

Mécanique des fluides newtoniens

« Les équations de l'hydrodynamique sont souvent très analogues à celles de l'électrodynamique; c'est pourquoi nous avons étudié d'abord l'électrodynamique. Certains raisonnent autrement; ils pensent qu'il faut étudier d'abord l'hydrodynamique pour qu'il soit plus facile ensuite de comprendre l'électricité. Mais *l'électrodynamique est réellement beaucoup plus facile que l'hydrodynamique.* »

Richard P. Feynman [1]

« Quelques sublimes que soient les recherches sur les fluides dont nous sommes redevables à Mrs. Bernoulli, Clairaut, et d'Alembert, elles découlent si naturellement de mes deux formules générales qu'on ne saurait assez admirer cet accord de leurs profondes méditations avec la simplicité des principes d'où j'ai tiré mes deux équations, et auxquels j'ai été conduit immédiatement par les premiers axiomes de la Mécanique. »

Leonhard Euler (1755)

« Comme l'avait observé Sir Cyril Hinshelwood¹, les mécaniciens des fluides se divisaient entre les ingénieurs hydrauliciens, qui observaient des choses que l'on ne pouvait pas expliquer, et les mathématiciens, qui expliquaient des choses que l'on ne pouvait pas observer. »

Sir James Lighthill (1924-1998)

Table des matières

I Étude locale	3
1 Étude phénoménologique des fluides	4
1.1 Modèle du milieu continu	4
1.1.1 Libre parcours moyen	4
1.1.2 Notion de « particule de fluide »	4
1.2 Cinématique : champ des vitesses	4
1.2.1 Description Lagrangienne	4
1.2.2 Description Eulerienne	4
1.2.3 Lignes de courant; trajectoires; lignes d'émission	4
1.3 Forces	4
1.3.1 Pression	4
1.3.2 Écoulement de Couette plan : cisaillement et notion de viscosité	4
1.4 Expérience de Reynolds (1883)	4
1.4.1 Expérience de Reynolds : écoulement laminaire, écoulement turbulent	4
1.4.2 Nombre de Reynolds (I)	4
1.5 Trainée d'une sphère solide dans un fluide	4
1.5.1 Résultats expérimentaux (d'après [1, 2])	4
1.5.2 Trainée. Coefficient de trainée	4
1.6 Modèle de l'écoulement parfait	4
1.6.1 Définition	4
1.6.2 Couche limite (Prandtl-1904)	4

1. Cyril Norman Hinshelwood (1897-1967), physicien et chimiste anglais, prix Nobel de chimie 1956

2 Cinématique des fluides	4
2.1 Dérivée particulaire	4
2.1.1 Champ de masse volumique	4
2.1.2 Champ des vitesses	4
2.2 Courant	4
2.2.1 Vecteur densité de courant	4
2.2.2 Débit massique	4
2.2.3 Débit volumique	4
2.3 Bilan de masse	4
2.4 Écoulements particuliers	4
2.4.1 Écoulement stationnaire	4
2.4.2 Écoulement incompressible	4
2.4.3 Écoulement irrotationnel	4
3 Dynamique des fluides	4
3.1 Écoulement parfait	4
3.1.1 Équation d'Euler (1755)	4
3.1.2 Équation de Bernoulli (1738)	4
3.2 Écoulement réel incompressible	4
3.2.1 Équation de Navier-Stokes (1822-1845)	4
3.2.2 Nombre de Reynolds (II)	4
3.3 (HP) Écoulement réel compressible	4
4 Ondes sonores dans les fluides	4
4.1 Approximation acoustique. Équation d'onde	4
4.2 OPPH. Impédance acoustique	4
4.3 Aspects énergétiques	4
4.4 Réflexion et transmission d'une onde plane progressive sur une interface plane infinie	4
4.5 Influence de la pesanteur?	4
4.6 Effet Doppler	4
II Approche globale	4
5 Bilans	4
5.1 Méthode générale	4
5.2 Bilans dynamiques	4
5.2.1 Bilan de quantité de mouvement	4
5.2.2 Bilan d'énergie cinétique	4
5.3 Bilans thermodynamiques	4
5.3.1 Bilan d'énergie	4
III Approche expérimentale	4
6 Tension superficielle	4
6.1 Définition énergétique	4
6.2 Mesure	4

Références

- [1] Richard P. Feynman, *Électromagnétisme II*, Interéditions (1979), ISBN 2-7296-0029-9. Réédité par Dunod (2013), ISBN 978-2-10-059000-1. Richard Feynman a reçu le prix Nobel de physique 1965 pour ses travaux en Électrodynamique Quantique (QED). On pourra lire les chapitres 40 (« L'écoulement de l'eau sèche ») et 41 (« L'écoulement de l'eau mouillée »).
- [2] Étienne Guyon, Jean-Pierre Hulin et Luc Petit, *Hydrodynamique physique*, EDP Sciences (3ème édition-2012), ISBN 978-2-7598-0561-7.
- [3] P. Chassaing, J.B. Cazalbou, L. Joly et X. Carbonneau, *Mécanique des fluides PC-PSI*, Bréal (2005), ISBN 978-2-7495-0404-9.