

# Sommaire

---

## Dynamique des solides

---

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| 1.              | Principe fondamental de la dynamique classique.....  | 8  |
| 1.1.            | Exemples de problèmes.....   | 8  |
| 1.2.            | Définition du torseur dynamique d'un ensemble matériel.....  | 9  |
| 1.3.            | Principe fondamental de la dynamique classique.....  | 11 |
| 2.              | Cinétique.....   | 18 |
| 2.1.            | Caractéristiques d'inertie des solides.....  | 18 |
| 2.2.            | Torseur cinétique.....   | 28 |
| 2.3.            | Énergie cinétique.....   | 32 |
| 3.              | Expression énergétique du principe fondamental.....  | 35 |
| 3.1.            | Exemple de problème.....   | 35 |
| 3.2.            | Puissance, énergie.....  | 36 |
| 3.3.            | Théorème de l'énergie cinétique pour un solide (théorème de l'énergie puissance).....              | 39 |
| 3.4.            | Théorème de l'énergie cinétique pour un ensemble de solides.....                                   | 40 |
| 3.5.            | Rendement en régime permanent.....   | 42 |
| 4.              | Applications.....  | 45 |
| 4.1.            | Conditions d'équilibrage statiques et dynamiques d'un solide en rotation autour d'un axe fixe..... | 45 |
| 4.2.            | Étude des efforts dans une articulation de robot.....  | 47 |
| 4.3.            | Étude d'un modèle de bâti vibrant.....   | 49 |
| 4.4.            | Inertie équivalente : étude d'un réducteur.....  | 52 |
| 4.5.            | Mouvement d'un solide de révolution autour d'un point fixe.....                                    | 53 |
| 4.6.            | Compléments mathématiques, produit de deux torseurs.....   | 55 |
| Synthèse 1.     | Pour faire le point des connaissances sur la dynamique des solides.....                            | 56 |
| Méthodologie 1. | Résolution des problèmes de dynamique des solides.....   | 60 |

## Étude des chaînes de solides

---

|      |   |    |
|------|---|----|
| 5.   | Présentation générale et définitions.....               | 63 |
| 5.1. | Présentation générale.....                              | 63 |
| 5.2. | Définitions.....  | 64 |
| 5.3. | Analyses.....   | 67 |
| 6.   | Formules de mobilité.....                               | 70 |
| 6.1. | Préambule.....  | 70 |
| 6.2. | Étude de cas.....                                       | 71 |
| 6.3. | Formule de mobilité issue de l'analyse cinématique..... | 76 |
| 6.4. | Formule de mobilité issue de l'étude statique.....      | 76 |
| 6.5. | Indice de mobilité.....                                 | 77 |
| 6.6. | Exemples.....   | 77 |
| 6.7. | À propos des mécanismes hyperstatiques.....             | 79 |

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| Synthèse 2.     | Pour faire le point des connaissances sur l'étude des chaînes de solides ..... | 80 |
| Méthodologie 2. | Étude des chaînes de solides .....   | 81 |

## Résistance des matériaux

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| 7.              | Définitions et concepts en RDM.....  | 84  |
| 7.1.            | Poutre droite .....  | 84  |
| 7.2.            | Analyse des efforts extérieurs et intérieurs .....                         | 87  |
| 7.3.            | Déformation des poutres droites .....                                      | 91  |
| 7.4.            | Relations contraintes – déformations : lois de comportement de Hooke ..... | 94  |
| 8.              | Applications.....  | 95  |
| 8.1.            | Sollicitations simples : traction, torsion, flexion, cisaillement .....    | 95  |
| 8.2.            | Principe de superposition .....  | 101 |
| 8.3.            | Critères de dimensionnement .....  | 102 |
| Synthèse 3.     | Pour faire le point des connaissances en résistance des matériaux .....    | 103 |
| Méthodologie 3. | Techniques de calculs.....   | 105 |

