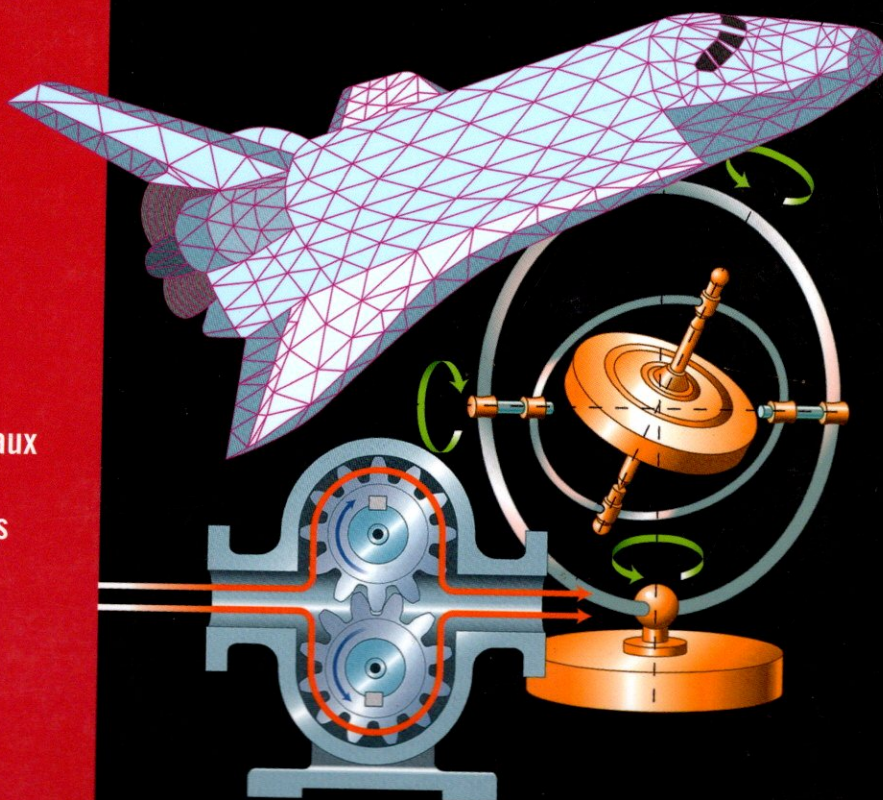


Jean-Louis FANCHON

# Guide de Mécanique

Nouvelle édition  
en couleurs

- Statique
- Cinématique
- Dynamique
- Résistance des matériaux
- Analyse des contraintes
- Mécanique des fluides



 Nathan



# Sommaire

## NOTIONS GÉNÉRALES

- 1. Vecteurs** ..... 5  
Scalaire. Définitions. Addition, soustraction, associativité et multiplication par un scalaire. Coordonnées cartésiennes. Cas de l'espace. Vecteurs positions. Produit scalaire. Produit vectoriel. Formule du double produit vectoriel.
- 2. Forces et actions mécaniques** ..... 17  
Forces et vecteurs-forces. Composantes. Coordonnées cartésiennes. Schématisation et représentation des actions mécaniques. Exercices.
- 3. Moments et couples** ..... 27  
Moment d'une force par rapport à un point. Théorème de Varignon. Vecteur-moment. Moment par rapport à un axe. Couple et vecteur-couple. Moment résultant de plusieurs forces. Exercices.
- 4. Résultantes et systèmes équivalents** ..... 39  
Définitions. Propriétés. Résultante de forces concourantes. Cas de forces planes quelconques. Forces parallèles. Réduction à un ensemble (force + couple). Systèmes statiquement équivalents. Exercices.

## STATIQUE

- 5. Statique plane** ..... 51  
Principe fondamental. Transmissibilité des forces. Méthode de résolution. Isolement d'un solide. Cas des ensembles de solides. Équations d'équilibre. Schématisation et représentation des actions mécaniques. Méthodes de résolution graphiques. Problèmes hyperstatiques. Exercices.
- 6. Treillis ou systèmes triangulés** ..... 77  
Définitions. Hypothèses. Relation entre nœuds et barres. Méthode des nœuds. Simplifications et cas particuliers. Méthode des sections. Exercices.
- 7. Statique dans l'espace** ..... 87  
Rappels. Principe fondamental de la statique. Cas particuliers. Exercices.
- 8. Statique par les torseurs** ..... 99  
Définitions et notations. Écriture d'un torseur en différents points. Opérations. Torseur nul, glisseur et torseur-couple. Propriétés générales. Principe fondamental de la statique. Torseurs exercés par les liaisons usuelles. Exercices.
- 9. Frottement et roulement** ..... 123  
Adhérence et frottement. Coefficient de frottement. Cône de frottement. Lois du frottement. Applications : coins et cônes, paliers à butée, système vis-écrou, courroies et câbles. Résistance au roulement. Arc-boutement. Exercices.

