

Biomécanique des fluides et des tissus

Michel Y. Jaffrin / Francis Goubel



MASSON 

ND 501

Ouvrage publié sous l'égide de la Société de Biomécanique



Biomécanique des fluides

et

des tissus

I6541 1/2

Michel Y. JAFFRIN

Membre de l'Institut universitaire de France,
Professeur à l'université de technologie
de Compiègne



et

Francis GOUBEL

Professeur à l'université de technologie
de Compiègne

avec la collaboration de :

- ALMEIDA-SILVEIRA M.-I., BARTHÈS-BIESEL D., BUCHERER C.,
- DUCHATEAU J., FLAUD P., HAINAUT K., LACOMBE C.,
- LAVASTE F., LELIÈVRE J.-C., LENSEL-CORBEIL G., MEISTER J.-J.,
- ODDOU C., OHAYON J., RIBREAU C., RIEU, R.,
- ROGOVA I., STERGIOPULOS N., TARDY Y., THIRIET M.

MASSON

Paris Milan Barcelone

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	VI
Chapitre 1 : Mécanique des milieux continus	1
Introduction (1). Déformation d'un milieu continu (1). Cinématique (4). Loi fondamentale de la dynamique pour un milieu continu (6). Comportement élastique linéaire (7). Comportement visqueux newtonien (11). Comportement visqueux non newtonien (16). Comportement viscoélastique linéaire (18). Sollicitation harmonique (22). Bibliographie (24). Annexe (25).	
Chapitre 2 : Viscosité du sang humain	31
Hémoviscosimétrie (33). Variations des propriétés viscosimétriques du sang dans des situations artificielles (38). Variations des propriétés viscosimétriques du sang dans des situations physiologiques (39). Variations des propriétés viscosimétriques du sang dans des situations pathologiques (45). Conclusion (49). Bibliographie (49).	
Chapitre 3 : Microrhéologie des cellules circulantes	53
Introduction (53). Le globule rouge (54). Les globules blancs passifs (61). Le contact cellulaire (66). La motilité cellulaire (73). Approches numériques (78). Conclusion (78). Bibliographie (79).	
Chapitre 4 : Biomécanique de la paroi artérielle et de l'endothélium	83
Introduction (83). Structure de la paroi artérielle (84). Physiopathologie de la paroi artérielle (85). Méthodes de mesure des propriétés mécaniques de la paroi artérielle (86). Propriétés mécaniques passives de la paroi artérielle (94). Propriétés mécaniques actives de la paroi artérielle (103). Effets myogéniques (103). Adaptation dynamique de forme et de structure de la paroi artérielle (107). Biomécanique de l'endothélium (114). Bibliographie (124).	
Chapitre 5 : Écoulements veineux	131
La circulation du sang dans les veines (131). Modèles élémentaires de veines déformables (142). Propriétés des écoulements naturels en tube collabable (150). Détails de l'écoulement laminaire uniforme (155). Principaux modèles mathématiques (160). Écoulements forcés (173). Conclusion (176). Bibliographie (176).	
Chapitre 6 : Hémodynamique du système artériel	179
Introduction : caractéristiques essentielles du système vasculaire (179). Mesures dans le système artériel (183). Effet Windkessel dans les grandes artères (185). Effet de la pulsativité de l'écoulement en considérant la paroi comme quasi rigide (187). Effet de la pulsativité sur l'écoulement dans des tuyaux souples : aspect propagatif (197). Conclusion (216). Bibliographie (217).	

