

## Introduction

Les développements technologiques enregistrés pendant les dernières décennies ont concerné différents domaines de l'industrie : télécommunications, informatique, avionique, voiture électrique, ferroviaire, énergies nouvelles, domotique, etc. Ces développements ont engendré des progrès énormes impliquant une utilisation de plus en plus importante de l'électronique et de l'informatique embarquées, avec des puissances de plus en plus importantes. La voiture électrique, ou l'avion « plus électrique » (Boeing 787 Dreamliner), et plus généralement les équipements de transport de nouvelle génération, deviennent, avec l'avènement de la technologie du transistor bipolaire à grille isolée (*Insulated Gate Bipolar Transistor*, IGB), extrêmement exigeants en termes de performances énergétiques, d'ergonomie et de dimensions : la performance ultime doit désormais s'accommoder de la plus faible taille.

Or, le fonctionnement de l'électronique de puissance, de plus en plus utilisée dans ce type d'équipements, dégage énormément de chaleur. C'est ainsi que la densité du flux de l'énergie calorifique dégagée par le fonctionnement d'une puce informatique peut atteindre les 450 à 550 kW/m<sup>2</sup>. Pour avoir un ordre de grandeur, la puissance moyenne d'un camion à semi-remorque est de 300 kW et la densité du flux dégagée au nez d'une navette spatiale à l'entrée de l'atmosphère est de l'ordre de 500 kW/m<sup>2</sup>. C'est dire que la chaleur dégagée par un circuit électronique en fonctionnement peut être énorme.

Le fonctionnement de tous les composants électroniques est sensible cependant à la température. Les performances de ces derniers sont en fait définies dans des domaines bien précis de température. Ces performances deviennent médiocres en dehors des limites prescrites de température. Pis encore, de trop fortes températures peuvent même conduire à leur détérioration. Cette contrainte fait que l'efficacité de l'extraction de la chaleur générée devient vitale pour la continuité de l'intégrité des équipements électroniques. Cette importance est accentuée par la taille de plus en plus faible recherchée pour les équipements, comparée aux fortes puissances dégagées par le fonctionnement.

À ces utilisations particulières, une classe spécifique d'échangeurs est utilisée pour assurer le refroidissement des cartes électroniques dans les ordinateurs ou les équipements de puissance tels que ceux utilisés dans les nouvelles générations de véhicules de transport, dans la téléphonie mobile ou dans la domotique.

Les échangeurs de chaleur continuent à être également présents dans différents procédés industriels qui nécessitent un chauffage ou un refroidissement des produits afin d'obtenir les caractéristiques désirées (réactions chimiques, refroidissements d'espaces, etc.). Parfois, il est même demandé de faire vaporiser un liquide ou de faire condenser une vapeur (par exemple, en distillation). Tous ces types de transformations thermiques sont réalisés dans des échangeurs de chaleur. En fait, les échangeurs sont présents presque partout. Même dans le domaine domestique et bien avant la domotique, où ils sont les pièces maîtresses des chaufferies, des réfrigérateurs, des conditionneurs d'air et des systèmes de chauffage de l'eau sanitaire, qu'ils soient électriques, à gaz ou solaires.

Pourtant, bien qu'il existe plusieurs œuvres qui traitent des aspects conceptuels des échangeurs de chaleur, les techniques de dimensionnement et de calcul restent les moins documentées dans la littérature liée à l'ingénierie de l'énergie. Les ouvrages spécialisés et les notices de fabricants d'échangeurs, qui existent dans différentes langues et avec différents degrés de détails et de précision, sont, dans la plupart des cas, de méthodologies diverses, liées à un type de fabrication ou complexes. Ils sont alors hors de la portée de l'utilisateur désirant réaliser une conception rapide et indépendante.

Cet ouvrage présente les différentes technologies disponibles dans l'industrie des échangeurs thermiques au sens le plus large. Il expose ainsi les échangeurs les plus classiques, mais également des échangeurs de nouvelle génération, plus spécifiques aux domaines de l'industrie automobile, de l'avionique ou de l'électronique embarquée.

En plus de la présentation des concepts fondamentaux qui gouvernent chacune des technologies disponibles, cet ouvrage précise les avantages et les inconvénients de chaque type d'échangeur, ainsi que leurs domaines d'utilisation préférés. Les critères qui doivent présider au choix du type d'échangeur à utiliser en fonction de la tâche à réaliser et selon les fluides traités sont ainsi mis en évidence.

Un descriptif détaillé des technologies est présenté au préalable, avant d'exposer les principes généraux de conception qui s'appliquent à tous les types d'échangeurs. La diversité des technologies impose différentes méthodes de dimensionnement. C'est pour cette raison que nous avons réservé le chapitre 6 à la présentation d'algorithmes de calcul de chaque type d'échangeur. Ces algorithmes sont mis en œuvre de manière pratique dans les différentes illustrations qui accompagnent ce chapitre 6.