

SCIENCES SUP

*Cours, exercices corrigés et applications industrielles*

BTS • IUT • Licence

# RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

2<sup>e</sup> édition



**Pierre Agati  
Frédéric Lerouge  
Marc Rossetto**

DUNOD

# Table des matières

<b>AVANT-PROPOS</b> .....	viii
<b>CHAPITRE 1 • MODÉLISATION DES LIAISONS</b> .....	1
1.1 Modélisation et paramétrage des liaisons parfaites .....	1
1.2 Étude des liaisons parfaites .....	2
1.3 Modélisation des mécanismes .....	9
QCM .....	11
<b>CHAPITRE 2 • MODÉLISATION DES ACTIONS MÉCANIQUES</b> .....	18
2.1 Torseur statique .....	18
2.2 Actions du milieu extérieur sur un système matériel .....	21
QCM .....	25
<b>CHAPITRE 3 • ACTIONS MÉCANIQUES DANS LES LIAISONS ENTRE SOLIDES</b> .....	29
3.1 Action mécanique transmissible par une liaison parfaite .....	29
3.2 Torseurs d'action mécanique .....	31
3.3 Liaisons parfaites avec plan de symétrie .....	32
3.4 Contact réel entre deux solides .....	35
3.5 Exemples de liaisons réelles .....	39
QCM .....	42
<b>CHAPITRE 4 • PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA STATIQUE. ÉTUDE DES ÉQUILIBRES</b> .....	47
4.1 Équilibre d'un système matériel .....	47
4.2 Équilibre isostatique ou hyperstatique .....	50
4.3 Équilibre d'un système matériel soumis à des actions mécaniques modélisables par des glisseurs .....	53
QCM .....	58

CHAPITRE 5 • <b>ÉTUDE DES CONTRAINTES</b> .....	66
5.1 Contraintes autour d'un point .....	66
5.2 Faisceau des contraintes en un point .....	71
5.3 Critères de limite élastique et de résistance .....	88
QCM .....	99
CHAPITRE 6 • <b>ÉTUDE DES DÉFORMATIONS</b> .....	106
6.1 Déplacement et déformations autour d'un point .....	106
6.2 État de déformation en un point .....	108
QCM .....	120
CHAPITRE 7 • <b>LOIS DE COMPORTEMENT</b> .....	126
7.1 Bases expérimentales .....	126
7.2 Loi de Hooke généralisée .....	131
7.3 Problèmes particuliers d'élasticité .....	132
QCM .....	136
CHAPITRE 8 • <b>EXTENSOMÉTRIE EXPÉRIMENTALE</b> .....	141
8.1 Généralités .....	141
8.2 Étude des jauges de déformation .....	142
8.3 Étude des rosettes d'extensométrie .....	144
8.4 Autres méthodes expérimentales .....	144
QCM .....	144
CHAPITRE 9 • <b>CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES SECTIONS</b> .....	151
9.1 Centre d'une surface plane .....	151
9.2 Moments quadratiques d'une surface plane .....	152
9.3 Axes principaux .....	153
QCM .....	160
CHAPITRE 10 • <b>HYPOTHÈSES DE LA RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. SOLLICITATIONS SIMPLES</b> .....	161
10.1 Hypothèses générales .....	161
10.2 Torseur de cohésion .....	161

..... 66  
 ..... 66  
 ..... 71  
 ..... 88  
 ..... 99  
 ..... 106  
 ..... 106  
 ..... 108  
 ..... 120  
 ..... 126  
 ..... 126  
 ..... 131  
 ..... 132  
 ..... 136  
 ..... 141  
 ..... 141  
 ..... 142  
 ..... 144  
 ..... 147  
 ..... 149  
 ..... 153  
 ..... 153  
 ..... 154  
 ..... 158  
 ..... 160  
 TIONS  
 ..... 165  
 ..... 166  
 ..... 169

10.3 Définition des sollicitations simples..... 177  
 QCM..... 179  
**CHAPITRE 11 • EXTENSION – COMPRESSION..... 186**  
 11.1 Extension..... 186  
 11.2 Compression..... 194  
 11.3 Applications..... 196  
 11.4 Influence d'une variation de température..... 202  
 QCM..... 203  
**CHAPITRE 12 • CISAILLEMENT..... 209**  
 12.1 L'état de cisaillement pur..... 209  
 12.2 Le cisaillement simple..... 210  
 12.3 Condition de résistance au cisaillement..... 214  
 QCM..... 215  
**CHAPITRE 13 • TORSION..... 222**  
 13.1 Hypothèses sur le solide..... 222  
 13.2 Définition..... 223  
 13.3 Étude des déformations..... 223  
 13.4 Étude des contraintes..... 224  
 13.5 Déformation de torsion..... 226  
 13.6 Condition de résistance..... 227  
 13.7 Applications..... 229  
 QCM..... 236  
**CHAPITRE 14 • FLEXION PLANE SIMPLE..... 240**  
 14.1 Différents types de flexion..... 240  
 14.2 Modélisation des actions mécaniques extérieures à la poutre..... 243  
 14.3 Étude des déformations..... 249  
 14.4 Étude et répartition des contraintes..... 251  
 14.5 Déformation de la poutre..... 256  
 14.6 Principe de superposition..... 261

