

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Préface</b> .....	9	1.9.1. Échelle des fréquences audibles .....	30
<b>Tableau des symboles</b> .....	11	1.9.2. Fréquences basses, moyennes et élevées .....	30
<b>Introduction</b> .....	15	<b>1.10. Sons et bruits – Définitions</b> .....	<b>30</b>
<b>Partie 1</b>		1.10.1. Son pur .....	30
<b>Principes généraux d’acoustique</b>		1.10.2. Son complexe.....	31
<b>1 • Physique de l’acoustique</b> .....	<b>19</b>	1.10.3. Son confus .....	31
1.1. Vibrations .....	19	1.10.4. Bruit .....	31
1.2. Pression acoustique.....	20	Bruit continu .....	31
1.3. Puissance et intensité acoustiques .....	22	Bruit intermittent .....	31
1.4. Unité : le décibel.....	22	Bruit à caractère impulsionnel .....	32
1.5. Niveaux d’intensité, de pression, de puissance.....	23	Bruit à tonalité marquée.....	32
1.5.1. Niveau d’intensité acoustique .....	23	<b>1.11. Spectre d’un bruit</b> .....	<b>32</b>
1.5.2. Niveau de pression acoustique.....	23	<b>1.12 Propagation en champ libre</b> .....	<b>33</b>
1.5.3. Niveau de puissance acoustique .....	23	1.12.1. Décroissance des niveaux sonores liée	
1.5.4. Seuil d’audibilité.....	23	à l’éloignement de la source sonore.....	34
1.5.5. Seuil de douleur .....	23	Source ponctuelle (rayonnements sphérique et	
1.6. Expression de niveaux sonores en décibels.....	23	hémisphérique) .....	34
1.7. Addition et soustraction de décibels.....	24	Source linéaire (rayonnements cylindrique et	
1.7.1. Addition de deux niveaux sonores.....	24	semi-cylindrique).....	34
1.7.2. Addition de plus de deux niveaux sonores .....	26	1.12.2. Absorption atmosphérique .....	36
1.7.3. Soustraction de deux niveaux sonores .....	26	Fréquence du son .....	36
1.8. Célérité du son.....	28	Température et degré hygrométrique de l’air.....	36
1.9. Fréquence .....	29	1.12.3. Effets du vent .....	37
		1.12.4. Gradient thermique .....	37
		1.12.5. Directivité.....	37
		1.12.6. Effets intéressants .....	37
		Effet Doppler-Fizeau .....	37
		Bang supersonique.....	39
		<b>1.13. Propagation dans les solides</b> .....	<b>40</b>

<b>2 • Physiologie de l'acoustique .....</b>	<b>41</b>
2.1. L'oreille humaine .....	41
2.1.1. Oreille externe .....	41
2.1.2. Oreille moyenne.....	42
2.1.3. Oreille interne .....	42
2.1.4. Sensibilité de l'oreille aux différentes fréquences.....	42
2.1.5. Champ auditif .....	43
<b>2.2. Indicateurs du bruit perçu.....</b>	<b>43</b>
2.2.1. Le dB(A).....	43
2.2.2. Courbes d'évaluation du bruit .....	44
Courbes NR .....	44
Courbes ISO et NC.....	45
2.2.3. Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A.....	45
2.2.4. Niveau acoustique fractile .....	45
<b>2.3. Mesures et instruments de mesure.....</b>	<b>45</b>
2.3.1. Mesures.....	45
2.3.2. Cartographie sonore.....	46
2.3.3. Instruments de mesure : les sonomètres .....	46
<b>2.4. Effets du bruit sur l'ouïe .....</b>	<b>46</b>
2.4.1. Réflexe stapédien .....	46
2.4.2. Fatigue auditive.....	46
2.4.3. Surdité professionnelle .....	47
2.4.4. Activités non professionnelles.....	48
2.4.5. Autres causes de surdité.....	48
<b>2.5. Effets physiologiques indirects .....</b>	<b>48</b>

