



Table des matières

Remerciements.....	3
Table des matières	5

CHAPITRE 1

Définition et caractéristiques des ondes sonores	15
1.1 Définition des ondes sonores	15
1.2 Caractéristiques d'une onde sonore sinusoïdale	25
1.3 Domaine de fréquences des ondes sonores	30
1.4 Ondes sonores et autres types d'ondes.....	34
• Ondes sismiques.....	35
• Vagues ordinaires	35
• Ondes électromagnétiques	36
• Ondes gravitationnelles	38
Résumé	39
Appendice	41
Problèmes.....	47
Réponses aux exercices	52
Réponses aux problèmes	52
Réseaux de concepts	54

CHAPITRE 2

Ondes sonores progressives et vitesse du son	57
2.1 Équation du déplacement des molécules ou équation d'onde	58
2.1.1 Cas particulier d'une onde se déplaçant sur une corde tendue.....	59
2.2 Équation de pression de l'onde sonore	63
2.3 Comparaison entre les équations de déplacement et de pression	66
2.4 Conditions de validité	69

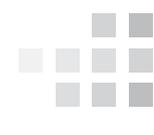
2.5 Vitesse de propagation du son	69
2.5.1 Onde transversale sur une corde tendue	71
2.5.2 Onde longitudinale et vitesse du son	73
2.6 Relation entre vitesse de propagation, longueur d'onde et fréquence	80
Résumé	81
Appendice	83
Problèmes	86
Réponses aux exercices	93
Réponses aux problèmes	94
Réseaux de concepts	97

CHAPITRE 3

Intensité sonore	99
3.1 Énergie transmise par les ondes dans un milieu matériel	99
3.2 Intensité d'une onde sonore	103
3.3 Domaine d'intensités sonores	109
3.4 Niveau d'intensité sonore et échelle décibel	109
3.5 Niveau de pression sonore et échelle décibel	118
3.6 Pression sonore efficace	120
3.7 Puissance sonore	130
3.8 Variation de l'intensité sonore	131
3.9 Impédance acoustique caractéristique	135
Résumé	138
Problèmes	141
Réponses aux exercices	149
Réponses aux problèmes	150
Réseaux de concepts	154

CHAPITRE 4

Superposition des ondes sonores	157
4.1 Principe de superposition	158
4.2 Interférence des ondes	163
4.3 Sources sonores et superposition	169
4.3.1 Sources indépendantes et aléatoires	169
4.3.2 Sources synchrones, de même fréquence et en champ libre	173



4.4 Battements	176
Résumé	180
Problèmes	182
Réponses aux exercices	190
Réponses aux problèmes	190
Réseaux de concepts	195

CHAPITRE 5

Représentations et analyse d'un son	197
5.1 Représentations temporelle et spectrale	199
5.2 Représentations d'un son pur	203
5.3 Représentations d'un son complexe périodique	205
• Ondes en dents de scie	205
• Ondes triangulaires	208
• Ondes rectangulaires ou carrées	210
• Onde complexe périodique quelconque	213
5.4 Représentations d'un son complexe non périodique ..	215
Membrane de timbale	217
5.5 Représentations d'un son aléatoire	219
Bruit des vagues marines	219
5.6 Sonagramme	222
Flûte à bec	223
Chant du merle d'Amérique	226
5.7 Harmoniques, partiels et qualité ou timbre du son ...	229
Résumé	231
Appendice	233
Problèmes	262
Réponses aux problèmes	274
Réseau de concepts	276

CHAPITRE 6

Modes de vibration et résonance	277
6.1 Ondes stationnaires	277
6.1.1 Distinction entre ondes progressives et ondes stationnaires	278
6.1.2 Fréquences naturelles de vibration d'une corde tendue	282
6.1.3 Calcul des fréquences naturelles de vibration d'une corde tendue	287



6.2 Équation d'une onde stationnaire sur une corde tendue	289
6.3 Résonance	293
6.3.1 Résonance, un phénomène très général	294
6.4 Résonance dans les tuyaux	296
6.4.1 Tuyaux ouverts à un bout et fermés à l'autre	298
6.4.2 Tuyaux ouverts aux deux bouts	300
6.5 Résonance sur une membrane souple	301
6.6 Résonance du tympan	304
6.7 Résonance dans une salle	305
Conclusion	306
Résumé	307
Appendice	309
Problèmes	315
Réponses aux exercices	322
Réponses aux problèmes	323
Réseaux de concepts	325

