



SCIENCES SUP

Cours et exercices corrigés

BTS • IUT • CPGE • Écoles d'ingénieurs

MÉCANIQUE DU SOLIDE

Applications industrielles

2^e édition

*Pierre Agati
Yves Brémont
Gérard Delville*

DUNOD

Table des matières

AVANT-PROPOS	1
PARTIE I • CINÉMATIQUE	1
CHAPITRE 1 • MODÉLISATION ET PARAMÉTRAGE DES MÉCANISMES	3
1.1 Modélisation des pièces mécaniques	3
1.2 Modélisation des liaisons	3
1.3 Nombre de degrés de liberté d'une liaison	9
1.4 Paramétrage de la position d'un solide par rapport à un repère	10
1.5 Schéma cinématique des mécanismes	13
1.6 Loi « entrée-sortie » d'un mécanisme	15
Exercice résolu : Mélangeur de pâtisserie	16
Exercices corrigés :	
1.1. Guidage en rotation	18
1.2. Joint de OLDHAM	19
1.3. Actionneur de trieur à grains	19
1.4. Échelle contre un arbre	20
1.5. Solides en contact avec un plan	21
1.6. Système bielle manivelle	22
1.7. Régulateur centrifuge Citroën	22
1.8. Joint de Cardan	23
1.9. Barrière de passage à niveau	24
1.10. Moteur de modèle réduit	26
1.11. Machine d'essai de fatigue en flexion	26
CHAPITRE 2 • VECTEURS POSITION, VITESSE ET ACCÉLÉRATION D'UN POINT D'UN SOLIDE	29
2.1 Mesure du temps	29
2.2 Vecteur position d'un point d'un solide	30
2.3 Vecteur vitesse d'un point d'un solide	30
2.4 Vecteur accélération d'un point d'un solide	30
2.5 Calcul du vecteur vitesse et du vecteur accélération d'un point d'un solide	31
2.6 Dérivation graphique	35

Exercice résolu : Mélangeur
Exercices corrigés :
2.1. Mouvement
2.2. Mouvement
2.3. Manipulateur
2.4. Transmissio
2.5. Navigation
2.6. Compresseur
2.7. Déterminatio
2.8. Aérogénérateur
2.9. Équilibre

CHAPITRE 3 • CHAMP
3.1 Champ des vecteurs
3.2 Champ des vecteurs
Exercice résolu : Échelle
Exercices corrigés :
3.1. Pompe à eau
3.2. Machine à filer
3.3. Pince à tronçonn
3.4. Manipulateur
3.5. Pendule double
3.6. Régulateur à la

CHAPITRE 4 • COMPOSITI
4.1 Composition des ve
4.2 Vecteur vitesse de g
4.3 Composition des v
4.4 Vecteurs rotation de
4.5 Composition des tor
4.6 Composition des ve
Exercice résolu : Rouleme
Exercices corrigés :
4.1. Train d'atterriss
4.2. Rectifieuse plan
4.3. Mécanisme de c
4.4. Poulie réductric
4.5. Pompe oscillam
4.6. Réducteur à bill
4.7. Variateur de vit
4.8. Variateur de vite
4.9. Variateur de vite

CHAPITRE 5 • MOUVEME
5.1 Centre instantané de
5.2 Recherche géométric
5.3 Propriété de la base

	Exercice résolu : Mouvement d'un outil de fraise	40
	Exercices corrigés :	
	2.1. Mouvement hélicoïdal	43
	2.2. Mouvement cycloïdal	43
	2.3. Manipulateur de fonderie	44
	2.4. Tronçonneuse de tube en continu	45
	2.5. Navigation à la surface de la Terre	47
	2.6. Compresseur volumétrique ROOT	47
	2.7. Détermination d'un profil de came	48
	2.8. Aérogénérateur à hélice bipale	49
	2.9. Équilibreuse de roue	49
	CHAPITRE 3 • CHAMP DES VECTEURS VITESSE ET ACCÉLÉRATION DES POINTS D'UN SOLIDE	51
	3.1 Champ des vecteurs vitesse des points d'un solide	51
	3.2 Champ des vecteurs accélération des points d'un solide	59
	Exercice résolu : Échelle contre un mur	61
	Exercices corrigés :	
	3.1. Pompe à eau	64
	3.2. Machine à fileter	65
	3.3. Pince à troncs d'arbres	67
	3.4. Manipulateur	67
	3.5. Pendule double	68
	3.6. Régulateur à boules	68
	CHAPITRE 4 • COMPOSITION DES MOUVEMENTS	70
	4.1 Composition des vecteurs vitesse	70
	4.2 Vecteur vitesse de glissement en un point entre deux solides	71
	4.3 Composition des vecteurs rotation	73
	4.4 Vecteurs rotation de roulement et de pivotement	74
	4.5 Composition des torseurs cinématiques	75
	4.6 Composition des vecteurs accélération	79
	Exercice résolu : Roulement à billes	82
	Exercices corrigés :	
	4.1. Train d'atterrissage	84
	4.2. Rectifieuse plane	86
	4.3. Mécanisme de changement de vitesse	88
	4.4. Poulie réductrice REDEX	88
	4.5. Pompe oscillante	90
	4.6. Réducteur à billes	91
	4.7. Variateur de vitesse Graham	92
	4.8. Variateur de vitesse « patin »	93
	4.9. Variateur de vitesse à billes PIV	94
	CHAPITRE 5 • MOUVEMENT PLAN SUR PLAN	96
	5.1 Centre instantané de rotation. Base et roulante	96
	5.2 Recherche géométrique du centre instantané de rotation	97
	5.3 Propriété de la base et de la roulante	98

