

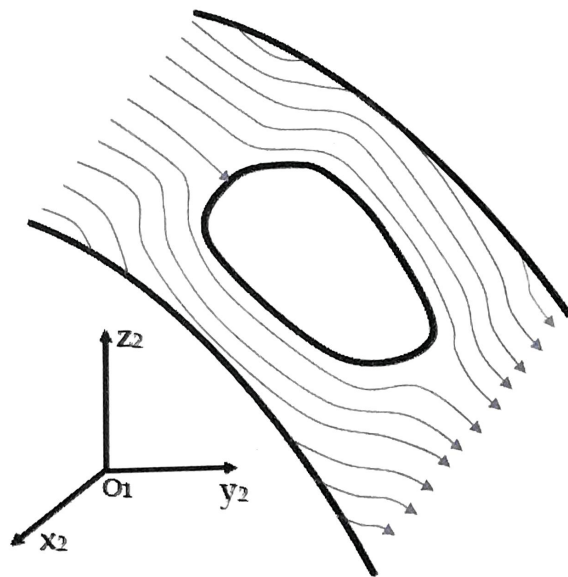
Analyse dimensionnelle et similitude en mécanique des fluides

Exercices résolus et commentés
avec rappels de cours

N. SAD CHEMLOUL

Enseignant au département de génie mécanique

Université Ibn Khaldoun de Tiaret



Cet ouvrage est destiné aux spécialités :

- Génie mécanique,
 - Génie maritime,
 - Génie civil,
 - Hydraulique,
- et aux écoles supérieures d'ingénierie,
et aux instituts de formations professionnelle.



Genie Mécanique

Analyse dimensionnelle et similitude en mécanique des fluides

064848

10

Exercices résolus et commentés
avec rappels de cours

N. SAD CHEMLOUL

Enseignant au département de génie mécanique
Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Cet ouvrage est destiné aux étudiants de la troisième année
licence mécanique option énergétique.



Préface

Ce livre rédigé par le docteur SAD CHEMLOUL Nord-Eddine est destiné aux étudiants de la troisième année Licence mécanique option énergétique. L'analyse dimensionnelle et la similitude qui sont des outils permettant de résoudre certains problèmes en mécanique des fluides est traité dans ce livre. L'auteur enseigne 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. Le contenu suit le nouveau programme national unifié du système LMD qui est rentré en vigueur depuis l'année universitaire 2015/2016 validé par le ministère de l'enseignement supérieur.

L'ouvrage est composé de trois chapitres : le premier chapitre 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 de travaux dirigés et examens proposés par l'auteur, sont accompagnés de corrections détaillées et bien commentées, on y trouve également un rappel de cours. Ceci est utile à l'étudiant qui va lui permettre de bien comprendre la matière, cet ouvrage est également destiné aux enseignants.

Je suggère à l'auteur, dans une prochaine édition de proposer plus d'exercices dans le premier chapitre, comme pour le cas des derniers. Je recommande vivement cet ouvrage aux étudiants, car ils y trouveront l'essentiel de l'analyse dimensionnelle et de la similitude appliquées à la mécanique des fluides.

NEHARI Driss

Professeur au centre universitaire Belhadj Bouchaib

Ain Temouchent

Avant propos

La mécanique des fluides est un domaine de recherche où les progrès ont été considérables. Cependant, certains problèmes de mécanique des fluides trouvent leur solution qu'en faisant appel à la méthode de l'analyse dimensionnelle et à la similitude. La meilleure façon de comprendre un cours est de mettre en œuvre des exercices d'application.

Cet ouvrage qui tient compte du nouveau canevas de génie mécanique, s'adresse principalement à tous les étudiants qui abordent la discipline de la mécanique des fluides : licence et master dans le domaine des sciences technologiques et des sciences et de physique. Par ailleurs, les exercices proposés dans cet ouvrage sont fondés le plus souvent sur des cas réels et couvrent pratiquement toute la mécanique des fluides.

Pour les corrigés, nous fournissons toujours une solution détaillée et pour certains commentée. Les résultats numériques du troisième chapitre sont donnés avec une précision de deux chiffres après la virgule. Dans la pratique, les résultats devront être arrondis selon le cas traité.

