ELECTRICITE (durée conseillée : 1h30) 8 points

L'étude porte sur l'étude d'un moteur à courant continu de laboratoire, son alimentation, ainsi que la mesure de son couple utile.

Les trois parties peuvent être traitées de façon indépendante.

A-Etude du moteur :

Le moteur à courant continu est à excitation indépendante. Dans tout le problème, on maintient constant le courant d'excitation ; le flux Φ du champ magnétique créé par la circulation de ce courant est donc également constant. La réaction magnétique d'induit est parfaitement compensée (un enroulement auxiliaire traversé par le courant d'induit permet d'éliminer les effets du champ magnétique créé par le courant qui circule dans chaque conducteur de l'induit).

On rappelle que, lorsqu'un régime permanent est établi, le schéma de la figure 1 modélise l'induit du moteur. On rappelle également que la fem E du moteur est liée à Ω (vitesse angulaire exprimée en rad.s^{-1}) par la relation $E = K\Phi\Omega$ et que le moment du couple électromagnétique a pour expression $\Gamma_{em} = K\Phi I$; dans ces expressions K est une constante, I est l'intensité du courant électrique, Φ le flux sous un pôle.

La résistance de l'inducteur est $r = 2{,}9$ kΩ.

La résistance de l'induit est $R = 42\ \Omega$.

A-1 Essai à vide :

On effectue un essai à vide et on mesure les valeurs suivantes :

Tension aux bornes de l'induit U = 200 V.
Intensité du courant dans l'induit I_0 = 17,5 mA.
Fréquence de rotation n_0 = 3400 tr.min^{-1}.

A-1-1 Calculer la force électromotrice E_0.
A-1-2 Calculer la puissance P_0 fournie à l'induit.
A-1-3 Calculer les pertes joules P_{Jo} dans l'induit.
A-1-4 Calculer la somme P_C des pertes mécanique + fer (pertes dites constantes).
A-1-5 Calculer le moment Γ_P du couple de pertes (il sera supposé constant dans la suite du problème).

A-2 Essai en charge :

L'induit est toujours alimenté sous la tension U = 200 V , on le charge avec un frein à poudre ; l'intensité du courant électrique qui le traverse est maintenant I = 0,8 A.

A-2-1 Calculer la force électromotrice E.
A-2-2 Calculer la fréquence n_C de rotation du moteur en $tr.min^{-1}$.
A-2-3 Calculer le moment Γ_{em} du couple électromagnétique.
A-2-4 Calculer le moment Γ_u du couple utile.
A-2-5 Calculer le rendement η de l'induit du moteur.

B-Etude de l'alimentation du moteur :

Le moteur est alimenté à l'aide du dispositif représenté sur la figure 2.

L'inducteur est alimenté par un pont monophasé à quatre diodes. L'induit est alimenté par un pont mixte. Tous les composants électroniques sont supposés parfaits. Chacun de ces ponts est alimenté par le même réseau monophasé, délivrant une tension de fréquence $f=\omega/2\pi=50Hz$ et de valeur efficace 220 V. L'inducteur et l'induit sont tous les deux suffisamment inductifs pour que l'on puisse considérer que l'intensité du courant qui circule dans chacun d'eux est constante.

B-1 Alimentation de l'inducteur :

B-1-1 Donner, sur le document réponse, l'allure de $u_{ex}(t)$

B-1-2 Calculer la valeur moyenne $\overline{u}_{ex}$ de u_{ex}.

B-2 Alimentation de l'induit :

Le thyristor Th1 est amorcé périodiquement aux instants t_0, $t_0 + T$, etc ... ; le thyristor Th2 est amorcé périodiquement aux instants $t_0 + T/2$, $t_0 + 3T/2$, etc ..., T étant la période du réseau qui alimente le pont mixte. L'intensité du courant dans l'induit, pratiquement constante, est égale à 0,8 A.

B-2-1 Donner, sur le document réponse, les allures de la tension u(t) aux bornes de l'induit et de l'intensité i'(t) du courant dans un fil de ligne.

