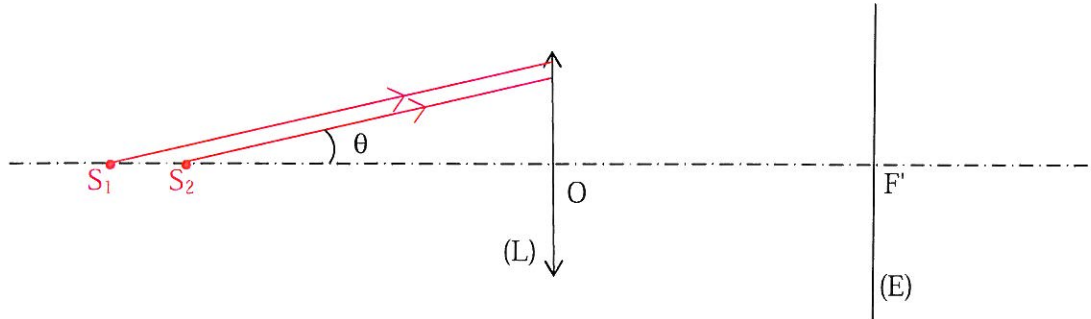


Résolution d'un doublet

I- interférences entre deux sources ponctuelles

Par un dispositif approprié, on a pu obtenir deux sources ponctuelles, synchrones, cohérentes et



monochromatiques de longueur d'onde dans le vide λ , placées comme indiqué sur la figure. $S_1 S_2 = 2e$. Ces deux sources ont même intensité, et on observe, dans le plan focal (E) de la lentille (L) les interférences entre les rayons issus parallèlement des deux sources. On donne la distance focale image de la lentille (L): $f' = 1 \text{ m}$.

Les rayons issus des deux sources dans la direction faisant un angle θ avec $S_1 S_2$ interfèrent au point M, situé à la distance r du foyer principal image F' .

- 1)- Donner la relation entre r et θ (dans l'approximation des petits angles).
 - 2)- Déterminer la différence de marche δ entre les deux rayons; la développer au second ordre en θ .
 - 3)- En déduire le déphasage ϕ entre les deux ondes en M, ainsi que l'expression de l'intensité lumineuse I en M. On désignera par I_0 l'intensité maximum.
- Quelle est la forme de la figure d'interférences observée sur l'écran?
- 4)- Donner l'expression de l'ordre d'interférence q en M, ainsi que son expression q_0 au centre.
- En déduire l'expression de q sous la forme:

$$q = q_0 - K \cdot r^2$$

et exprimer K en fonction de e , f' et λ .

- 5)- On donne $\lambda = 546 \text{ nm}$, et $e = 0,273 \text{ mm}$. En déduire la valeur numérique de l'ordre au centre, ainsi que l'expression du rayon r_n du $n^{\text{ième}}$ anneau brillant.

Donner la valeur numérique des rayons r_1 , r_2 et r_3 des trois premiers anneaux brillants.

II- Obtention avec un Michelson

Une telle disposition des sources peut être obtenue avec un interféromètre de Michelson éclairé avec une source S ponctuelle. La feuille jointe donne le schéma simplifié d'un Michelson, où figure la séparatrice SP ainsi que les deux miroirs (M_1) et (M_2) qui sont rigoureusement perpendiculaires.

- 1)- Construire les rayons issus du rayon incident porté sur la figure, et en déduire la position des sources S_1 et S_2 , ainsi que la position du point M où interfèrent ces deux rayons.
- 2)- I est le milieu de la séparatrice, O_1 et O_2 les centres respectifs des miroirs (M_1) et (M_2). Déterminer la distance $S_1 S_2$ en fonction de la distance $e = IO_1 - IO_2$.
- 3)- Sans rien changer aux réglages, on remplace la source ponctuelle par une source étendue. La figure d'interférence est-elle toujours visible? La source doit-elle envoyer de préférence des rayons parallèles, divergents ou convergents? On justifiera en une phrase la réponse.

4)-On place un capteur qui détermine l'intensité lumineuse au centre de la figure, et on fait varier cette intensité en faisant varier e par translation du miroir (M_1). Exprimer cette intensité en fonction de l'intensité maximale I_0 , ainsi que de λ et e .

