

# Table des matières

## PARTIE 1 : ÉLECTRODINÉMIQUE

<b>CHAPITRE 1 : Les bases de l'électrodynamique .....</b>	<b>13</b>
1. Introduction .....	13
1.1. Généralités .....	13
1.2. Définitions .....	13
1.3. Composants électriques de base .....	14
1.4. L'approximation des régimes quasi-stationnaires .....	17
2. Lois dans un circuit .....	17
2.1. La loi des nœuds .....	17
2.2. La loi des mailles .....	18
2.3. Circuit en série – en parallèle.....	18
2.4. L.N.T.P. et théorème de Millman .....	19
2.5. Transformation Thévenin Norton .....	19
3. Puissance et énergie.....	20
<b>CHAPITRE 2 : Réponse libre d'un système .....</b>	<b>21</b>
1. Définitions .....	21
2. Circuit RC – ordre 1 .....	21
3. Circuit RL – ordre 1 .....	23
4. Circuit RLC – ordre 2.....	24
<b>CHAPITRE 3 : Réponse forcée d'un système .....</b>	<b>27</b>
1. Régime sinusoïdal forcé .....	27
1.1. Régime libre et régime forcé .....	27
1.2. Sollicitation sinusoïdale .....	27
2. L'utilisation du domaine complexe .....	28
3. Diagramme de Bode et réponse fréquentielle .....	30
3.1. Définitions .....	30
3.2. Circuits d'ordre 1 .....	31
3.3. Circuits d'ordre 2 .....	33
4. Puissance en régime sinusoïdal forcé .....	37
5. Asservissement et stabilité .....	38
5.1. Principe de l'asservissement .....	38
5.2. Stabilité .....	39

<b>CHAPITRE 4 : Filtrage d'un signal .....</b>	<b>41</b>
1. Signal d'entrée .....	41
1.1. Signal d'entrée réel .....	41
1.2. Spectre en fréquence .....	41
1.3. Décomposition en série de Fourier .....	42
2. Amplificateur opérationnel .....	43
2.1. Propriétés de l'A.O.P. ....	43
2.2. Les montages de base .....	45
3. Filtrage numérique .....	46
3.1. Échantillonnage .....	46
3.2. Condition de Nyquist Shannon .....	46
3.3. Transformée en Z et fonction de transfert en numérique .....	47
4. Logique .....	48
4.1. Logique combinatoire – portes logiques .....	48
4.2. Logique séquentielle – les bascules .....	51
Exercices .....	53
Corrections .....	71

## PARTIE 2 : MÉCANIQUE

<b>CHAPITRE 1 : Dynamique newtonienne .....</b>	<b>95</b>
1. Introduction .....	95
1.1. Nature de la mécanique classique .....	95
1.2. Référentiel galiléen .....	96
1.3. Base cartésienne, cylindrique et sphérique .....	96
2. Lois de Newton .....	97
2.1. Préalables requis .....	97
2.2. Première loi de Newton .....	97
2.3. Deuxième loi de Newton .....	98
2.4. Troisième loi de Newton .....	98
2.5. Cas d'un système de points .....	99
2.6. Cas d'une distribution continue de points .....	99
3. Énergétique .....	99
3.1. Définitions .....	99
3.2. Théorème de l'énergie mécanique et cinétique .....	100
3.3. Mouvements conservatifs .....	101
3.4. Positions d'équilibre et stabilité .....	102