14.7 Systèmes hyperstatiques d'ordre 1 .....	262
QCM .....	264
<b>CHAPITRE 15 • SOLLICITATIONS COMPOSÉES</b> .....	<b>274</b>
15.1 Principe de superposition .....	274
15.2 Flexion plane simple et torsion simple .....	275
15.3 Flexion plane simple et extension (ou compression) .....	285
15.4 Flexion déviée .....	290
QCM .....	297
<b>CHAPITRE 16 • LE FLAMBEMENT</b> .....	<b>308</b>
16.1 Étude du flambement théorique d'Euler .....	308
16.2 Étude de cas réels .....	317
16.3 Principe de la méthode de Dutheil .....	322
16.4 Calcul pratique d'une poutre .....	325
16.5 Vérification du flambement selon l'EC3-DAN des structures en acier .....	325
QCM .....	330
<b>CHAPITRE 17 • MÉTHODES ÉNERGÉTIQUES</b> .....	<b>333</b>
17.1 Énergie de déformation. Hypothèses et définition .....	333
17.2 Énergie de déformation et modèle poutre .....	338
17.3 Théorème de réciprocité .....	346
17.4 Théorème de Castigliano .....	352
17.5 Résolution des systèmes hyperstatiques .....	355
QCM .....	360
<b>CHAPITRE 18 • PROBLÈMES PARTICULIERS</b> .....	<b>367</b>
18.1 Les poutres courbes .....	368
18.2 Les systèmes à nœuds articulés .....	372
18.3 La torsion des poutres non circulaires .....	378
QCM .....	389

..... 262  
 ..... 264  
 ..... 274  
 ..... 274  
 ..... 275  
 ..... 285  
 ..... 290  
 ..... 297  
 ..... 308  
 ..... 308  
 ..... 317  
 ..... 322  
 ..... 325  
 en ..... 325  
 ..... 330  
 ..... 333  
 ..... 333  
 ..... 338  
 ..... 346  
 ..... 352  
 ..... 355  
 ..... 360  
 ..... 367  
 ..... 368  
 ..... 372  
 ..... 378  
 ..... 389

**CHAPITRE 19 • INITIATION AU CALCUL DES STRUCTURES POUTRE PAR ÉLÉMENTS FINIS** ..... 399

**FINIS** ..... 399

        19.1 Présentation de la méthode à partir d'une structure de « poutres » ..... 400

        19.2 Structure de barres unidirectionnelle ..... 402

        19.3 Structure bidirectionnelle de barres ..... 410

        19.4 Structure plane de poutres ..... 415

        QCM ..... 425

**CHAPITRE 20 • PRÉCAUTIONS D'USAGE DES LOGICIELS ET APPLICATIONS INDUSTRIELLES** ..... 433

    20.1 Présentation générale de la méthode des éléments finis ..... 433

    20.2 Phase de modélisation ..... 435

    20.3 Phase de calcul ..... 448

    20.4 Phase d'interprétation des résultats ..... 449

    20.5 Applications industrielles ..... 454

    20.6 Présentation du logiciel ROBOT Millennium Mécanique ..... 466

    20.7 Présentation du logiciel COSMOSworks dans l'environnement SolidWorks ..... 476

    QCM ..... 493

**INDEX** ..... 503

SCIENCES SUP

Pierre Agati  
Frédéric Lerouge  
Marc Rossetto

## RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

La nouvelle édition de cet ouvrage s'adresse aux étudiants en IUT GMP (génie mécanique et productique) ou en Licence de génie mécanique. Le cours est accompagné de QCM et d'exercices d'entraînement dont certains sont nouveaux. Des exercices supplémentaires sont proposés en complément sur le site Internet [www.dunod.com](http://www.dunod.com).

La première partie est consacrée à la modélisation des liaisons et des actions mécaniques, la seconde à l'étude des contraintes et des déformations et aux lois de comportement. Quelques cas particuliers sont traités : poutres courbes, poutres prismatiques... Cette nouvelle édition entièrement révisée, met l'accent sur la méthode des éléments finis et sur les applications informatiques industrielles spécifiques de la résistance des matériaux avec les logiciels COSMOSworks sous Solidworks et ROBOT Millenium Mécanique.



2<sup>e</sup> édition

**PIERRE AGATI**  
Professeur honoraire agrégé,  
est l'auteur de nombreux  
ouvrages devenus des  
classiques.

**FRÉDÉRIC LEROUGE**  
Professeur agrégé au lycée  
Réaumur de Laval.

**MARC ROSSETTO**  
Professeur agrégé de  
mécanique, chef de travaux  
au lycée du Grésivaudan  
à Meylan (38).

MATHÉMATIQUES

PHYSIQUE

CHIMIE

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR

INFORMATIQUE

SCIENCES DE LA VIE

SCIENCES DE LA TERRE



6661631

ISBN 978-2-10-052016-9

LICENCE | MASTER | DOCTORAT  
1 2 3 4 5 6 7 8

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

  
**DUNOD**