

# CONCOURS BLANC 2016

PTSI – Lycée C.Coeffin

---

## Épreuve de Physique

Mercredi 18 mai 2016 de 13h00 à 17h00

### Instructions générales :

- L'usage de la calculatrice est interdit.
- Les candidats sont invités à porter une attention particulière à la rédaction : les copies illisibles ou mal présentées seront pénalisées.
- Toute application numérique ne comportant pas d'unité ne donnera pas lieu à attribution de points.

### Ex1. Optique.

Aides au calcul :  $\frac{1,2 \cdot 3}{1,23} = 2,92$  ;  $\frac{12 \cdot 15}{13,5} = 13,3$ ;

1. On considère une lentille **mince** de centre O dans l'**approximation de Gauss**.

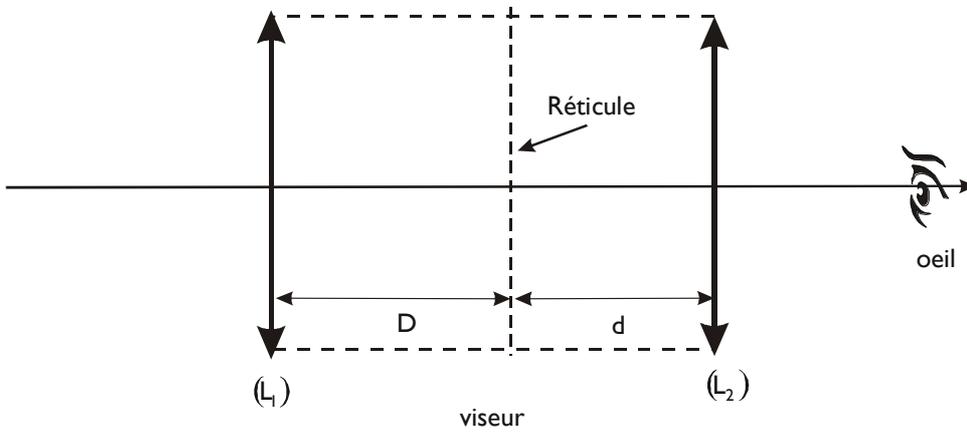
1.1. Préciser la signification des deux termes en gras.

1.2. On rappelle la formule de conjugaison de Descartes pour une lentille mince de centre O donnant la position de l'image  $\overline{OA'}$  en fonction de celle de l'objet  $\overline{OA}$  :  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

Etablir l'expression du grandissement en fonction de  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$ .

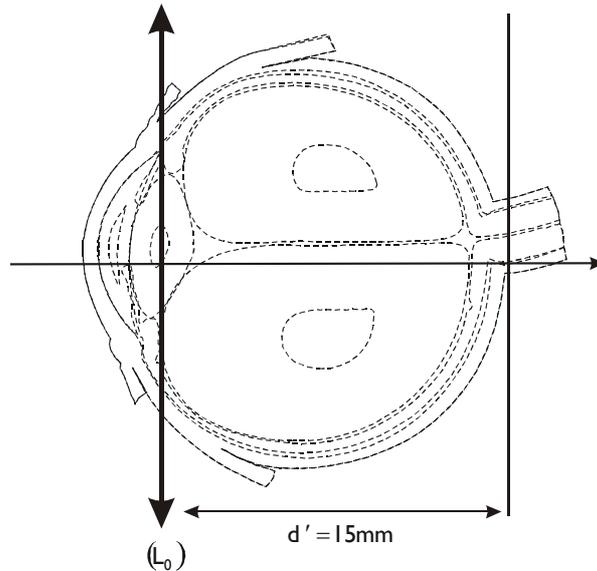
2. Un viseur à frontale fixe est constitué :

- d'un objectif, constitué d'une lentille mince ( $L_1$ ) convergente de centre  $O_1$  et de distance focale image,  $f'_1 = 7\text{cm}$ ,
- d'un réticule distant d'une distance  $D = 14\text{ cm}$  de l'objectif,
- d'un oculaire constitué d'une lentille mince ( $L_2$ ) convergente de centre  $O_2$  et de distance focale image  $f'_2 = 3\text{cm}$ , située à la distance  $d$  du réticule.



2.1. Un œil « normal » voit sans accommodation à l'infini. En déduire la distance  $d$  pour que l'œil puisse voir le réticule sans accommoder.

2.2. Un œil myope est modélisable par une lentille ( $L_o$ ) convergente dont le centre optique O est placé à  $d' = 15$  mm de la rétine, modélisé par un écran. Sa faculté d'accommodation lui permet d'adapter sa focale : il obtient une image nette lorsque l'objet est situé à une distance comprise entre  $d_1 = 12$  cm (punctum proximum PP) et  $d_2 = 1,2$  m (punctum remotum PR) de ( $L_o$ ).



2.2.1. Quelle doit être la valeur de la focale image  $f'_0$  de ( $L_o$ ) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet situé à une distance  $d_1 = 12$  cm (PP) devant l'œil ?

2.2.2. Quelle doit être la valeur de la focale image  $f'_0$  de ( $L_o$ ) pour obtenir une image nette sur la rétine d'un objet situé à une distance  $d_2 = 1,2$  m (PR) devant l'œil ?

2.2.3. Déterminer graphiquement, dans le cadre de l'approximation de Gauss, les positions des foyers image,  $F'$  et objet  $F$  de la lentille sur la figure 1 **donnée en annexe et à rendre avec la copie**.

2.3. On accole l'œil myope à l'oculaire. On admettra que l'œil accommode à son PR.

2.3.1. Où doit se trouver l'image définitive à la sortie du viseur ?

2.3.2. En déduire la nouvelle distance  $d$  entre le réticule et l'oculaire.

2.4. On cherche à voir simultanément l'objet visé et le réticule, c'est-à-dire que l'image de l'objet par ( $L_1$ ) est confondue avec le réticule.

