Fiche de révision Traitement Audio

Alexis GRACIAS

21 novembre 2024

Table des matières

Chapitre 1

Les sons - Modèle de perception

1.1 Introduction

1.1.1 Définitions

- **Psychophysique** : relation entre le *stimulus*[1] et la *sensasion* ressentie du stimulus.

- **Psychoacoustique**[2] : étude de la relation entre les vibrations des ondes sonores et sa perception.

- **Les modèles de production** permettent de caractériser les osurces dans la nature.

1.1.2 Histoire des sens

[3]

- Les sens *introseptifs* : sensations qui vienne des entrailles du corps (estomac, coeur, malaise, aise...)
- Les sens *Proprioceptifs* :
  - Sens *statique* ou *labyrinthique*[4] : mouvements de rotation et de translation
  - Sens *kinésique* ou *kinestésique* : permet la perception des objets dans l'espace, par exemple le toucher
- Les sens *extéroceptifs*
  - Sens par contact direct
    - Le *toucher*
    - Les sens *chimique* : goût, odorat
  - Sens par contact indirect
    - *Vue*
    - *Ouie*

1. Phénomène physique
2. Remarque : on peut tromper l'ouie comme la vue, avec des sons appelés **sons de Risset**
3. D'après Ch. Sherrington (1857-1952)
4. Provient du "capteur" situé dans l'oreille interne

1.1.3 Lois des sens (18ème - 19ème)

- **Loi du sens** : il existe pour chaque sens une intensité minima du stimulus, appelée intensité liminaire, au-dessous de laquelle il n'y a pas de sensation
- **Loi du seuil différentiel** :
  - Forme a.
    Il existe un rapport constant entre l'intensité du stimulus initial et la variation minima qu'il faut lui faire subir pour que la différence soit sentie
  - Forme b.
    Pour que la sensation subisse des accroissements en progression arithmétique (0, 1, 2...), il faut faire varier le stimulus en progression géométrique (a, a2, a3...) ; le rapport constant est le seuil liminaire. C'est encore la loi logarithmique, ou loi de Fechner

1.2 Stimulus auditif : le son

1.2.1 Qu'est-ce que le son ?

C'est la sensation perçue par l'oreille. Variation périodique de la pression d'un milieu.

1.2.2 Hypothèses du cours

— Millieux de propagation [5] supposés parfaits, sans viscosité et au repos [6]
— Vibrations de faible amplitude
— Transformations des fluides supposés adiabatiques réversibles

1.2.3 Equation d'ondes unidimensionnelle

Equation de propagation des ondes électro-magnétiques :

$$\boxed{\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = c_s^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2}}$$

et :

$$\rho_e = -\rho_0 \frac{\partial \psi}{\partial x} \tag{1.1}$$

$$P_e = c_s^2 \rho_e \tag{1.2}$$

$$\rho_0 \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = -\frac{\partial P_e}{\partial x} \tag{1.3}$$

Ce qui devient pour l'équation d'ondes sonores :

$$\boxed{\frac{\partial^2 P_e}{\partial t^2} = \frac{1}{c_s^2} \frac{\partial^2 P_e}{\partial x^2}}$$

$$\boxed{c_s = 331,4\sqrt{1 + \frac{T}{T_0}}}$$

Pour démonstration voir annexe 1.2.4

5. (gazs, liquides, solides)
6. En réalite, pour les fluides visqueux, on doit résoudre l'équation de Navier-Stokes par la méthode des éléments finis

1.2.4 Equation d'ondes en tridimensionnel

L'équation d'ondes s'écrit à l'aide du d'Alembertien :

Definition 1: D'Alembertien

$$\Xi = \nabla^2 - \frac{1}{c_2^2}\frac{\partial^2}{\partial t^2}$$

Avec :

$$\Xi P_e = 0$$

Soit :

$$\boxed{\nabla^2 P_e - \frac{1}{c_2^2}\frac{\partial^2 P_e}{\partial t^2} = 0}$$

Avec :

- $\nabla^2\psi = \Delta\psi = \frac{\partial^2\psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial z^2} + \frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$
- ψ : fonction d'onde (électromagnétique)
- c_s : célérité du son dans l'air en $m.s^{-1}$ ($c_s \approx 340m.s^{-1}$)
- P_e : pression acoustique en Pa
- T : température en C
- $T_0 = 273C$

Quelques rappels :

$$\boxed{\lambda = cT = \frac{c}{f}}$$

- c : célérité de la lumière ($c = 3.10^8 m.s^{-1}$)
- T : période en s
- f : fréquence en Hz

Annexe 1 : démonstration de la fonction d'ondes

On considère (1.2)

Pour un fluide, la pression P est fonction de la masse volumique ρ tel que : $P = f(\rho)$

En se placant dans un milieu homogène constitué uniquement d'air, que l'on approxime comme un gaz parfait, on a, à l'équilibre, on a : $P_0 = f(\rho_0)$

La variation de pression P_e due à la source sonore s'exprime de la manière suivante : $P_e = f(\rho_e)$ [7]

On a finalement :

$$\begin{aligned} P &= P_0 + P_e \\ &= f(\rho_0 + \rho_e) \\ P &\approx f(\rho_0) + \rho_e f'(\rho_0) \end{aligned}$$

On considère maintenant (1.1)

On se place au repos ($t = 0$)

— La position x sur une ligne de courant du fluide s'exprime sous la forme : $\psi(x, t)$.

— La position voisine située en $x + dx$ s'exprime sous la forme : $\psi(x + dx, t)$.

— La quantité de fluide par unité de surface est définie de la sorte : $\rho_0 dx$. Avec dx infinitésimal.
On obtient :

$$\psi(x + dx, t) - \psi(x, t) = \frac{\partial \psi}{\partial x} dx \Longleftrightarrow \rho_0 dx = \rho(\frac{\partial \psi}{\partial x} dx + dx)$$

Comme ρ_e négligeable devant ρ_0, on obtient :

$$\rho_e = -\rho_0 \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

7. Evidement P_e est très petite devant P_0 (pour le développement de Taylor) et $P = P_0 + P_e = P_0 + k\rho_e$, $\rho = \rho_0 + \rho_e$

On considère enfin (1.3)

On prend une portion du fluide de longueur dx. Sa masse est $\rho_0 dx$ et son accélération $\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2}$.

De plus, on a :

$$P_e(x,t) - P_e(x+dx,t) = \frac{\partial P}{\partial x}dx = -\frac{\partial P_e}{\partial x}dx$$

Soit :

$$\rho_0 \frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = -\frac{\partial P_e}{\partial x}$$

Bibliographie

— R. Rigal, R. Paoletti, M. Portmann, Motricité – approche psychophysiologique, 1974, Presses de l'université du Québec (330 pages)

— Delorme et Flückiger, Perception et réalité – Une introduction à la psychologie des perceptions, de Boeck (517 pages)

— E. Zwicker et R. Feldtkeller, Psychoacoustique, 1981, Masson

— R. Feynman, Mécanique 2, 1998 (version française), Dunod

— L. Landau et E. Lifchitz, Physique théorique en 10 tomes – Tome 6 – Mécanique des fluides, 1989, Librairie du globe/MIR

— N. H. Fletcher et T. D. Rossing, The Physics of Musical Instruments, 1991, Springer-Verlag

— A. Cuvillier, Cours de philosophie ; tome 1 ; pages 84 – 85, 541 ; 1954 ; Armand Colin

— Emile Bréhier, Histoire de la philosophie ; tome 3 ; pages 862 – 864 ; 1964 ; Quadrige – Presses Universitaires de France