

# Cours d'acoustique appliquée (2018-2019)

(B1 Technique de l'image et B2 Ciné, option « son »)

## Table des matières réelle

### Chapitre 1 : brève histoire de l'acoustique

- ✓ 1 Introduction
- ✓ 2 Le son créateur
- ✓ 3 Antiquité et Moyen âge
- ✓ 4 le XVII<sup>ème</sup> siècle
- ✓ 5 le XVIII<sup>ème</sup> siècle
- ✓ 6 le XIX<sup>ème</sup> siècle
- ✓ 7 le XX<sup>ème</sup> siècle

### Partie « acoustique physique »

### Chapitre 2 : notions d'acoustique physique

- ✓ 1 Naissance, nature et propagation du son
  - 1.1 Définition
  - 1.2 Naissance du phénomène vibratoire
  - 1.3 Propagation du phénomène vibratoire
  - 1.4 Influence du milieu de propagation
  - 1.5 Signaux et ondes en général
    - 1.5.1 Onde, définition
    - 1.5.2 Notion de signal ou d'impulsion
    - 1.5.3 La matière n'est pas transportée par le signal.
    - 1.5.4 Signal transversal, signal longitudinal
    - 1.5.5 Signaux et onde
    - 1.5.6 Ondes transversales dans un milieu unidimensionnel
    - 1.5.7 Ondes longitudinales dans un milieu unidimensionnel
    - 1.5.8 Comparaison des ondes longitudinales et transversales dans un milieu unidimensionnel
    - 1.5.9 Ondes longitudinales et transverses dans un milieu à plusieurs dimensions
    - 1.5.10 La propagation d'une onde s'effectue grâce aux oscillateurs du milieu
    - 1.5.11 Les ondes transversales et longitudinales peuvent avoir des vitesses différentes

- 1.6 Caractéristiques des ondes acoustiques
- 1.7 Nature des ondes acoustiques dans l'air
- 1.8 Grandeurs oscillantes de l'onde acoustique
- 1.9 Dérivation de l'équation de propagation de l'onde acoustique dans un fluide à partir des équations fondamentales
- 1.10 Dérivation simplifiée de l'équation de propagation de l'onde acoustique dans les fluides
  - 1.10.1 Généralités sur les fluides
  - 1.10.2 Masse volumique
  - 1.10.3 Module de compressibilité, définition
  - 1.10.4 Equation de propagation de l'onde sonore
  - 1.10.5 Solutions harmoniques de l'équation de propagation
- 1.11 Célérité des ondes acoustiques
  - 1.11.1 Formule générale (milieu fluide ou solide)
  - 1.11.2 Célérité dans un gaz parfait
- 1.12 Exercices sur la propagation du son
- ✓ 2 Caractéristiques physiques et modes de représentations du signal sonore
  - 2.1 Représentation temporelle du signal sonore (plan dynamique)
    - 2.1.1 L'enveloppe d'amplitude du son
    - 2.1.2 La forme d'onde
    - 2.1.3 Distinction entre sons et bruits
    - 2.1.4 Grandeurs physiques caractérisant l'aspect périodique du son
    - 2.1.5 Cas particulièrement simple d'onde acoustique, le son pur ou son simple
    - 2.1.6 Lien des grandeurs physiques avec les qualités subjectives d'un son pur
  - 2.2 Représentation spectrale du signal sonore (plan harmonique)
    - 2.2.1 Théorème de décomposition spectrale de Fourier des signaux périodiques
    - 2.2.2 Représentations spectrales des sons
    - 2.2.3 Sons complexes harmoniques et inharmoniques
    - 2.2.4 Exercices
    - 2.2.5 Lien des grandeurs physiques avec les qualités subjectives d'un son complexe : notion de timbre
    - 2.2.6 Transformation de Fourier des vibrations non périodiques
    - 2.2.7 Sons bruités ou bruits
    - 2.2.8 Bruits normalisés en acoustiques : bruits blanc, rose et rouge
    - 2.2.9 Classification plus détaillée des sons
  - 2.3 Représentation du signal sonore à l'aide d'un sonogramme (plan mélodique)