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 celui de leur entraînement à la mise en œuvre pratique de leurs connaissances

L'auteur

Table des matières

Préface	3
Avant-propos	4
Chapitre 1 Calcul de dimensions, homogénéité des relations, conversion des unités	9
1.1 Introduction	9
1.2 Définition des unités fondamentales du système international (SI)	9
1.3. Grandeurs supplémentaires et grandeurs dérivées du système international (SI)	11
1.4 Règles d'emploi des unités	11
Exercices	17
Exercice 1.1: Calcul des dimensions	21
Exercice 1.2: Homogénéité des relations	23
Exercice 1.3: Dimension des constantes d'une équation	24
Exercice 1.4: Equation des gaz parfait	25
Exercice 1.5: Conversion des unités	
Chapitre 2. Analyse dimensionnelle	29
2.1 Introduction	30
2.2 Définition	30
2.3 Méthode de Rayleigh	31
2.4 Théorème de Vaschy-Buckingham ou méthode des π	33
Exercices : Méthode d'homogénéité ou méthode de Rayleigh	39
Exercice 2.1: Nombre de Reynolds	39
Exercice 2.2: Nombre de Weber	40
Exercice 2.3: Nombre capillaire	42
Exercice 2.4: Puissance d'une hélice	43
Exercice 2.5: Débit à travers un orifice à bord mince	45
Exercice 2.6: Perte de charge linéaire	46
Exercice 2.7: Force exercée par un fluide sur un corps	49
Exercice 2.8: Oscillation d'un liquide dans un en tube en U	51
Exercice 2.9: Chute de bille	52
Exercice 2.10: Temps d'implosion d'une bulle d'air	55
Exercice 2.11: Vibration d'une goutte d'eau	56

Exercice 2.12: Force de traînée de l'eau sur un navire	56
Exercices : Méthodes des π ou de Vachy-Buckingham	58
Exercice 2.13: Perte de charge linéaire	60
Exercice 2.14: Force de frottement sur une plaque plane	62
Exercice 2.15: Force de traînée exercée sur une sphère	64
Exercice 2.16: Ressaut hydraulique	67
Exercice 2.17: Débit sur un déversoir en mince paroi	69
Exercice 2.18: Débit sur un déversoir triangulaire	71
Exercice 2.19: Volume d'une bulle	73
Exercice 2.20: Débit à travers un orifice	74
Exercice 2.21: Retrissement brusque de section	77
Exercice 2.22: Tube capillaire	79
Exercice 2.23: Déformation d'une bulle	82
Exercice 2.24: Couche limite dynamique laminaire	84
Exercice 2.25: Puissance d'un agitateur	89
Chapitre 3 : Similitude des écoulements	93
3.1 Définitions et principe de la similitude	94
3.2 Conditions de similitude	96
Exercices	102
Exercice 3.1: Similitude de navires	102
Exercice 3.2: Pompe centrifuge	104
Exercice 3.3: Pompe volumétrique de petites dimensions	109
Exercice 3.4: Rapport de puissance ($p_{\text{modèle}} / p_{\text{prototype}}$) d'une pompe	111
Exercice 3.5: Caractéristique d'une pompe centrifuge	112
Exercice 3.6: Essai d'automobile en soufflerie	113
Exercice 3.7: Ecoulement en conduite	114
Exercice 3.8: Efforts visqueux sur un disque tournant	115
Exercice 3.9: Etude d'une galerie d'aménagement hydro-	118
Exercice 3.10: Entraînement de matière solide par un courant	121
Exercice 3.11: Corps fuselé	124
Exercice 3.12: Maquette d'hydravion	126
Exercice 3.13: Etude des marées	128
Exercice 3.14: Ecoulements transitoires de gaz	130
Exercice 3.15: Modèle d'une torpille	132

Exercice 3.16: Ecoulement d'une bille	134
Exercice 3.17: Similitude du mouvement d'un dirigeable	136
Exercice 3.18: Résistance à l'avancement d'un navire	138
Exercice 3.19: Cuve de mélangeur	142
Exercice 3.20: Frottement sur un prototype sonde	145
Annexe 1 : Quelques nombres adimensionnels utilisés en mécanique des fluides	147
Annexe 2 : Conversion du système d'unités	149
Annexe 2 : Conversion du système d'unités	150
Références bibliographiques	152

Analyse dimensionnelle et similitude en mécanique des fluides

Cet ouvrage qui tient compte du nouveau canevas de génie mécanique, s'adresse principalement à tous les étudiants qui abordent la discipline de la mécanique des fluides : licence et master dans le domaine des sciences technologiques et des sciences et de physique. Par ailleurs, les exercices proposés dans cet ouvrage sont fondés le plus souvent sur des cas réels et couvrent pratiquement toute la mécanique des fluides.

