

# Préface

**Michel FEIDT**

*LEMTA, CNRS, Université de Lorraine, Vandœuvre-lès-Nancy, France*

L'ouvrage que vous avez entre les mains est un des ouvrages du thème « Physique de l'énergie et efficacité énergétique » du domaine « Énergie ».

Ce thème, bien que récent, n'est pas nouveau. Il est tout particulièrement sous-tendu par l'outil thermodynamique, et ce quelle que soit l'échelle.

L'aspect retenu sera phénoménologique, et surtout décliné en vue de préciser le concept clé d'*efficacité*, essentiel pour tout système ou procédé.

La déclinaison retenue pour le développement du thème se fait autour de plusieurs ouvrages – corrélés entre eux de façon forte, mais aussi avec d'autres thèmes du département – qui portent, entre autres, sur les fondamentaux de la physique de l'énergie, la thermodynamique des moteurs thermiques ou encore les machines thermiques à cycle inverse.

Nous remercions ISTE Editions, les divers coordonnateurs et les auteurs pour leurs contributions et actions efficaces, malgré les conditions très particulières du moment. Nous restons dans l'attente des remarques, suggestions et questions des lecteurs.

# Avant-propos

**Jocelyn BONJOUR**

*CETHIL, INSA Lyon, Villeurbanne, France*

Pendant des millénaires, la quête énergétique des hommes s'est essentiellement concentrée sur un unique objet : la production de chaleur (d'énergie thermique), principalement pour le chauffage domestique et pour la cuisson des aliments. La combustion, qui était alors pratiquement la seule technologie de conversion d'énergie, a progressivement été mieux maîtrisée puis améliorée.

La combustion était encore au cœur de la révolution industrielle, qui s'est déclenchée quand la chaleur a pu être utilisée pour produire du travail mécanique. Le titre de l'ouvrage de Sadi Carnot ne présente aucune ambiguïté : le fondateur de la thermodynamique partage en 1824 ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*. C'est à cette période qu'ont été mis au point de nombreux systèmes de conversion thermomécanique d'énergie. Ces systèmes avaient pour point commun d'être basés sur des transformations cycliques de fluides, alors qualifiées de « cycles moteurs » ou « cycles directs ». Les thermodynamiciens ont ensuite envisagé d'inverser le cycle moteur : les machines à cycle inverse étaient nées, qu'elles soient utilisées comme machines frigorifiques, comme pompes à chaleur, voire comme thermofrigopompes.

Le dérèglement climatique et la crise énergétique vont sans aucun doute appeler à de véritables changements de paradigmes énergétiques. Les cycles moteurs seront encore largement utilisés pour produire du travail mécanique et électrique, à condition que les sources d'énergie thermique soient de moins en moins alimentées par la combustion de

combustibles fossiles. De même, la part de production d'énergie thermique issue directement de combustion est vouée à diminuer avec le temps. Enfin, en raison du réchauffement planétaire, les besoins de production de froid ne peuvent qu'augmenter, qu'il s'agisse de réfrigération pour la sécurité alimentaire et sanitaire, ou qu'il s'agisse de rafraîchissement de locaux. On comprend alors que plus que jamais, les machines thermiques à cycle inverse occuperont une place tout à fait conséquente dans le paysage énergétique des décennies à venir.

L'objectif de cet ouvrage est ainsi d'offrir aux lecteurs (étudiants de deuxième cycle universitaire, doctorants, ingénieurs, chercheurs), un état des connaissances actuelles sur les machines à cycle inverse, afin d'anticiper leur positionnement d'avenir, mais aussi d'esquisser les tendances de la recherche sur les technologies encore émergentes.

Ainsi, le chapitre 1 présente un état de l'art scientifique et technique concernant la production de froid et de chaleur par les machines à cycle inverse les plus courantes : les machines à compression de vapeur, à éjection, à absorption ou à adsorption.

La crise énergétique invite à améliorer l'efficacité énergétique des systèmes, dont les performances doivent être évaluées avec rigueur et précision. C'est tout l'objet du chapitre 2, qui développe les méthodes d'analyse entropique et exergetique appliquées aux machines à cycle inverse et à l'échelle de leurs composants. Le chapitre 3 complète la démarche en proposant des méthodes d'optimisation des systèmes, grâce à la thermodynamique en temps/à vitesse fini(e).

L'essor des machines à compression mécanique au cours du XX<sup>e</sup> siècle a rendu cette technologie très mature, si bien que les marges de progrès sont moindres que pour les machines à compression thermique (absorption, adsorption), qui font par conséquent l'objet de travaux de recherche variés. Il subsiste des verrous scientifiques et techniques qui sont évoqués dans le chapitre 4, ainsi que les pistes envisagées pour les lever.

La production de froid magnétocalorique est une technologie émergente. Elle est basée sur un cycle inverse à l'instar des systèmes évoqués précédemment, mais c'est un matériau magnétique (et non un fluide) qui subit un ensemble de transformations cycliques. Le chapitre 5 présente le principe de cette technologie et différentes applications actuelles ou futures.

Enfin, l'effet thermoélectrique constitue une alternative aux machines à cycle inverse. Une bonne compréhension de ce phénomène physique permet d'analyser les performances des systèmes frigorifiques thermoélectriques et d'identifier quelques applications pour lesquelles ils pourraient s'avérer particulièrement pertinents.

Nous espérons que cet ouvrage éclairera le lecteur sur le fonctionnement et les évolutions futures de l'ensemble des machines à cycle inverse mises en œuvre pour la production de froid et de chaleur, ainsi que sur leur rôle incontournable dans les décennies à venir.