_2}{V_1}$.

Quelle est la variation d'énergie interne ΔU_{34} pour cette dernière transformation ? En déduire l'expression de la quantité de chaleur Q_{34} échangée avec la source chaude, en fonction de V_1 , V_2 , T_c , n et R .

2.6 - Que valent les travaux W_{23} et W_{41} , effectués pendant les transformations isochores ? Justifier votre réponse.

2.7 - On montre que le travail effectué dans le cycle a pour expression : $W = n R (T_c - T_f) \ln \frac{V_2}{V_1}$.

Sachant que la chaleur apportée au système pendant la phase de chauffage isochore ($2 \rightarrow 3$) est entièrement récupérée durant la phase de refroidissement isochore ($4 \rightarrow 1$) grâce à un échangeur thermique, on peut considérer que la chaleur Q_c n'est apportée au moteur que pendant la transformation ($3 \rightarrow 4$), donc $Q_c = Q_{34}$.

Démontrer que le rendement du moteur de Stirling peut se mettre sous la forme : $\eta = 1 - \frac{T_f}{T_c}$ comme celui du moteur de Carnot.

Partie 3 : Applications numériques

Utiliser les valeurs numériques du document réponse.

3.1 - Calculer le rendement du moteur de Stirling.

3.2 - Calculer le travail échangé au cours d'un cycle. Interpréter le signe du résultat.

3.3 - En déduire les quantités de chaleur Q_{34} et Q_{12} échangées respectivement avec la source chaude et la source froide au cours d'un cycle.

Donnée : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Repère : TPSP

Session : 2006

Durée : 4 H

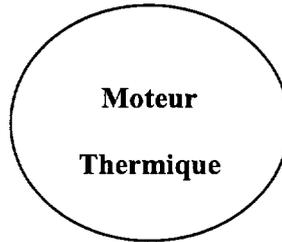
Page : 7/14

Coefficient : 4

DOCUMENT REPONSE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

Schéma :

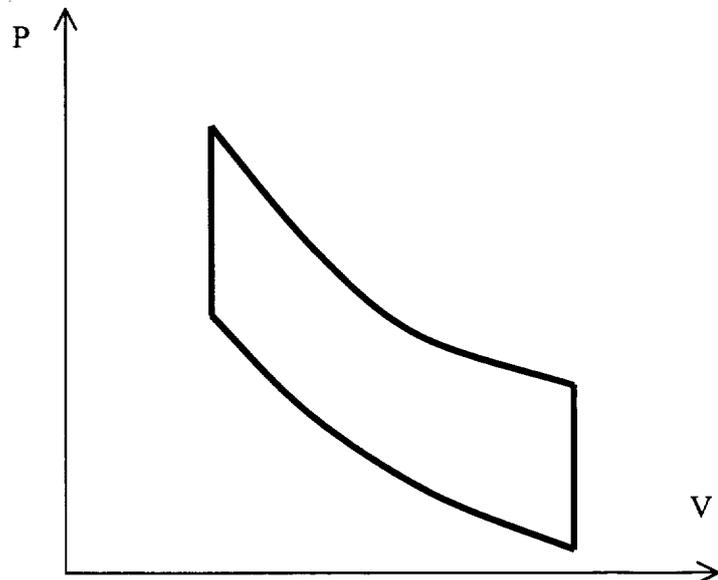
Source
chaude



Milieu
Extérieur

Source
Froide

Diagramme de Clapeyron :



DANS CE CADRE

Académie : _____ Session : _____

Examen ou Concours _____ Série* : _____

Spécialité/option* : _____ Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

(en majuscules, suivi s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms : _____ N° du candidat

Né(e) le : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

NE RIEN ÉCRIRE

Repère : TPSP

Session : 2006

Durée : 4 H

Page : 8/14

Coefficient : 4

DOCUMENT REPONSE SUITE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

Tableau :

	Etat 1	Etat 2	Etat 3	Etat 4
T (K)	273		823	
V (m ³)	2,00.10 ⁻³	2,86.10 ⁻⁴		
P (Pa)	100.10 ³	70.10 ⁴		300.10 ³

PARTIE OPTIQUE (durée conseillée 1 h 15)**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 $\delta = [\ell_2] - [\ell_1]$ la différence de chemin optique entre deux rayons transmis successifs pour une incidence normale.

- 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_{tr} , 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 :

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

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

Partie 3 : Mesure des températures

On suppose que le filtre "H α " 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'émittance 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'émittance 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'émittance 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 :

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

(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.

Schéma 1 : principe du pyromètre à disparition du filament.

