

Table des matières

| | |
|--|------------|
| Avant-propos | v |
| Les auteurs | vii |
| Liste des encadrés | xv |
| 1 Statique des fluides et dynamique des écoulements | 1 |
| 1.1. Pression au centre de la Terre | 1 |
| 1.2. Pression dans une rivière | 3 |
| 1.3. Pression dans un jet d'eau | 3 |
| 1.4. Calcul de débit | 4 |
| 1.5. Homme qui court sous la pluie | 5 |
| 1.6. Tube de Venturi | 7 |
| 1.7. Tube de Pitot | 9 |
| 1.8. Un débitmètre rudimentaire | 12 |
| 1.9. Vidange d'un récipient | 13 |
| 1.10. Forme d'un filet d'eau | 15 |
| 1.11. Vortex de Rankine | 17 |
| 1.12. Écoulement de Poiseuille dans un tuyau | 18 |
| 1.13. Viscosité et nombre de Reynolds | 21 |
| 1.14. Étude d'une pale d'éolienne | 24 |
| 1.15. Perte de charge régulière | 28 |
| 2 Bilans macroscopiques | 31 |
| 2.1. Canalisation coudée | 31 |
| 2.2. Onde de ressaut | 35 |
| 2.3. Impact d'un jet sur une plaque | 39 |
| 2.4. Propulsion d'une fusée | 43 |
| 2.5. Étude d'une éolienne | 46 |
| 2.6. Perte de charge singulière | 52 |
| 2.7. Étude simplifiée d'une turbine | 55 |
| 2.8. Premier principe industriel | 58 |
| 2.9. Écoulement supersonique | 62 |
| 2.10. Deuxième principe pour un écoulement | 66 |
| 2.11. Détente de Joule-Thomson | 67 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3 | Diffusion thermique | 73 |
| 3.1. | Diffusion thermique dans une barre | 73 |
| 3.2. | Double vitrage | 77 |
| 3.3. | Température du corps humain en plongée | 79 |
| 3.4. | Transfert thermique dans un cylindre creux | 83 |
| 3.5. | Température dans la Terre | 85 |
| 3.6. | Ondes thermiques dans le sol | 88 |
| 3.7. | Coulée de lave | 93 |
| 4 | Diffusion de particules (filière PSI seule) | 97 |
| 4.1. | Diffusion unidimensionnelle libre | 97 |
| 4.2. | Diffusion unidimensionnelle instationnaire | 98 |
| 4.3. | Taille critique d'une bactérie | 100 |
| 4.4. | Diffusion unidimensionnelle et absorption en surface | 102 |
| 4.5. | Diffusion de matière radioactive dans les sols | 104 |
| 5 | Électromagnétisme en régime stationnaire | 109 |
| 5.1. | Champ créé par un noyau | 109 |
| 5.2. | Boule uniformément chargée | 111 |
| 5.3. | Potentiel de Yukawa | 113 |
| 5.4. | Champ créé par un plan infini chargé | 115 |
| 5.5. | Champ dans une cavité | 118 |
| 5.6. | Étude d'une couronne sphérique | 120 |
| 5.7. | Écrantage de Debye | 123 |
| 5.8. | Condensateur plan | 125 |
| 5.9. | Énergie électrostatique | 129 |
| 5.10. | Condensateur cylindrique | 130 |
| 5.11. | Vitesse moyenne des électrons dans un fil | 132 |
| 5.12. | Champ magnétique créé par une nappe de courant | 133 |
| 5.13. | Champ magnétique dans un câble coaxial | 136 |
| 5.14. | Supraconductivité – Effet Meissner | 139 |
| 5.15. | Conductivité électrique – Loi d'Ohm locale | 142 |
| 5.16. | Résistance électrique d'un câble | 145 |
| 5.17. | Conductivité électrique et salinité | 146 |
| 5.18. | Magnétorésistance (effet Corbino) | 148 |
| 5.19. | Effet Joule | 150 |
| 5.20. | Bilan énergétique sur un fil électrique | 151 |
| 6 | Électromagnétisme en régime variable | 153 |
| 6.1. | Courants de conduction et de déplacement | 153 |
| 6.2. | Neutralité électrique des métaux | 153 |
| 6.3. | Courant de déplacement | 156 |
| 6.4. | Énergie dans un solénoïde – Vecteur de Poynting | 158 |
| 6.5. | Énergie dans un condensateur – Vecteur de Poynting | 161 |
| 6.6. | Disque dans un solénoïde | 164 |
| 6.7. | Plaque de cuisson à induction | 166 |
| 6.8. | Bloc métallique dans un champ magnétique | 169 |
| 6.9. | Effet de peau dans un câble électrique | 171 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 7 | Électronique | 175 |
| 7.1. | Filtrage | 175 |
| 7.2. | Amplificateur linéaire intégré – Stabilité | 176 |
| 7.3. | Amplificateur non inverseur | 180 |
| 7.4. | Oscillateur quasi sinusoïdal | 181 |
| 7.5. | Comparateur à hystérésis | 187 |
| 7.6. | Oscillateur à relaxation | 191 |
| 8 | Hacheurs (filière PSI seule) | 195 |
| 8.1. | Éléments de lissage : condensateur et bobine | 195 |
| 8.2. | Condensateur de lissage | 196 |
| 8.3. | Condensateur de lissage et rendement | 198 |
| 8.4. | Taux d'ondulation d'une tension | 200 |
| 8.5. | Hacheur dévolteur (abaisseur de tension) | 202 |
| 8.6. | Hacheur survolteur (élevateur de tension) | 204 |
| 8.7. | Hacheur indirect entre deux sources de tension | 205 |
| 8.8. | Hacheur indirect entre deux sources de courant | 207 |
| 8.9. | Onduleur | 208 |
| 9 | Transformateur électrique (filière PSI seule) | 217 |
| 9.1. | Transformateur idéal | 217 |
| 9.2. | Pertes par hystérésis | 219 |
| 9.3. | Transformateur d'isolement | 222 |
| 9.4. | Impédance ramenée au primaire | 223 |
| 9.5. | Intérêt des lignes à haute tension | 225 |
| 9.6. | Adaptation d'impédance | 226 |
| 9.7. | Courants de Foucault dans un transformateur | 228 |
| 9.8. | Méthode des pertes séparées | 230 |
| 9.9. | Champ magnétique dans un électroaimant | 233 |
| 9.10. | Modèle de transformateur | 235 |
| 10 | Conversion électromécanique (filière PSI seule) | 239 |
| 10.1. | Magnétomètre « fluxgate » | 239 |
| 10.2. | Canon électromagnétique « railgun » | 243 |
| 10.3. | Moteur à réluctance variable monophasé | 247 |
| 10.4. | Alternateur connecté à un réseau de distribution | 250 |
| 11 | Ondes | 255 |
| 11.1. | Corde de Melde | 255 |
| 11.2. | Différents types de vibrations sur une corde | 258 |
| 11.3. | Réflexion et transmission sur une corde vibrante | 260 |
| 11.4. | Onde sonore | 262 |
| 11.5. | Échographie médicale à ultrasons | 266 |
| 11.6. | Onde sonore dans un pavillon | 268 |
| 11.7. | Onde sonore et adiabaticisme | 273 |
| 11.8. | Ondes de compression dans une barre | 274 |
| 11.9. | Onde sonore sphérique | 276 |
| 11.10. | Onde dans un tuyau élastique | 281 |
| 11.11. | Onde dans un câble coaxial (aspect ligne) | 283 |
| 11.12. | OPPM dans le vide illimité | 287 |