5.4 Profils conjugués	99
5.5 Mouvement plan sur plan de trois plans	101
Exercice résolu : Pompe à débit réglable	102
Exercices corrigés :	
5.1. Presse à décolleter	103
5.2. Roulement à billes	105
5.3. Poulie réductrice REDEX	106
5.4. Croix de Malte	107
5.5. Guidage à billes	107
5.6. Rectification des dentures d'un pignon	108
5.7. Variateur GUSA	109
5.8. Piqueuse plate Singer	110
5.9. Tracé d'un profil conjugué	111
5.10. Véhicule sur un plan	112
PARTIE II • STATIQUE	115
CHAPITRE 6 • MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES	117
6.1 Représentation mathématique des actions mécaniques	117
6.2 Modélisation des actions mécaniques à distance	121
6.3 Modélisation des actions mécaniques de contact	125
Exercice résolu : Limiteur de couple	139
Exercices corrigés :	
6.1. Centre de surface	142
6.2. Centre de masse	142
6.3. Poutre encastree	142
6.4. Barrage poids	143
6.5. Vanne à secteur circulaire	144
6.6. Transmission par roues coniques	144
6.7. Flotteur de carburateur	145
6.8. Effet Magnus	146
6.9. Butée Michell	146
6.10. Relations de Hertz	148
CHAPITRE 7 • PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE	150
7.1 Équilibre d'un ensemble matériel par rapport à un repère	150
7.2 Principe fondamental	150
7.3 Théorème des actions mutuelles	152
7.4 Application : système vis-écrou	152
Exercice résolu : Meuble sur rouleaux	157
Exercices corrigés :	
7.1. Portique	163
7.2. Porte tôle	163
7.3. Fixation de sécurité pour ski	164
7.4. Suspension avant de véhicule	164
7.5. Robot manipulateur	167
7.6. Montage de tournage	169

7.8. Compresseur press	
7.10. Solides sur un pl	
CHAPITRE 8 • HYPERSTATIQUE	
8.1 Hypothèses de l'étude	
8.2 Graphe des liaisons d'un	
8.3 Torseurs d'action méca	
8.4 Liaison équivalente	
8.5 Liaisons en parallèle	
8.6 Liaisons en série	
8.7 Structure des mécanismes	
8.8 Hyperstatisme d'un mécanisme	
8.9 Mobilité d'un mécanisme	
8.10 Relation entre hyperstatisme et mobilité	
8.11 Avantages et inconvénients de l'hyperstatisme	
Exercice résolu : Robot de m	
Exercices corrigés :	
8.1. Bride de serrage	
8.2. Guidage de transmission	
8.3. Montage de fraissage	
8.4. Tripode de joint articulé	
8.5. Montage de perçage	
8.6. Table d'affuteuse	
8.7. Épandeur d'engrais	
8.8. Plateau tournant	
8.9. Butée pour table à	
CHAPITRE 9 • CINÉTIQUE	
9.1 Principe de conservation	
9.3 Torseur dynamique	
9.4 Relation entre le moment cinétique et l'énergie cinétique	
9.5 Énergie cinétique	
9.6 Application	
9.7 Remarques	
9.8 Moment d'inertie d'un solide	
9.9 Opérateur d'inertie d'un solide	
9.10 Base principale d'inertie	
9.11 Les différents moments d'inertie	
9.12 Théorème de Huygens	
9.13 Moment cinétique d'un solide	
Exercice résolu : Régulateur de	

