

Préface

C'est avec plaisir que j'ai parcouru cet ouvrage de recueil d'exercices soutenu par un rappel de cours, proposé par Nord-Eddine Sad Chemloul.

L'analyse dimensionnelle et la similitude qui sont des outils permettant de résoudre certains problèmes en mécanique des fluides sont traitées dans cet ouvrage destiné aux étudiants en génie mécanique, génie civil, génie maritime, etc.

L'auteur a enseigné cette matière pendant plus de 25 ans et a acquis une très grande expérience qui lui a permis d'améliorer son cours au fil des années.

L'ouvrage est bien structuré et rédigé, ce qui le rend facile à lire. Il est composé de trois chapitres : le premier concerne le calcul des dimensions, la vérification de l'homogénéité des relations et de la conversion des unités. Le deuxième chapitre présente la méthode d'homogénéité (ou méthode Rayleigh) et la méthode de Vaschy-Buckingham (appelée aussi méthode des π), qui sont utilisées dans l'analyse dimensionnelle. Le troisième chapitre a pour objet l'étude de la comparaison des écoulements fluides à l'aide de la similitude.

De nombreux exercices, qui ont fait l'objet des travaux dirigés et d'examens proposés par l'auteur, sont accompagnés de corrections détaillées et bien commentées. Cet ouvrage est également destiné aux enseignants.

Je le recommande vivement aux étudiants, car ils y trouveront l'essentiel de l'analyse dimensionnelle et de la similitude appliquées à la mécanique des fluides.

Driss NEHARI
Professeur au centre universitaire
de Ain Temouchent, Algérie

Avant-propos

Les théories de la mécanique des fluides sont parfois bien compliquées. Pour mieux les comprendre, leur application à travers des exercices est nécessaire.

Les trois chapitres qui composent cet ouvrage commencent par un rappel simple de ce qu'il faut savoir, accompagnés d'exemples.

Cinquante exercices, tous corrigés en détail, sont proposés et commentés. Ils couvrent presque tous les domaines de la mécanique des fluides : écoulement à travers les orifices, couches limites dynamiques, action des fluides sur les parois solides, etc.

Ces exercices vont du plus simple, côté pédagogique, au plus difficile, côté pratique. Ils s'adressent à tous les étudiants qui abordent la discipline de la mécanique des fluides dans le domaine des sciences technologiques, des sciences et de physique.

Nous accueillons avec reconnaissance toutes les critiques et les suggestions qui peuvent être faites sur le niveau, la présentation et le choix des exercices traités dans cet ouvrage. Nous tenons à préciser que le choix des exercices est fait avec l'espoir d'arriver à réaliser un compromis entre la formation générale des étudiants et leur entraînement à la mise en œuvre pratique de leurs connaissances.

Introduction

Les méthodes analytiques (ou modèles), qui sont utilisées dans la résolution des problèmes de la mécanique des fluides, ne sont pas toujours satisfaisantes (ne donnent pas de bons résultats) dans la pratique. Ceci est dû à la nécessité d'utilisation des simplifications ou des analyses détaillées et coûteuses.

La méthode alternative est de faire appel à l'expérience et d'en déduire des corrélations applicables à tous les cas du même type de problème. Souvent les conditions d'expérience au laboratoire ne sont pas les mêmes que celles du cas réel (par exemple les dimensions du modèle de pompe centrifuge et de son prototype, les fluides différents), on fait alors appel à l'analyse dimensionnelle. Cette dernière permet l'obtention des corrélations sans dimension formées de nombre sans dimension, applicable d'une façon générale à tous les cas pratiques. En d'autres termes, ces corrélations sans dimension peuvent être appliquées dans des conditions dynamiques similaires à celles dans lesquelles elles ont été établies en utilisant, par exemple, un fluide différent.

L'analyse dimensionnelle est une méthode pratique qui permet de vérifier l'homogénéité (méthode de John William Strutt Rayleigh) d'une formule physique à travers ses équations aux dimensions. Ceci est réalisé en décomposant les grandeurs physiques que la formule met en jeu en un produit de grandeurs fondamentales ou de base : longueur, durée, masse, intensité électrique, etc., irréductibles les unes aux autres.

L'analyse dimensionnelle repose sur le principe que l'on ne puisse comparer ou ajouter que des grandeurs ayant la même dimension ; on peut ajouter une longueur à une autre, mais on ne peut pas dire qu'elle est supérieure, ou inférieure, à une masse. Une loi physique ne peut changer, sauf dans les valeurs numériques de ses constantes lorsqu'on l'exprime dans d'autres unités. Le théorème d'Aimé Vaschy et d'Edgar Buckingham le démontre mathématiquement.

En physique fondamentale, l'analyse dimensionnelle permet d'obtenir la forme d'une équation à partir d'hypothèses sur les grandeurs qui gouvernent l'état d'un système physique. Les hypothèses peuvent être par la suite validées par une théorie complète. Pour les sciences appliquées, l'analyse dimensionnelle est la base de la modélisation par maquettes et de l'étude des effets d'échelle.

La similitude en mécanique des fluides joue un rôle très important dans la conception et la réalisation d'installations et d'ouvrages de grandes dimensions et de prix de revient élevé, et ce dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, l'hydraulique, le génie chimique, etc. Il est donc important de disposer d'outils nécessaires pour définir avec précision toutes les caractéristiques de l'ouvrage permettant l'obtention des performances désirées.

On doit donc essayer de représenter par un modèle les conditions réelles de fonctionnement de l'ouvrage. De la qualité de cette représentation dépendra la précision des résultats obtenus. Or, les problèmes traités en mécanique des fluides montrent qu'il est très difficile de traduire correctement les caractéristiques d'un écoulement à tout instant et en tout point, et surtout lorsque cet écoulement est turbulent. Il n'est donc pas possible d'écrire et de traiter correctement les équations de base, car le modèle n'est qu'une représentation approchée du fonctionnement réel. Deux possibilités sont donc envisagées, à savoir la résolution mathématique d'équations simplifiées ou la réalisation en laboratoire d'une représentation concrète de l'ouvrage. Ces deux méthodes sont en fait complémentaires et on a toujours intérêt à les utiliser conjointement.

Dans cet ouvrage, seule la seconde méthode est utilisée. Cette dernière consiste à réaliser un modèle physique de l'installation ou de l'ouvrage projeté, ce qui définit la similitude. Les dimensions du modèle sont généralement plus petites que celles de l'ouvrage et l'on a alors un modèle réduit.