Schéma 1a :

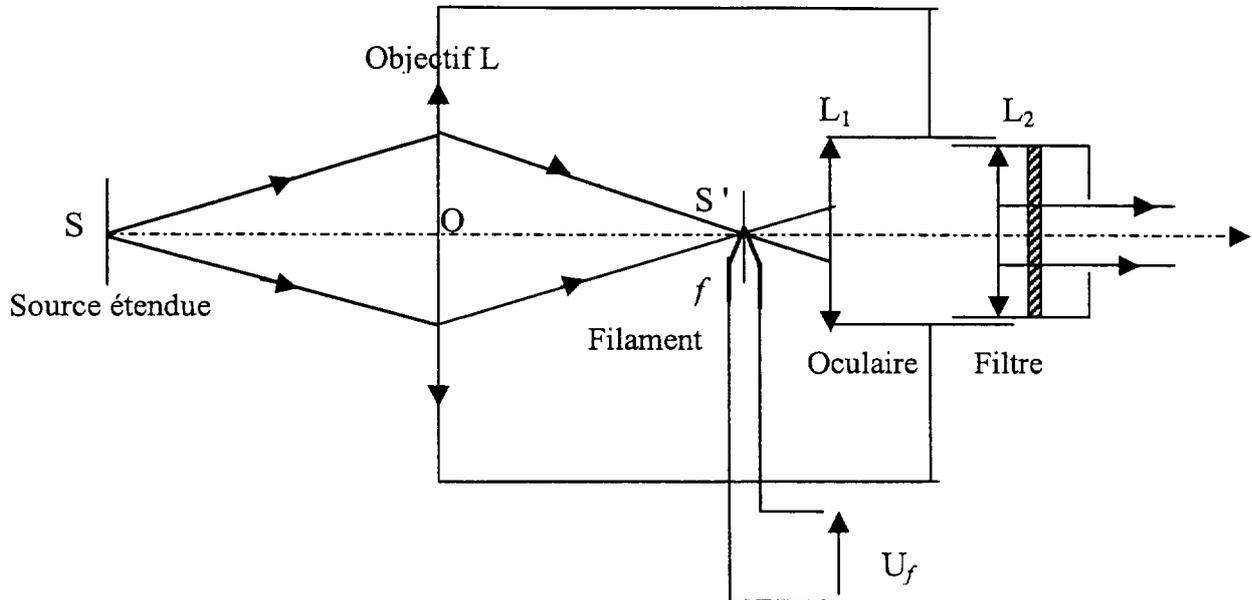


Schéma 1b :