B-2-2 La valeur moyenne de u(t), notée $\overline{u}$, dépend de t_0 et donc de l'angle θ_0 de retard à l'amorçage des thyristors ($\theta_0 = \omega t_0$). Cette valeur moyenne a pour expression en fonction de θ_0 :

$$\overline{u} = \frac{220.\sqrt{2}}{\pi}.(1 + \cos\theta_0)$$

Quelle valeur faut-il donner à θ_0 pour obtenir une valeur moyenne de u(t) égale à 150 V ?

C- Mesure du couple:

Un capteur de force est constitué par une jauge collée sur un corps d'épreuve (figure 3). La résistance de la jauge est proportionnelle à l'effort auquel est soumis le corps d'épreuve. La variation de cette résistance est donnée par la relation :

$$\Delta R = \frac{K'.F.R_0}{S}$$

avec le coefficient K' égal à 10^{-10} m^2/N ; la section S du corps d'épreuve égale à $5.10^{-4}m^2$ et la force F appliquée sur le corps d'épreuve en Newton.

La jauge a pour longueur $l = 5.10^{-3}$ m et pour section $s = 2.10^{-11}$ m^2.

La résistivité du métal constituant la jauge est $\rho = 10^{-6}$ Ω.m.

C-1 En assimilant la jauge à un fil résistif, calculer sa résistance R_0 en l'absence de contrainte.

C-2 Calculer la variation de résistance ΔR provoquée par une force de 500 N.

La jauge est assimilable à une résistance variable R que l'on intègre dans le montage figure 4. L'amplificateur opérationnel est supposé parfait, alimenté en (+15V , -15V) et travaille en régime linéaire.

C-3 Exprimer le modèle de Thévenin du dipôle PM (en fonction de R_0 et u_e)

C-4 Exprimer le modèle de Thévenin du dipôle QM' (en fonction de R_0, R et u_e). On ne tiendra pas compte de la résistance 10^3 R_0.

C-5 Les modèles de Thévenin précédents conduisent à remplacer le schéma de la figure 4 par son schéma équivalent (figure 5) ; montrer que :

$$u_s = \frac{R_3.(R_1+R_3)}{R_1.(R_2+R_3)}.u_2 - \frac{R_3}{R_1}.u_1$$

C-6 L'exploitation des résultats précédents permet d'obtenir l'expression suivante (que vous n'avez pas à démontrer) :

$$u_s = 10^3 \left(\frac{R-R_0}{R+R_0}\right) u_e$$

En posant $R = R_0 + \Delta R$ (avec ΔR très petit devant R_0) donner la relation numérique liant u_s à F lorsque $u_e = 10$ V.

Effectuer l'application numérique dans le cas où F = 500 N.