Chapitre 7 : Hémodynamique cardiaque associée aux valves naturelles et prothétiques	219
Introduction (219). Éléments de physiologie cardiaque (220). Mécanique associée aux valves naturelles (224). Les prothèses valvulaires cardiaques (229). Caractérisation des écoulements post-prothétiques sur simulateurs cardiovasculaires (234). Bibliographie (244).	
Chapitre 8 : Mécanique de la structure cardiaque	247
Introduction (247). Anatomie fonctionnelle du système cardiovasculaire (248). Rhéologie du muscle cardiaque (261). Modélisation du comportement mécanique du ventricule gauche (272). Croissance du cœur et contraintes résiduelles (285). Bibliographie (289).	
Chapitre 9 : Transferts de masse en hémodialyse	293
Introduction (293). Historique (293). Principes physiques de l'hémodialyse (296). Ultrafiltration (301). Hémodiafiltration (305). Modélisation de l'épuration du patient (310). Conclusion (315). Bibliographie (316).	
Chapitre 10 : Les relations caractéristiques de la mécanique musculaire	319
Introduction (319). Structure du muscle (319). Modèles de muscle (321). Relation force-longueur isométrique (323). Relation force-vitesse isotonique (327). Relation tension-extension (330). Conclusion (332). Bibliographie (333).	
Chapitre 11 : Du mouvement au muscle : les propriétés mécaniques du muscle humain <i>in situ</i>	335
Introduction (335). Les évaluations périphériques (336). Modélisation de la géométrie musculo-articulaire (354). Les relations au niveau musculaire (360). Conclusion (373). Bibliographie (374).	
Chapitre 12 : Propriétés des unités motrices et plasticité neuromusculaire	379
Introduction (379). Structure et propriétés contractiles des unités motrices (380). Plasticité d'adaptation des unités motrices (387). Conclusion (394). Bibliographie (395).	
Chapitre 13 : Les propriétés mécaniques des tendons : effet d'une modification de la demande fonctionnelle	399
Introduction (399). Structure du tendon normal (400). Caractérisation mécanique des tendons (401). Influence de l'âge sur les propriétés mécaniques des tendons (406). Influence d'une modification de demande fonctionnelle sur les propriétés mécaniques des tendons (407). Conclusion (413). Bibliographie (413).	
Chapitre 14 : Éléments de biomécanique rachidienne	417
Introduction (417). Caractéristiques des matériaux constituant la colonne (417). Cinématique rachidienne (426). Ostéosynthèse rachidienne (441). Conclusion (445). Bibliographie (447).	

Biomécanique des fluides et des tissus

Michel Y. Jaffrin / Francis Goubel

La biomécanique s'affirme comme une composante à part entière de la mécanique et de la physiologie, disciplines dont elle est issue. Les difficultés rencontrées dans l'analyse biomécanique des systèmes physiologiques sont multiples, liées en particulier à leur comportement non linéaire : géométrie complexe des organes (ventricule cardiaque, par exemple), écoulement des fluides (sang, synovie), réaction des parois vasculaires, des cartilages, des muscles, composition anisotrope des os, muscles, etc.

Cet ouvrage présente les notions essentielles de mécanique des milieux continus fluides ou solides, puis leurs applications à des contextes physiologiques. Deux thèmes ont été retenus : *les écoulements physiologiques* (viscosité du sang, microrhéologie des cellules circulantes, écoulements veineux et artériels, hémodynamique cardiaque associée aux valves naturelles et prothétiques, transferts de masse en hémodialyse), *la biomécanique musculaire et du rachis* (propriétés mécaniques du muscle et du tendon, propriétés des unités motrices et plasticité neuromusculaire, biomécanique du rachis).

Rédigé avec un souci didactique par des spécialistes de la biomécanique (ingénieurs, physiciens, physiologistes), cet ouvrage s'adresse aux étudiants de 3^e cycle de biomécanique et des divers DEA de génie biomédical, aux physiologistes, à tous les professionnels ou chercheurs qui s'intéressent à la biomécanique (biomécaniciens, biophysiciens, chirurgiens orthopédistes, médecins du sport et de rééducation).

Michel Y. Jaffrin, membre de l'Institut universitaire de France, et *Francis Goubel* sont professeurs à l'université de technologie de Compiègne.

Ouvrage publié sous l'égide de la **Société de Biomécanique**.

ISBN 2-225-85331-2



9 782225 853319