| | |
|---|------------|
| 11.13. Onde dans un métal | 290 |
| 11.14. Onde dans un câble coaxial (aspect champ) | 294 |
| 11.15. Système GPS et ionosphère | 297 |
| 11.16. Onde hertzienne dans l'eau de mer | 300 |
| 11.17. Guide d'onde rectangulaire | 302 |
| 11.18. Onde stationnaire dans une cavité cubique | 305 |
| 11.19. Loi de Stefan | 308 |
| 11.20. Réflexion sur un métal parfait | 310 |
| 11.21. Angle limite pour une réflexion totale | 313 |
| 11.22. Réflexion totale frustrée | 314 |
| 12 Optique (filière PT seule) | 319 |
| 12.1. Détermination d'une différence de chemin optique | 319 |
| 12.2. Théorème de Malus et principe de retour inverse | 320 |
| 12.3. Formule de Fresnel et contraste | 322 |
| 12.4. Interfrange | 324 |
| 12.5. Mesure de l'indice d'un gaz | 326 |
| 12.6. Trous de Young et source en dehors de l'axe | 327 |
| 12.7. Observation de deux étoiles par interférométrie | 329 |
| 12.8. Élargissement spatial de la source | 331 |
| 12.9. Trous de Young et lentille d'observation à l'infini | 333 |
| 12.10. Réseau de fentes de Young | 334 |
| 12.11. Capacité de stockage d'un disque compact | 339 |
| 12.12. Interféromètre en lame d'air à faces parallèles | 340 |
| 12.13. Rayon des franges d'égale inclinaison | 343 |
| 12.14. Lambe de verre et différence de marche | 346 |
| 12.15. Interfrange dans le cas d'un coin d'air | 346 |
| 12.16. Spectre cannelé | 348 |
| 12.17. Épaisseur d'une lame de verre | 349 |
| 12.18. Écart de longueur d'onde du doublet du sodium | 350 |
| 12.19. Largeur spectrale d'un filtre | 352 |
| 13 Thermodynamique industrielle (filière PT seule) | 355 |
| 13.1. Mélangeur de douche | 355 |
| 13.2. Échangeur air-eau | 356 |
| 13.3. Deuxième principe et transformations polytropiques | 358 |
| 13.4. Compresseurs étagés | 359 |
| 13.5. Installation de Joule-Brayton avec régénérateur | 363 |
| 13.6. Turboréacteur - Principe de la post-combustion | 367 |
| 13.7. Installation frigorifique à gaz | 371 |
| 13.8. Laminage d'un fluide réfrigérant | 374 |
| 13.9. Installation à soutirage | 375 |
| 13.10. Installation frigorifique simple | 378 |
| 13.11. Cycle de Rankine | 383 |

| | |
|--|------------|
| 14 Exercices ouverts | 387 |
| 14.1. Chute supersonique de Felix Baumgartner | 387 |
| 14.2. Estimation du nombre d'Avogadro | 388 |
| 14.3. Goutte d'eau en chute libre | 391 |
| 14.4. Temps de chute de deux planches | 393 |
| 14.5. Mesure de température – Évaluations d'incertitudes | 397 |
| 14.6. Analyse avancée d'incertitudes expérimentales | 404 |
| Annexe A Analyse vectorielle | 407 |
| I Opérateurs | 407 |
| I.1 Coordonnées cartésiennes | 407 |
| I.2 Coordonnées cylindriques | 407 |
| I.3 Coordonnées sphériques | 408 |
| II Identités vectorielles | 408 |
| III Formules intégrales | 408 |
| IV Double produit vectoriel | 409 |
| V Le symbole nabla | 409 |
| Annexe B Analyse d'ordres de grandeur | 411 |
| Index | 413 |