

Machines thermiques dithermes et diagramme de Raveau

On s'intéresse ici aux machines thermiques fonctionnant entre deux sources aux températures T_{ch} et T_{fr} , avec $T_{ch} > T_{fr}$.

On peut représenter une telle machine thermique par un point dans le plan de coordonnées (Q_{ch}, Q_{fr}) où Q_{ch} et Q_{fr} sont les transferts thermiques reçus par le fluide de la machine avec les sources à T_{ch} et T_{fr} à chaque cycle.

Q_{ch} est placé en ordonnée et Q_{fr} en abscisse.

1) Montrer que seules les machines situées sous une droite, dont on déterminera l'équation, sont thermiquement réalisables.

2) Montrer que les moteurs sont situés au dessus d'une droite dont on déterminera l'équation. En déduire la zone du plan où se situent les moteurs.

3) Quelle qualité doivent avoir les récepteurs pour être utiles? En déduire la zone du plan correspondant aux récepteurs.

4) Regrouper tous ces résultats dans un diagramme, en identifiant les différentes portions du plan.

Correction :

On écrit les deux principes de la thermodynamique pour le cycle décrit par la machine.

Premier principe : $W_{cycle} + Q_{ch} + Q_{fr} = \Delta U_{cycle} = 0$

Deuxième principe : $S_{cycle}^{cr} + \frac{Q_{ch}}{T_{ch}} + \frac{Q_{fr}}{T_{fr}} = \Delta S_{cycle} = 0$

1) Les machines thermiques doivent vérifier le deuxième principe, c'est à dire $S_{cycle}^{cr} \geq 0$.

On en déduit $-\frac{Q_{ch}}{T_{ch}} - \frac{Q_{fr}}{T_{fr}} \geq 0$.

Les deux transferts thermiques doivent donc vérifier l'équation :

$$Q_{ch} \leq -\frac{T_{ch}}{T_{fr}} Q_{fr}.$$

Pour toute machine thermique, le point $(Q_{fr}; Q_{ch})$ est situé au dessous de la droite de coefficient directeur $-\frac{T_{ch}}{T_{fr}}$.

On peut remarquer que, comme $T_{ch} \geq T_{fr}$, le coefficient directeur de la droite est plus grand que 1 en valeur absolue.

2) Le premier principe donne $W_{cycle} = -Q_{ch} - Q_{fr}$.

Un moteur fournit un travail, ce qui implique $W_{cycle} \leq 0$

ce qui donne $-Q_{ch} - Q_{fr} \leq 0$.

Les moteurs vérifient donc l'équation : $Q_{ch} \geq -Q_{fr}$.

Pour un moteur, le point $(Q_{fr}; Q_{ch})$ est situé au dessus de la droite de coefficient directeur -1 .

3) Pour être utile, les récepteurs prélèvent un transfert thermique à la source froide pour en fournir un à la source chaude.

La zone du plan des récepteurs correspond aux points $(Q_{fr}; Q_{ch})$ tels que $Q_{ch} \leq 0$ et $Q_{fr} \geq 0$.

4) La zone grise correspond à la zone interdite par le deuxième principe.

Dans la zone I, on a $W_{cycle} < 0$, $Q_{ch} > 0$ et $Q_{fr} < 0$. La machine fournit un travail à partir du transfert thermique reçu de la source chaude et elle fournit un transfert thermique à la source froide. C'est **la zone de fonctionnement des moteurs**.

Dans la zone II, on a $W_{cycle} > 0$, $Q_{ch} > 0$ et $Q_{fr} < 0$. La machine chauffe la source froide et refroidit la source chaude en dépensant un travail. C'est le sens naturel des transferts thermiques, on peut le faire sans dépenser un travail. La machine n'a pas d'utilité dans cette zone.

Dans la zone III, on a $W_{cycle} > 0$, $Q_{ch} < 0$ et $Q_{fr} < 0$. La machine chauffe à la fois la source froide et la source chaude en dépensant un travail. La machine n'a pas d'utilité dans cette zone.

Dans la zone IV, on a $W_{cycle} > 0$, $Q_{ch} < 0$ et $Q_{fr} > 0$. La machine chauffe la source chaude et refroidit la source froide en dépensant un travail. C'est **la zone de fonctionnement des récepteurs**.

