



TABLE DES MATIERES



CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU SON



1. NATURE DU SON	1
1.1 <i>Le son</i>	1
1.2 <i>Source sonore.....</i>	1
2. SIGNAL SONORE	2
2.1 <i>Critères d'appréciation du son</i>	2
2.2 <i>Notion de fréquence.....</i>	4
2.3 <i>Notion d'intensité acoustique</i>	4
2.4 <i>Notion de niveau sonore</i>	4
3. REPRESENTATIONS DU SIGNAL SONORE.....	6
3.1 <i>Représentation temporelle</i>	6
3.2 <i>Représentation spectrale</i>	6
4. MODELISATION MATHEMATIQUE DU SIGNAL SONORE	10
4.1 <i>Modélisation du son pur</i>	10
4.2 <i>Association de sons purs</i>	12
4.3 <i>Battements.....</i>	14
4.4 <i>Modélisation du son composé</i>	15
5. LES DIFFERENTES FAMILLES DE SONS COMPOSES.....	17
5.1 <i>Son harmonique</i>	17
5.2 <i>Son inharmonique</i>	19
5.3 <i>Le son bruité.....</i>	20
6. CARACTERISTIQUES AUDITIVES PRINCIPALES D'UN SON HARMONIQUE.....	21
6.1 <i>La hauteur</i>	21
6.2 <i>Le timbre</i>	22
6.3 <i>L'intensité sonore</i>	23
6.4 <i>La durée</i>	23
7. RELATION HAUTEUR MUSICALE / FREQUENCE	23
7.1 <i>Correspondance hauteur musicale et fréquence.....</i>	23
7.2 <i>Relation de passage fréquence-hauteur musicale</i>	23
7.3 <i>Intervalles musicaux.....</i>	24
• <i>RESUME CHAPITRE I.....</i>	26
• <i>ANNEXE I-1 : FONCTION TRIGONOMETRIQUE</i>	27
• <i>ANNEXE I-2 : MOUVEMENT VIBRATOIRE.....</i>	29
• <i>ANNEXE I-3 : EVOLUTION TEMPORELLE DE LA FORME D'ONDE / SPECTRE.....</i>	31
• <i>ANNEXE I-4 : CORRECTION FREQUENTIELLE</i>	33
• <i>EXERCICES CHAPITRE I</i>	35
• <i>CORRECTION EXERCICES CHAPITRE I.....</i>	38

CHAPITRE II : PERCEPTION DU SON



1. CARACTERISTIQUES GENERALES DE L'AUDITION.....	41
2. FONCTIONNEMENT DE L'OREILLE	41
2.1 <i>Description</i>	41
2.2 <i>Pression Acoustique</i>	44

2.3	Décodage des fréquences	45
3.	ELEMENTS E PSYCHOACOUSTIQUE.....	46
3.1	Intérêt de la psychoacoustique	46
3.2	Loi de Weber-Fechner	46
3.3	Sensation d'intensité.....	47
3.4	Sensation de hauteur	48
3.5	Perception du timbre musical	52
3.6	Effet de masque	53
3.7	Perception de l'espace sonore.....	57
4.	LES NIVEAUX SONORES PONDERES	61
4.1	Pondération A, B et C	61
4.2	Niveau sonore tenant compte de la variation au cours du temps	62
4.3	La mesure directe.....	62
4.4	Réglementation applicable aux lieux musicaux	63
	• RESUME CHAPITRE II	64
	• ANNEXE II-1 : DECODAGE SEQUENTIEL DU SON	66
	• ANNEXE II-2 LES PROBLEMES DE L'AUDITION	67
	• ANNEXE II-3 : RELATION DBSPL – DB(A)	69
	• EXERCICES CHAPITRE II.	70
	• CORRECTION EXERCICES CHAPITRE II.....	73