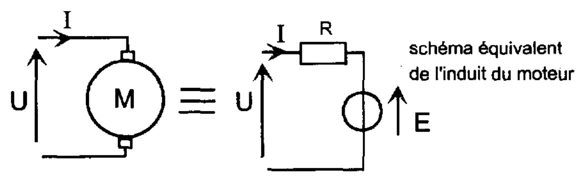


FIGURE 1

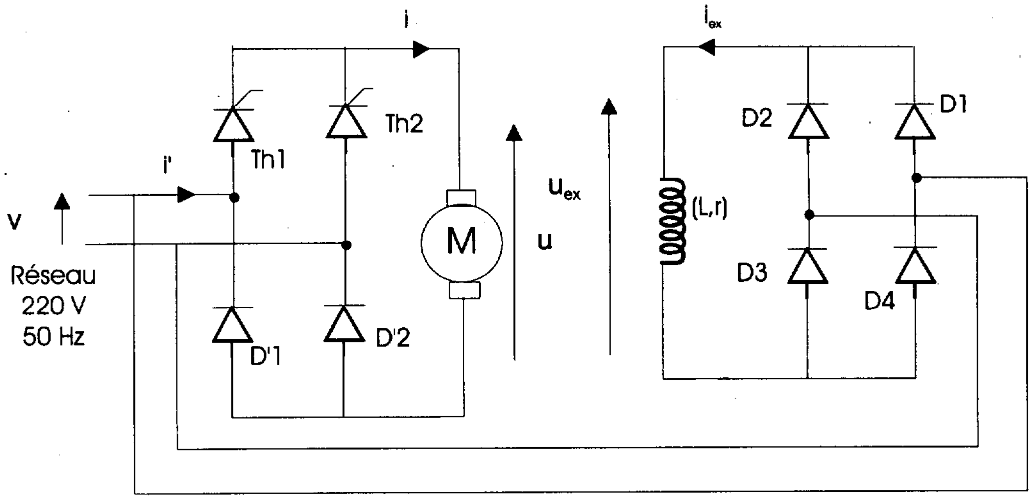


FIGURE 2

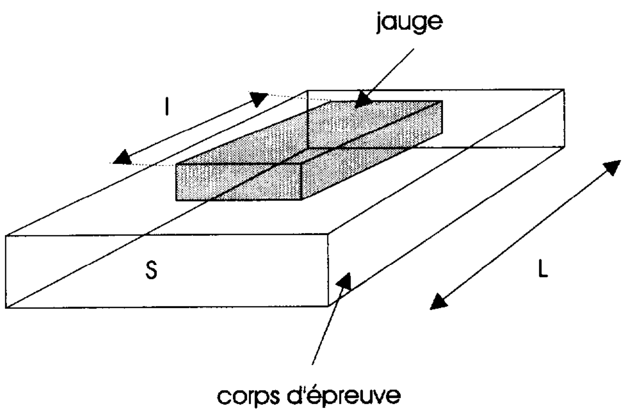


FIGURE 3

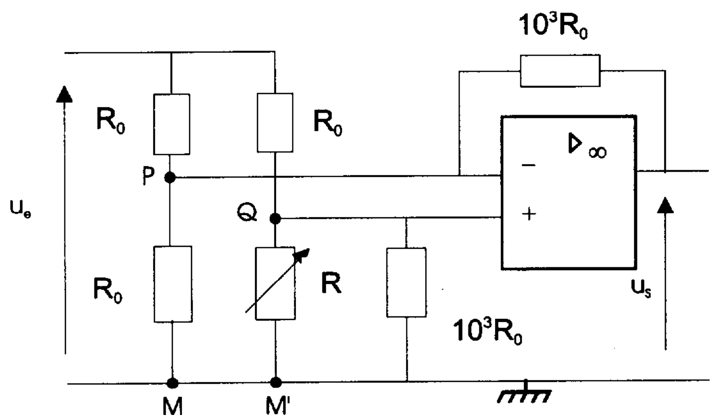


