



**Institut d'Acoustique
Graduate School**

Le Mans Université



**Faculté des Sciences
& Techniques**

Le Mans Université

Master Acoustique

**parcours « Acoustique de l'Environnement :
Transports, Bâtiment, Ville » (AETBV)**

Syllabus

Auteur (recueil) :

Dernière mise à jour : février 2022.

Table des matières

1	Guide du syllabus	3
2	Première année, semestre 1	5
2.1	Bloc acoustique I — Acoustic Basics	5
2.2	Bloc acoustique I — Acoustics I	6
2.3	Bloc mécanique — Mécanique des fluides	8
2.4	Bloc mécanique — Mécanique des Milieux Déformables	10
2.5	Bloc mécanique — Vibration I	11
2.6	Bloc outils I — Signal I	12
2.7	Bloc outils I — Maths for acoustics	13
2.8	Bloc outils I — Méthodes numériques I	15
2.9	Bloc ouverture — Physique des instruments de musique	16
2.10	Bloc ouverture — Introduction au contrôle non destructif	17
2.11	Anglais	19
3	Première année, semestre 2	21
3.1	Bloc acoustique II — Acoustique II	21
3.2	Bloc acoustique II — Transmission lines	23
3.3	Bloc vibrations — Vibrations II	24
3.4	Bloc vibrations — Vibration experiments	25
3.5	Bloc outils II — Signal II	26
3.6	Bloc outils II — Méthodes numériques II	28
3.7	Bloc outils II — Introduction aux éléments finis	29
3.8	UE à choix — Acoustique des salles II	30
3.9	UE à choix — Formulation intégrale et fonctions de Green	31
3.10	UE à choix — Introduction à l'acoustique et aux vibrations non linéaires	32
4	Deuxième année, semestre 3, parcours AETBV	33
4.1	Numerical methods (Méthodes numériques en acoustique & vibrations)	33
4.2	Perception, psycho-acoustique	34
4.3	Anglais	35
4.4	Enseignements délocalisés BRAC-SP (Bruit Routier-Rail, Aérien, Cartographies : Santé, Perception), Lyon	36
4.5	Enseignements délocalisés MAPP-ME (Matériaux-Architecture, Pneu-chaussée, Propagation-variabilité : Modélisation, Expérimentation), Nantes I	37
4.6	Enseignements délocalisés CEPS-ME (Cartographie, Environnement, Paysages Sonores : Méthodes, Expérimentation), Nantes II	38
4.7	Acoustique physiologique	39
4.8	TP numériques en vibroacoustique	40

4.9	Méthodes expérimentales	41
4.10	Aspects juridiques du bruit	42
4.11	Etude de cas	43
5	Deuxième année, semestre 4, parcours AETBV	45
5.1	Cours professionnels	45
5.2	Stage (formation initiale ou continue)	
	Rapport d'activité (alternance)	46

1 Guide du syllabus

Ce document présente l'ensemble du syllabus (résumé des cours) du Master d'Acoustique parcours Acoustique de l'Environnement : Transports, Bâtiment, Ville (parcours professionnalisant). Les cours de la première année du Master sont dispensés sous la forme de cours - TD (Travaux Dirigés ; alternance de notions théoriques et d'exercices) et de Travaux Pratiques (TP). Les cours de la deuxième année sont dispensés sous forme de cours magistraux (notions théoriques et quelques applications), de Travaux Pratiques (TP) et d'une étude de cas. Vous noterez que le semestre 4 (2ème année) est dédiée à un stage (formation initiale ou continue) ou un rapport d'activité (alternance) et à des cours professionnels. Vous trouverez pour chacun des cours :

- ★ le nom du ou des enseignant-e-s permanents avec leur fonction et structure d'accueil (université, entreprise ...); ils sont accompagnés d'enseignants non permanents dont les noms peuvent changer d'une année à l'autre et ne sont pas reportés ici ainsi que d'intervenants extérieurs, experts et acteurs du monde professionnel dont le détail n'est pas donné,
- ★ la thématique générale du cours,
- ★ les volumes horaires des cours-TD et TP,
- ★ les crédits ECTS (European Credits Transfert System) qui valent pour coefficient de la matière. Pour rappel, le total des ECTS (coefficients) est de 30 par semestre,
- ★ les objectifs (compétences et savoirs attendus),

et pour les cours de la première année :

- ★ le contenu du cours-TD et des TP sous la forme d'un plan et de mots clés,
- ★ les modalités d'évaluation,
- ★ les pré-requis,
- ★ les ressources pédagogiques.