CHAPITRE III : PRODUCTION ET PROPAGATION DU SON



1.	CHAINE MECANIQUE DU SON.....	79
2.	SYSTEME A UN DEGRE DE LIBERTE	80
2.1	Système en vibration libre.....	80
2.2	système en vibrations forcées.....	84
3.	PROPAGATION DES ONDES SONORES DANS LE MILIEU AIR.....	91
3.1	Nature du phénomène physique qui se propage	91
3.2	Le milieu air.....	91
3.3	Pression acoustique – Vitesse acoustique	93
4.	SOURCE ISOTROPE – CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES.....	96
4.1	Hypothèses de travail.....	96
4.2	Puissance Acoustique d'une source isotrope (W).....	97
4.3	Intensité Acoustique (I) d'un source isotrope	98
4.4	Relation entre pression acoustique et Intensité acoustique	98
5.	SOURCE DIRECTIVE – CARACTERISTIQUES ACOUSTIQUES	98
5.1	Notion sur le rayonnement des sources	98
5.2	Facteur d'encastrement Q_e	99
5.3	Facteur de directivité propre à la source Q_d	100
5.4	Facteur de directivité total Q	101
5.5	Intensité acoustique (I) et pression acoustique (p) d'un source directive	101
6.	LES NIVEAUX SONORES	101
6.1	Niveau de puissance d'une source	101
6.2	Niveau de pression acoustique.....	102
6.3	Détermination de la pression acoustique à partir du niveau de pression	102
6.4	Relation entre niveau de pression et niveau de puissance pour une source isotrope	103
6.5	Relation entre niveau de pression et niveau de puissance pour une source directive.	103
6.6	Atténuation géométrique.....	103
6.7	Généralisation concernant les niveaux	105
7.	SOURCES MULTIPLES EN CHAMP LIBRE	106
7.1	Principe de superposition en champ libre	106
7.2	Calcul du niveau sonore résultant dans le cas de deux sources	106
7.3	Généralisation à n sources	108

7.4	Notation utilisée dans le cas des problèmes multi-sources et multi-récepteurs	109
•	RESUME CHAPITRE III.....	110
•	ANNEXE III-1 : FONCTION LOGARITHME	112
•	ANNEXE III-2 : ABAQUES NIVEAU SONORE LP	114
•	ANNEXE III-3 : RAYONNEMENT DES INSTRUMENTS	116
•	EXERCICES CHAPITRE III	118
•	CORRECTION EXERCICES CHAPITRE III.....	125

CHAPITRE IV : FONCTIONNEMENT DES SOURCES SONORES



1.	LES SOURCES SONORES ACOUSTIQUES	135
1.1	Les catégories de sources acoustiques musicales	136
2.	CARACTERISTIQUES DE LA PROPAGATION UNIDIMENSIONNELLE	138
2.1	Définitions	139
2.2	Onde plane	139
2.3	Equation de propagation	139
2.4	Applications.....	140
3.	REFLEXION D'UNE ONDE.....	141
3.1	Illustration d'une réflexion d'onde	141
3.2	Coefficient de réflexion	143
3.3	Coefficient d'absorption α	144
3.4	Modification de section d'un tube acoustique	144
4.	ONDES STATIONNAIRES.....	145
4.1	Illustration d'une onde stationnaire.....	145
4.2	Formation des ondes stationnaires.....	146
5.	PROPAGATION DANS UNE CORDE	147
5.1	Le milieu corde	147
5.2	Equation de propagation des ondes dans une corde :	147
5.3	Solution de l'équation des ondes	147
5.4	Exploitation des conditions aux limites.....	148
5.5	Etude de quelques modes de vibrations.....	148
5.6	Compréhension du son d'un instrument à cordes.....	149
6.	TUBES ACOUSTIQUES.....	154
6.1	Remarque préliminaire à l'étude	154
6.2	Passage fonction réelle / fonction complexe	154
6.3	Relation générale entre la pression acoustique et la vitesse acoustique	154
6.4	Tuyau ouvert aux deux extrémités	155
6.5	Exemples de modes propres pour le tuyau ouvert-ouvert	155
6.6	Tuyau fermé à une extrémité	156
6.7	Exemples de modes propres pour le tuyau ouvert-fermé	156
6.8	Différences de timbres entre les deux types de tuyau.....	157
7.	MEMBRANES CIRCULAIRES	157
7.1	Généralités.....	157
7.2	La membrane idéale.....	157
7.3	Le rôle de la caisse	159
8.	LA PRODUCTION DE LA PAROLE	159
8.1	Description de l'appareil phonatoire.....	159
8.2	Fonctionnement de l'appareil phonatoire.....	160
8.3	Les sons produits et leur décodage	161
•	RESUME CHAPITRE IV	162
•	ANNEXE IV-1 : LES FONCTIONS COMPLEXES.....	164
•	ANNEXE IV-2 : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX.....	166
•	ANNEXE IV-3 : DIAGRAMME DE DIRECTIVITE DE LA VOIX	167
•	ANNEXE IV-4 : LISTE DES PHONEMES DE LA LANGUE FRANÇAISE	168