FIGURE 4

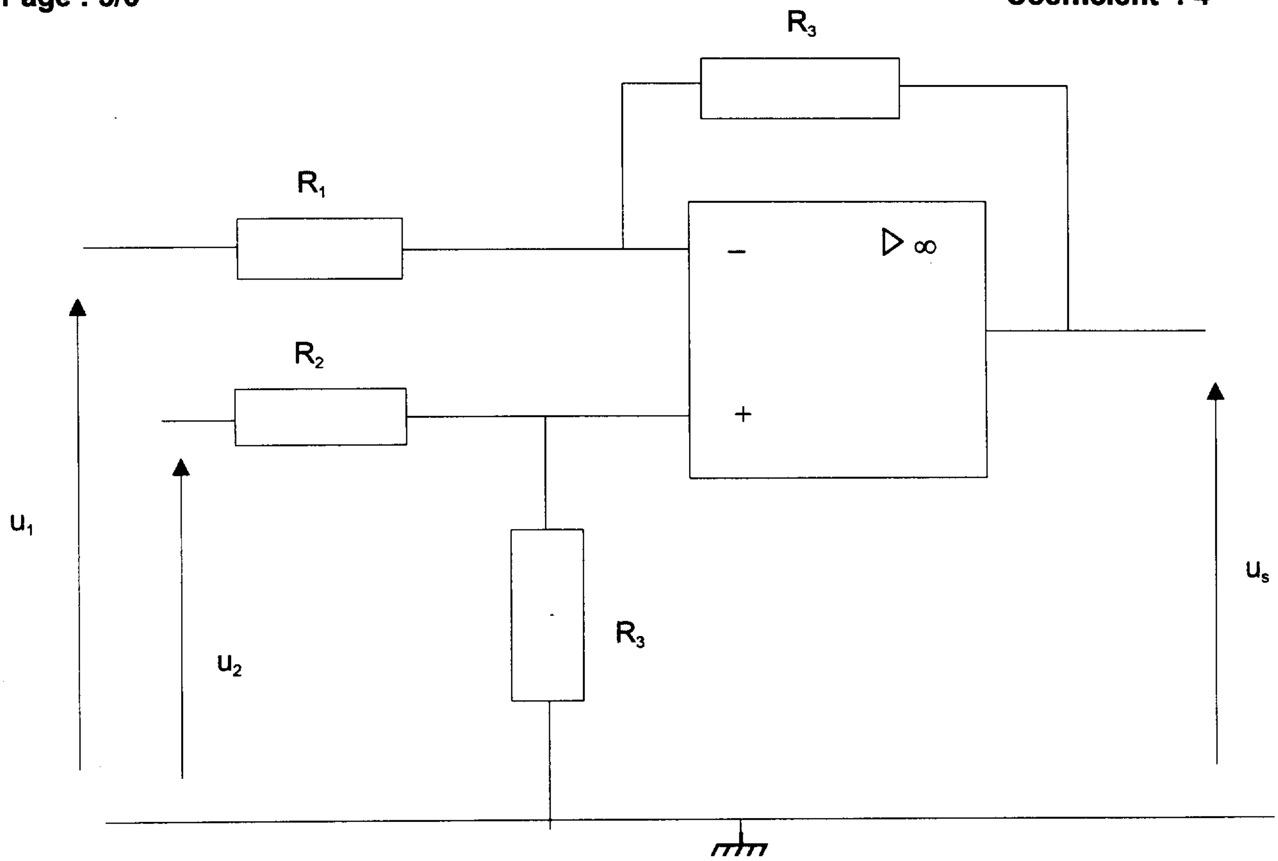


FIGURE 5

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

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

Né(e) le :

