

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