

# TABLE DES MATIÈRES

## CHAPITRE 1 – LE BRUIT ACOUSTIQUE

<b>1.1 Éléments d'acoustique</b> .....	<b>13</b>
1.1.1 Le phénomène sonore .....	13
1.1.2 Équation de propagation.....	14
1.1.3 Solutions de l'équation de propagation.....	16
1.1.4. Propagation et conditions météorologiques.....	17
1.1.5 Intensité acoustique et niveau sonore.....	18
1.1.6 Addition de niveaux sonores .....	20
1.1.7 Directivité d'une source ponctuelle.....	23
1.1.8 Courbe isosonique .....	24
1.1.9 Le décibel pondéré A, dB(A).....	24
<b>1.2 Analyse spectrale</b> .....	<b>25</b>
1.2.1 Représentation fréquentielle .....	25
1.2.2 Décomposition en série de Fourier.....	26
1.2.3 Représentation fréquentielle. Exemples.....	26
1.2.4 Transformée de Fourier d'un signal.....	27
a/ Définition.....	27
b/ Intérêt pratique.....	27
1.2.5 Echantillonnage d'un signal.....	29
a/ Définition .....	29
b/ Exemple d'échantillonnage .....	30
c/ Règle de Shannon.....	31
d/ Transformée de Fourier discrète.....	31
e/ Transformée de Fourier rapide .....	32
f/ Utilisation du logiciel Scilab©.....	32
<b>1.3 Le bruit en acoustique</b> .....	<b>33</b>
1.3.1 Définition.....	33
1.3.2 Analyse spectrale et bande de fréquence.....	33
1.3.3 Analyse par bande d'octave .....	34
1.3.4 Analyse par tiers d'octave .....	34
1.3.5 Bandes passantes normalisées.....	34
1.3.6 Notion d'intervalle en musique .....	35
1.3.7 Description mathématique d'un bruit .....	36
a/ Densité spectrale d'énergie .....	36
b/ Densité spectrale de puissance.....	37
c/ Cas d'un signal échantillonné.....	37
d/ Modèle du bruit blanc.....	38
e/ Modèle du bruit rose .....	39

## 6 Table des matières

f/ Intérêt du bruit rose.....	39
1.3.8 Génération d'un bruit avec Scilab©.....	40
a/ Loi gaussienne.....	40
b/ Utilisation de Scilab©.....	40
1.3.9 Evolution temporelle d'un bruit .....	42
a/ Sonogramme.....	42
b/ Utilisation du logiciel audacity© .....	42
<b>1.4 Sources de bruit .....</b>	<b>43</b>
1.4.1 Bruit lié au contact pneumatique-chaussée.....	43
a/ Origine mécanique .....	43
b/ Origine aérodynamique.....	43
c/ Phénomènes d'amplification .....	43
1.4.2 Bruit de roulement d'un véhicule ferroviaire .....	43
1.4.3 Bruit d'un turboréacteur .....	44
1.4.4 Mur du son .....	45
1.4.5 L'effet Doppler.....	48
1.4.6 Cas de l'éolienne.....	49
1.4.7 Le bruit utilisé comme une arme.....	50
<b>1.5 Acoustique d'une salle .....</b>	<b>50</b>
1.5.1 Absorption d'une salle .....	50
1.5.2 Formule de Sabine. Formule d'Eyring.....	51
<b>1.6 Dispositifs anti-bruit .....</b>	<b>52</b>
1.6.1 Filtrage par une paroi.....	52
1.6.2 Utilisation des interférences .....	54
a/ Principe.....	54
b/ Rappels sur les interférences.....	54
c/ Cas de deux sources acoustiques .....	55
1.6.3 Contrôle actif.....	57
1.6.4 Applications.....	58
a/ Casque anti-bruit actif .....	58
b/ Le cas de l'I.R.M .....	60
<b>Exercices.....</b>	<b>61</b>