## CINÉMATIQUE

- 10. Cinématique : généralités et trajectoires** ..... 141  
Repère de référence. Mouvement absolu et relatif. Principaux mouvements plans de solide. Points coïncidents et trajectoires. Vecteur-position. Vecteur-déplacement. Vitesse et accélération. Repérage des mouvements. Exercices.
- 11. Mouvements de translation** ..... 157  
Translations des solides. Translations rectilignes : vitesse et accélérations, représentations graphiques divers. Mouvement rectiligne uniforme. Mouvement rectiligne uniformément accéléré. Mouvements rectilignes divers. Exercices.
- 12. Mouvements de rotation** ..... 169  
Angle de rotation. Vitesse angulaire. Accélération angulaire. Rotation uniforme. Rotation uniformément accélérée. Vitesse et accélération d'un point. Vecteur rotation. Vecteur accélération angulaire. Exercices.
- 13. Mouvement plan** ..... 179  
Étude générale. Equiprojectivité des vitesses. Centre instantané de rotation (CIR). Propriétés des CIR. Base et roulante. Relation entre les vitesses des points d'un même solide. Relation entre les accélérations. Méthode d'analyse absolue. Exercices.



**14. Composition de mouvements** ..... 197

Généralités. Composition des vitesses en un point. Composition des vitesses angulaires. Glissement, roulement et pivotement. Composition des accélérations. Exercices.

**15. Cinématique dans l'espace** ..... 211

Dérivée d'un vecteur dans divers repères. Relation entre les vitesses des points d'un même solide. Équiprojectivité. Torseur cinématique. Torseurs des liaisons usuelles. Relation entre les accélérations. Composition des vitesses, vitesses angulaires, accélérations et accélérations angulaires. Paramétrages. Angles d'Euler. Théorie des mécanismes. Exercices.

DYNAMIQUE-CINÉTIQUE

**16. Dynamique - Mouvements plans** ..... 225

Principe fondamental : solide en translation rectiligne. Repères absolus et galiléens. Temps relatif et absolu. Principe de d'Alembert. Principe fondamental : solide en rotation (axe fixe). Centre de percussion. Mouvements pendulaires. Principe fondamental : solide en mouvement plan. Cas des ensembles de solides. Systèmes dynamiquement équivalents. Exercices.

**17. Énergétique** ..... 241

Notions. Travail d'une force. Travail d'un couple. Énergie potentielle. Énergie cinétique : translation, rotation, mouvement plan. Puissances : moyenne, instantanée, d'une force, d'un couple, d'un torseur. Notion de rendement. Théorème de l'énergie cinétique. Loi de conservation de l'énergie. Principe du travail virtuel. Exercices.

**18. Quantité de mouvement - Chocs** ..... 257

Quantité de mouvement. Théorème de la quantité de mouvement. Impulsion. Moment cinétique. Théorème du moment cinétique. Impulsion angulaire. Solide en rotation autour d'un axe. Ensembles de solides. Conservation de la quantité de mouvement. Notion sur les chocs. Exercices.

**19. Cinétique dans l'espace** ..... 271

Système à masse conservative. Quantité de mouvement. Moment cinétique. Torseur cinétique. Matrice d'inertie. Moment dynamique. Torseur dynamique. Principe fondamental de la dynamique. Théorèmes généraux. Principaux cas. Équilibrage des solides. Énergie cinétique. Théorème de l'énergie cinétique. Mouvements gyroscopiques. Exercices.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

**20. Résistance des matériaux : généralités** ..... 297

Notion de poutre. Efforts intérieurs. Sollicitations simples et composées. Contraintes. Hypothèses fondamentales. Coefficients de sécurité. Exercices.

**21. Traction** ..... 313

Définition. Effort normal. Contrainte normale. Étude des constructions. Allongements. Contraction latérale. Loi de Hooke. Essai de traction. Concentrations de contraintes. Contraintes d'origine thermique. Systèmes hyperstatiques. Contraintes dans une section inclinée. Exercices.

**22. Cisaillement** ..... 333

Hypothèses. Définition. Effort tranchant. Contrainte tangentielle. Calcul des constructions. Angle de glissement. Relation contrainte déformation. Application. Exercices.

**23. Torsion** ..... 345

Définition. Angle unitaire de torsion. Moment de torsion. Contraintes tangentielles. Relation moment angle de torsion. Relation contrainte moment de torsion. Calcul des constructions. Concentrations de contraintes. Application. Analyse des contraintes. Poutres non circulaires. Exercices.

