

En effet, $Q = \int Tds$ par définition. Comme le cycle est fermé, $Q + \tau = 0$, et $|\tau| = A$.

La règle des signes est la suivante :

- si le cycle est décrit dans le sens des aiguilles d'une montre, le travail est négatif, donc cédé par le fluide à l'environnement extérieur : on dit que le cycle est moteur ;
- si le cycle est décrit dans l'autre sens, c'est le contraire : on dit que le cycle est inverse, ou récepteur.

Forme des isobares

A gauche de la courbe d'ébullition commençante, les isobares sont des courbes ascendantes.

La compression isentropique d'un liquide étant à peu près sans effet sur sa température, les isobares liquides sont pratiquement confondues avec la branche montante de la courbe de vaporisation. Le diagramme est donc très imprécis dans cette zone et il est préférable de recourir à une table ou un logiciel donnant les propriétés thermodynamiques le long de la courbe de vaporisation.

A l'intérieur de la zone diphasique, la température et la pression sont liées par la loi de pression saturante, et les isobares sont des horizontales.

A droite de la courbe de vaporisation, ce sont des courbes ascendantes qui, pour le gaz parfait, deviennent des exponentielles, qui se déduisent l'une de l'autre par des translations horizontales.

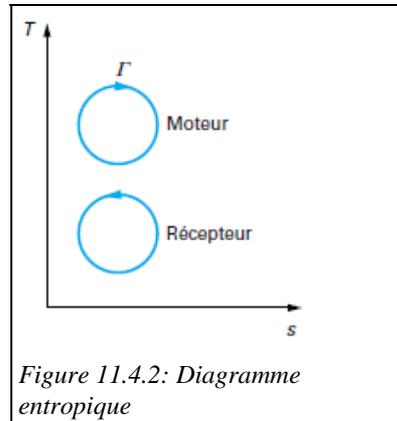
Si la pression est supérieure à la pression critique, les isobares sont des courbes strictement ascendantes, qui ne coupent pas la courbe de vaporisation.

Bien évidemment, une évolution isentropique se représente très simplement dans ce diagramme : il s'agit d'un segment vertical.

11.5 Efficacité de Carnot des machines thermiques

Les machines thermiques motrices ont pour but de transformer de la chaleur en énergie mécanique. Supposons que la chaleur à transformer soit fournie par une source extérieure, dite source chaude, dont la température T_1 est fixe. Une seconde source, dite froide, est nécessaire pour évacuer la chaleur dégagée. Sa température T_2 est nécessairement inférieure à T_1 .

Le second principe est dû à S. Carnot, qui a démontré en 1824 que le rendement d'une machine thermique idéale décrite par un cycle vaut : $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$.

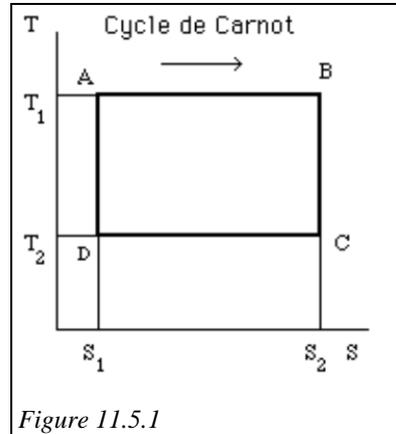


Modéliser et simuler les technologies énergétiques (extraits résumés)

Carnot a ainsi prouvé que ce rendement ne dépend ni de la nature de la machine ni des fluides utilisés pour la faire fonctionner, mais uniquement de T_1 et T_2 .

Sur le diagramme entropique (T,s), il est représenté par le rectangle ABCD, décrit dans le sens des aiguilles d'une montre (figure 11.5.1).

- AB est un segment de l'isotherme T_1 décrit de gauche à droite. Le fluide y reçoit de la chaleur (c'est une détente isotherme s'il s'agit d'un gaz parfait).
- CD est un segment de l'isotherme T_2 décrit de droite à gauche. Le fluide y cède de la chaleur (c'est une compression isotherme s'il s'agit d'un gaz parfait).
- BC est un segment de l'isentrope S_2 décrit de haut en bas (détente adiabatique réversible dans tous les cas).
- DA est un segment de l'isentrope S_1 décrit de bas en haut (compression adiabatique réversible dans tous les cas).



Cette relation est sans doute, à juste titre, l'une des plus connues de la thermodynamique. Elle est d'une grande importance en pratique, compte tenu de ses implications :

- tout d'abord, avec les hypothèses qui ont été faites (cycle réversible sans frottements et transferts de chaleur sans écarts de température), il est facile de démontrer que cette efficacité est la plus élevée qui puisse être atteinte par une machine thermique à fluide simple fonctionnant entre les deux sources T_1 et T_2 . Il s'agit donc d'une limite maximale et les cycles réels ont généralement des efficacités nettement plus faibles ;
- ensuite, l'efficacité de Carnot de toutes les machines réversibles opérant entre les deux sources T_1 et T_2 est la même, et ne dépend que de leurs températures et non des fluides thermodynamiques mis en jeu.