

Table des matières

1 Mécanique	9
1.1 Cinématique des systèmes matériels	9
1.1.1 Mouvement relatif de deux référentiels	9
1.1.2 Description d'un système matériel	14
1.1.3 Référentiel du centre de masse	20
1.1.4 Champ de vecteurs, torseurs	22
1.1.5 Notion de solide	24
1.1.6 Rotation d'un solide autour d'un axe fixe	25
1.1.7 Cinématique des solides en contact	28
1.2 Dynamique des systèmes matériels	29
1.2.1 Torseur des efforts	29
1.2.2 Les principes de la dynamique en référentiel galiléen.	32
1.2.3 Référentiels non galiléens	33
1.3 Lois de Coulomb pour le contact entre deux solides	35
1.3.1 Types de contact	35
1.3.2 Vitesse de glissement	35
1.3.3 Actions de contact	35
1.4 Énergie en mécanique	36
1.4.1 Travail et puissance des efforts	36
1.4.2 Efforts conservatifs	38
1.4.3 Théorèmes de l'énergie cinétique et de la puissance cinétique	40
1.4.4 Théorème de l'énergie mécanique	40
1.4.5 Théorèmes de l'énergie en référentiel non galiléen	41
1.4.6 Puissance des efforts de contact	42
1.4.7 Étude des liaisons	44
1.4.8 Applications à la rotation d'un solide autour d'un axe fixe	46
1.5 Cinématique des fluides	47
1.5.1 Description d'un fluide	47
1.6 Dynamique des fluides.	57
1.6.1 Efforts sur une particule de fluide	57
1.6.2 Écoulement laminaire et turbulent, nombre de Reynolds.	60
1.6.3 Équation d'Euler.	61
1.6.4 Taux de variation d'une intégrale de volume dans le temps.	62
1.7 Dynamique des fluides parfaits.	64
1.7.1 Équation de Bernoulli.	64
1.7.2 Écoulement potentiel.	67

Énoncés	69
Corrigés	97
2 Électrocinétique - Électronique	155
2.1 Décomposition d'un signal en série de Fourier	155
2.1.1 Les signaux périodiques	155
2.1.2 Série de Fourier	156
2.1.3 Propriétés	157
2.1.4 Décomposition des signaux usuels	157
2.1.5 Spectre en fréquence d'un signal	160
2.2 Systèmes électroniques linéaires	162
2.2.1 Quadripôles linéaires	162
2.2.2 Fonction de transfert et diagramme de Bode	163
2.2.3 Signal d'entrée non sinusoïdal	166
2.2.4 Filtres passifs	168
2.2.5 Réponse à un échelon de tension	177
2.3 Amplificateur opérationnel	181
2.3.1 Montages amplificateurs	182
2.3.2 Montage intégrateur ou filtre passe-bas	183
2.3.3 Montage dérivateur ou filtre passe-haut	185
2.3.4 Filtre passe-tout déphaseur	186
2.3.5 Montage amplificateur différentiel	188
2.3.6 Amplificateur sommateur	189
2.3.7 Les limites de l'amplificateur opérationnel	189
2.4 Conversion électronique	192
2.4.1 Générateurs et récepteurs	192
2.4.2 Fonctions de commutation	194
2.4.3 Transfert de puissance par hacheur	197
2.5 Commande d'un système linéaire	201
2.5.1 Définitions	201
2.5.2 Générateur quasi sinusoïdal	208
2.5.3 L'amplificateur opérationnel saturé	211
Énoncés	216
Corrigés	239
3 Électromagnétisme	317
3.1 Opérateurs vectoriels	317
3.1.1 Opérateurs en coordonnées cartésiennes	317
3.1.2 Opérateurs en coordonnées cylindriques	318
3.1.3 Opérateurs en coordonnées sphériques	318
3.1.4 L'opérateur vectoriel <i>nabla</i>	319
3.1.5 Relations entre opérateurs	320
3.1.6 Circulation et flux d'un vecteur	320
3.2 Électrostatique	321
3.2.1 Loi de Coulomb	321
3.2.2 Équation de Maxwell-Gauss	328
3.2.3 Équation de Maxwell-Faraday	331

3.2.4	Énergie électrostatique	339
3.2.5	Dipôle électrostatique	340
3.3	Conducteurs à l'équilibre électrostatique	346
3.3.1	Équilibre électrostatique	346
3.3.2	Condensateurs	349
3.3.3	Énergie d'un condensateur	351
3.4	Magnétostatique	351
3.4.1	Densités de courant	351
3.4.2	Le champ magnétostatique	355
3.4.3	Forces de Laplace	366
3.4.4	Énergie magnétostatique	369
3.4.5	Le dipôle magnétique	372
3.5	Les équations de Maxwell en régime non stationnaire	373
3.5.1	Équation de Maxwell-Faraday	373
3.5.2	Équation de Maxwell-Ampère	374
3.5.3	Équation de Maxwell-Gauss et du flux magnétique	375
3.5.4	Relations champs-potentiels	375
3.5.5	Équations aux potentiels	376
3.5.6	Potentiels retardés	376
3.5.7	Approximations	377
3.6	Induction électromagnétique	378
3.6.1	Loi de transformation des champs	378
3.6.2	Circuit mobile dans un champ permanent, induction de Lorentz	378
3.6.3	Circuit fixe dans un champ magnétique variable, induction de Neumann	380
3.6.4	Induction dans le cas général	380
3.6.5	Auto-induction	381
3.6.6	Inductance mutuelle	382
3.6.7	Énergie électromagnétique	384
	Énoncés	387
	Corrigés	411
4	Optique ondulatoire	495
4.1	Propagation de la lumière	495
4.1.1	Ondes planes et ondes sphériques	495
4.1.2	Chemin optique	498
4.1.3	Éclairement	501
4.2	Interférences non localisées	502
4.2.1	Conditions d'interférence entre deux ondes planes	503
4.2.2	Miroirs de Fresnel	514
4.3	Interféromètre de Michelson	516
4.3.1	Utilisation en lame d'air	516
4.3.2	Utilisation en coin d'air	525
4.4	Diffraction des ondes lumineuses	528
4.4.1	Principe de Huygens-Fresnel	528
4.4.2	Diffraction de Fraunhofer d'une onde plane	529
4.4.3	Cas d'une ouverture rectangulaire	531