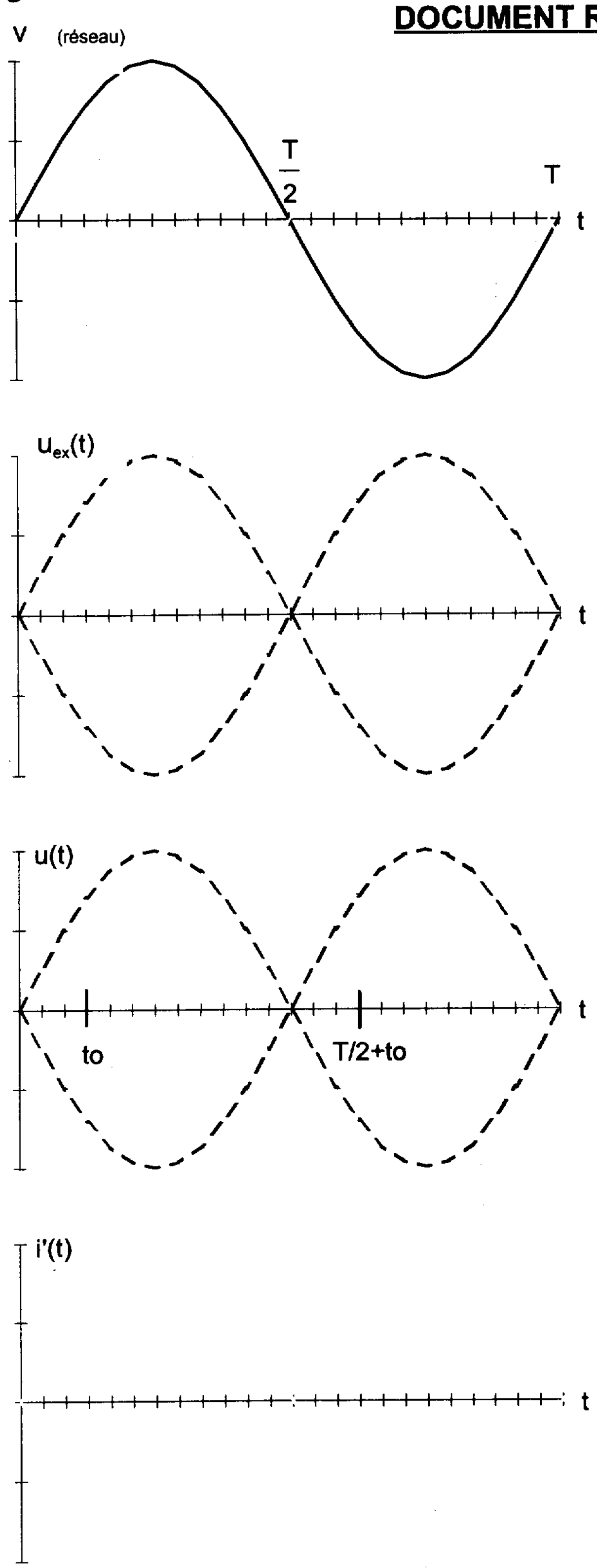
DANS CE CADRE NE RIEN ÉCRIRE

* Uniquement s'il sagit d'un examen.

Repère TPSP **Session 2000** **Durée : 4 H**

Page : 6/6 **Coefficient : 4**

DOCUMENT REPONSE



PARTIE OPTIQUE
Durée Conseillée : 1 heure 15 min (6 points)

On expose dans ce sujet différentes façons de mesurer une longueur d'onde inconnue, en utilisant un montage de diffraction ou un interféromètre de Michelson . Les parties A et B sont indépendantes.

A - DIFFRACTION - INTERFERENCES

I) - On réalise une expérience de diffraction (Figure 1). Un faisceau de lumière parallèle de lumière monochromatique de longueur d'onde λ arrive en incidence normale sur un écran E percé d'une fente de largeur a que l'on peut supposer infiniment longue. On étudie la diffraction à l'infini dans le plan focal de la lentille L_2 de distance focale f'=80 cm.
On rappelle que l'expression de l'intensité en fonction de l'angle de diffraction α, supposé petit, est :

$$I = I_0\left(\frac{\sin\mu a}{\mu a}\right)^2 \quad \text{avec } \mu = \frac{\pi\alpha}{\lambda}$$

L'abscisse x d'un point tel que M est repérée par rapport au point origine F'_2.

1) a) Quelle est l'allure de la courbe de diffraction $I(\alpha)$ obtenue dans le plan focal de la lentille L_2 ?

b) Sur cette courbe, indiquer les expressions des angles correspondant aux minima d'intensité.

2) Quelle est la relation existant entre l'abscisse x du point M et l'angle de diffraction α ? En tenant compte du fait que α est petit, déduire l'expression donnant les abscisses des points d'intensité minimale.

3) Pour déterminer la largeur a de la fente, on l'éclaire en lumière parallèle par la raie verte du mercure (λ= 546,0 nm).
On observe que les deux premiers minima d'intensité de part et d'autre du maximum central sont distants de Δx = 5,2 mm. En déduire la largeur a.

4) Eclairant la même fente par une lumière de longueur d'onde inconnue, on trouve que la distance entre les minima limitant la tache centrale est désormais $\Delta x'$ = 6,0 mm. Quelle est la longueur d'onde λ' de ce rayonnement ? Quelle en est la couleur ?

