

Avant-propos

« Confronté à la roche, le ruisseau l'emporte toujours,
non par la force, mais par la persévérance. »

Confucius
(551-479 avant J.-C.)

Après plusieurs années d'enseignement des techniques de l'ingénieur liées à l'énergie – d'abord en tant que *teaching assistant* à l'université de Californie (USA) et par la suite en tant que maître de conférences puis professeur à l'École des Mines de Rabat (Maroc) – j'ai pu, par la force de la providence, avoir assez de temps pour réaliser un objectif qui est resté pendant longtemps dans ma longue liste de priorités, sans pour autant avoir la possibilité de passer en tête de cette liste. Il s'agit de la préparation d'une *série d'ouvrages sur l'ingénierie de l'énergie*. Ces ouvrages me paraissaient nécessaires comme source de référence complète et cohérente, aussi bien en tant qu'outil d'enseignement et d'assimilation des techniques pour les élèves ingénieurs, qu'en tant que source de vérification de l'information et de récapitulation des méthodes de calcul pour les ingénieurs pratiquants. Cette série est constituée de neuf volumes :

- **volume 1** : *Transferts d'énergie et de matière : approche bilancielle et concepts de base* ;
- **volume 2** : *Transferts d'énergie par conduction* ;
- **volume 3** : *Transferts d'énergie par convection* ;
- **volume 4** : *Transferts d'énergie par rayonnement* ;
- **volume 5** : *Transferts de matière et estimation des données physiques* ;
- **volume 6** : *Conception et calcul des échangeurs de chaleur* ;

- volume 7 : *Ingénierie de l'énergie solaire thermique* ;
- volume 8 : *Ingénierie de l'énergie solaire photovoltaïque* ;
- volume 9 : *Ingénierie de l'utilisation rationnelle de l'énergie*.

Le présent ouvrage constitue le volume 5 de cette série. Il concerne l'étude des transferts de la matière d'un système à un autre ou entre les parties d'un même système. Ce volume contient également une partie importante sur l'estimation des données physiques, vue l'importance que revêt la disponibilité d'informations sur les propriétés physiques pour l'accomplissement des calculs.

L'utilité de cet ouvrage est évidente étant donné que le transfert de matière a toujours été le parent pauvre de la littérature scientifique didactique. En effet, le nombre des ouvrages qui lui sont dédiés est très réduit.

Ainsi, l'objectif est de mettre à la disposition des étudiants les principes fondateurs et les données de base qui permettraient de comprendre les déterminants de ce transfert qui conditionnent l'établissement des équations de conception et de dimensionnement des équipements industriels.

Une importance particulière a été accordée à la recherche des données physiques, étant donné que la disponibilité des données est souvent l'un des facteurs qui bloquent la réalisation des calculs.

Par ailleurs, en vue d'aider l'étudiant à mettre en œuvre, le plus rapidement possible, les techniques de calcul spécifiques aux transferts de matière, une série d'exercices est présentée, avec solutions, à la fin de ce document. Ces exercices ont été construits pour correspondre, le plus possible, à des situations réelles relevant de la pratique industrielle ou de la vie de tous les jours.

Introduction

Nous avons vu dans le volume 1 de cette série que la plupart des fabrications industrielles impliquent des élaborations de produits par transfert de matière. En effet, ce n'est qu'à travers les manipulations d'un certain nombre de matières premières que l'on arrive aux produits finis désirés.

L'objet de ce volume est de présenter les lois qui régissent le transfert de la matière et qui permettent d'aboutir aux calculs des flux échangés.

Il est à souligner cependant que, pour tous les calculs qui seront nécessaires à la quantification des flux de la matière transférée, il sera nécessaire de disposer de données physico-chimiques fiables. En effet, la disponibilité des données physiques, telles que la viscosité ou les coefficients de diffusion, est essentielle pour réaliser les calculs.

C'est pour cette raison et en vue de faciliter l'accès à de telles informations qu'un recueil de données physiques est présenté en annexe. Mais il faut reconnaître que, quel que soit l'effort de collecte de données que nous puissions faire, on ne pourrait jamais prévoir d'inclure tous les composés chimiques et tous les matériaux dans un recueil. C'est la raison pour laquelle, il faut disposer d'outils d'estimation de données qui permettent à l'ingénieur, en cas de besoin, de déterminer les données physiques manquantes avec un certain degré de précision. Le [chapitre 1](#) de cet ouvrage est dédié à la présentation des méthodes d'estimation des données. Il regroupe les corrélations qui permettent de calculer les propriétés physico-chimiques des matériaux à partir de données de base.

Par la suite, le [chapitre 2](#) de cet ouvrage est réservé à la présentation des paramètres utilisés dans les différentes analyses du transfert de matière. Il est à noter que ce type de transfert peut avoir lieu aussi bien dans des mélanges au repos, que dans des fluides en mouvement. La caractérisation d'une vitesse de diffusion, par exemple,

devient liée au type de repère (fixe ou mobile) dans lequel elle sera exprimée. Il en va de même pour un flux de transfert.

Ces flux sont exprimés à l'aide de la première loi de Fick (voir [chapitre 3](#)), d'une manière similaire à la manière dont la loi de Fourier exprime le flux thermique échangé en conduction (voir les [volumes 1 et 2](#)).

Mais l'analyse de transferts dans des systèmes réels nécessite l'élaboration de bilans macroscopiques qui permettent de déduire les flux échangés. Ces bilans sont établis dans le [chapitre 4](#). Ils permettent de développer les équations de continuité pour les systèmes macroscopiques avec ou sans réaction chimique.

L'application de ces principes est présentée sous forme d'exercices corrigés dans le [chapitre 5](#).