99	7.8. Compresseur pneumatique	170
101	7.10. Solides sur un plan incliné	171
102	CHAPITRE 8 • HYPERSTATISME ET MOBILITÉ DES MÉCANISMES	172
103	8.1 Hypothèses de l'étude	172
105	8.2 Graphe des liaisons d'un mécanisme	172
106	8.3 Torseurs d'action mécanique transmissible et cinématique d'une liaison	173
107	8.4 Liaison équivalente	174
107	8.5 Liaisons en parallèle	175
108	8.6 Liaisons en série	176
109	8.7 Structure des mécanismes	177
110	8.8 Hyperstatisme d'un mécanisme	178
111	8.9 Mobilité d'un mécanisme	180
112	8.10 Relation entre hyperstatisme et mobilité	182
115	8.11 Avantages et inconvénients d'un mécanisme isostatique par rapport à un mécanisme hyperstatique	184
117	Exercice résolu : Robot de manutention	185
117	Exercices corrigés :	
121	8.1. Bride de serrage	185
125	8.2. Guidage de translation	191
139	8.3. Montage de fraisage	192
142	8.4. Tripode de joint articulé	194
142	8.5. Montage de perçage	195
142	8.6. Table d'affuteuse	196
143	8.7. Épandeur d'engrais	198
144	8.8. Plateau tournant	198
144	8.9. Butée pour table de fraiseuse	202
145		
146	PARTIE III • DYNAMIQUE	205
146	CHAPITRE 9 • CINÉTIQUE	207
148	9.1 Principe de conservation de la masse	207
150	9.3 Torseur dynamique	208
150	9.4 Relation entre le moment cinétique et le moment dynamique	209
150	9.5 Énergie cinétique	210
150	9.6 Application	210
152	9.7 Remarques	211
152	9.8 Moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe	212
157	9.9 Opérateur d'inertie d'un solide	213
163	9.10 Base principale d'inertie	215
163	9.11 Les différents moments d'inertie	216
164	9.12 Théorème de Huygens	217
166	9.13 Moment cinétique d'un solide	219
167	Exercice résolu : Régulateur de vitesse	225
169		

Exercices corrigés :	
9.1. Matrices d'inertie	229
9.2. Pale d'hélicoptère	230
9.3. Plateau tournant	231
9.4. Vilebrequin	233
9.5. Bras manipulateur	235
9.6. Table élévatrice	235
9.7. Équilibreuse de roue	236
9.8. Roulement à rouleaux coniques	237
9.9. Différentiel	238
CHAPITRE 10 • PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE	240
10.1 Principe fondamental	240
10.2 Théorème des actions mutuelles	241
10.3 Cas particuliers	242
10.5 Expression du principe fondamental de la dynamique dans un repère non galiléen	247
10.6 Équilibrage dynamique	249
Exercice résolu : Véhicules au démarrage	253
Exercices corrigés :	
10.1. Variateur de vitesse à plateau	256
10.2. Tourelle de machine-outil	257
10.3. Mandrin anti-centrifuge	258
10.4. Système tige-excentrique	260
10.5. Effet gyroscopique	261
10.6. Butée à billes	262
10.7. Aérogénérateur	264
10.8. Équilibrage dynamique	265
10.9. Broche multiplicatrice de vitesse de coupe	267
10.10. Pendule de torsion	269
CHAPITRE 11 • ÉNERGÉTIQUE	270
11.1 Puissance	270
11.2 Travail	275
11.3 Énergie potentielle	275
11.4 Théorème de l'énergie cinétique	278
Exercice résolu : Démarreur pour moteur Diesel	284
Exercices corrigés :	
11.1. Extracteur à inertie	287
11.2. Dispositif de marquage automatique	287
11.3. Embrayage	289
11.4. Moteur électrique de laminoir	290
11.5. Voiture jouet à friction	290
11.6. Vérin à double effet	291
11.7. Détermination expérimentale d'un moment d'inertie	292
11.8. Résolution des problèmes de statique	293
11.9. Rendement d'un train d'engrenages	295
11.10. Volant d'inertie	297
11.11. Démarrage d'une MOCN	298
INDEX	301

SCIENCES SUP

Pierre Agati
Yves Brémont
Gérard Delville

MÉCANIQUE DU SOLIDE

Applications industrielles

Cet ouvrage présente les fondements de la mécanique du solide en trois grandes parties :

- cinématique ;
- statique ;
- dynamique.

Par ses nombreux exemples, le choix de ses applications industrielles et de ses exercices corrigés, il est conçu pour développer les capacités de raisonnement et de déduction des étudiants de l'enseignement technique supérieur (BTS, IUT, classes préparatoires, écoles d'ingénieurs). Il s'adresse également aux auditeurs de la formation continue.

Cette nouvelle édition est en adéquation avec les programmes et offre une actualisation des exercices. Elle est complétée par un livre de mécanique appliquée (résistance des matériaux, mécanique des fluides, thermodynamique) paru dans la même collection.



9 782100 079452

6452544

ISBN 978-2-10-007945-2

LICENCE MASTER DOCTORAT
1 2 3 4 5 6 7 8



2^e édition

PIERRE AGATI
est professeur agrégé
honoraire à l'Institut
National Polytechnique
de Grenoble.

YVES BRÉMONT
est professeur agrégé à
l'IUFM de Créteil.

GÉRARD DELVILLE
est professeur agrégé à
l'IUFM de Créteil.

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



DUNOD

www.dunod.com