## CHAPITRE 2 - LE RAYONNEMENT ÉLECTROMAGNÉTIQUE

<b>2.1 Les ondes électromagnétiques .....</b>	<b>65</b>
---	-----------

2.1.1. Définitions et propriétés .....	65
a/ Force de Lorentz .....	65
b/ Notion de champ électromagnétique .....	65
c/ Traduction mathématique des équations de Maxwell .....	66
d/ Résolution des équations de Maxwell dans le vide.....	67
e/ Notion d'onde plane .....	68
f/ Polarisation d'une onde E.M .....	69
2.1.2 Applications de la polarisation .....	70
a/ Polariseur-analyseur. Loi de Malus .....	70
b/ Polarisation rotatoire. Loi de Biot .....	72
2.1.3 Notion d'indice .....	73
a/ Cas idéalisé d'un milieu matériel non absorbant .....	73
b/ Coefficients de réflexion et de transmission en incidence normale .....	73
c/ Couche antireflets .....	74
2.1.4 Notion d'épaisseur de peau .....	75
2.1.5 Énergie électromagnétique .....	77
a/ Densité d'énergie. Vecteur de Poynting.....	77
b/ Débit d'absorption spécifique (DAS) .....	78
<b>2.2 Modélisation quantique .....</b>	<b>79</b>
2.2.1 Introduction à la mécanique quantique.....	79
a/ L'hypothèse du photon .....	79
b/ La dualité onde-corpuscule .....	80
c/ Le champ électromagnétique et le photon.....	82
2.2.2 Absorption et diffusion des photons.....	82
<b>2.3 Eau et ondes électromagnétiques.....</b>	<b>82</b>
2.3.1 Domaine des micro-ondes .....	82
a/ Permittivité complexe .....	83
b/ Energie dissipée .....	84
c/ Profondeur de pénétration .....	86
2.3.2 Domaine du visible .....	87
a/ Indice complexe .....	87
b/ Variation avec l'épaisseur traversée .....	88
c/ Couleur de l'océan.....	90
d/ Aide au diagnostic .....	90
<b>2.4 Atmosphère et ondes électromagnétiques .....</b>	<b>91</b>
2.4.1 La ionosphère .....	91
2.4.2 Notion de plasma.....	91

## 8 Table des matières

2.4.3	Indice de plasma et condition d'une réflexion .....	93
<b>2.5</b>	<b>Géophysique et électromagnétisme .....</b>	<b>94</b>
2.5.1	Radar à pénétration de sol (RPS) .....	94
2.5.2	Utilisation des équations de Maxwell .....	95
<b>2.6</b>	<b>Electromagnétisme et téléphones portables .....</b>	<b>98</b>
2.6.1	Caractérisation de l'exposition .....	98
2.6.2	Débit d'absorption spécifique (DAS) .....	99
2.6.3	Normes .....	100
2.6.4	Principales conclusions du rapport de l'ANSES 2013 .....	101
<b>2.7</b>	<b>Les puces RFID .....</b>	<b>102</b>
2.7.1	Principe .....	102
2.7.2	Champ proche et champ lointain .....	103
2.7.3	Zones de fonctionnement .....	103
2.7.4	Méthode de protection .....	104
<b>2.8</b>	<b>Modélisation d'une antenne .....</b>	<b>105</b>
2.8.1	Dipôle de Hertz .....	105
a/	Notion de dipôle électrostatique .....	105
b/	Cas de la molécule d'eau .....	105
c/	Dipôle oscillant .....	105
d/	Conséquences .....	106
e/	Dipôle de Hertz .....	106
2.8.2	Caractéristiques d'une antenne .....	107
2.8.3	Modèle équivalent d'une antenne .....	109
2.8.4	Autres antennes .....	109
<b>2.9</b>	<b>Les LED .....</b>	<b>109</b>
2.9.1	La problématique de l'éclairage .....	109
2.9.2	Bandes d'énergie et semi-conducteurs .....	110
2.9.3	Semi-conducteurs dopés .....	111
2.9.4	Jonction P-N .....	112
2.9.5	Principe de fonctionnement d'une LED .....	113
a/	Génération de lumière blanche .....	113
b/	Synthèse additive .....	113
c/	Utilisation de luminophores .....	114
<b>2.10</b>	<b>Définition d'une couleur .....</b>	<b>115</b>

2.10.1 Coordonnées chromatiques .....	115
2.10.2 Unités de mesure.....	118
<b>2.11 Rayonnement par effet LASER.....</b>	<b>118</b>
2.11.1 Origine.....	118
2.11.2 Propriétés du rayonnement .....	120
a/ Monochromaticité et directivité.....	120
b/ Faisceau gaussien.....	120
c/ Cohérence spatiale et temporelle.....	121
2.11.3 Classification.....	121
a/ Laser solide.....	121
b/ Laser à gaz .....	122
c/ Laser à excimère.....	123
d/ Laser à colorant .....	123
2.11.4 Exemples d'utilisations.....	123
a/ Dermatologie .....	123
b/ Applications industrielles .....	123
<b>Exercices.....</b>	<b>125</b>

### CHAPITRE 3 - RAYONNEMENTS NATURELS

<b>3.1 Le rayonnement cosmique.....</b>	<b>129</b>
3.1.1 Caractéristiques du rayonnement .....	129
3.1.2 L'activité solaire.....	131
<b>3.2 Le rayonnement thermique .....</b>	<b>131</b>
3.2.1 Caractéristiques du rayonnement thermique .....	131
a/ Définition.....	131
b/ Comportement d'une surface.....	132
c/ Relations entre les différents flux .....	132
3.2.2 Définition et propriétés du corps noir.....	132
a/ Définition d'un corps noir.....	132
b/ Loi de Planck.....	133
c/ Loi de Wien .....	134
d/ Loi de Stephan .....	134
3.2.3 Rayonnement d'une surface réelle.....	135
a/ Ecart à la loi de corps noir.....	135
b/ Emissivité des matériaux.....	136
c/ Emissivité des minéraux et des végétaux .....	136