## **3 • Psychosociologie de l'acoustique .....**

3.1. Effets psychologiques dus au bruit.....	49
3.2. Effet « cocktail party » .....	49
3.3. Gêne due au bruit .....	49
3.4. Stress causé par le bruit .....	50

## **Partie 2**

### **Principes de l'acoustique architecturale**

#### **4 • Correction acoustique des locaux.....**

4.1. Objectif de la correction acoustique.....	53
4.2. Réverbération.....	54

<b>4.3. Absorption.....</b>	<b>56</b>
4.3.1. Matériaux absorbants.....	58
Matériaux poreux et fibreux .....	58
Résonateurs .....	59
Membranes.....	61
4.3.2. Coefficient d'absorption $\alpha$ .....	62
4.3.3. Indice d'évaluation de l'absorption $\alpha_w$ .....	64
4.3.4. Aire d'absorption équivalente A .....	64
<b>4.4. Diffusion.....</b>	<b>65</b>
<b>4.5. Traitement des locaux : principes généraux.....</b>	<b>66</b>
4.5.1. Calcul de la durée de réverbération .....	66
4.5.2. Champ direct et champ réverbéré .....	68
4.5.3. Constante d'absorption R d'un local .....	68
4.5.4. Niveaux sonores des champs direct et réverbéré.....	68
4.5.5. Coefficient de directivité Q.....	69
4.5.6. Décroissance du son en espace clos.....	70
4.5.7. Volume et géométrie .....	71
Volume optimal .....	71
Géométrie optimale .....	71
Défauts.....	73
4.5.8. Éléments complémentaires .....	75
Effet de masque .....	75
Effet « cocktail party » .....	75
Bruits émis par les équipements.....	76
<b>4.6. Traitement des locaux : applications.....</b>	<b>77</b>
4.6.1. Salles d'enseignement et salles de spectacle .....	77
Observations générales.....	77
Durées de réverbération préconisées.....	77
4.6.2. Locaux orientés avec ou sans assistance électroacoustique .....	78
Petites salles, salles de cours .....	78
Amphithéâtres, salles de conférence.....	78
Grandes salles : salles de concert, théâtres .....	79
Salles polyvalentes.....	83
Conservatoires de musique .....	87
Studios d'enregistrement .....	87
Lieux de culte .....	87
4.6.3. Salles électroacoustiques .....	88
Cinémas .....	88
Salles du type Zénith .....	88
Discothèques.....	89
Salles d'écoute particulières et salles de home cinéma.....	89
4.6.4. Locaux de travail.....	90

Locaux industriels et ateliers .....	90
Bureaux, salles de réunion (classique et paysager) ....	91
4.6.5. Locaux de sport.....	91
Gymnases.....	91
Piscines .....	93
4.6.6. Locaux divers non orientés .....	93
Restaurants.....	93
Circulations.....	94
Loggias ouvertes et fermées .....	95
4.6.7. Locaux exceptionnels .....	95
Chambres sourdes (salles anéchoïques).....	95
Chambres réverbérantes.....	96

## **5 • Isolation acoustique des locaux contre les bruits aériens.....97**

5.1. Transmission d'un bruit d'un local à un autre .....	97
5.2. Isolement entre deux locaux.....	98
5.2.1. Influence de l'indice d'affaiblissement acoustique $R$ de la paroi séparative.....	98
Indice d'affaiblissement acoustique $R$ d'une paroi simple homogène .....	99
Indices d'affaiblissement acoustique pondérés $R_w$ , $R_A$ et $R_{A,ir}$ .....	102
Indice d'affaiblissement acoustique $R$ d'une paroi double .....	103
Indice d'affaiblissement acoustique $R$ d'une paroi discontinue.....	107
Indices uniques d'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique $\Delta R_w$ , $\Delta R_A$ et $\Delta R_{A,ir}$ .....	108
5.2.2. Influence de la surface de la paroi séparative .....	108
5.2.3. Influence des transmissions latérales .....	108
5.2.4. Influence des transmissions parasites .....	109
5.2.5. Influence du volume du local de réception .....	110
5.2.6. Influence de l'aire d'absorption équivalente du local de réception.....	110
5.2.7. Types d'isolement acoustique : brut, normalisé, standardisé, standardisé pondéré .....	111
Isolement acoustique brut $D_b$ .....	111
Isolement acoustique normalisé $D_n$ .....	111
Isolement acoustique standardisé $D_{nT}$ .....	111
Isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,w}$ .....	111
Isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A}$ .....	111
Isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,ir}$ .....	112
Termes d'adaptation $C$ et $C_w$ .....	112