La liste des acronymes utilisés est la suivante :

- ★ CC : Contrôle Continu ;
- ★ EC : Enseignant-Chercheur ;
- ★ ECTS : European Credits Transfert System ;
- ★ LMU : Le Mans Université ;
- ★ PRAG : Professeur Agrégé ;
- ★ CM : Cours Magistraux ;
- ★ TD : Travaux Dirigés ;
- ★ TP : Travaux Pratiques.

2 Première année, semestre 1

2.1 Bloc acoustique I — Acoustic Basics

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e(s) : Jean-Pierre Dalmont (responsable)

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 8 / 0

Crédits ECTS : 1

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Avoir les connaissances de bases utiles au praticien de l'acoustique de terrain.

Contenu

1. Maîtriser les ordres de grandeurs en acoustique (pression, vitesse particulaire, vitesse du son)
2. Maîtriser l'échelle des decibels en pression et en intensité.
3. Savoir convertir les pressions en pascal en niveau de pression en dB et vice versa sans utiliser de calculatrice.
4. Savoir sommer les niveaux sonores issus de différentes sources
5. Maîtriser le calcul de l'atténuation (atténuation géométrique et dissipation)
6. Savoir calculer le taux d'onde stationnaire

Evaluation

Examen final

Pré-requis

Maîtriser les logarithmes et les nombres complexes

Ressources

A. Fischetti Initiation à l'acoustique : Cours et exercices, Belin

2.2 Bloc acoustique I — Acoustics I

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : Guillaume Penelet (responsable)

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 48 / 12

Crédits ECTS : 6

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

The main objective of this course is that students have solid backgrounds on fundamental aspects of acoustics including

- ◇ the fundamental equations of acoustics (backgrounds in fluid mechanics and thermodynamics),
- ◇ the derivation of the wave equation (mostly for the usual case of uniform fluids at rest),
- ◇ the acoustics of the gas column (resonance, free oscillations, coupling etc..),
- ◇ reflexion, transmission, and diffraction phenomena,
- ◇ guided waves and the modal theory,
- ◇ spherical and cylindrical waves (sound radiation, diffraction, guided waves in cylindrical ducts, etc...).

Contenu

Four lectures (around 10 hours) and four series of exercises related to each lecture (around 30 hours). The titles of lecture are (see lecture notes on UMTICE for more details) :

- ◇ Fundamental equations of acoustics (in fluids)
- ◇ Plane waves
- ◇ Cylindrical and spherical waves
- ◇ Guided waves
- ◇ Modal analysis

Evaluation

- ◇ 1 written exam at mid-part weight 1 (1h) and 1 final exam weight 2 (2h)
- ◇ 4 practicals weight 1

Personal notes and lecture notes are allowed.

Pré-requis

Having backgrounds in acoustics is obviously a good point, but it is not essential. Having solid backgrounds in mathematics is essential. This includes : trigonometry, integration/derivation, asymptotic expansions of usual functions, solving of O.D.E., functions of multiple variables, vector analysis and operators (in various systems of coordinates) , linear algebra ... Reminders of useful formula will be provided, and exercise will be treated, but you need to know that we can't ignore mathematics in this course...

Ressources

- ◇ Site UMTICE "Acoustics 1"
- ◇ C. Potel, M. Bruneau, "Acoustique Générale", chapters 1, 3-6 (in French)
- ◇ A.D. Pierce, "Acoustics, an introduction to its physical principles and applications", chapters 1, 3-5, et 7
- ◇ S. Temkin, "Elements of Acoustics", chapters 1-4

2.3 Bloc mécanique — Mécanique des fluides

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : Wenping Bi (responsable)

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ comprendre l'accélération d'une particule
- ◇ comprendre le flux
- ◇ comprendre la viscosité
- ◇ comprendre l'équation constitutive
- ◇ comprendre les forces dans un fluide
- ◇ comprendre l'équation de Navier-Stokes et la résoudre analytiquement

Contenu

1. Remise à Niveau

(a) Introduction

- ◇ Particule, milieu continu
- ◇ Différence entre le comportement physique des solides et des fluides
- ◇ Les équations de base
- ◇ Types d'écoulement (Stationnaire et instationnaire, Compressible et incompressible, Rotationnel et irrotationnel, Laminaire et turbulent, Écoulement (intérieur) dans un conduit et (extérieur) autour d'un cylindre, Viscosité, fluide Newtonien)