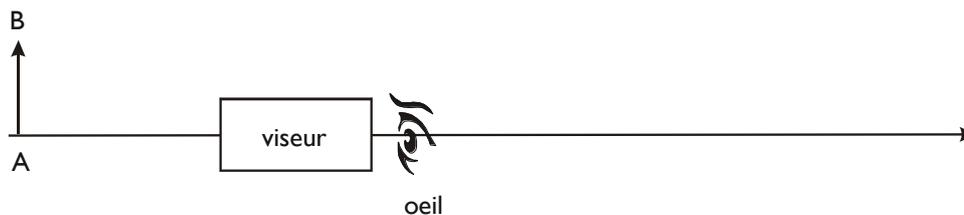
2.4.1. Où doit-on placer un objet pour pouvoir le voir à travers le viseur ? On demande l'expression littérale de  $O_1A$  et l'application numérique. (cas d'un œil « normal »)

2.4.2. Cette position dépend-elle de la nature de l'œil (« normal » ou myope)

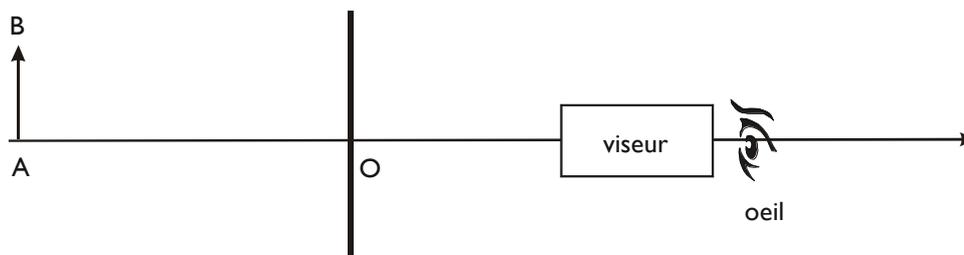
2.4.3. Lorsque un œil « normal » n'accommode pas, faire la construction de la position de l'objet sur la figure 2 **en annexe et à rendre avec la copie** (dernière page). Rajouter sur le même dessin le tracé d'au moins deux rayons à travers l'instrument.

2.4.4. Que vaut la distance objet visé – réticule ? Justifier le nom de « viseur à frontale fixe ».

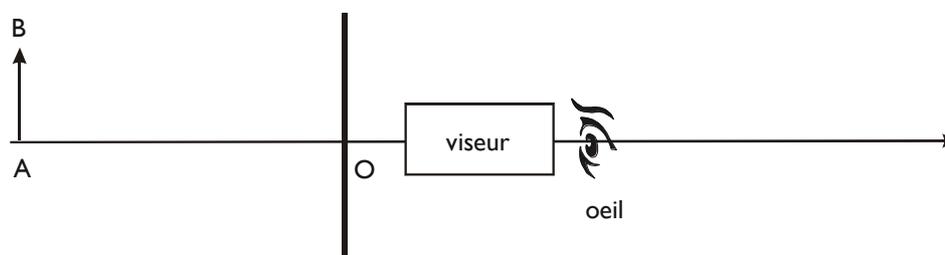
3. Le viseur est utilisé pour mesurer la distance focale d'une lentille L de focale  $f'$  inconnue.



Visée de l'objet



Visée de la lentille



Visée de l'image

La 1<sup>ère</sup> étape est la visée de l'objet,  $\overline{AB}$ . On place ensuite la lentille inconnue après l'objet et on vise le centre O de la lentille. Pour cela, nous devons reculer le viseur de  $x_1 = 20\text{cm}$ . Pour la visée de l'image  $\overline{A'B'}$  à travers la lentille, nous avançons le viseur de  $x_2 = 10\text{cm}$ . (voir figure ci-dessus)

3.1. Préciser les valeurs algébriques  $\overline{OA}$  et  $\overline{OA'}$ .

3.2. En déduire la distance focale  $f'$  de la lentille.

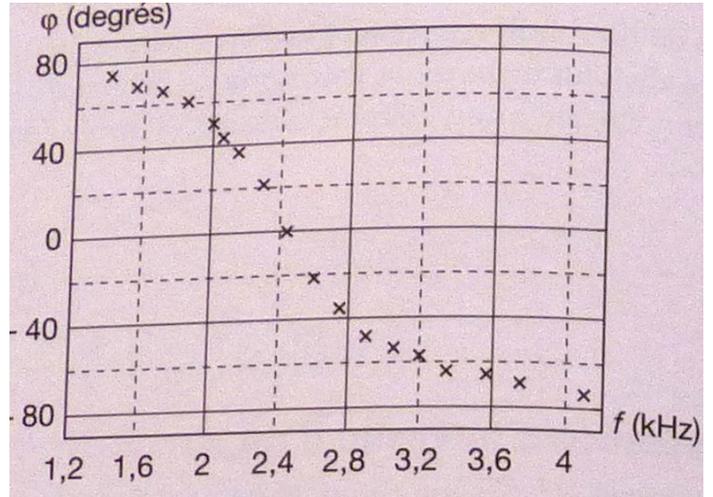
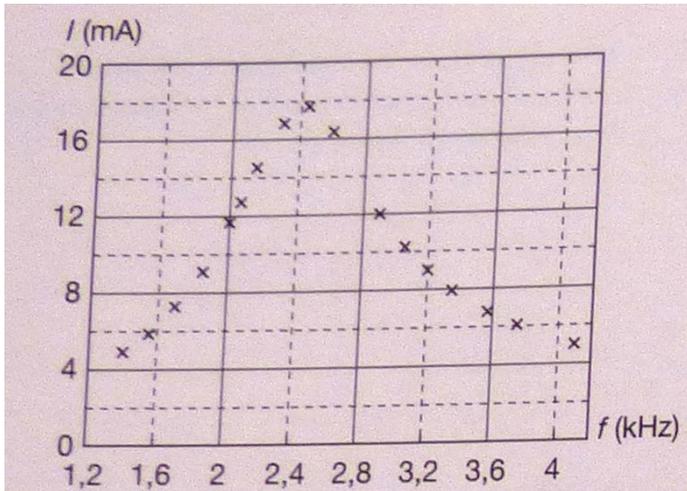
3.3. Faire la construction de l'image à travers cette lentille inconnue L.

## Ex2. Détermination des paramètres d'un circuit RLC série

Aides au calcul :  $\frac{1}{7} = 0,14$  ;  $\frac{1,4 \cdot 180}{7} = 72$  ;  $2\pi \cdot 2,4 = 15$  ;  $\sqrt{2} = 1,4$  ;  $\frac{6}{2,5} = 2,4$  ;  $\frac{18}{\sqrt{2}} = 13$

Un circuit RLC série est alimenté par une source  $e(t) = e_0 \cdot \cos \omega t$  ;  $e_0$  restant constante.