5.3. Calcul d'un isolement.....	112
---------------------------------	-----

## **6 • Protection contre les bruits solidiens..... 115**

6.1. Principes généraux.....	115
6.2. Protection contre les bruits de choc .....	115
6.2.1. Définitions.....	117
6.2.2. Transmission d'un bruit de choc d'un local à un autre .....	118
6.2.3. Méthode de calcul simplifiée de l'indice $\Delta L_w$ dans le cas de planchers traditionnels .....	119
Valeur du niveau du bruit de choc $L_{n,w}$ du plancher nu.....	119
Incidence des transmissions latérales (TL).....	119
Valeur de l'indice de transmission de jonction $K$ ....	120
6.3. Protection contre les vibrations .....	121
6.3.1. Principaux critères .....	121
Atténuation .....	121
Amortissement de la suspension.....	122
6.3.2. Détermination des supports antivibratiles .....	122

## **Partie 3 Équilibre acoustique des bâtiments**

### **7 • Grandes règles de mise en œuvre..... 125**

7.1. Éviter les sources de bruit ou atténuer leur puissance sonore.....	125
7.1.1. Actions politiques et administratives .....	125
7.1.2. Dispositions d'urbanisme .....	125
7.1.3. Actions sur les équipements des bâtiments .....	126
Chaufferies.....	126
Chaudière individuelle.....	128
Ventilation.....	128
Climatisation individuelle.....	132
Plomberie .....	132
Électricité : transformateurs, groupes électrogènes..	133
7.2. Éloigner les locaux à isoler des sources sonores... 133	
7.2.1. Dispositions d'urbanisme .....	133
Abords des aérodromes.....	133
Trafics routier et ferroviaire .....	133
Trafic fluvial.....	133
Centrales nucléaires .....	134
Champs d'éoliennes.....	134

Installations d'assainissement.....	134
Usines .....	134
7.2.2. Dispositions constructives .....	135
Équipements .....	135
Distribution .....	135
<b>7.3. Atténuer les bruits extérieurs .....</b>	<b>137</b>
7.3.1. Écrans antibruit.....	137
Fonctionnement .....	137
Efficacité.....	138
Écrans de verdure .....	140
Bâtiments écrans.....	140
7.3.2. Disposition du bâtiment par rapport aux nuisances : plan de masse .....	140
7.3.3. Conception du bâtiment.....	141
Espaces intermédiaires.....	141
Balcons et loggias .....	141
Qualité de l'enveloppe du bâtiment.....	143
7.3.4. Calcul d'un isolement .....	148
Cas courant .....	148
Cas d'une toiture en pente .....	149
7.3.5. Défauts d'isolement .....	149
<b>7.4. Atténuer les bruits intérieurs.....</b>	<b>149</b>
7.4.1. Bruits aériens .....	149
Valeurs des indices d'affaiblissement acoustique pondérés de diverses parois .....	150
Influence des jonctions .....	157
Défauts d'isolement.....	158
7.4.2. Bruits de choc .....	160
Indices de réduction du niveau de bruit de choc pondéré $\Delta L_w$ .....	161
Exécution d'une dalle flottante.....	161
Réduction du niveau de bruit de choc d'un revêtement de sol associé à une dalle flottante .....	162
7.4.3. Bruits d'équipement.....	163
Chauffage.....	163
Ventilation.....	166
Plomberie.....	168
<b>7.5. Agir autour du récepteur et sur le récepteur .....</b>	<b>169</b>
7.5.1. Cabines .....	169
7.5.2. Protections individuelles.....	170
Bouchons d'oreille.....	170
Serre-tête.....	170
Casques.....	170