CHAPITRE 7

Classification des sons	327
7.1 Classification selon la durée	327
7.2 Classification selon l'analyse spectrale des sons et la forme de l'onde	339
7.3 Classification selon la modulation	340
7.3.1 Sons purs modulés en amplitude	340
7.3.2 Sons purs modulés en fréquence ou sons hululés ou sons wobulés	353
7.4 Classification selon la division du spectre audible	357
7.4.1 Division du spectre audible selon l'octave	357
7.4.2 Division du spectre audible selon la gamme musicale	366
7.5 Les sons de la parole	369
Résumé	370
Appendice	372
Problèmes	375
Réponses aux exercices	385
Réponses aux problèmes	386
Réseaux de concepts	398



CHAPITRE 8

Les bruits	403
8.1 Analyse spectrale des sons aléatoires	404
8.1.1 Analyseur spectral.....	405
8.1.2 Sonomètre à filtres.....	406
• Filtres à largeur de bande constante.....	406
• Filtres à rapport constant entre largeur de bande et fréquence centrale.....	410
8.2 Bruit blanc	416
8.3 Bruit rose	422
8.4 Bruit blanc filtré et bruit centré	428
8.5 Bruit à échancrure	433
8.6 Bruit blanc pondéré par le spectre de la parole	434
Résumé.....	438
Appendice.....	440
Problèmes.....	442
Réponses à l'exercice.....	451
Réponses aux problèmes.....	452
Réseau de concepts.....	457

CHAPITRE 9

La voix humaine	459
9.1 Anatomie du système vocal humain	459
9.2 Production du son avec un instrument à anche	465
9.3 Production du son par l'appareil vocal	468
9.4 Production des sons de la parole	469
9.4.1 Voyelles.....	469
9.4.2 Consonnes.....	480
9.4.3 Phonèmes.....	483
9.4.4 Spectre de la parole à long terme.....	485
9.5 Puissance vocale	487
9.6 Débit vocal	487
9.7 Fréquences de la voix	488
Résumé.....	489
Problèmes.....	491
Réponses aux problèmes.....	495
Réseau de concepts.....	497

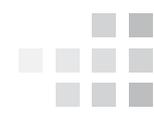


CHAPITRE 10

Impédance acoustique	499
10.1 Rappel	499
10.1.1 Impédance mécanique d'un système masse-ressort	500
10.1.2 Impédance mécanique de l'oreille moyenne	501
10.1.3 Impédance mécanique d'un milieu oscillant	504
10.2 Impédance acoustique caractéristique d'un milieu ...	505
10.3 Impédance acoustique d'un élément acoustique (oreille moyenne, tube, embout, etc.)	508
10.4 Impédancemétrie	509
10.5 Impédance et admittance	511
10.6 Impédance et transmission d'un milieu à un autre ...	511
Résumé	514
Problèmes	516
Réponses aux exercices	518
Réponses aux problèmes	518
Réseaux de concepts	520

CHAPITRE 11

Propagation des ondes sonores	523
11.1 Propagation rectiligne	523
11.2 Réflexion et diffusion	525
11.2.1 Réflexion molle et dure	525
11.2.2 Loi de la réflexion	530
11.2.3 Réflexion spéculaire et réflexion diffuse	536
11.2.4 L'écho	537
11.3 Transmission des ondes	539
11.4 Réfraction des ondes	541
11.5 Absorption	545
11.6 Absorption, réflexion et transmission du son par divers obstacles	551
11.6.1 Rôle d'une barrière entre deux milieux	551
11.6.2 Détermination des coefficients de réflexion et de transmission	558
11.7 Diffraction des ondes	562
11.8 Réverbération sonore	567



11.9 Acoustique des salles	572
11.9.1 Acoustique des salles et personne appareillée	578
11.10 Variation de l'intensité sonore selon la distance à la source sonore	579
Résumé	583
Appendice	587
Problèmes	593
Réponses aux exercices	607
Réponses aux problèmes	609
Réseaux de concepts	618