II) On revient à la source monochromatique de longueur d'onde λ mais on remplace maintenant la fente utilisée précédemment par deux fentes F_1 et F_2 identiques dont la largeur a est de même valeur que celle trouvée au I)3). on réalise ainsi l'expérience d'Young. Les centres des deux fentes sont distants de $d > a$. L'expression de l'intensité est désormais :

$$I = 4\,I_0 \left(\frac{\sin \mu a}{\mu a} \right)^2 \cos^2(\mu d) \quad \text{avec } \mu = \frac{\pi \alpha}{\lambda}$$

1) Donner l'allure de la courbe I(x).

2) Donner l'expression de l'abscisse des franges brillantes, en déduire celle de l'interfrange.

3) On relève 7 franges entières dans la tache centrale de diffraction, de largeur $\Delta x = 5{,}2$mm. Calculer la valeur de la distance d entre les fentes.

B - INTERFEROMETRE DE MICHELSON

I) - On utilise maintenant un interféromètre de Michelson, pour mesurer une longueur d'onde inconnue λ. Dans un premier temps l'appareil est monté et réglé de façon à visualiser des anneaux (Figure 2). La source est constituée par une lampe spectrale au mercure munie d'un filtre isolant sa raie verte. En déplaçant le miroir mobile M_2 à vitesse constante, grâce au moteur, les anneaux défilent. Au foyer F' de la lentille de projection L_2 est placé un photodétecteur relié à une table traçante. On enregistre ainsi sur papier la variation d'intensité au point F' au cours du déplacement du miroir mobile. Cette intensité varie de façon sinusoïdale selon l'expression $I = 2I_0\,(1 + \cos \varphi)$ où φ est la différence de phase entre les ondes qui interfèrent.

1) Si on déplace le miroir mobile d'une distance e, quelle est la différence de marche supplémentaire δ introduite ?

2) Quelle est la relation entre la différence de marche δ et la longueur d'onde λ dans le cas des franges brillantes ?

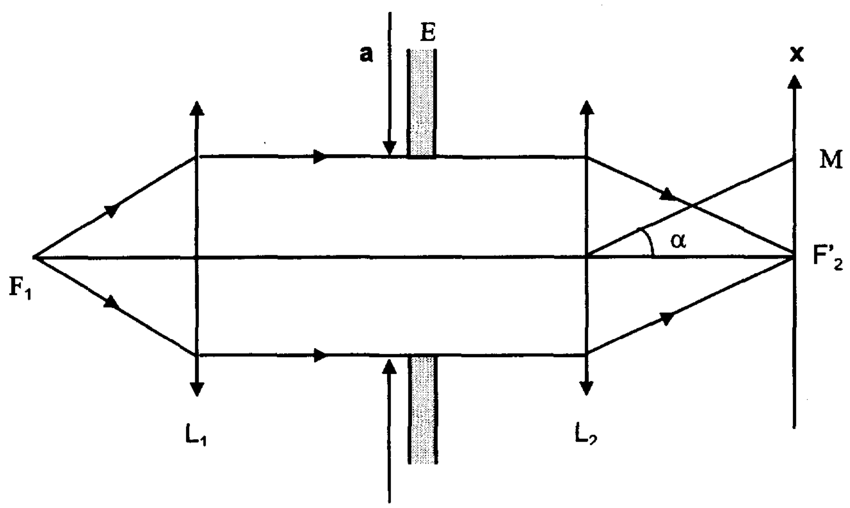
3) En déplaçant le miroir d'une distance d=0,030 mm on a compté sur l'enregistrement 110 franges.
En déduire la valeur de la longueur d'onde λ.

II) - Le miroir M_2 est incliné d'un angle α (Figure 3). L'interféromètre étant éclairé en lumière parallèle, on observe les franges du coin d'air. On utilise une lentille pour en visualiser l'image sur un écran.