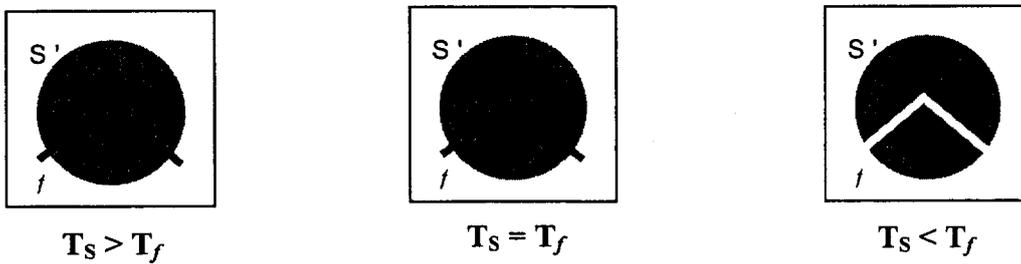
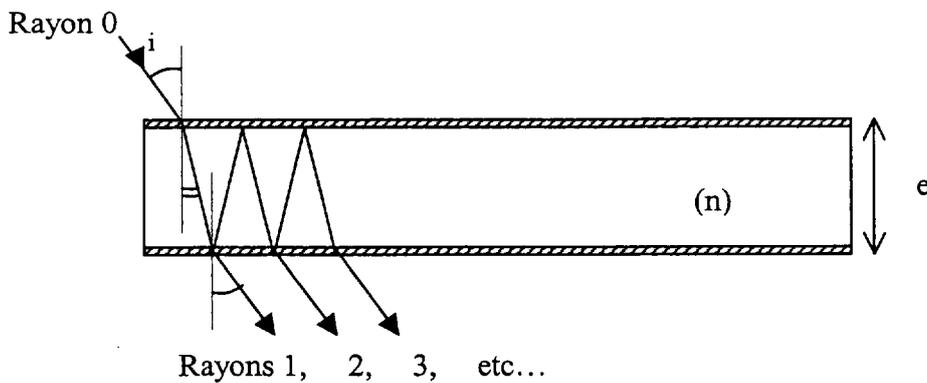
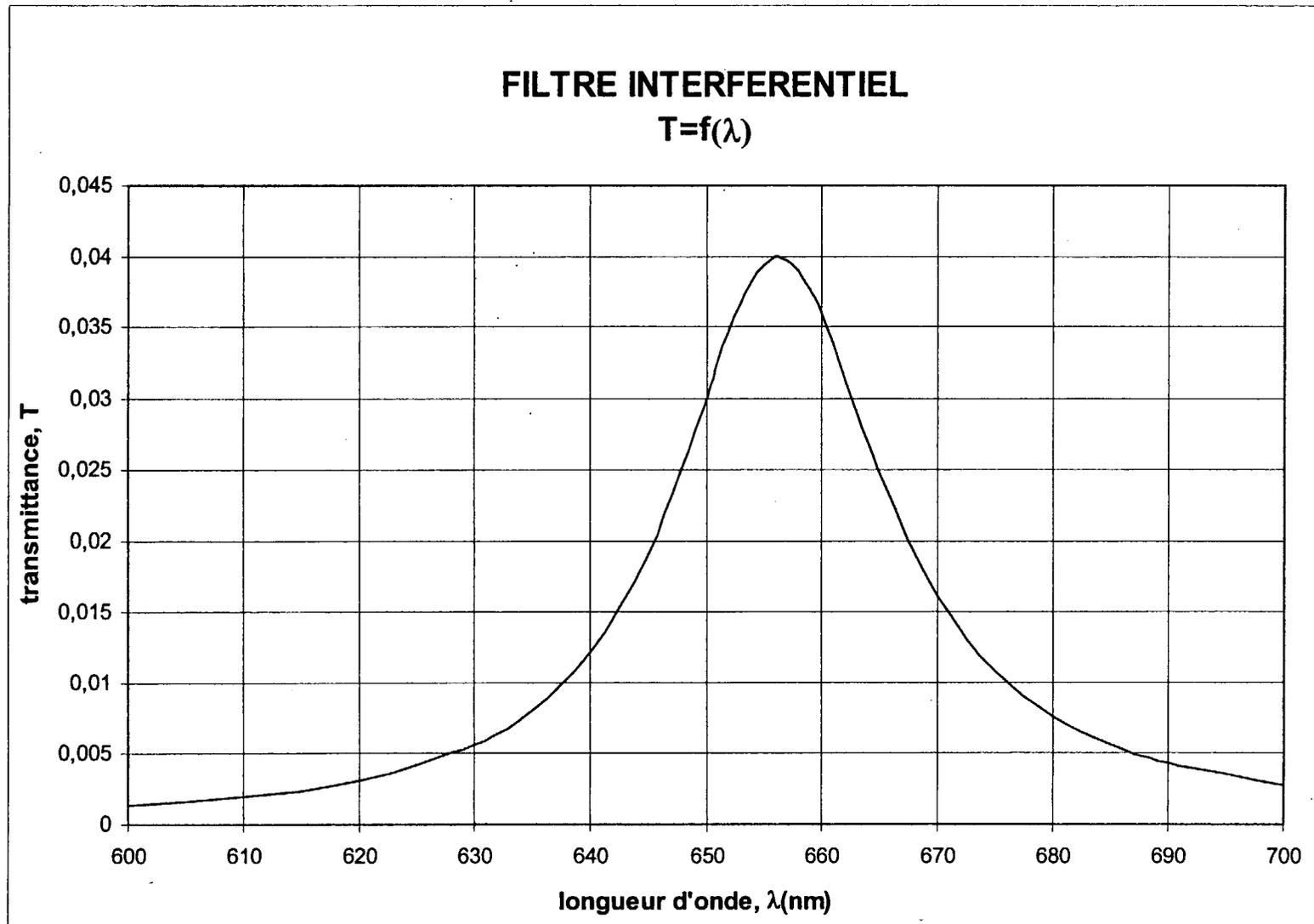


Schéma 2 : principe du filtre interférentiel.



DOCUMENT RÉPONSE
(à rendre obligatoirement avec la copie)

Schéma 3 : Transmittance du filtre interférentiel, au voisinage de $\lambda_0 = 656,3$ nm.



Académie : _____

Examen ou Concours : _____

Spécialité/option* : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

NOM : _____

Prénoms : _____

Né(e) le : _____

N° du candidat : _____

Série* : _____

Repère de l'épreuve : _____

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

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

