



De **L'ÉLASTICITÉ LINÉAIRE**
aux **FLUIDES NEWTONIENS**

JULIE ALBAGNAC
OLIVIER PRAUD
OLIVIER THUAL

Cépaduès
ÉDITIONS

Table des matières



Introduction	3
1 Algèbre linéaire et tenseurs	5
1 Algèbre linéaire	6
2 Champs de tenseurs	10
3 Coordonnées curvilignes	15
2 Hypothèse du continu	27
1 Vecteur flux	28
2 Diffusion d'un champ scalaire	32
3 Équation de la chaleur	35
3 Petites déformations	45
1 Déformations quelconques	46
2 Longueurs, angles et volumes	49
3 Hypothèse des petites perturbations	51
4 Tenseur des contraintes	61
1 Loi de conservation de la masse	62
2 Modélisation des efforts	66
3 Principe fondamental de la dynamique	68

5	Équations de Navier	83
1	Loi de Hooke	84
2	Module de Young et coefficient de Poisson	88
3	Ondes élastiques	92
6	Cinématique du continu	103
1	Description eulérienne du mouvement	104
2	Transport par les trajectoires	107
3	Tenseur des taux de déformation	111
7	Équations de bilan	123
1	Théorèmes de transport	124
2	Formulation des équations de bilan	128
3	Principe fondamental de la dynamique	132
8	Équations de Navier-Stokes	145
1	Fluides newtoniens	146
2	Navier-Stokes compressibles	151
3	Du compressible à l'incompressible	156
	Bibliographie	171
	Index	172

Avant-propos

Cet ouvrage a été développé dans le cadre de la première année de formation d'ingénieur "Mécanique des Fluides, Énergétique et Environnement" de Toulouse INP - ENSEEIHT. Il s'adresse à tous les étudiants de licence dont la formation aborde l'élasticité linéaire ou la mécanique des fluides.

Bien que la mécanique des milieux continus repose, par nature, sur des outils mathématiques variés, le bagage nécessaire pour aborder cet ouvrage est celui du niveau des licences scientifiques dans la mesure où les notions indispensables pour la lecture de l'ouvrage sont détaillées dans le premier chapitre. Par exemple, la théorie des tenseurs, qui prend souvent une place importante dans certains ouvrages, est réduite à des notions simples d'algèbre linéaire. De même, la théorie des puissances virtuelles n'est pas abordée, même si les spécialistes en reconnaîtront la trace.

Ressources en ligne

Chacun des soixante-dix paragraphes de ce livre fait l'objet d'une capsule vidéo interactive d'environ deux minutes avec des explications au tableau noir et des questions à choix unique. Ces ressources sont publiées sur le site de l'Université Numérique à l'adresse suivante : <https://is.gd/XGVer2>.



Remerciements

Les auteurs remercient Jean-François PARMENTIER et Pierre-Alexandre MASSET pour leurs contributions à cet ouvrage.

DE L'ÉLASTICITÉ LINÉAIRE AUX FLUIDES NEWTONIENS

JULIE ALBAGNAC, OLIVIER PRAUD, OLIVIER THUAL

L'ouvrage s'adresse aux étudiants et aux enseignants de masters scientifiques. Ses huit chapitres constituent une introduction à l'élasticité linéaire et à la mécanique des fluides.

Les notions d'algèbre essentielles pour le présent cours de mécanique des milieux continus sont regroupées dans le chapitre 1.

La justification de la modélisation des milieux par des champs continus et dérivables est effectuée au chapitre 2 où l'on introduit la notion de loi de conservation d'une grandeur physique sur l'exemple de l'énergie interne.

Pour pouvoir relier les efforts aux variations locales de longueurs, d'angles ou de volumes, on modélise les déformations des milieux par des fonctions vectorielles de l'espace au chapitre 3.

Le chapitre 4 énonce la loi de conservation de la masse et le principe fondamental de la dynamique dans le cadre des petites perturbations.

Une première application du principe fondamental est exposée au chapitre 5 pour la loi de comportement des solides élastiques homogènes et isotropes en petites perturbations appelée loi de Hooke.

Le chapitre 6 aborde l'étude du mouvement à l'aide d'une description eulérienne plus appropriée pour la modélisation des écoulements fluides.

Le chapitre 7 complète les outils mathématiques en dérivant par rapport au temps des intégrales triples dont le domaine d'intégration est transporté par le mouvement.

Le chapitre 8 ouvre le champ de la mécanique des fluides en formulant la rhéologie des fluides newtoniens. Dans le cas compressible, la dynamique est alors couplée à la thermodynamique à travers le champ de pression.

Julie ALBAGNAC, Olivier PRAUD et Olivier THUAL enseignent la mécanique des fluides et des solides à l'Université de Toulouse et effectuent leurs recherches à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse.

Photographie de couverture : Écoulement irrotationnel | ©Shutinc

www.cepadues.com



Réf. 2023

ISBN : 978-2-38095-023-3



9 782383 950233