

## 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 récent, 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 a à s'y intéresser. 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 l'annexe du volume 4 de cette série, *Propulsion compressible et approche numérique en mécanique des fluides*, 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.

Ce livre, *Mécanique des fluides : méthodes analytiques*, rassemble des exemples d'approches relativement simplifiées de problèmes aca-démiques aussi bien que pratiques. Il sera en principe accessible à tous les lecteurs potentiels de l'ouvrage.

Le premier chapitre rappelle les bases de la dynamique, en se centrant sur la mécanique du point. L'état fluide y est défini ainsi que ses principales propriétés. La problématique de l'écriture des forces, de surface et de volume, appliquée à un volume fluide est développée. Enfin, la stratégie de résolution d'un problème en mécanique des fluides est abordée d'un point de vue général.

Dans un second chapitre, on traite du fluide en équilibre. L'étude de la statique du fluide incompressible sous l'action des simples forces de gravité, ou hydrostatique, est complétée par celle de l'action d'autres forces dérivant d'un potentiel, incluant des forces d'inertie. La statique des fluides compressibles est aussi abordée.

Un troisième chapitre est consacré à la description des écoulements. La vision eulérienne y est privilégiée. Les éléments géométriques de la cinématique y sont définis. La détermination complète de la géométrie d'un écoulement à partir de la donnée de sa vitesse eulérienne est développée. Ce chapitre est également l'occasion d'énoncer et de développer un premier principe physique : le principe de continuité.

Le premier chapitre a examiné la structure des forces de surface. C'est ainsi qu'y sont définis les fluides parfaits où l'action de la viscosité peut être négligée. Un quatrième chapitre est consacré au traitement de ces écoulements. Le théorème de Bernoulli y est central. Bien que limité par le corps d'hypothèses qui le sous-tend, on peut constater toute la puissance de ce théorème dans l'obtention aisée d'ordres de grandeur pertinents dans une large gamme de phénomènes.

Lorsque la vitesse de fluide varie notablement sur un espace restreint, ce qui est le cas aux frontières entre fluide et solide, la viscosité devient un phénomène majeur. C'est notamment ce qui se rencontre dans les canalisations et tous les éléments d'un circuit hydraulique. Dans une telle situation, on peut souvent s'intéresser à la perte d'énergie mécanique qui résulte des frottements fluides. On traitera du calcul de ces « pertes de charge » dans un cinquième chapitre.

Les études de propulsion résultent en règle générale d'un échange de quantité de mouvement entre un fluide et des parois. Applicables aux écoulements parfaits comme aux fluides visqueux, les théorèmes d'Euler permettent par une simple connaissance de la cinématique fluide au passage de frontières, de déterminer les résultantes ou les moments d'un système de forces appliqués à un fluide. On montrera dans un sixième chapitre comment cet outil puissant peut s'appliquer à la détermination de différents types de poussée.

Cet ouvrage s'adresse aux élèves des Ecoles 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.