4.4.4	Cas d'une ouverture circulaire	536
4.4.5	Diffraction à l'infini par les fentes d'Young	537
4.5	Réseaux plans	544
4.5.1	Généralités	544
4.5.2	Formule du réseau	545
Énoncés		550
Corrigés		579
5	Physique des ondes	673
5.1	Propagation unidimensionnelle d'une onde	673
5.1.1	Équation de propagation	673
5.1.2	Famille de solutions	673
5.1.3	Ondes transversales sur une corde vibrante	677
5.1.4	Ondes longitudinales dans une tige rigide	681
5.1.5	Conditions aux limites	684
5.2	Ondes sonores dans les fluides	688
5.2.1	Propagation des ondes sonores	688
5.2.2	Ondes sphériques	697
5.2.3	Aspect énergétique	697
5.2.4	Réflexion et transmission d'une onde sonore	704
5.3	Ondes électromagnétiques dans le vide	714
5.3.1	Équation de propagation des champs	714
5.3.2	Ondes électromagnétiques planes	715
5.3.3	Aspect énergétique des ondes planes progressives monochromatiques	718
5.4	Phénomènes dispersifs de propagation	719
5.4.1	Relation de dispersion	719
5.4.2	Paquets d'ondes	721
Énoncés		727
Corrigés		756
6	Thermodynamique	847
6.1	Rappels de première année	847
6.1.1	Éléments de statique des fluides	847
6.1.2	Premier principe de la thermodynamique	848
6.1.3	Deuxième principe de la thermodynamique	856
6.1.4	Généralités sur les machines thermiques	860
6.2	Transferts thermiques et diffusion de particules	864
6.2.1	Loi de Fourier	864
6.2.2	Transferts thermiques par rayonnement	873
6.2.3	Diffusion de particules	879
6.3	Étude du corps pur sous deux phases	881
6.3.1	Potentiels thermodynamiques	881
6.3.2	Corps pur sous deux phases	885
6.4	Étude de l'équilibre liquide-vapeur	890
6.4.1	Diagramme de Clapeyron	890

6.4.2	Diagramme entropique	894
6.4.3	Diagramme de Mollier	896
6.5	Thermodynamique des fluides en écoulement	899
6.5.1	Définitions en thermodynamique industrielle	899
6.5.2	Expressions du premier et du deuxième principes	900
6.5.3	Travail de transvasement	902
6.5.4	Utilisation des diagrammes entropiques	904
Énoncés		907
Corrigés		945
7	Thermodynamique des systèmes chimiques	1043
7.1	Enthalpie libre et potentiel chimique	1043
7.1.1	Grandeurs molaires et molaires partielles	1043
7.1.2	Enthalpie libre	1046
7.1.3	Potentiel chimique d'un corps pur	1048
7.1.4	Potentiel chimique dans un mélange	1050
7.1.5	Corps pur sous deux phases	1055
7.2	Grandeurs standard relatives à un constituant	1060
7.2.1	Définitions	1060
7.2.2	Présentation de quelques grandeurs standard	1060
7.2.3	Grandeurs standard de réaction	1061
7.2.4	Grandeurs <i>standard</i> de formation	1068
7.2.5	Relations entre les grandeurs <i>standard</i> de réaction	1071
7.3	Affinité chimique – Équilibre chimique	1075
7.3.1	Affinité chimique	1075
7.3.2	L'équilibre chimique	1077
7.3.3	Lois de déplacement des équilibres	1079
7.4	Équilibres liquide-vapeur des mélanges binaires	1087
7.4.1	Paramétrage du système	1087
7.4.2	Loi de Raoult	1088
7.4.3	Diagramme binaire isotherme	1088
7.4.4	Diagramme binaire isobare	1090
7.4.5	Liquide saturé	1091
7.4.6	Règle des moments	1094
7.4.7	Application à la distillation	1096
7.4.8	Azéotropisme	1099
7.4.9	Cas des liquides non miscibles	1103
Énoncés		1110
Corrigés		1135
8	Oxydo-réduction	1223
8.1	Thermodynamique de l'oxydo-réduction	1223
8.1.1	Cellules galvaniques	1223
8.1.2	Potentiel <i>standard</i> d'un couple redox	1225
8.1.3	Diagrammes potentiel-pH	1229
8.1.4	Diagrammes d'Ellingham	1253

8.2	Cinétique de l'oxydo-réduction	1263
8.2.1	Présentation des courbes intensité-potentiel	1263
8.2.2	Intensité et vitesse de réaction	1269
8.2.3	Phénomènes de diffusion	1271
8.2.4	Courbes intensité-potentiel	1274
8.3	Élaboration et protection des métaux	1281
8.3.1	Pyrométallurgie du zinc	1281
8.3.2	Hydrométallurgie	1287
8.3.3	Phénomènes de corrosion	1291
	Énoncés	1298
	Corrigés	1327