**24. Flexion : généralités, diagrammes** ..... 363

Schématisme usuelle. Effort tranchant. Moment fléchissant. Diagrammes. Correspondance entre diagrammes. Principaux cas d'application. Cas des charges réparties. Exercices.

**25. Flexion : contraintes** ..... 379

Contraintes normales en flexion. Calcul des constructions. Concentrations de contraintes. Contraintes de cisaillement en flexion. Cas des poutres composites. Exercices.

**26. Flexion : déformations** ..... 391

Notion de déformée. Méthode par intégration. Principe de superposition. Formulaire. Exercices.

**27. Flexion : systèmes hyperstatiques** ..... 405

Exemples. Méthode par superposition. Méthode par intégration. Exercices.



<b>28. Flexion déviée</b> .....	<b>415</b>
Poutres ayant au moins un plan de symétrie : contraintes, plan neutre, exemples. Cas de poutres non symétriques. Formulaire. Exercices.	
<b>29. Sollicitations composées</b> .....	<b>423</b>
Méthode de résolution. Flexion plus traction. Flexion plus torsion. Traction plus torsion. Traction plus cisaillement. Torsion plus cisaillement. Tresca et Von Mises. Exercices.	
<b>30. Flambage</b> .....	<b>433</b>
Charge critique d'Euler. Principaux cas de flambage. Contraintes critiques. Flambage plastique des colonnes moyennes. Procédures de calcul. Charges excentrées : formule de la sécante.	

## ANALYSE DES CONTRAINTES

<b>31. Analyse des contraintes planes</b> .....	<b>443</b>
Analyse des contraintes planes. Équations de transformation. Contraintes principales. Contraintes de cisaillement maximales. Cercle de Mohr. Loi de Hooke. Contraintes triaxiales. Tricercle de Mohr. Hooke généralisé. Critères de Tresca, Von Mises, Coulomb et Mohr. Exercices.	
<b>32. Analyse des déformations</b> .....	<b>463</b>
Analyse des déformations planes. Équations de transformation. Déformations principales. Glissement maximum. Cercle de Mohr. Application aux jauges de contraintes. Comparaison entre contraintes planes et déformations planes. Hooke généralisé. Changement de volume. Énergie de déformation. Exercices.	
<b>33. Analyse spatiale (3D) des contraintes</b> .....	<b>477</b>
Contrainte. Vecteur contraintes. Tenseur. Contraintes principales. Tricercle de Mohr. Tenseur des déformations. Contraintes octaédriques. Hooke généralisée. Changement de volume. Critères : Tresca, Von Mises, Coulomb, Mohr-Coulomb, Mohr modifié, Mohr-Cacquot. Exercices.	
<b>34. Enveloppes - Frettage - Hertz</b> .....	<b>497</b>
Cas des enveloppes minces. Cylindres épais : formules générales, pression intérieure seule, pression extérieure. Cylindres en rotation. Assemblages serrés. Frettage. Contraintes de Hertz : cas de deux sphères ; cas de deux cylindres parallèles ; roulement et glissement. Exercices.	

## MÉCANIQUE DES FLUIDES

<b>35. Généralités - statique des fluides</b> .....	<b>519</b>
Généralités. Viscosités. Types de fluides. Pression en un point d'un fluide. Relation entre pression, profondeur et pesanteur. Poussée d'Archimède. Cas d'une paroi immergée. Exercices.	
<b>36. Dynamique des fluides</b> .....	<b>531</b>
Écoulements. Équation de continuité. Écoulement laminaire et turbulent. Nombre de Reynolds. Pertes de charges régulières et singulières. Équation de Bernoulli. Théorème d'Euler. Exercices.	

## ANNEXES

<b>1. Centre de gravité, centre de masse, barycentre</b> .....	<b>549</b>
Centre de gravité : définition, position, propriétés. Barycentre. Solides composés. Formulaire.	
<b>2. Moments quadratiques</b> .....	<b>553</b>
Moments quadratiques par rapport à un axe et par rapport à un point. Cas des surfaces composées. Produits d'inertie. Formule de Huygens. Formules de rotation d'axe. Axes principaux. Cas des profils usuels. Formulaire (page 560).	
<b>3. Moments d'inertie et matrice d'inertie</b> .....	<b>561</b>
Moment d'inertie par rapport à un axe. Rayon de giration. Changement d'axe. Solides composés. Cas des axes $x$ , $y$ , $z$ . Solides plats. Produits d'inertie. Matrice d'inertie (symétries). Théorème de Huygens généralisé. Formules de rotation d'axe. Formulaire.	
<b>4. Matériaux et unités</b> .....	<b>569</b>
<b>Réponses aux QCM</b> .....	<b>572</b>
<b>Index</b> .....	<b>573</b>