(b) Cinématique des fluides I

- ◇ Descriptions Eulérienne et Lagrangienne
- ◇ Lignes de courant, trajectoires en coordonnées cartésiennes et cylindriques
- ◇ Accélération d'une particule (la dérivée particulaire) en coordonnées rectangulaires et cylindriques

2. Cinématique des fluides II

(a) Déformation dans les écoulements

- ◇ Décomposition du champ de gradient de vitesse au voisinage d'un point
- ◇ Analyse du terme symétrique : déformation pure
- ◇ Analyse du terme antisymétrique : rotation pure

(b) Conservation de la masse sous forme intégrale et différentielle

(c) Fonction de courant — Écoulement plan et axisymétrique

(d) Écoulement irrotationnel : le potentiel de vitesse

3. Dynamique des fluides

(a) Tenseur des contraintes de viscosité et Forces de surface

(b) Équation du mouvement d'un fluide sous forme intégrale

- (c) Équation de la dynamique d'un fluide dans le cas général
- (d) Équation de Navier-Stokes d'un fluide newtonien
- (e) Équation d'Euler et Bernoulli pour le mouvement d'un fluide parfait et applications
- (f) Conditions aux limites dans les écoulements fluides
- (g) Quelques solutions de l'équation de Navier-Stokes
- (h) Écoulement de Couette
- (i) Écoulement de Poiseuille

Evaluation

Examen 2 heures

Pré-requis

- ◇ Cinématique des fluides
- ◇ Conservation de la masse
- ◇ Équation de mouvement
- ◇ Bernoulli

Ressources

2.4 Bloc mécanique — Mécanique des Milieux Déformables

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : N. Tahani (responsable), C. Potel

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 30 / 0

Crédits ECTS : 3

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Savoir exprimer l'énergie potentielle élastique d'un système
- ◇ Savoir poser un problème d'optimisation sous forme de minimisation d'intégrale
- ◇ Savoir utiliser le Principe Variationnel de Hamilton

Contenu

1. Mécanique des milieux continus (2/3)

- ◇ Rappels de L3 des équations l'élasticité (champs de déplacement, tenseur des déformations et tenseurs de contraintes)
- ◇ Généralisation de l'énergie potentielle élastique
- ◇ Généralisation de la loi de Hooke - Tenseur des rigidités élastiques en milieux isotropes - Application aux milieux isotropes et aux poutres
- ◇ Application de l'énergie potentielle élastique aux milieux isotropes - Introduction au calcul de Lagrangien

2. Principe Variationnel de Hamilton (1/3)

- ◇ Rappel de mécanique analytique de L3
- ◇ Problème d'optimisation
- ◇ Principe Variationnel de Hamilton pour système de solides rigides (1 exemple) puis systèmes déformables (poutres)

Evaluation

Examen de 2h

Pré-requis

Mécanique du point

Ressources

2.5 Bloc mécanique — Vibration I

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : F. Ablitzer

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

To know the basic concepts in vibrations of discrete and continuous systems, in particular how to obtain the eigenmodes and use them to calculate solutions for free and forced vibrations problems

Contenu

- ◇ Vibrations of undamped and damped SDOF systems : free response, forced response
- ◇ Vibrations of MDOF systems : eigenmodes, free and forced responses using modal superposition
- ◇ Vibrations of continuous systems (strings, bars, membranes) : eigenmodes, free and forced responses using modal superposition

Evaluation

- ◇ 1 examen intermédiaire (1h30) sans documents
- ◇ 1 examen final (2h) avec documents

Pré-requis

Basic bachelor knowledge

Ressources

- ◇ [UMTICE page](#)
- ◇ S. Rao, Mechanical vibrations, Paris, Prentice Hall , 2011
- ◇ Leonard Meirovitch, Principles and techniques of vibrations, New Jersey : Prentice Hall , 1997
- ◇ S. Graham Kelly, Mechanical vibrations : theory and applications, Stamford : Cengage Learning , cop. 2012

2.6 Bloc outils I — Signal I

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : L. Simon (responsable)

Thématique : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 8 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

The objectives of this course are as follows :

- ◇ to know the main basic tools of signal processing,
- ◇ to know how to apply the tools dedicated to digital signal processing using the Python language (for both deterministic and random data)

Contenu

This teaching is organized in the form of 6 sessions of 3-3.5 hours each, each session consisting of a quick presentation of the course, theoretical exercises and practical exercises. 4 thematic blocks are proposed :

- ◇ temporal tools (including time-shifting, convolution and correlation operations)
- ◇ frequency analysis tools (Fourier transforms for continuous and discrete time signals)
- ◇ analysis of time-invariant linear systems, filtering
- ◇ introduction to multi-sensor analysis

Personal work estimated to be 20 hours.