4. Exemple de forces classiques .....	103
4.1. Le poids.....	103
4.2. La force de gravitation .....	103
4.3. Les forces électromagnétiques .....	103
4.4. Réaction d'un support .....	104
4.5. Les forces de frottement .....	104
4.6. La poussée d'Archimède .....	106
<b>CHAPITRE 2 : Mouvements de rotation .....</b>	<b>107</b>
1. Moment cinétique .....	107
1.1. Définition .....	107
1.2. Théorème du moment cinétique dans un référentiel galiléen .....	107
1.3. Moment cinétique par rapport à un axe orienté .....	108
1.4. Déplacement du point d'étude .....	109
1.5. Cas des solides .....	109
2. Énergétique des systèmes en rotation .....	110
2.1. Cas d'un système de points, ou solide étendu .....	110
2.2. Cas d'un solide indéformable .....	111
3. Mouvements à force centrale .....	111
3.1. Nature plane du mouvement .....	111
3.2. Aspect énergétique .....	112
3.3. Cas de la gravitation .....	113
3.4. Cas du champ électrostatique .....	114
4. Mécanique céleste .....	114
4.1. Première loi de Kepler .....	115
4.2. Deuxième loi de Kepler .....	115
4.3. Troisième loi de Kepler .....	115
4.4. Orbite géostationnaire .....	116
4.5. Vitesses cosmiques .....	116
5. Référentiel non galiléen.....	118
5.1. Approximations référentiel galiléen .....	118
5.2. Composition des vitesses et des accélérations .....	119
5.3. P.F.D. dans un référentiel non galiléen.....	120
<b>CHAPITRE 3 : Dynamique des fluides .....</b>	<b>121</b>
1. Introduction .....	121
1.1. Mouvement du domaine fluide .....	121
1.2. Équations générales .....	126
1.3. Domaine de validité .....	130

2. Dynamique des fluides parfaits incompressibles .....	133
2.1. Fluide parfait .....	133
2.2. Équations générales .....	133
2.3. Notion de couche limite .....	135
2.4. Cas des pertes de charges dans un écoulement .....	135
2.5. Statique des fluides .....	136
2.6. Écoulements plans .....	137
2.7. Écoulements plans stationnaires autour d'un obstacle .....	139
3. Dynamique des fluides parfaits compressibles .....	141
3.1. Écoulements isentropiques .....	141
3.2. Étude des ondes .....	142
3.3. Effet Doppler .....	143
Exercices .....	145
Corrections .....	165

### **PARTIE 3 : THERMODYNAMIQUE**

<b>CHAPITRE 1 : Thermodynamique industrielle .....</b>	<b>201</b>
1. Introduction .....	201
1.1. Définitions .....	201
1.2. Description d'un système .....	201
1.3. Transformations .....	202
1.4. Équation d'état .....	203
1.5. Coefficients thermoélastiques d'un fluide .....	203
2. Propriétés des corps thermodynamiques .....	204
2.1. La variance .....	204
2.2. Cas des gaz .....	204
2.3. Cas des phases condensées .....	206
3. Premier principe de la thermodynamique .....	207
3.1. Définitions .....	207
3.2. Systèmes fermés .....	207
3.3. Systèmes ouverts .....	208
3.4. Cas particuliers .....	210
3.5. Détentes de Joule Gay-Lussac et de Joule Kelvin .....	210
4. Second principe de la Thermodynamique .....	212
4.1. Notion de réversibilité et d'entropie .....	212
4.2. Énoncé du deuxième principe et identités thermodynamiques .....	213
4.3. Inégalité de Carnot Clausius .....	214
4.4. Transformation isentropique .....	214
4.5. Transformation polytropique .....	215

5. Machines thermiques.....	215
5.1.Machines monothermes .....	215
5.2.Machines dithermes .....	215
6. Diagrammes et changement d'état .....	217
6.1.Équilibre liquide-gaz.....	217
6.2.Équilibre liquide-solide.....	218
6.3.Utilisation des diagrammes.....	219

## **CHAPITRE 2 : Transferts thermiques..... 223**

1. Les différents transferts thermiques .....	223
1.1.La conduction .....	223
1.2.Le rayonnement .....	223
1.3.La convection.....	223
2. Le flux thermique .....	223
3. La densité de flux thermique .....	224
4. Les lois de transfert thermique .....	224
4.1.La loi de Fourier pour la conduction .....	224
4.2.Le rayonnement du corps noir .....	225
4.3.Loi de Newton pour la convection.....	225
5. Équation de la chaleur dans le cas de la conduction .....	226
6. Résistance thermique.....	227
Exercices .....	229
Corrections .....	267