On note I la mesure de l'intensité efficace affichée sur un ampèremètre lorsque la fréquence f du générateur varie, la courbe obtenue est ci-jointe. On précise que le maximum est atteint exactement au point indiqué. Un oscilloscope en bicourbe donne accès au déphasage  $\varphi$  entre l'intensité i et la tension e. (cf courbe de  $\varphi$ ), enfin, on a reproduit les tensions e aux bornes du générateur et u aux bornes de la résistance (cf oscillogramme)



### 1. Résultats théoriques

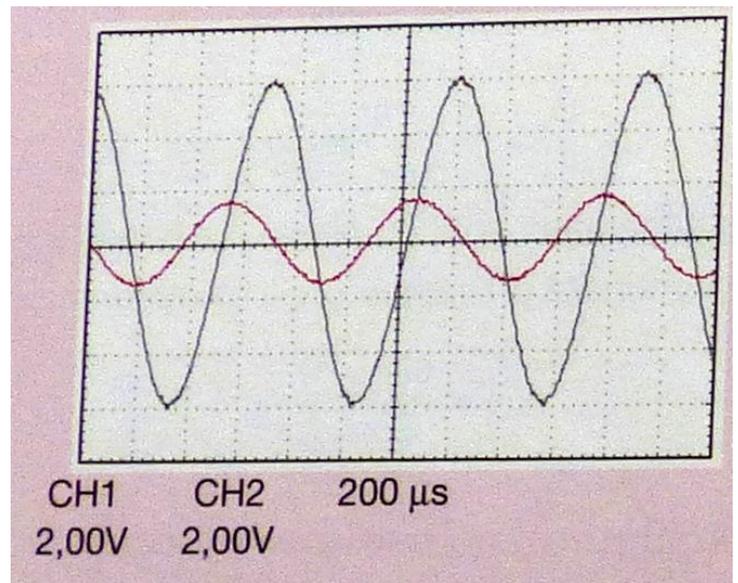
- Donner en notation complexe l'expression du courant  $\underline{i}$  dans le circuit en fonction de  $\underline{e}$ , tension du générateur, R, L, C et  $\omega$ .
- Exprimer l'amplitude  $i_0$  de  $i$  en fonction de  $e_0$ , R, L, C et  $\omega$ . Quelle est sa valeur maximale ? Comment appelle-t-on ce phénomène ?
- Exprimer la pulsation de résonance d'intensité  $\omega_r$ , les pulsations de coupure  $\omega_{C1}$  et  $\omega_{C2}$  ainsi que la bande passante  $\Delta\omega$  en fonction des paramètres du circuit.
- Exprimer  $\tan \phi$  en fonction de  $\omega$  et des paramètres du circuit.

### 2. Exploitation des courbes

- Faire le schéma du montage à réaliser pour obtenir l'oscillogramme donné.

Identifier  $u(t)$  et  $e(t)$  en justifiant. Déterminer leur fréquence  $f$ . Retrouver l'un des points de la courbe de  $\phi$

- Que vaut  $\omega_r$  d'après l'une de courbes ?
- Evaluer le plus simplement possible la valeur de R
- Evaluer  $\omega_{C1}$ ,  $\omega_{C2}$ , et Q le facteur de qualité. En déduire L.



### Ex3. Une pompe à chaleur effectue le cycle de Joule inversé suivant :

- \* L'air pris dans l'état A de température  $T_0$  et de pression  $P_0$  est comprimé suivant une adiabatique quasi statique (ou réversible) jusqu'au point B où il atteint la pression  $P_1$ .
- \* Le gaz se refroidit à pression constante et atteint la température finale de la source chaude,  $T_1$ , correspondant à l'état C.
- \* L'air est ensuite refroidi dans une turbine suivant une détente adiabatique quasi statique (ou réversible) pour atteindre l'état D de pression  $P_0$ .
- \* Le gaz se réchauffe enfin à pression constante au contact de la source froide et retrouve son état initial A.

On considère l'air comme un gaz parfait de coefficient isentropique  $\gamma = 1,4$ . On posera  $\beta = 1 - \gamma^{-1}$  et

$$a = P_1/P_0 \cdot T_0 = 283\text{K}(10^\circ\text{C}), T_1 = 298\text{K}(25^\circ\text{C}) \quad ; \quad a = 5$$

1) Représenter le cycle parcouru par le fluide dans un diagramme de Clapeyron ( $P, V$ ).

2) Exprimer les températures  $T_B$  et  $T_D$  en fonction de  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $a$  et  $\beta$ .

Par la suite, on prendra  $T_B = 448 \text{ K}$  et  $T_D = 188 \text{ K}$ .

3) Définir l'efficacité  $e$  de la pompe à chaleur à partir des quantités d'énergie échangées au cours du cycle.

Montrer qu'elle s'exprime seulement en fonction de  $a$  et  $\beta$ .

(Pour cela, exprimer  $Q_C$ , le transfert thermique au contact du thermostat chaud en fonction de  $T_C$  et  $T_B$ ,  $n, R$ ,

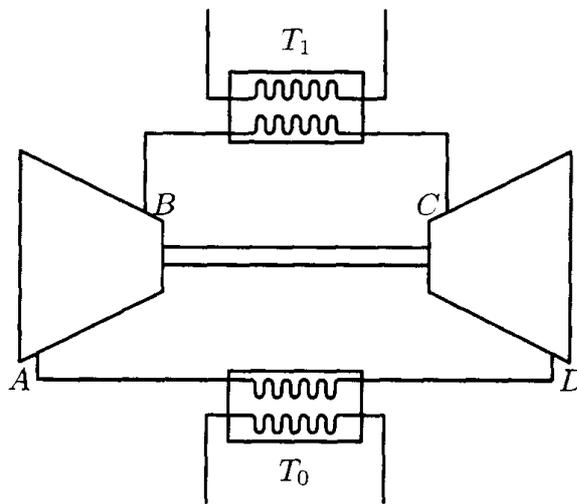
$\gamma$  puis en fonction de  $T_0, T_1, a, \beta, n, R, \gamma$ ; faire de même pour  $Q_f$ , le transfert thermique au contact du thermostat froid en fonction de  $T_D$  et  $T_A$ ,  $n, R, \gamma$  puis en fonction de  $T_1, T_0, a, \beta, n, R, \gamma$ , en déduire  $e$  sachant qu'elle s'exprime en fonction de  $Q_C$  et  $Q_f$ ).  $e$  vaut 2,7.