5)- On remplace la source précédente par une source émettant un doublet de deux longueurs d'onde λ_0 et $\lambda_1 = \lambda_0 + \delta\lambda$, où $\delta\lambda$ est très petit devant λ_0 . Chacune des composantes du doublet produit au centre de la figure d'interférences une intensité maximum I_0 .

Exprimer l'intensité totale au centre en fonction de I_0 , e , λ_0 et λ_1 .

6)- En tenant compte du fait que $\delta\lambda \ll \lambda_0$, mettre cette intensité sous la forme:

$$I = 2I_0 \left(1 + V \cdot \cos \frac{4\pi e}{\lambda_0} \right)$$

où V est une fonction de e , λ_0 et $\delta\lambda$ que l'on explicitera.

7)- On donne $\lambda_0 = 489,0 \text{ nm}$. Partant d'un brouillage au centre, on trouve le suivant en augmentant e de $\delta e = 0,20 \text{ mm}$. En déduire la valeur numérique de $\delta\lambda$.

Principe d'une pompe à chaleur

I- Ecoulement d'un fluide en régime permanent:

On rappelle que lorsqu'un kilogramme de fluide traverse en régime permanent une machine avec laquelle il échange le travail W et la chaleur Q , on a:

$$W + Q = \Delta H$$

où ΔH est la variation d'enthalpie d'un kilogramme de fluide entre la sortie et l'entrée de la machine.

Le fluide étudié aura les propriétés d'un gaz parfait à l'état gazeux, non compressible et non dilatable à l'état liquide. On donne, pour ce fluide:

- les capacités calorifiques massiques:

$$C = 1500 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ à l'état liquide.}$$

$$C_p = 705 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1} \text{ à l'état gazeux.}$$

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma = 1,16$$

Par ailleurs, ce fluide a une pression de vapeur saturante p_1 à la température T_1 , et p_2 à la température T_2 . Les chaleurs latentes de vaporisation sont respectivement L_{v1} et L_{v2} .

On donne les valeurs numériques:

$$p_1 = 8 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad T_1 = 273 \text{ K} \quad L_{v1} = 260 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$$

$$p_2 = 24 \cdot 10^5 \text{ Pa} \quad T_2 = 313 \text{ K} \quad L_{v2} = 230 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$$

1)- Compresseur:

Le fluide entre dans un compresseur adiabatique et réversible, à la pression p_1 et à la température T_1 . Il en sort à la pression p_2 et température T'_2 .

Donner l'expression de T'_2 en fonction de T_1 , p_1 , p_2 et γ . Donner la valeur numérique de T'_2 .

En déduire l'expression et la valeur numérique du travail W reçu du compresseur par un kg de fluide.

2)- Condenseur:

Le gaz sortant à la température T'_2 entre dans un condenseur: il y est refroidi à la température T_2 , puis il est entièrement condensé en liquide à cette température: au cours de l'opération, chaque kg de fluide reçoit la chaleur Q_2 et n'échange aucun travail.

Donner l'expression de Q_2 en fonction de C_p , T'_2 , T_2 et L_{v2} . Déterminer sa valeur numérique.

3)- Détendeur:

Le liquide passe alors dans un détendeur: il arrive à l'état liquide à la pression p_2 et à la température T_2 . Il en sort à la température T_1 et la pression p_1 . Dans ce détendeur, il n'échange ni travail, ni chaleur. A la sortie, il est dans un état diphasé, composé de x kg de vapeur, et de $1-x$ kg de liquide. Exprimer x en fonction de C , T_1 , T_2 et L_{v1} .