## **PARTIE 4 : ÉLECTROMAGNÉTISME**

### **CHAPITRE 1 : Électrostatique..... 325**

1. Introduction .....	325
1.1.La charge électrique .....	325
1.2.Densités de charges électriques .....	326
1.3.Outils mathématiques nécessaires .....	326
2. Notion de champ électrique.....	327
2.1.Définition .....	327
2.2.Symétries .....	327
2.3.Invariances .....	328
3. Calcul du champ électrostatique.....	328
3.1.Sens et direction du champ électrostatique .....	328

3.2. Loi de Coulomb .....	329
3.3. Théorème de Gauss .....	330
3.4. Relation de passage .....	330
3.5. Potentiel électrostatique .....	330
3.6. Énergie électrostatique .....	331
<b>CHAPITRE 2 : Magnétostatique .....</b>	<b>333</b>
1. Introduction .....	333
1.1. Le courant électrique et l'intensité .....	333
1.2. Modèles surfacique et linéique .....	333
1.3. Équation de conservation de la charge électrique .....	334
1.4. Plans de symétrie et d'antisymétrie .....	334
2. Courant dans un conducteur métallique .....	334
2.1. Loi d'Ohm locale .....	334
2.2. Résistance .....	335
3. Calcul du champ magnétostatique .....	336
3.1. Sens et direction du champ magnétostatique .....	336
3.2. Loi de Biot et Savart .....	337
3.3. Théorème d'Ampère .....	337
3.4. Relation de passage .....	338
3.5. Potentiel vecteur .....	338
3.6. Énergie magnétostatique .....	339
<b>CHAPITRE 3 : Conducteurs à l'équilibre .....</b>	<b>341</b>
1. Introduction .....	341
1.1. Définition .....	341
1.2. Équations de Maxwell dans un conducteur .....	342
1.3. Relation de passage .....	343
2. Deux conducteurs à l'équilibre .....	343
2.1. Conducteurs en influence totale .....	343
2.2. Le condensateur plan .....	344
2.3. Cage de Faraday .....	345
3. Forces électromagnétiques .....	346
3.1. Force de Coulomb – Force de Lorentz .....	346
3.2. Force de Laplace .....	347
3.3. Pression électrostatique .....	347
<b>CHAPITRE 4 : Équations de Maxwell .....</b>	<b>349</b>
1. Équations de Maxwell locales .....	349
1.1. Outils mathématiques .....	349

1.2.L'équation de Maxwell Gauss .....	350
1.3.L'équation de Maxwell Faraday .....	350
1.4.L'équation de Maxwell Thomson .....	351
1.5.L'équation de Maxwell Ampère .....	351
2. Continuité et discontinuité des champs .....	351
2.1.Modèles volumiques et surfaciques .....	351
2.2.Continuité des composantes normale et tangentielle .....	352
3. Champs et potentiels .....	352
3.1.Potentiel vecteur et potentiel électrostatique .....	352
3.2.Équations de Poisson .....	352
4. Équations de Maxwell dans différents milieux .....	353
4.1.Les milieux diélectriques .....	353
4.2.Les milieux magnétiques .....	354
4.3.Les milieux linéaires et isotropes .....	354
5. Équations globales .....	355
5.1.Théorème de Stokes .....	355
5.2.Théorème de Green Ostrogradski .....	355
5.3.Équations de Maxwell globales .....	355
6. Vecteur de Poynting et équation de l'énergie .....	357
6.1.Vecteur de Poynting .....	357
6.2.Énergie électromagnétique .....	357
6.3.Équation de l'énergie .....	357
<b>CHAPITRE 5 : Propagation d'ondes.....</b>	<b>359</b>
1. Équation de propagation .....	359
1.1.Rappel des équations de Maxwell dans le vide .....	359
1.2.Propagation du champ électromagnétique .....	359
1.3.Signification physique de l'équation de d'Alembert .....	360
1.4.Cas de la lumière – le spectre électromagnétique .....	361
2. Onde plane progressive harmonique .....	362
2.1.Définition .....	362
2.2.Équations de Maxwell pour une OPPH – notation complexe .....	362
2.3.Simplification de l'équation de propagation .....	364
2.4.Loïs de Descartes .....	364
3. Caractéristiques de l'onde .....	366
3.1.Vitesse de phase et vitesse de groupe .....	366
3.2.Polarisation d'une OPPH .....	366
3.3.Relations de passage et coefficients de transmission/réflexion .....	367
3.4.Réflexion métallique et ondes stationnaires .....	368