4) Quelles doivent être les transformations du fluide si on envisage de faire fonctionner la pompe à chaleur suivant un cycle de Carnot réversible entre les températures  $T_0$  et  $T_1$ ? Établir l'expression de son efficacité  $e_r$  en fonction de  $T_1$  et  $T_0$ .

5) Comparer a priori les valeurs de  $e$  et  $e_r$ . Interpréter la différence.

6) Donner l'expression de l'entropie créée,  $S_i$ , pour une mole d'air mise en jeu dans le parcours du cycle de Joule inversé, en fonction de  $x = T_0 a^\beta / T_1$ ,  $R$  et  $\beta$ . Étudier le signe de cette expression pour  $x \geq 0$ .

7) La pompe à chaleur envisagée est utilisée pour chauffer une maison. Sachant qu'en régime permanent les fuites thermiques s'élèvent à  $Q_{\text{fuites}} = 27 \text{ kW}$ , calculer la puissance mécanique du couple compresseur-turbine qui permet de maintenir la maison à température constante.



#### Ex4

Ce problème traite de la déflexion électrostatique qui est le phénomène fondamental mis en œuvre pour étudier une tension variable à l'aide d'un oscilloscope cathodique.

Les deux parties de ce problème sont indépendantes.

#### **Première partie : création et accélération d'un faisceau d'électrons**

La première partie d'un oscilloscope cathodique est constituée d'un canon à électrons dans lequel un faisceau d'électrons est créé et les électrons sont accélérés.

Une cathode, notée C, émet des électrons de vitesse initiale négligeable. Il est rappelé que les électrons ont une charge électrique négative égale à  $-e$ .

- masse de l'électron :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- charge de l'électron :  $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- accélération de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

On établit entre la cathode C et une anode, notée A, une différence de potentiel notée  $U_{AC} = V_A - V_C > 0$ . Les électrons sont ainsi accélérés lors de leur parcours entre C et A.

L'anode est constituée d'une plaque métallique percée d'un trou centré en O permettant à une partie du faisceau d'électrons de s'échapper dans la direction horizontale Oz comme le montrent la figure 1 et la figure 2 (page 10).

La distance entre C et A est notée  $d$ .

L'espace est rapporté au repère cartésien orthonormé direct  $(Oxyz)$  associé à la base  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ .

Le point O correspond au centre de l'anode A.

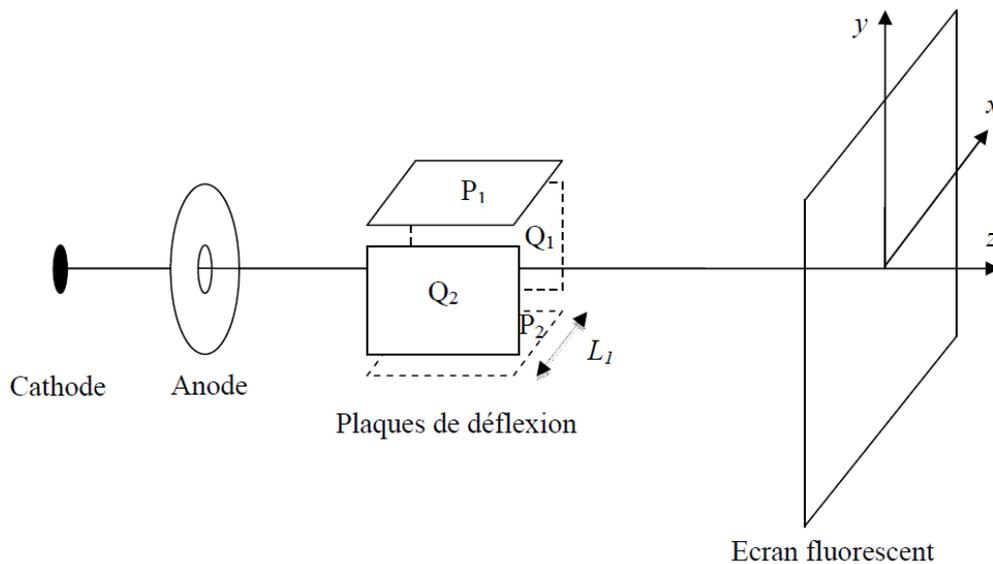


Figure 1 : schéma de l'oscilloscope en perspective

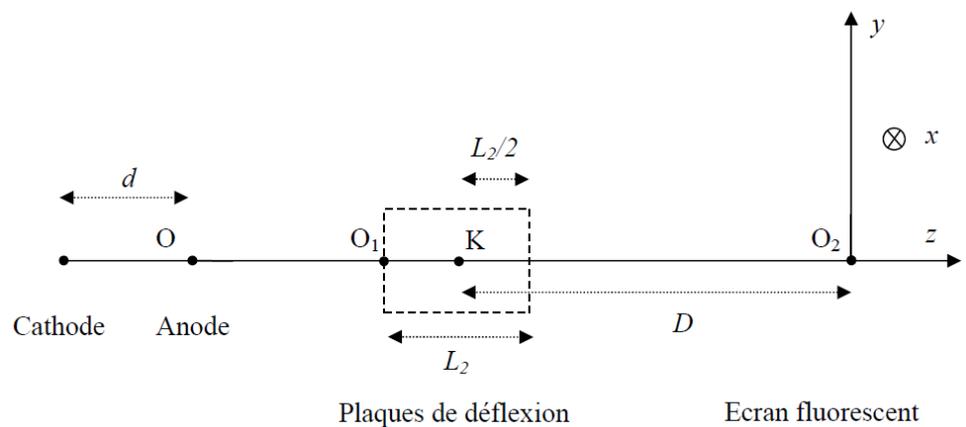


Figure 2 : schéma de l'oscilloscope en coupe dans le plan  $(yOz)$

1/ Déterminer, en un point de l'axe des  $z$  situé entre la cathode et l'anode, la direction et le sens du champ électrique  $\vec{E}$  créé par la tension  $U_{AC}$ . On admet que  $\|\vec{E}\| = \frac{U_{AC}}{d}$ .

2/ Déterminer l'expression de la force électrostatique  $\vec{f}$  subie par un électron entre C et A en fonction de  $U_{AC}$ ,  $d$ ,  $e$  et d'un vecteur unitaire que l'on précisera.