● EXERCICES CHAPITRE IV	169
● CORRECTION EXERCICES CHAPITRE IV	172

CHAPITRE V : ACOUSTIQUE DES LIEUX DE DIFFUSION



1. LES LIEUX DE DIFFUSION	177
2. REPONSE IMPULSIONNELLE	178
3. ETUDE DE LA REFLEXION D'UNE ONDE SPHERIQUE SUR UNE PAROI	178
3.1 Réflexion totale sur une paroi plane de dimensions très grandes	179
3.2 Principe de l'acoustique géométrique	180
3.3 Evaluation des premières réflexions avec l'acoustique géométrique	180
3.4 Réflexion spéculaire / Réflexion non spéculaire	182
4. MECANISME DE LA REFLEXION A LA PAROI	183
4.1 Réflexion et transmission sur une paroi plane	183
4.2 Coefficient d'absorption α	184
4.3 Rôle du coefficient d'absorption	185
4.4 Réflexion totale sur une paroi plane de dimensions connues	186
5. RESONANCES DANS UNE SALLE	187
5.1 Résonances axiales	187
5.2 Résonances tangentielles ou obliques	187
5.3 Effet de résonance dans une salle	188
5.4 Fréquence de coupure de Schroeder	189
6. ETABLISSEMENT DU CHAMP REVERBERE	190
6.1 Surface d'absorption équivalente de la salle	190
6.2 Représentation temporelle du champ rayonné dans une salle - méthode des rayons	191
6.3 Evolution de l'énergie réverbérée au cours du temps (théorie de Sabine)	192
7. TEMPS DE REVERBERATION RT_{60}	193
7.1 Durée de réverbération de la salle (loi de Sabine)	193
7.2 Durée de réverbération de la salle (loi de Eyring)	194
7.3 Quelques propriétés du temps de réverbération	195
8. NIVEAUX SONORES EN SALLE	197
8.1 Pression acoustique	197
8.2 Expression du niveau de pression acoustique en salle	197
8.3 Distance critique	197
8.4 Les niveaux de pression direct et réverbéré en salle	198
9. EVALUATION D'UNE SALLE	199
9.1 Rapport champ direct / champ reverbere (Dir/Rev)	200
9.2 Temps de délai initial (IDT)	201
9.3 Clarté d'une salle (C50 ou C80)	201
9.4 Décroissance des premières réflexions (EDT)	202
10. CRITERES D'APPRECIATION D'UNE SALLE	202
10.1 Intelligibilité du message sonore	203
10.2 Critères d'évaluation de l'intelligibilité	204
10.3 Temps de réverbération optimal	208
11. L'ISOLEMENT ACOUSTIQUE	209
11.1 Définition des besoins	209
11.2 Les différentes transmissions acoustiques	210
11.3 Principe de l'isolement acoustique	211
11.4 Les différentes solutions d'isolement acoustique	213
● RESUME CHAPITRE V	218
● ANNEXE V-1 : RELATIONS FONDAMENTALES	220
● ANNEXE V-2 : COEFFICIENTS D'ABSORPTION	221
● ANNEXE V-3 : CONVERSION DES MESURES RASTI EN ALC%	223
● ANNEXE V-4 : RT_{60} POUR DES EXPLOITATIONS PARTICULIERES	224

- EXERCICES CHAPITRE V 225
- CORRECTION EXERCICES CHAPITRE V 229

CHAPITRE VI : ELEMENTS DE TECHNIQUES DU SON



1. LES SOURCES ELECTRO-ACOUSTIQUES	237
2. LES ENCEINTES ACOUSTIQUES	238
2.1 Constitution d'une enceinte acoustique	238
2.2 Caractéristiques générales d'une enceinte acoustique	238
3. LE HAUT-PARLEUR ELECTRODYNAMIQUE	242
3.1 Principe de fonctionnement	242
3.2 Caractéristiques principales du haut-parleur	242
3.3 Rayonnement des haut-parleurs	248
3.4 Decryptage d'une fiche technique de haut-parleur	254
4. GAIN ELECTRO-ACOUSTIQUE D'UN SYSTEME D'AMPLIFICATION	256
4.1 Mise en situation	256
4.2 Relations de base	256
4.3 Expression du niveau de puissance du haut-parleur en fonction du niveau de la source.	257
4.4 Gain électroacoustique G_{sono}	257
5. CARACTERISTIQUES DES ENCEINTES ACOUSTIQUES	258
5.1 Directivité des enceintes	258
5.2 Critère d'homogénéité H	260
5.3 Optimisation de la couverture sonore	261
6. CRITERES D'HOMOGENEISATION ET CLARTE LOCALE	263
6.1 Clarté locale	263
6.2 Compromis clarté - homogénéité	263
6.3 Choix de la bande de fréquences	264
7. PARTICULARITE DE LA SONORISATION DANS UN STUDIO	264
● RESUME CHAPITRE VI	267
● ANNEXE VI-1 : EQUATIONS DIFFERENTIELLES DU 2EME ORDRE	269
● ANNEXE VI-2 : FONCTION DE BESSEL	271
● ANNEXE VI-3 : FICHE TECHNIQUE D'UN HAUT-PARLEUR	272
● ANNEXE VI-4 : COUVERTURE D'UN HAUT-PARLEUR AU PLAFOND	273
● EXERCICES CHAPITRE VI	275
● CORRECTION EXERCICES CHAPITRE VI	282