

Objectifs de l'UE

Au terme de cette UE, les étudiants seront capables de :

Electroacoustique :

- Comprendre la notion de débit volumique d'une source
- Savoir utiliser le modèle du monopôle en champ libre et le rayonnement en ondes sphériques
- Comprendre la modélisation par un monopôle d'une source à variation de volume à basses fréquences
- Maitriser les caractéristiques de directivité : diagrammes, facteurs, indices de directivité et angles d'ouvertures en fonction de la fréquence
- Utiliser les caractéristiques des haut-parleurs et enceintes : sensibilité 1w/1m, impédances nominales, puissances admissibles, niveau sonore maximum.
- Interpréter le rayonnement dipolaire
- Interpréter l'effet d'encastrement
- Utiliser un logiciel de simulation de champ sonore en champ libre, vérifier les effets d'interférence

Ingénierie de la diffusion sonore

Appréhender la problématique de la conception d'un système de sonorisation, développer les compétences nécessaires à l'évaluation de ses éléments constitutifs et leur choix en fonction de l'objectif à réaliser, et présenter les outils permettant les réglages en situation. Le cours comporte 3 parties :

La première partie

Comporte des rappels théoriques sur les éléments constitutifs d'un système et l'acoustique, vus sous l'angle de l'exploitation.

La seconde partie expose les bases permettant de concevoir un système à partir d'éléments existants, et d'établir un cahier des charges.

La dernière partie présente les outils et méthodes pour la mise en œuvre et l'optimisation du système installé, ainsi que les responsabilités légales de l'ingénieur système.

Description des ECUE**Electroacoustique :****I : Débit volumique d'une source**

1. Définition et exemple simple
2. Condition limite de vitesse sur une surface solide
3. Expression générale, exemples du HP et de la sphère pulsante.

II : Onde sphérique produite par une sphère pulsante et une source ponctuelle

1. Onde produite par une sphère pulsante : onde sphérique (rappels)
 - 1.1. Onde sphérique omnidirectionnelle
 - 1.2. Atténuation géométrique de 6dB par doublement de distance
 - 1.3. Notion de champ lointain et champ proche
2. Source ponctuelle ou monopôle

2.1. Définition

2.2. Principe d'équivalence

3. Notions sur les ondes cylindriques

III : Intensité et puissance acoustique (rappels)

1. Intensité acoustique I [W/m^2]

2. Puissance acoustique rayonnée par une source

3. Niveaux de pression et d'intensité dB_{SPL}

4. Impédances de rayonnement

IV : Caractérisation de la directivité d'une source

1. Fonction et diagramme de directivité

2. Facteur Q et indice ID de directivité

3. Angles d'ouverture, largeur du faisceau

Directivités comparées de pavillons de sonorisation.

Applications de la formule de Maa.

V : Dipôle

1. Notion de doublet acoustique

2. Dipôle : propriétés du rayonnement, comparaison à un HP non bafflé

VI : Effet d'Encastrement

1. Rayonnement d'un monopôle proche d'une paroi – source image

2. Encastrement simple : gain de 6dB

3. Encastrement double et triple

4. Modèle de rayonnement d'un élément de surface de source encastré

VII : Piston plan encastré

1. Mise en équation, expression du champ lointain

2. Fonction de directivité et diagrammes

Etude des effets d'interférence par simulation avec le logiciel Yamaha YS3.

Ingénierie de la diffusion sonore

PARTIE 1 : RAPPELS THEORIQUES

1. Introduction : Problématiques de la diffusion sonore

a. Multiplication des voies, des sources

b. Interactions avec l'acoustique

c. Contraintes d'intégration, scénographie

d. Questions de choix et de compromis

2. Qu'est-ce qu'un «système» de sonorisation, éléments

- a. Les sources sonores, la captation
- b. Le mélange et routage
- c. Les traitements
- d. L'amplification de puissance
- e. Les enceintes, la diffusion
- 3. Rappels sur l'électronique
 - a. Niveau nominal, le dBu
 - b. Rôle de l'amplification, chaîne de gains
 - c. La dynamique du signal, le facteur de crête
 - d. Puissance électrique, la mesure RMS
 - e. Le rôle du filtrage, les « cross-over »
 - f. Filtres passifs
 - g. Compresseurs et limiteurs
 - h. Rôle des processeurs d'enceinte, filtres actifs et protections
 - i. Traitement du signal par processeurs numériques à DSP
 - i. Routage des signaux, mixages, matrices ; ii. Réseaux numériques : télécommande et transport de signaux ; iii. Délais d'alignement ; iv. Egalisation, modification de la phase
 - j. Les transducteurs : électro-dynamiques-acoustiques
 - i. Rappels technologiques sur les hauts parleurs ; ii. Les limites mécaniques, la sur-excursion ; iii. Les limites thermiques, la surpuissance ; iv. L'incidence sur le haut-parleur des limites de l'amplification, la saturation
 - k. Rappels imagés de traitements du signal
 - i. La transformée et son inverse, FFT ; ii. La convolution
- 3. Rappels sur propriétés des champs de pression
 - a. Vitesse du son, longueur d'onde
 - b. Pression et vitesse, impédance acoustique
 - c. Principe de Curie
 - d. Isobares de pression et cross-over spatial
- 5. Rappels sur le rayonnement et la propagation du son
 - a. Le point source
 - b. La ligne source
 - c. La distance de transition
 - d. Les conditions atmosphériques : réfraction et absorption
 - e. Réflexion, absorption, diffraction
 - f. Phénomènes d'interférences
 - g. Sommation de deux sources