3/ La tension  $U_{AC}$  appliquée est de l'ordre de 1 kV. La distance  $d$  est de l'ordre de 0,1 m.

Le poids des électrons peut-il être négligé devant la force électrostatique précédente ? Justifier quantitativement la réponse apportée.

4/ En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer l'expression de la vitesse  $v_0$  avec laquelle les électrons atteignent l'anode. Exprimer  $v_0$  en fonction de  $U_{AC}$ ,  $m_e$  et  $e$ .

Déterminer l'ordre de grandeur de la valeur numérique de la vitesse  $v_0$ .

## Deuxième partie : dispositif de déflexion du faisceau d'électrons

Les électrons produits et accélérés dans le canon à électrons pénètrent en  $O_1$ , avec une vitesse  $v_0$  parallèlement à l'axe  $(O_1z)$ , dans le dispositif de déflexion composé de deux paires de plaques parallèles. Les deux plaques  $P_1$  et  $P_2$  sont horizontales et sont soumises à une différence de potentiel  $U_Y = V_{P1} - V_{P2}$  et les deux plaques  $Q_1$  et  $Q_2$  sont verticales et soumises à une différence de potentiel  $U_X = V_{Q1} - V_{Q2}$ .

Les électrons, après passage dans ce système de déflexion, poursuivent leur trajectoire jusqu'à frapper un écran fluorescent sur lequel le point d'impact est matérialisé par un spot lumineux.

Les plaques  $P_1$  et  $P_2$  d'une part, et les plaques  $Q_1$  et  $Q_2$  d'autre part, sont symétriques par rapport à l'axe  $Oz$ . L'écartement entre les paires de plaques est le même et noté  $L_1$ . Les longueurs des plaques parallèlement à l'axe  $O_1z$  sont identiques et égales à la longueur  $L_2$ .

Le mouvement des électrons dans le système de déflexion sera étudié dans le repère  $(O_1xyz)$ , associé à la base orthonormée cartésienne  $(\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z)$ .

Remarque : on admet que le champ électrique est nul à l'extérieur du volume délimité par les plaques et que le champ électrique produit par chaque paire de plaques est uniforme et perpendiculaire aux plaques qui le produisent.

Le dispositif est enfermé dans une ampoule scellée, dans laquelle règne un vide poussé.

On néglige le poids des électrons dans cette partie.

Soit  $K$ , le centre du système de déflexion. Le point  $K$  appartient ainsi à l'axe  $Oz$  et est situé à la distance  $\frac{L_2}{2}$  du point  $O_1$ .

Soit  $D$ , la distance entre le centre  $K$  du système de déflexion et le point  $O_2$  qui correspond au centre de l'écran fluorescent.

Les points et les distances définis dans cette partie sont représentés sur les figures 1 et 2.

5/ On établit entre les plaques horizontales  $P_1$  et  $P_2$  une différence de potentiel  $U_Y = V_{P1} - V_{P2}$  constante et positive, et on applique une différence de potentiel nulle entre les plaques  $Q_1$  et  $Q_2$ .

Quel est l'effet de la différence de potentiel  $U_Y$  sur le mouvement des électrons ?

Etablir l'expression vectorielle de la force  $\vec{f}'$  qui agit sur un électron situé entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$  en fonction de  $e$ ,  $L_1$ ,  $U_Y$  et d'un vecteur unitaire que l'on précisera.

6/ Par application du principe fondamental de la dynamique, établir l'expression vectorielle de l'accélération  $\vec{a}$  d'un électron dans le repère  $(O_1xyz)$  en fonction  $m_e$ ,  $e$ ,  $L_1$ ,  $U_Y$  et d'un vecteur unitaire que l'on précisera.

7/ En projetant la relation vectorielle précédente, déterminer les équations différentielles vérifiées par les coordonnées d'un électron.

En déduire, par intégration, les équations horaires relatives au mouvement d'un électron dans le repère  $(O_1xyz)$ .

Montrer que l'équation cartésienne de la trajectoire d'un électron dans le repère  $(O_Ixyz)$  a pour expression :

$$y = \frac{eU_Y}{2L_1v_0^2m_e} z^2.$$

### 8/ Trajectoire d'un électron

8.1/ Déterminer les coordonnées  $X_E$  et  $Y_E$  d'un électron lorsqu'il sort du système de déflexion, c'est-à-dire, lorsqu'il son abscisse  $z$  est égale à  $L_2$  dans le repère  $(O_Ixyz)$ .

8.2/ Calculer la pente  $p$  de la tangente à la courbe, à la sortie du système de déflexion.

8.3/ Justifier le fait qu'après être sorti du système de déflexion, la trajectoire d'un électron est une droite.

8.4/ Sachant que la trajectoire d'un électron entre la sortie du système de déflexion et l'écran fluorescent est une droite de pente  $p$  passant le point E, déterminer l'équation de cette droite.

8.5/ Montrer que les coordonnées du point d'impact S (spot) des électrons sur l'écran sont données par les expressions :