3.5. Équation d'onde dans un conducteur – diffusion et effet de peau .....	370
4. Bilan énergétique .....	371
4.1. Énergie électromagnétique .....	371
4.2. Vecteur de Poynting .....	371
4.3. Bilan d'énergie .....	371
<b>CHAPITRE 6 : Induction .....</b>	<b>373</b>
1. Introduction .....	373
1.1. Équations de Maxwell dans les conducteurs .....	373
1.2. Force de Lorentz .....	374
1.3. Moment magnétique .....	374
1.4. Phénomène d'induction .....	374
1.5. Loi de modulation de Lenz .....	375
1.6. Effet Hall .....	376
2. Circuit mobile dans un champ magnétique permanent .....	377
2.1. F.e.m. induite et force de Laplace .....	377
2.2. Loi de Faraday .....	378
3. Circuit fixe dans un champ magnétique variable .....	379
3.1. Équivalence des cas .....	379
3.2. Champ électromoteur de Neumann .....	380
3.3. Synthèse du théorème de Faraday .....	380
4. Inductance propre, inductance mutuelle .....	380
4.1. Inductance propre .....	380
4.2. Inductance mutuelle .....	381
4.3. Le transformateur .....	383
5. Le moteur à courant continu .....	388
5.1. Structure du moteur .....	388
5.2. Collecteur .....	388
5.3. Les 4 équations .....	389
5.4. Fonctionnement réversible .....	390
6. Le moteur asynchrone .....	390
6.1. Structure du moteur .....	390
6.2. Champs glissants rotorique et statorique .....	391
6.3. Énergie et couple .....	391
Exercices .....	393
Corrections .....	429



**PARTIE 5 : OPTIQUE**

<b>CHAPITRE 1 : Signaux physiques .....</b>	<b>487</b>
1. Modèle de l'oscillateur harmonique .....	487
1.1. L'équation différentielle de l'oscillateur harmonique .....	487
1.2. Exemple de différents oscillateurs harmoniques .....	488
2. Notion de signal et de propagation .....	489
2.1. Exemple de signaux et spectre .....	489
2.2. Ondes progressives sinusoïdales .....	490
3. Superposition d'ondes .....	491
3.1. Ondes stationnaires mécaniques .....	491
3.2. Interférences d'ondes acoustiques ou mécaniques .....	492
3.3. Diffraction à l'infini .....	493
4. Introduction au monde quantique .....	493
4.1. Dualité onde-corpuscule .....	493
4.2. Fonction d'onde .....	494
4.3. Puit de potentiel infini .....	494
4.4. Inégalité d'Heisenberg .....	495
4.5. Équation de Schrödinger .....	495
4.6. La physique du LASER .....	496
<b>CHAPITRE 2 : Optique géométrique .....</b>	<b>497</b>
1. Propagation de la lumière .....	497
1.1. Modèle physique de la lumière .....	497
1.2. Sources de lumière .....	497
1.3. Indice optique .....	498
1.4. Lois de la réflexion et de la réfraction .....	498
2. Formation de l'image .....	498
2.1. Les lentilles minces sphériques .....	498
2.2. Cas de l'œil .....	501
2.3. Les miroirs .....	501
<b>CHAPITRE 3 : Interférences .....</b>	<b>503</b>
1. Modèle scalaire des ondes lumineuses .....	503
2. Superposition de deux ondes lumineuses .....	504
3. Interférences par division du front d'onde : dispositif des trous d'Young .....	505
4. Interférences par division d'amplitude : interféromètre de Michelson .....	508

Exercices .....	509
Corrections .....	525
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>545</b>
<b>INDEX.....</b>	<b>547</b>