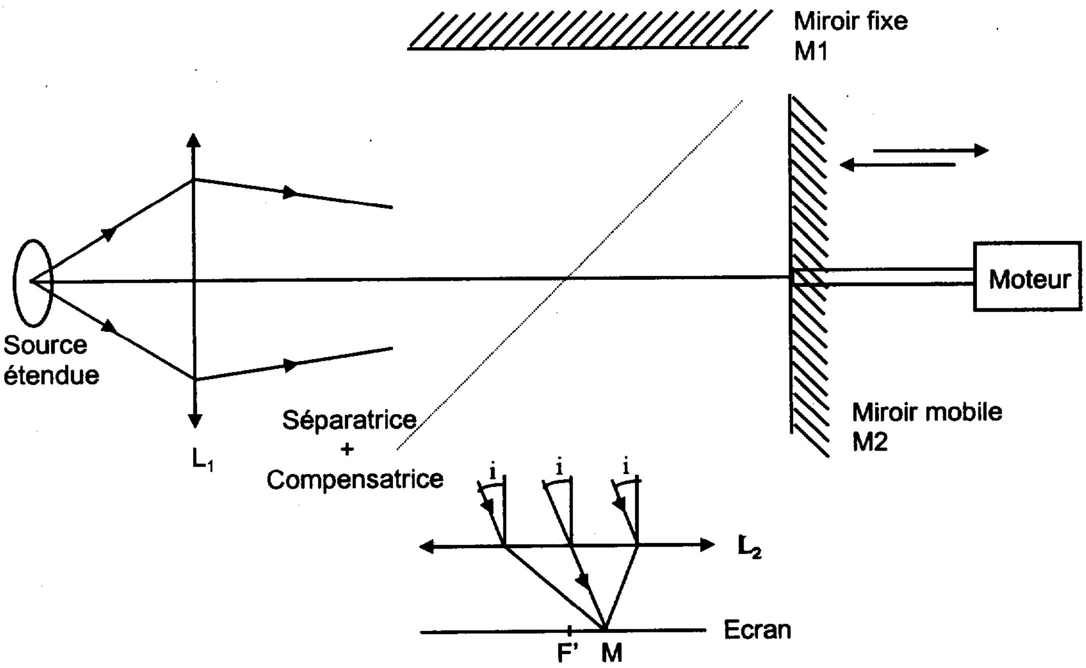
1) La lentille L_2 dont la distance focale est f' = +200 mm est placée à une distance OA = 23 cm du miroir fixe. A quelle distance de la lentille faut-il placer l'écran pour avoir une image nette ?

2) Quel est le grandissement de la lentille ?

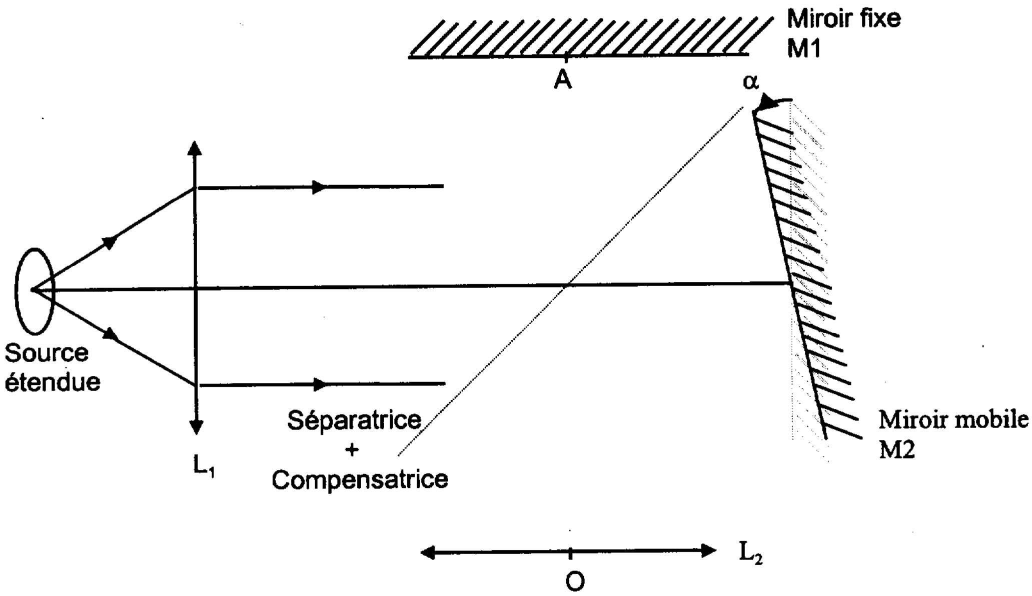
3) Sur l'écran on mesure une interfrange de 6,0 mm. Quelle est l'interfrange i sur le miroir ? En réalisant l'expérience avec une longueur d'onde connue on a déterminé la valeur de α : $\alpha = 3{,}0.10^{-4}$ rad. En déduire la valeur de λ. On rappelle que $i = \lambda / (2\alpha)$.