i. Signaux corrélés, le couplage en pression ; ii. Signaux non corrélés, puissance acoustique

h. Sommation de plusieurs sources

6. Bases d'acoustiques de salle

a. Champ direct / champ réverbéré, la distance critique

b. Réservoir d'énergie –le résonateur

c. Changements de problématiques en fonction des volumes

d. Ondes stationnaires

e. Phénomènes d'échos

f. Réponse à un échelon – rappels de traitement du signal

g. Différence entre isolation et traitement acoustique

7. Bases de psycho acoustique

a. Sensibilité de l'oreille, notion de volume sonore subjectif

b. Effet de masque fréquentiel

c. Effet de masque temporel

PARTIE 2 : CONCEPTION DE SYSTEMES DE SONORISATION

8. Caractérisation des systèmes

a. Lire une fiche technique d'un constructeur - Les critères vraiment importants

b. Directivité

i. « Ouverture » à - 6 dB ; ii. Courbes polaires et isobares ; iii. Index de directivité ; iv. Couverture, le « FAR »

c. Sensibilité

d. Impédance

e. Tenue en puissance, norme AES

f. Réponse en fréquence, « processing »

g. Types de charges acoustiques et courbes d'impédance

h. Rappels sur l'association de hauts parleurs en série et parallèle

i. Facteur d'amortissement et influence des câbles

j. Caractéristiques de l'amplificateur

k. Adaptation de la puissance de l'amplificateur à la puissance des enceintes

9. Principes de la reproduction stéréophonique sur enceintes

a. Différence de temps, différence d'intensité

b. Les limites ou le « sweet spot »

10. Les autres principes de diffusion

a. Dolby Stéréo

b. Système 5. 1 et 7.1 etc.

c. La WFS (Wavefront field synthesis)

- d. Au théâtre
 - e. L'Acousmonium du GRM
 - f. Cas particulier des retours de scène
 - 11. Etendre la couverture
 - a. Les enceintes de complément, « fills »
 - b. Les enceintes de rappel
 - c. Les systèmes d'array
 - 12. Problématique des enceintes de grave
 - a. Cas d'une source
 - b. Cas de plusieurs sources
 - c. Les réseaux à directivité contrôlée
 - 13. L'importance du cahier des charges
 - a. Le rôle de l'architecte, du scénographe
 - b. Le rôle du « Sound designer »
 - c. Le rôle de l'ingénieur système
 - d. Le rôle du technicien système
 - e. Le rôle de l' « ingénieur du son »
 - 14. Etudes de cas – différents concepts
 - a. Cas du studio d'enregistrement
 - b. Cas de la salle de cinéma
 - c. Cas de l'auditorium 5.1
 - d. Cas de la salle de conférence
 - e. Cas de la salle de spectacle
 - 15. La simulation acoustique
 - a. Pourquoi faire des simulations ?
 - b. La collecte d'informations
 - c. Les outils du géomètre
 - d. La construction du modèle
 - e. Les données de caractérisations des enceintes
 - f. Les outils de simulation
 - g. Les limites d'une simulation
- PARTIE 3 : MISE EN OEUVRE ET OPTIMISATION DES SYSTEMES
- 16. Les objectifs
 - a. Chaîne de gain cohérente, éliminer les parasites
 - b. Alignement temporel
 - c. Optimisation de la couverture
 - i. Minimiser la variance de pression ; ii. Minimiser la variance spectrale
 - d. Optimisation du rendement, alignement en phase

- e. Optimisation du rendu sonore, ce que l'on peut égaliser
- f. Règles d'or de la mesure acoustique, les erreurs à éviter
- i. Une source à la fois ; ii. Bien placer le micro ; iii. La courbe cible n'est pas droite
- g. Mise en sécurité du système
- 17. Les mesures acoustiques
 - a. La réponse temporelle
 - b. L'ETC (décroissance de l'énergie)
 - c. La réponse en fréquence, en phase
 - d. La décroissance spectrale
 - e. Les critères d'intelligibilité
 - f. La pression acoustique
- 18. Présentation des outils de mesure acoustique
 - a. Eléments de la chaîne de mesure informatique
 - i. Le micro ; ii. La carte son ; iii. L'ordinateur et le logiciel
 - b. Logiciels de mesures acoustiques
 - i. RTA (Exemple SIA SMAART, EASERA Systune) ; ii. MLS (Exemple MELISSA, WinMLS) ; iii. ESS (Exemple ASCENDO Room Tools,)
 - c. Les analyseurs de poche
- 19. Les aspects légaux de la diffusion sonore en public
 - a. Limites de pression acoustique
 - b. Limites de nuisances au voisinage

Prérequis

Cours d'acoustique du semestre 5

Bibliographie

ROSSI Mario – Electroacoustique – DUNOD 1986
LEWY Serge – Acoustique Industrielle et Aéroacoustique – HERMES 2001
JOUHANNEAU Jacques – Notions Elémentaires d'acoustique : Electroacoustique – TECH et DOC Lavoisier 1994
BERANEK Leo – Acoustics – Acoustical Society of America 1996 – Edition originale 1954

MERCIER Denis & Co – Livre des Techniques du son, Ed FREQUENCES DUNOD
FLOYD E TOOLE – Sound Reproduction - The acoustics and psychoacoustics of loudspeaker and rooms, Ed Focal Press
BOB McCARTHY – Sound Systems: Design and optimization, Ed Focal Press

<http://www.aes.org/>
<http://www.prosoundweb.com/studyhall>