$$X_S = 0 \quad \text{et} \quad Y_S = \frac{eDL_2U_Y}{L_1v_0^2m_e}.$$

## ANNEXE

figure 1

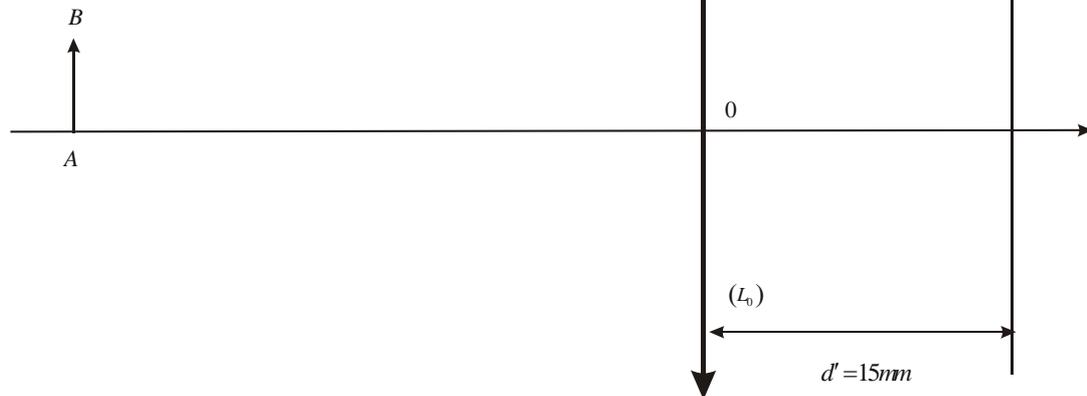
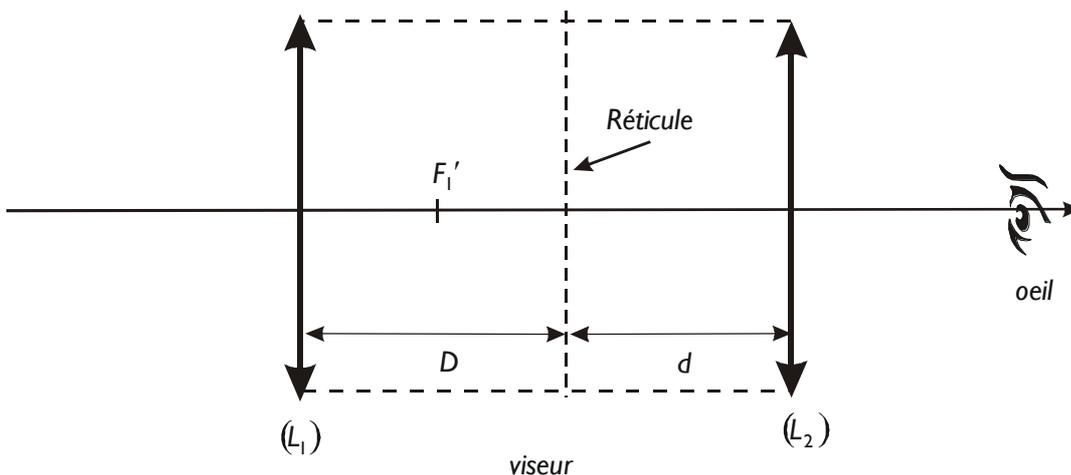
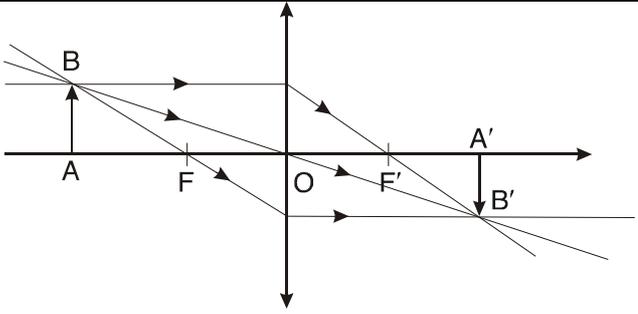
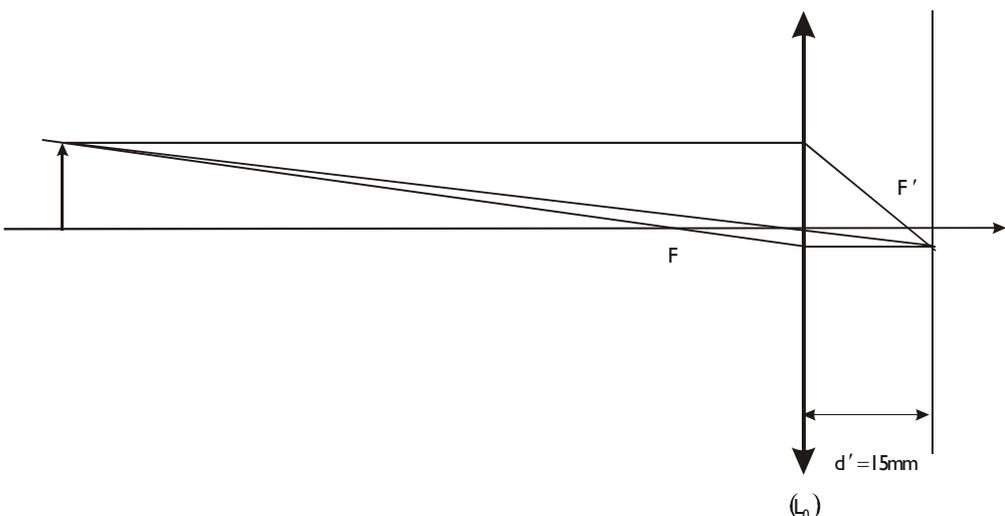


figure 2



Corr EX1. Exercice d'optique : Mesure d'une focale

<p>1.1. Une lentille est mince si l'épaisseur <math>e</math> est faible devant les deux rayons de courbure des dioptries formant la lentille et devant la distance entre les centres de courbures. Alors, le rayon passant par le centre n'est pas dévié.</p>		
<p>L'approximation de Gauss signifie qu'un rayon est <b>faiblement incliné sur l'axe</b> et qu'il <b>intercepte les dioptries à une hauteur <math>h</math> faible</b> devant les rayons de courbure.</p>		
<p>1.2 <math display="block">\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} \stackrel{\text{Thalès}}{=} \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}</math></p>		
<p>2.1. L'objet pour l'œil est à l'infini donc l'image à la sortie de l'oculaire est à l'infini. Le réticule est dans le plan focal de la lentille. <math>d = f'_2 = 3\text{cm}</math></p>		
<p>2.2.1 <math>\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}</math> d'où <math>f' = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA'}}</math>.          au PP, <math>\overline{OA} = -d_1</math> et <math>\overline{OA'} = d'</math> <math>f' = \frac{d_1 d_1}{d_1 + d_1} = 13,3\text{cm}</math></p>		
<p>2.2.2. au PR, <math>\overline{OA} = -d_2</math> et <math>\overline{OA'} = d'</math> : <math>f' = \frac{d_2 d_2}{d_2 + d_2} = 1,5\text{cm}</math></p>		
<p>2.2.3. Le rayon passant par B et O donne l'image B' par intersection avec l'écran. Le rayon parallèle à l'axe passe après la lentille en B' et coupe l'axe optique en F'. Le rayon sortant parallèle à l'axe vient de B en passant par F.</p> 		
<p>2.3.1. L'image du réticule à travers l'oculaire est alors située à la distance <math>d_2</math> devant l'oculaire.</p>		
<p>2.3.2. <math>-\frac{1}{d_2} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f'_2}</math> soit <math>d = 2,92\text{cm}</math></p>		