## **8 • Réhabilitation .....**

<b>8.1. Nuisances pouvant justifier une réhabilitation acoustique.....</b>	<b>171</b>
<b>8.2. Diagnostic .....</b>	<b>171</b>
8.2.1. Enquête .....	171
8.2.2. Écoute .....	171
Nature des bruits .....	171
Lieu d'émission des bruits .....	172
8.2.3. Examen des lieux .....	172
8.2.4. Examen des plans et des devis descriptifs .....	172
8.2.5. Mesures acoustiques .....	172
8.2.6. Sondages .....	172
<b>8.3. Programme.....</b>	<b>172</b>
8.3.1. Homogénéité acoustique du bâtiment.....	172
8.3.2. Compatibilité entre isolation acoustique et isolation thermique .....	172
<b>8.4. Projet.....</b>	<b>172</b>
8.4.1. Prescriptions architecturales .....	172
8.4.2. Prescriptions techniques .....	173
Bruits aériens extérieurs au bâtiment.....	173
Bruits aériens intérieurs .....	176
Bruits de choc .....	182
Bruits d'équipement.....	182
<b>8.5. Choix des entreprises.....</b>	<b>183</b>
<b>8.6. Suivi des travaux dans les locaux occupés .....</b>	<b>184</b>
<b>8.7. Réception des travaux .....</b>	<b>184</b>

## **9 • De la haute qualité environnementale au paysage sonore .....**

<b>9.1. La haute qualité environnementale (HQE) .....</b>	<b>185</b>
9.1.1. Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat (cible 1).....	185
9.1.2. Chantiers à faible nuisance (cible 3).....	185
Diagnostic préalable .....	185
Prévention et concertation .....	185
Établissement du cahier des charges.....	186
Préparation du chantier.....	186
Suivi du chantier .....	186
9.1.3. Confort acoustique (cible 9) .....	186

Amélioration des performances et équilibre acoustique du bâtiment .....	186
Choix des matériaux .....	186
<b>9.2. Le paysage sonore .....</b>	<b>187</b>
9.2.1. Définitions du paysage sonore .....	188
9.2.2. Histoire des paysages sonores .....	188
Paysages sonores spontanés.....	188
Paysages sonores créés .....	188
9.2.3. Caractères généraux du paysage sonore urbain .....	189
Sources sonores .....	189
Architecture des lieux .....	189
Écoute de l'individu.....	191
<b>10 • Études de cas .....</b>	<b>193</b>
<b>10.1. Conception architecturale adaptée à     d'importantes contraintes acoustiques .....</b>	<b>193</b>
10.1.1. Un environnement bruyant.....	193
Principes acoustiques.....	193
Homogénéité acoustique.....	195
Vibrations.....	195
10.1.2. Un environnement à protéger.....	195
Principes acoustiques.....	196
<b>10.2. Calcul d'une isolation vis-à-vis de bruits     extérieurs importants .....</b>	<b>198</b>

Principes acoustiques.....	198
Note de calcul .....	199

<b>10.3. Calcul du niveau sonore dû à un réseau de soufflage dans une salle de théâtre .....</b>	<b>203</b>
--	------------

## Annexes

<b>A1 • Utilisation des logarithmes de base 10 .....</b>	<b>211</b>
Exemples de logarithmes décimaux .....	211
Propriétés des logarithmes.....	211

<b>A2 • Atténuation du son dans l'air .....</b>	<b>213</b>
---	------------

<b>A3 • Exemples de valeurs du coefficient d'absorption <math>\alpha</math> .....</b>	<b>215</b>
---	------------

<b>A4 • Exemples de valeurs de l'indice d'évaluation de l'absorption <math>\alpha_w</math> .....</b>	<b>217</b>
--	------------

<b>Postface - Le bruit des villes n'est plus tel qu'il était .....</b>	<b>219</b>
--	------------

<b>Testez vos connaissances en acoustique .....</b>	<b>223</b>
---	------------

<b>Bibliographie .....</b>	<b>231</b>
----------------------------	------------

<b>Index.....</b>	<b>235</b>
-------------------	------------