## Systèmes asservis

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 9.    | Modélisation des systèmes asservis .....  | 109 |
| 9.1.  | Structures de commande .....  | 109 |
| 9.2.  | Modélisation des fonctions de transfert.....  | 115 |
| 9.3.  | Modes et pôles dominants .....  | 118 |
| 10.   | Résolution – évaluation des performances.....                                       | 120 |
| 10.1. | Stabilité – équation caractéristique .....  | 120 |
| 10.2. | Précision .....   | 130 |
| 10.3. | Rapidité .....  | 133 |
| 10.4. | Dépassement.....  | 133 |
| 11.   | Résolution – amélioration des performances.....                                     | 134 |
| 11.1. | Performances attendues d'un système asservi .....                                   | 134 |
| 11.2. | Améliorer les performances : corriger, compenser ou réguler .....                   | 134 |
| 11.3. | Nature de la fonction de transfert du correcteur .....                              | 135 |
| 11.4. | Correction proportionnelle.....   | 137 |
| 11.5. | Fonctions de transfert classiques de correcteurs.....                               | 139 |
| 11.6. | Correction intégrale .....  | 143 |
| 11.7. | Correction dérivée .....  | 146 |
| 11.8. | Correction composée PID .....   | 149 |
| 11.9. | Cas des systèmes perturbés.....   | 151 |
| 12.   | Modélisation et étude de cas.....   | 154 |
| 12.1. | Asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu commandé par l'induit ..... | 154 |
| 12.2. | Modélisation physique d'un moteur à courant continu commandé par l'induit.....      | 154 |
| 12.3. | Modèle numérique d'un moteur à courant continu commandé par l'induit.....           | 158 |
| 12.4. | Modélisation d'une servocommande hydraulique .....                                  | 159 |
| 13.   | Systèmes numériques.....  | 162 |
| 13.1. | Système asservi numérique.....  | 162 |

|                        |   |     |
|------------------------|---|-----|
| 13.2.                  | Acquisition-Échantillonnage-Quantification .....  | 164 |
| 13.3.                  | Calculs numériques .....  | 167 |
| 13.4.                  | Élaboration de la commande .....  | 170 |
| <b>Synthèse 4.</b>     | Pour faire le point des connaissances sur les systèmes asservis .....   | 172 |
| <b>Synthèse 5.</b>     | Pour faire le point des connaissances sur les systèmes numériques .....   | 175 |
| <b>Méthodologie 4.</b> | Systèmes asservis :<br>procéder à la mise en œuvre d'une démarche de résolution analytique .....                    | 177 |
| <b>Méthodologie 5.</b> | Systèmes numériques, partie informatique des systèmes asservis,<br>chaîne d'information jusqu'à un ordinateur ..... | 180 |

## Étude des systèmes

---

|                        |  |            |
|------------------------|--|------------|
| <b>14.</b>             | <b>Étude des systèmes en laboratoire .....</b>                       | <b>182</b> |
| 14.1.                  | Boîte de vitesses robotisée Sensodrive de Citroën C3 .....           | 183        |
| 14.2.                  | Vantaux instrumentés Domoticc .....                                  | 187        |
| 14.3.                  | Chaîne fonctionnelle Maxpid .....                                    | 191        |
| 14.4.                  | Système automatisé de capsulage de bocaux Indexa .....               | 196        |
| 14.5.                  | Direction assistée Twingo DAE .....                                  | 200        |
| 14.6.                  | Asservissement en cap d'un bateau : Nauticc .....                    | 203        |
| 14.7.                  | Robot Jockey .....   | 209        |
| 14.8.                  | Barrière générique Sympact .....                                     | 212        |
| 14.9.                  | Cordeuse de raquette de tennis et de badminton SP55 .....            | 215        |
| 14.10.                 | Axe de robotique collaborative CoMax .....                           | 218        |
| <b>Synthèse 6.</b>     | Pour faire le point des connaissances sur l'étude des systèmes ..... | 223        |
| <b>Méthodologie 6.</b> | Étude fonctionnelle des systèmes .....                               | 224        |

## Exercices pour les concours

---

|   |     |
|---|-----|
| Exercices .....                             | 225 |
| Solutions des exercices .....               | 322 |
| Liste des exercices pour les concours ..... | 377 |