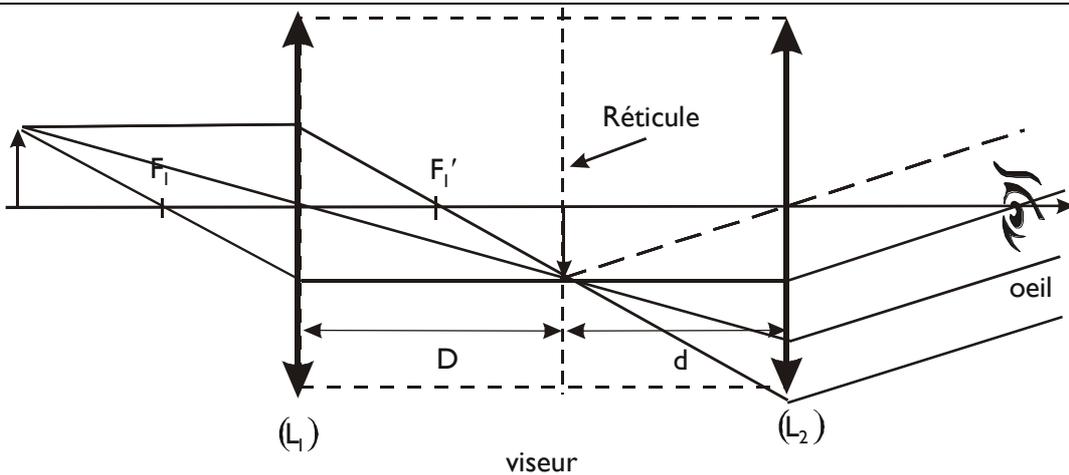
2.4.1. L'objet doit être dans le plan conjugué du réticule par rapport à  $(L_1)$ .  $\frac{1}{D} - \frac{1}{O_1A} = \frac{1}{f'_1}$  soit

$$\frac{1}{O_1A} = \frac{1}{D} - \frac{1}{f'_1} = \frac{f'_1 - D}{f'_1 D} \text{ soit } \boxed{\overline{O_1A} = \frac{f'_1 D}{f'_1 - D}}$$

$$\boxed{\overline{O_1A} = \frac{f'_1 D}{f'_1 - D} = -14 \text{ cm}}$$

L'objet doit être à 14 cm devant l'objectif.

2.4.2. Non car l'objet est dans le plan conjugué du réticule par rapport à  $(L_1)$ . La modification de la position de l'oculaire permet de voir le réticule donc l'image pour un œil normal ou myope.



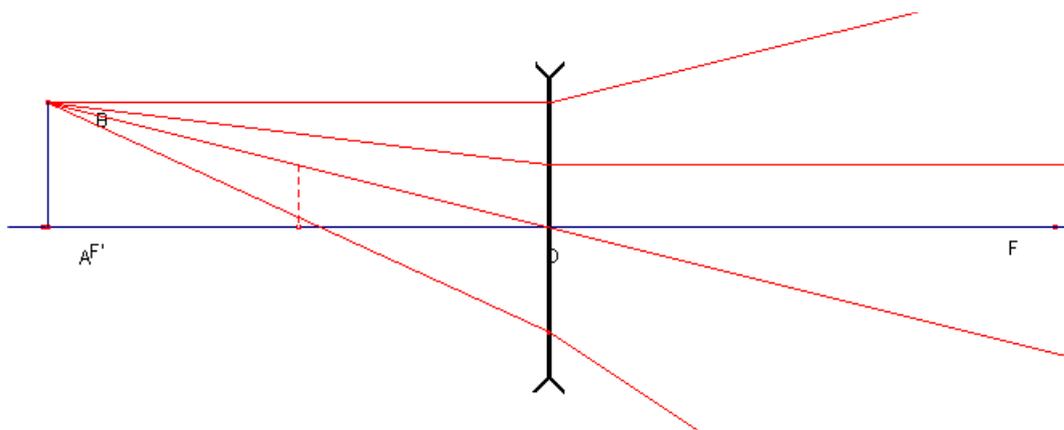
2.4.3.

2.4.4. Le viseur pointe tout objet à une distance finie du réticule  $\frac{f'_1 D}{f'_1 - D} + D = 28 \text{ cm}$

3.1 La visée s'effectuant à distance fixe,  $\overline{OA} = -x_1 = -20 \text{ cm}$  et  $\overline{OA'} = -x_2 = -10 \text{ cm}$

3.2. En appliquant les lois de Descartes,  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$  alors  $\frac{1}{-10} - \frac{1}{-20} = \frac{1}{f'}$  :  $\boxed{f' = -20 \text{ cm}}$  : La lentille est divergente.

3.3.



## EX2

$$1) a) \underline{i} = \frac{\underline{e}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{e}}{R + j\left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)}$$

$$b) i_0 = |\underline{i}| = \frac{e_0}{\sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}} \quad ; i_0 \text{ max vaut } \frac{e_0}{R} \text{ et ceci se produit à la résonance d'intensité pour } \omega =$$

$$\omega_r = \omega_0$$

$$c) \omega_r = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \text{ pour le maximum de I et } I_{\text{max}} \text{ vaut alors } I_{\text{max}} = \frac{e_0}{R}$$

$\omega_{C1}$  et  $\omega_{C2}$  sont telles que  $I = I_{\text{max}}/\sqrt{2} \dots$  Soit  $L\omega - \frac{1}{C\omega} = \pm R$  (...cours), on trouve alors, après avoir résolu les 2 équations du 2<sup>nd</sup> d° en  $\omega$  et gardé les racines  $>0$ :

$$\omega_{C2,1} = \frac{\pm RC + \sqrt{\Delta}}{2LC} \text{ avec } \Delta = R^2C^2 + 4LC \quad \text{dc la bande passante}$$

$$\text{est } \Delta\omega = \frac{R}{L}$$

$$d) \frac{\underline{i}}{\underline{e}} = \frac{i_0}{e_0} e^{j\varphi} \quad \text{dc } \varphi = \arg\left(\frac{\underline{i}}{\underline{e}}\right) = -\arg \underline{Z}$$

$$\tan \varphi = -\left(\frac{L\omega}{R} - \frac{1}{RC\omega}\right)$$

2)a) Les masses des 2 tensions à visualiser doivent être communes.