## 10 *Table des matières*

3.2.4 Le rayonnement solaire .....	137
a/ Notion d'albédo .....	137
b/ Constante solaire .....	137
c/ La Terre et le rayonnement solaire .....	138
3.2.5 Absorption par les molécules atmosphériques .....	139
a/ Origine du phénomène.....	139
b/ Exemple du dioxyde de carbone.....	140
c/ Spectre du système Terre-atmosphère .....	141
3.2.6 Rayonnements et changement climatique.....	142
<b>3.3 Vitrage et rayonnements.....</b>	<b>143</b>
3.3.1 Rôle d'un vitrage.....	143
3.3.2 Influence de l'émissivité.....	143
<b>3.4 Phénomènes d'irisation.....</b>	<b>144</b>
<b>3.5 Le rayonnement ultraviolet .....</b>	<b>149</b>
<b>3.6 Le fond diffus cosmologique .....</b>	<b>150</b>
<b>Exercices.....</b>	<b>152</b>
 <b>CHAPITRE 4 - RAYONNEMENTS IONISANTS</b>	
<b>4.1 Rayonnements d'origine radioactive.....</b>	<b>155</b>
4.1.1 Définition des rayonnements ionisants .....	155
4.1.2 La radioactivité .....	156
a/ Définitions .....	156
b/ Radioactivité alpha.....	156
c/ Radioactivité bêta.....	157
d/ Capture électronique .....	157
e/ Radioactivité gamma.....	158
f/ Conversion interne.....	159
4.1.3 Quantification de la radioactivité .....	159
a/ Notion d'activité.....	159
b/ Loi de décroissance radioactive .....	160
c/ Période radioactive .....	161
c.1 Durée de vie moyenne .....	161
c.2 Période radioactive .....	162
c.3 Exemples .....	162

c.4 Période biologique.....	163
<b>4.2 Éléments de dosimétrie.....</b>	<b>163</b>
4.2.1 Dose absorbée D.....	163
4.2.2 Equivalent biologique de dose absorbée H.....	164
4.2.3 Dose efficace E.....	164
4.2.4 Exposition du public.....	165
a/ Exposition moyenne.....	165
b/ Règlementation .....	166
4.2.5 Millésime et radioactivité.....	166
<b>4.3 Atténuation du rayonnement.....</b>	<b>168</b>
4.3.1 Pouvoir de pénétration.....	168
a/ Cas de la radioactivité $\alpha$ .....	168
b/ Radioactivité $\beta^-$ .....	168
c/ Radioactivité $\beta^+$ .....	169
d/ Radioactivité $\gamma$ .....	169
4.3.2 Coefficient d'atténuation .....	169
4.3.3 Transfert linéique d'énergie .....	171
4.3.4 Notion de kerma.....	172
<b>4.4 Processus d'interaction.....</b>	<b>172</b>
4.4.1 Origine de l'atténuation d'un rayonnement .....	172
4.4.2 Diffusion Compton.....	173
4.4.3 Production de paires.....	174
4.4.4 Comparaison des différents processus dans les tissus.....	175
<b>4.5 Les examens médicaux.....</b>	<b>176</b>
4.5.1 Matériaux utilisés en détection.....	176
4.5.2 La radiographie.....	176
4.5.3 La tomographie par rayon X.....	178
4.5.4 Tomographie par émission de positons (TEP) .....	180
4.5.5 L'irradiation d'origine médicale.....	181
<b>4.6 Le rayonnement cosmique.....</b>	<b>182</b>
<b>4.7 Le cas du radon.....</b>	<b>182</b>
4.7.1 Origine du Radon.....	182
4.7.2 Chaîne radioactive .....	183

## 12 *Table des matières*

4.7.3 Exposition au Radon .....	183
a/ Répartition.....	183
b/ Mécanismes.....	184
4.7.4 Risques sanitaires .....	184
a/ Résultats statistiques.....	184
b/ Solutions.....	185
4.7.5 Rayonnements ionisants et cigarettes.....	185
<b>4.8 Origine de la nocivité.....</b>	<b>186</b>
4.8.1 Transfert linéique d'énergie .....	186
4.8.2 Radiolyse de l'eau .....	187
4.8.3 Conséquences biologiques .....	188
4.8.4 Irradiation des aliments et du matériel.....	189
4.8.5 Utilisation en radiothérapie .....	190
<b>4.9 Le cas des ultraviolets.....</b>	<b>190</b>
4.9.1 Production.....	190
4.9.2 Utilisation en stérilisation .....	191
<b>4.10 Scanners corporels.....</b>	<b>191</b>
4.10.1 Scanners à rayons X .....	191
4.10.2 Scanners à ondes millimétriques .....	192
<b>4.11 Les brûlures radiologiques .....</b>	<b>192</b>
<b>4.12 Sources de rayons X.....</b>	<b>194</b>
4.12.1 Production de rayons X.....	194
4.12.2 Rayonnement synchrotron.....	195
4.12.3 Sources de particules lourdes.....	196
<b>Exercices.....</b>	<b>197</b>
<b>SOLUTIONS DES EXERCICES.....</b>	<b>199</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>207</b>
<b>INDEX.....</b>	<b>209</b>