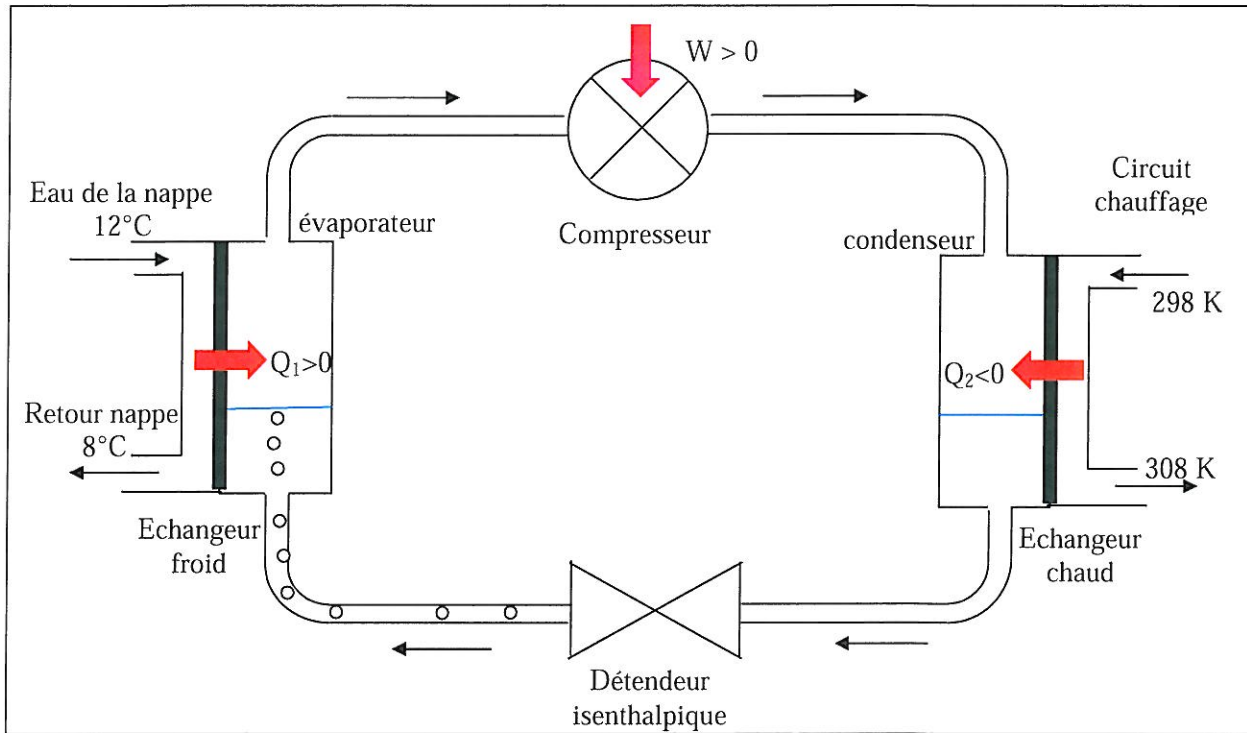
4)- évaporateur:

Arrivé dans l'évaporateur dans l'état précédent, le fluide passe entièrement à l'état gazeux en restant sous la pression p_1 et la température T_1 . Au cours de cette transformation, un kg de fluide reçoit la chaleur Q_1 , et n'échange aucun travail.
Déterminer l'expression et la valeur numérique de Q_1 .

II- Application: pompe à chaleur:

Le fluide étudié précédemment est un mélange azéotropique de difluorométhane et d'hexafluoroéthane. Il est commercialisé comme fluide frigorigène dans les pompes à chaleur domestiques sous le nom de R 410 A.

Il suit le cycle indiqué ci-dessous, au cours duquel il subit les quatre transformations étudiées ci-dessus.



Dans l'évaporateur, la température est maintenue à 273 K grâce à une circulation d'eau: pompée à 12°C dans la nappe phréatique, elle y est rejetée à 8°C.

Dans le condenseur, l'échange se fait avec le circuit de chauffage: l'eau arrive à 298 K, et repart à 308 K grâce à un débit convenablement réglé.

On supposera que dans les échangeurs, l'eau n'échange de la chaleur qu'avec le fluide frigorigène. On donne pour l'eau: $C_0 = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

- 1)- Calculer la masse d'eau m_1 de la nappe phréatique qui doit circuler dans l'échangeur froid pour 1 kg de R 410 A.
- 2)- Calculer la masse d'eau m_2 de chauffage qui doit circuler dans l'échangeur chaud pour 1 kg de fluide frigorigène.
- 3)- Le compresseur a un rendement de 0,8; Déterminer l'énergie électrique W' utilisée lors de la circulation d'un kg de fluide frigorigène.
- 4)- En déduire l'efficacité e (ou coefficient de performance de la pompe), c'est-à-dire le rapport entre l'énergie disponible pour le chauffage et l'énergie électrique consommée.