Soit  $u_0$  l'amplitude de  $u$ , tension aux bornes de  $R$ ,

$u_0 = R i_0$  or  $i_0$  max vaut  $\frac{e_0}{R}$  (cf 1)b) et ceci se produit à la résonance d'intensité pour  $\omega = \omega_r = \omega_0$ )

donc  $u_0 \leq e_0$  donc, les calibres sur les 2 voies étant identiques, la grande courbe est  $e(t)$

Mesure du déphasage  $\varphi$  de  $i$  (donc  $u = Ri$ ) par rapport à  $e$ :

$T = 7.10^{-4} \text{ s}$  ;  $\tau = 1,4.10^{-4} \text{ s}$  donc  $\varphi = 2\pi \cdot 1,4/7 = 1,25 \text{ rad} = 72^\circ$  pour  $f = 1/T = 1,4 \text{ kHz}$ ; c'est conforme à la courbe.

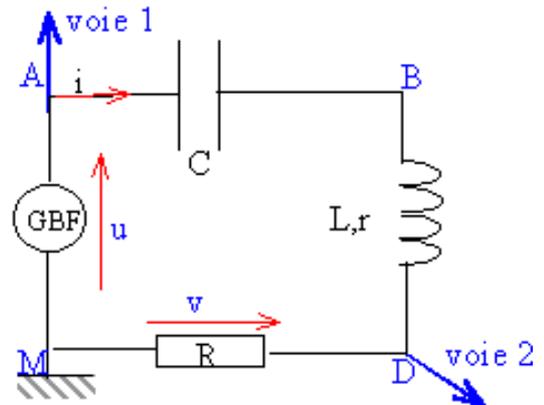
b) D'après la courbe de résonance,  $f_r = 2,4 \text{ kHz}$  dc  $\omega_r = 15.10^3 \text{ rad/s}$

c) D'après a)  $u_0 = R i_0$ , mais on ne peut faire le calcul à  $\omega$  quelconque puisqu'on ne connaît pas  $L$  ni  $C$  donc  $Z$ , sauf à la résonance;

la courbe de  $I$  (efficace) donne à la résonance:  $I = 18 \text{ mA}$  dc  $i_0 = I\sqrt{2} = 25 \text{ mA}$   
et  $u_0 = 6,0 \text{ V}$  d'après l'oscillogramme, dc  **$R = 240 \Omega$**

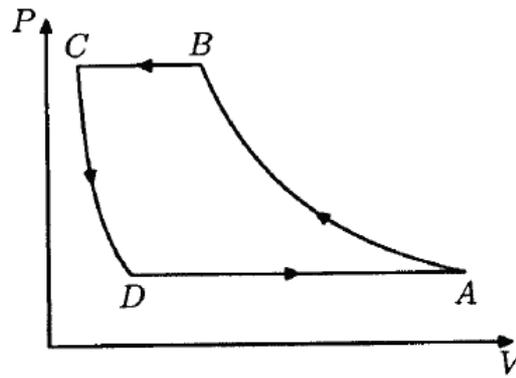
d) D'après la courbe de résonance, en divisant le max de  $I$  par  $\sqrt{2}$ :  $13 \text{ mA}$  dc  
 $f_{C1} = 2,1 \text{ kHz}$  et  $f_{C2} = 2,8 \text{ kHz}$  puis  $\omega_{C1} \approx 13 \text{ krad/s}$  et  $\omega_{C2} \approx 18 \text{ krad/s}$

$$Q = \frac{\omega_r C}{\Delta\omega} \approx \frac{15}{5} = 3 \quad \text{puis comme } \Delta\omega = \frac{R}{L} = 5.10^3 \text{ (cf 1)c)} \text{ on en déduit } L \text{ par } L = \frac{R}{\Delta\omega} = 50 \text{ mH}$$



## EX3

27) Le cycle est :



28) En appliquant les lois de Laplace aux deux adiabatiques  $AB$  et  $CD$  on obtient :

$$T_B = T_0 a^\beta = 448 \text{ K} \quad \text{et} \quad T_D = T_1 / a^\beta = 188 \text{ K}.$$

29) L'efficacité de la pompe à chaleur est  $e = -Q_{BC}/W$  où  $W$  est le travail reçu sur un cycle. D'après le premier principe  $W = -Q_{BC} - Q_{DA}$  et  $e = \frac{1}{1 + Q_{DA}/Q_{BC}}$

Les quantités de chaleurs  $Q_{BC}$  et  $Q_{DA}$  étant échangées à pression constante

$$Q_{DA} = n c_p (T_0 - T_D), \quad Q_{BC} = n c_p (T_1 - T_B) = -Q_{DA} a^\beta.$$

L'efficacité prend l'expression 
$$e = \frac{1}{1 - a^{-\beta}} = 2,71$$

30) Un cycle de Carnot est un cycle réversible composé de deux adiabatiques réversibles et de deux isothermes  $T_0$  et  $T_1$  sur lesquelles s'effectuent les échanges de chaleur avec les thermostats. Sur un cycle, la variation d'entropie du fluide est nulle. Ainsi, la variation d'entropie totale coïncide avec la variation d'entropie des deux sources, elle-même nulle,

puisque le cycle est réversible :  $-\frac{Q_{BC}}{T_1} - \frac{Q_{DA}}{T_0} = 0$  qui donne  $Q_{DA}/Q_{BC} = -T_0/T_1$  et

$$e = \frac{1}{1 - T_0/T_1} = \frac{T_1}{T_1 - T_0} = 19,9.$$

31) L'efficacité du cycle de Carnot est supérieure au cycle de Joule car il s'agit d'un cycle réversible (théorème de Carnot).

32) Au cours d'un cycle, l'entropie créée correspond à la variation d'entropie des deux sources froide et chaude.

$$s_i = -\frac{Q_{BC}}{T_1} - \frac{Q_{DA}}{T_0} = \frac{R}{\beta} \left\{ x + \frac{1}{x} - 2 \right\}$$

La fonction  $s_i(x)$  est décroissante pour  $1 > x > 0$  puis croissante pour  $x > 1$ . Comme

$s_i = 0$  en  $x = 1$ , il s'ensuit que  $s_i \geq 0$ .

Numériquement  $s_i = 4,92 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

33) En régime permanent ce qui est perdu est compensé par ce qui est fourni, la puissance

mécanique cherchée sera 
$$P = \frac{\dot{Q}_f}{e} = 7,4 \text{ kW}.$$