- Figure 1 -



- Figure 2 -



- Figure 3 -

THERMODYNAMIQUE

(durée conseillée : 1 h 15 min) 6 points

Le but de ce problème est d'étudier le fonctionnement d'un moteur de type turbine à gaz à combustion externe.

Pour cette machine thermique, un **gaz**, que l'on supposera **parfait** décrit en **circuit fermé** les opérations suivantes:

- *Le gaz initialement à l'* ***Etat 1****, sa pression est P_1 et sa température T_1 , traverse un compresseur dans lequel il subit une évolution* ***adiabatique réversible*** *jusqu'à l'****Etat 2*** *(la température est ainsi T_2 et la pression P_2).*
- *Il se trouve alors en contact avec une source chaude où il se réchauffe de façon* ***isobare,*** *jusqu'à la température T_3, il est dans l'****Etat 3****.*
- *Le gaz pénètre ensuite dans la turbine où il se détend de manière* ***adiabatique réversible*** *jusqu'à la pression $P_4 = P_1$. En fin de détente sa température est T_4, il est à l'****Etat 4****.*
- *Il achève enfin de se refroidir d'une façon* ***isobare*** *au contact d'une source froide pour se retrouver dans l'****Etat 1***

1 - Tracer l'allure du cycle de cette machine dans un diagramme de Clapeyron P= f(V) en indiquant son sens de rotation.

2 – Donner la relation entre P_2 et P_3.

3 - Lors d'une évolution adiabatique réversible, un gaz parfait suit la loi de Laplace : PV^{γ} = Cte où $\gamma = C_p / C_v$ est le rapport des capacités thermiques à pression et volume constants, supposé indépendant de la température.

3.1 - Réécrire cette loi en fonction des variables T et P et du rapport γ

3.2 - En déduire les expressions des températures T_2 et T_4 en fonction de P_1, P_2, T_1, T_3 et γ.

4 - Préciser, pour une mole de gaz, les expressions des quantités de chaleur Q_C et Q_F échangées respectivement avec la source chaude et la source froide.

5 - En utilisant le Premier Principe, donner l'expression du travail global W fourni à cette mole de gaz pendant un cycle en fonction de Cp, T_1, T_2, T_3 et T_4.

6- Le rapport $r = P_2/P_1$ est généralement imposé par les limites de résistance mécanique du compresseur.

6.1 - Montrer que le rendement théorique η_{th} de cette machine s'écrit :

$$\eta_{th} = 1 - r^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

6.2 - Avec lequel des trois gaz suivants obtiendra-t-on le meilleur rendement ? Justifier.

Gaz	Valeur γ
Argon	5/3 = 1,67
Air	7/5 = 1,40
Gaz carbonique	1,31

7 - Applications numériques

7.1 - Donner les valeurs de T_2, T_4 et η_{th}, pour $\gamma = 1{,}67$, $r = 4{,}0$, $P_1 = 1{,}0.10^5$ Pa, $T_1 = 300$ K et $T_3 = 900$ K.

7.2 - Comparer la valeur de η_{th} au rendement de Carnot η_{Ca} calculé dans le cas d'une source froide de température T_1 et d'une source chaude de température T_3. Ce résultat était-il prévisible ? Pourquoi ?