CHAPITRE 12

Sources et récepteurs sonores	623
12.1 Sources d'ondes planes	623
12.2 Sources d'ondes sphériques	625
12.3 Sources directionnelles	630
12.4 Sources sonores non électroniques	635
12.5 Sources sonores technologiques	639
12.6 Système vocal humain	642
12.7 Récepteur non électronique	643
12.8 Récepteur technologique	650
12.9 Oreille humaine	651
12.9.1 Oreille externe	652
12.9.2 Oreille moyenne	654
12.9.3 Oreille interne	657
12.10 Prothèse auditive	662
Résumé	669
Problèmes	671
Réponses aux exercices	674
Réponses aux problèmes	674
Réseau de concepts	676

CHAPITRE 13

Ondes sonores: synthèse	677
Problèmes	681
Réponses aux problèmes	702
Réseaux de concepts	707



CHAPITRE 14

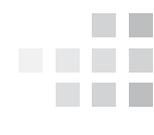
Préambule	711
Initiation à la psychoacoustique	711
Introduction	711
Rappel des principaux concepts physiques et des unités acoustiques	714
Champ auditif humain	717
14.1 Définition du champ auditif et diagramme de Wegel	717
14.2 Zone de perception optimale de l'oreille, parole et musique	721
14.3 Perception monaurale et perception binaurale	725
Résumé	729
Problèmes	730
Réponse à l'exercice	732
Réponses aux problèmes	732
Réseau de concepts	734

CHAPITRE 15

Intensité et force sonores	735
15.1 Lois de Weber et de Fechner	735
15.2 Sonie et unités psychoacoustiques	742
15.3 Seuil différentiel d'intensité	754
15.4 Différentes échelles décibels	760
15.4.1 Échelles dB SPL, dB SL et dB HL	760
15.4.2 Échelles pondérées dB(A), dB(B) et dB(C)	769
Résumé	772
Problèmes	775
Réponses aux problèmes	784
Réseau de concepts	790

CHAPITRE 16

Fréquence et tonalité ou hauteur du son	791
16.1 Hauteur tonale	791
16.2 Hauteur tonale et membrane basilaire	794
16.3 Unité de hauteur tonale	799



16.4 Hauteur tonale, hauteur spectrale et timbre 803

16.5 Seuil différentiel de fréquence ou de hauteur 808

- Modèle passif et modèle actif. 808

16.6 Paramètres influant sur la hauteur, autres que la fréquence 814

Résumé 818

Problèmes. 820

Réponses aux exercices 825

Réponses aux problèmes 825

Réseau de concepts 828

CHAPITRE 17

Audition binaurale 829

17.1 Généralités 830

17.2 Écoute binaurale, seuil d'intensité et seuils différentiels 831

17.3 Fusion binaurale 831

17.4 Écoute binaurale et localisation de la source sonore . 832

- 17.4.1 Localisation et différence d'intensité sonore 833
- 17.4.2 Localisation et différence de phase. 838
- 17.4.3 Localisation et différence temporelle 840
- 17.4.4 Localisation et variation du timbre 842

Résumé 844

Problèmes. 845

Réponses aux problèmes 847

Réseaux de concepts 849

CHAPITRE 18

Masquage 851

18.1 Masquage d'un son pur par un autre son pur 852

- 18.1.1 Influence de la fréquence du signal masquant. 852
- 18.1.2 Influence du niveau d'intensité du son masquant . 856

18.2 Masquage par du bruit blanc intégral 858

- 18.2.1 Masquage par du bruit blanc filtré 860
 - Effet de la largeur de bande du bruit masquant 861
 - Masquage par du bruit blanc pondéré par le spectre de la parole 864



18.3 Masquage ipsilatéral et masquage contralatéral	865
18.4 Rôle du masquage	865
Résumé	867
Problèmes	869
Réponses aux problèmes	871
Réseau de concepts	873

CHAPITRE 19

Audition et problèmes auditifs	875
19.1 Définition de la surdité	875
19.2 Problèmes d'audition non causés par le bruit	878
19.2.1 Presbyacousie	878
19.2.2 Intolérance aux sons (hyperacousie et hypersonie) et acouphènes	880
19.2.3 Certains types de surdité	884
19.3 Problèmes d'audition causés par le bruit	884
19.3.1 Fatigue auditive	885
19.3.2 Surdité professionnelle et socioacousie	891
Conclusion	896
Résumé	898
Réseau de concepts	900

CHAPITRE 20

Psychoacoustique: synthèse	901
Problèmes	908
Réponses aux problèmes	912
Réseau de concepts	914
M�diagraphie	915