- 2.4 Complémentarité des trois types de représentations du signal sonore : illustrations
- 2.5 Représentation du son par un modèle à trois dimensions
- ✓ 3 Grandeurs physiques importantes, aspect énergétique
  - 3.1 Introduction
  - 3.2 Valeurs instantanée, maximum et quadratique moyenne (RMS) d'une grandeur oscillante
  - 3.3 Notion d'impédance acoustique d'un milieu
  - 3.4 Densité volumique d'énergie ou pression de radiation
  - 3.5 Puissance acoustique
  - 3.6 Intensité acoustique
  - 3.7 Niveaux acoustiques en puissance, en intensité et en pression
    - 3.7.1 Motivation de l'utilisation des niveaux en acoustique
    - 3.7.2 Niveaux en décibels relatifs
    - 3.7.3 Niveaux en décibels absolus
- ✓ 4 Notions relatives au son numérique
  - 4.1 Introduction à la numérisation du signal sonore analogique et reconstruction
    - 4.1.1 Echantillonnage
    - 4.1.2 Quantification
    - 4.1.3 Signal numérique
    - 4.1.4 Reconstruction
  - 4.2 Echantillonnage et théorème de Shannon-Nyquist
    - 4.2.1 Signal de commande de l'échantillonneur
    - 4.2.2 Effet de l'échantillonnage dans le domaine fréquentiel
    - 4.2.3 Une expérience préliminaire pour introduire le théorème de Shannon-Nyquist
    - 4.2.4 Choix de la fréquence d'échantillonnage : théorème de Shannon-Nyquist
    - 4.2.5 Une conséquence importante du théorème de Shannon
    - 4.2.6 Impossibilité théorique
    - 4.2.7 Que se passe-t-il si le critère de Nyquist n'est pas satisfait ?
    - 4.2.8 Fréquence de Nyquist et repliement de spectre
    - 4.2.9 Filtre anti-repliement
  - 4.3 Bruit de quantification et rapport signal/bruit
  - 4.4 Reconstruction du signal sonore
  - 4.5 Son numérique et transformées de Fourier discrète
- ✓ 5 Propagation des ondes acoustiques en champ libre
  - 5.1 Définitions et caractéristiques générales
  - 5.2 Types de fronts d'ondes
    - 5.2.1 Ondes planes

- 5.2.2 Ondes sphériques
- 5.3 Source omnidirective
  - 5.3.1 Définition
  - 5.3.2 Intensité
- 5.4 Source directive
  - 5.4.1 Définition
  - 5.4.2 Intensité et intensité moyenne
  - 5.4.3 Facteur et indice de directivité
  - 5.4.4 Intensité dans l'axe
- 5.5 Niveau d'intensité acoustique à une distance donnée de la source.
  - 5.5.1 Niveau d'intensité d'une source omnidirectionnelle en champ libre
  - 5.5.2 Niveau d'intensité d'une source omnidirectionnelle encastrée
  - 5.5.3 Niveau d'intensité d'une source directive encastrée ou non
  - 5.5.4 Exercices
- ✓ 6 Sources multiples en champ libre : « addition » de niveaux sonores
  - 6.1 « Addition » de sources non corrélées
    - 6.1.1 Principe de superposition en champ libre
    - 6.1.2 Pression acoustique efficace résultante
    - 6.1.3 Calcul du niveau sonore résultant en général (pour deux sources non corrélées)
    - 6.1.4 Addition de  $n$  sources non corrélées
  - 6.2 « Addition » de sources corrélées
  - 6.3 Exercices
- ✓ Annexe 3 : exponentielles et logarithmes
  - A3.1 Introduction historique
  - A3.2 Logarithmes décimaux
  - A3.3 Propriétés de la fonction logarithme décimal
  - A3.4 Logarithmes de base quelconque
  - A3.5 Échelle logarithmique
    - A3.5.1 Graduation linéaire
    - A3.5.2 Graduation logarithmique

## Partie « acoustique physiologique »

### **Chapitre 8 : psychoacoustique**

- ✓ 1 Introduction
- ✓ 2 Notions de psychophysique
  - 2.1 Stimulus, sensation et perception
  - 2.2 Perception de l'environnement sensoriel
  - 2.3 Mesurer des sensations
  - 2.4 Procédures de la psycho physique
  - 2.5 Stimulus et sensation : établissement de la relation fonctionnelle qui lie les grandeurs
  - 2.6 Seuil absolu, seuil différentiel et seuil différentiel relatif des grandeurs d'excitation
    - 2.6.1 Seuil absolu
    - 2.6.2 Seuil différentiel
    - 2.6.3 Seuil différentiel relatif
  - 2.7 Lois fondamentales de la psychophysique
    - 2.7.1 Loi proportionnelle de Weber (1829)
    - 2.7.2 La loi de Weber généralisée
    - 2.7.3 Hypothèse de Fechner et loi logarithmique de Weber-Fechner (1860)
    - 2.7.4 Loi de puissance de Stevens (1930)
- ✓ 5 Force des sons : de l'intensité acoustique à la sonie
  - 5.1 Définition de la sonie
  - 5.2 Seuil absolu de sonie
  - 5.3 Champ audible ou aire d'audition
  - 5.4 Mesure et variations du seuil d'audibilité
    - 5.4.1 Mesure
    - 5.4.2 Variabilité liée à l'âge et au sexe
    - 5.4.3 Fatigue auditive et pertes temporaire ou définitive d'audition
    - 5.4.4 Sommation binaurale au seuil
  - 5.5 Niveaux physiologiques ou niveaux d'isophonie
    - 5.5.1 Définition
    - 5.5.2 Unité de mesure du niveau d'isophonie : le phone