

## Avant-propos

La mécanique constitue l'acte de naissance de la physique mathématique. Initialement motivée par le mouvement des planètes et par la « chute des graves », son étude a conduit à la formulation par Newton dès 1687 de principes fondateurs. Même si le développement de la mécanique des milieux continus, solides, puis fluides est plus récente, on trouvera déjà dans les *Philosophiae naturalis principia mathematica* d'Isaac Newton des pages consacrées à la chute des jets liquides.

Déjà présente dès l'Antiquité à travers les problèmes d'irrigation, la mécanique des fluides s'est imposée comme une discipline centrale avec la révolution industrielle. L'énergétique sera au cœur des spécialités industrielles demandeuses de connaissances, que ce soit dans le domaine de l'alimentation en fluides, de la thermique, de la production d'énergie secondaire, ou de la propulsion. Qu'il soit vecteur de chaleur sensible ou au cœur du processus de production énergétique, le fluide est incontournable dans toutes les industries de haute technologie du siècle : aéronautique, aérospatiale, automobile, combustion industrielle, centrales thermiques ou hydrauliques, industries de process, défense nationale, environnement thermique et acoustique...

Les approches de la mécanique des fluides sont aussi diverses que le public qui s'y intéresse. C'est cette diversité que nous ambitionnons d'appréhender dans cet ouvrage.

Dans tous les cas, il nous semble important que, quel que soit le degré de difficulté de la question abordée, le lecteur réfléchisse en pleine conscience des principes qu'il aura à écrire d'une manière ou d'une autre. L'ouvrage traite par l'exemple de la mécanique des fluides sous des approches diverses.

On y trouvera en premier lieu l'occasion d'une prise en main d'outils simplifiés, permettant une première approche aisée à l'étudiant de la discipline et équipant le praticien de moyens de dimensionnement élémentaires.

D'autres problèmes justifient ou imposent une approche plus complexe, mobilisant un bagage théorique, notamment en analyse, plus conséquent. Là encore, élèves d'école ou de master pourront rencontrer le praticien qui domine déjà ces sujets.

Une troisième approche, devenue incontournable dans la physique d'aujourd'hui, notamment lorsque les problèmes sont trop complexes pour pouvoir être abordés sérieusement par des calculs simples, fait appel aux méthodes numériques. L'ouvrage s'articule sur ces remarques.

Dans chaque chapitre, la résolution des problèmes est assise sur des rappels fondamentaux. Ces rappels ne dispenseront pas le lecteur de conforter sa connaissance de la matière en retournant vers ses manuels initiaux. Toutefois, sur les points d'importance, certaines démonstrations sont reprises. Répétons-le, l'important est pour le lecteur de bien avoir en tête ce qu'il écrit.

Dans la perspective de l'accessibilité à un large public, les développements liés à l'établissement ou au rappel des équations générales ont été réunis dans une annexe, pour ne pas alourdir l'ouvrage.

Cela peut paraître une gageure de vouloir s'adresser utilement à un public dont la diversité se marque par une variabilité certaine dans le niveau de connaissance, d'expertise ou d'expérience dans le domaine.

Bénéficiant de l'expérience d'enseignements donnés à toutes ces catégories d'auditoire, les auteurs se sont sentis motivés et encouragés à tenter l'entreprise.

Cet ouvrage, *Propulsion compressible et approche numérique en mécanique des fluides*, est consacré, en première approche, au traitement de problèmes plus complexes, et en particulier à des exemples d'application en milieu industriel.

Un premier chapitre de ce volume traite de la problématique des fluides visqueux sous un angle analytique. La structure des écoulements aux frontières y est prise en compte. La théorie de la couche limite y est largement utilisée. Une large place est réservée aux méthodes intégrales. Une ouverture est faite dans ces domaines sur les fluides non newtoniens. La problématique de l'écoulement visqueux en canal est également abordée. Certains types particuliers de couche limite instationnaire sont également traités.

Dans les écoulements de fluides aux grandes vitesses, la thermodynamique se combine à la mécanique et conduit à des comportements très spécifiques aux fluides compressibles. Deux chapitres de ce livre sont consacrés à ce volet de la mécanique des fluides, très important notamment en aéronautique et en aérospatiale. La physique des tuyères, générateurs de jets responsables de la poussée des réacteurs et des moteurs fusée, y est traitée dans le cadre des écoulements monodimensionnels.

Le deuxième chapitre est réservé aux écoulements monodimensionnels compressibles totalement réversibles.

Un troisième chapitre est dédié à l'occurrence d'irréversibilités locales dans de tels écoulements. La théorie de l'onde choc droite sera développée par l'exemple et le positionnement de telles ondes de choc dans une tuyère sera en particulier analysé.

La schématisation et la simplification de l'écoulement est applicable à maint cas pratiques et valide les méthodes décrites dans les chapitres évoqués ci-dessus. Dans de nombreuses situations, l'écoulement est trop complexe pour qu'une simplification outrancière soit acceptable. C'est notamment les cas des écoulements turbulents ou tourbillonnaires rencontrés en espace industriel. L'ingénieur et le chercheur ont aujourd'hui un accès privilégié à de tels outils de calcul sur une large gamme de puissance.

Deux chapitres sont consacrés à l'approche numérique, devenue incontournable pour les problèmes de structure trop complexe pour se satisfaire d'une modélisation élémentaire.

Le quatrième chapitre est consacré à la modélisation et à la simulation en mécanique des fluides. Les calculs numériques sont faits en 2D, on néglige les variations de l'écoulement dans le plan vertical et on ne prend pas en compte les pertes en bout de pale.

On considère une vitesse de vent de distribution uniforme à l'entrée, et des pales droites.

Un cinquième chapitre est consacré à une application industrielle. Il concerne l'évaluation des performances d'une éolienne Darrieus à pales droites, par des calculs numériques, et la validation du schéma numérique en comparant les résultats obtenus avec les résultats expérimentaux.

Cet ouvrage s'adresse aux élèves des écoles d'ingénieurs, aux élèves des sections de techniciens, aux élèves de licence ou de master des universités. Il entend également rendre service à tous ceux qui, engagés dans une activité professionnelle, doivent mobiliser des connaissances ou des outils relevant de la mécanique des fluides.