Evaluation

- ◇ Session 1 : Test for the Practicals (setting in situation, analysis of real-world data, codes to write...), Written test
- ◇ Session 2 : Written test Exam duration 2 hours for all tests/exams

Docs for exam Personal notes and personal codes

Pré-requis

This course covers all the knowledge and skills of the undergraduate cycle, as well as openings towards the Signal 2 course (next semester). The backgrounds in mathematics mostly include : calculation of integrals (for Fourier transform calculation), calculation of discrete summations (for Discrete Fourier transform calculation) and tools for random data (probability and statistics).

Ressources

- ◇ Discrete-Time Signal Processing, Oppenheim, Schaffer, Pearson, 2010 Signals, Systems and Inference, Oppenheim, Verghese, Pearson, 2016
- ◇ On-line course Signal Processing 1 (UMTICE page)

2.7 Bloc outils I — Maths for acoustics

Année, semestre : L1, S1

Enseignant-e-(s) : O. Dazel (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 30 / 0

Crédits ECTS : 3

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

The objective of this course is to manipulate mathematical and numerical tools. This course is mainly focused on the manipulation of tools rather than theoretical aspects (this will be the objective of the course Mathematics for Acousticians II - spring semester)

Contenu

1. Taylor expansions : This course will do a reminder on what are Taylor expansion but will mainly focus on how to apply them to simplify/linearise physical problem. A focus will be done on how to find the small parameter/how to combine approximations.
2. Intermediate matrix computation : This part corresponds to intermediate manipulation of matrices. The classical decomposition/factorisation techniques will be presented. A particular attention will be paid on diagonalisation and its physical significance
3. Resolution of systems of equations. In this part we will show the methods to solve inverse problems, both in the linear and non-linear case. It is a short introduction to optimisation techniques (deeply studied in Mathematics for Acousticians II and during year 2)
4. Resolution of differential systems : The objective of this part is to be able to solve analytically linear differential systems and to use numerical methods (typically Runge-Kutta) to solve more complicated systems
5. Resolution of continuous problems : an introduction. In this part, we will solve continuous 1D problem with analytical techniques. It is the mathematical side of modal decomposition techniques.

Quantité de travail : 25 hours of lectures/exercices + 25 hours of personal work (more if your prerequisite need to be reinforced). Some practices of the course "Méthodes numériques sous Python" will be application of these techniques.

Evaluation

2 midterm-exam + 1 final exam (weights 1/4,1/4,1/2)

30 minutes for the mid-term. 2 hours for the final exam

No documents allowed

Pré-requis

Basic mathematical notions licence

Ressources

- ◇ Books of Stephen Boyd. Mainly concerning linear algebra and differential equations Cambridge University Press kindly agreed to allow them to keep the book available on the web

- ◇ Lecture notes by O. Dazel & G. Gabard available on the page of the course
- ◇ Page UMTICE : Mathematics for Acoustics / Master 1 Acoustics

2.8 Bloc outils I — Méthodes numériques I

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : C. Desjoux (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 0 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

L'objectif de ces TP est d'approfondir certaines compétences en programmation python et d'être capable d'élaborer en autonomie un programme résolvant un problème physique ou mathématique donné et présentant les résultats

Contenu

1. Remise à niveau
2. Le calcul formel
3. L'exploitation de données scientifiques
4. La méthode des moindres carrés

Quantité de travail : 12 heures de TP + 12 heures de travail personnel pour les étudiants ayant déjà des connaissances en Python, 40 heures sinon.

Evaluation

Examen de 2h sur ordinateur, tous documents et internet autorisés

Pré-requis

Maîtrise du langage Python, des modules scientifiques numpy et matplotlib et de l'algorithmique

Ressources

Page UMTICE : M1 ACOUSTIQUE - Méthodes numériques

2.9 Bloc ouverture — Physique des instruments de musique

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : F. Ablitzer (responsable), J.-P. Dalmont, F. Gautier, J. Gilbert

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 0 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Connaître les mécanismes physiques impliqués dans la production sonore des instruments à vent et à cordes. Dans les travaux pratiques, des méthodes de caractérisation d'instruments à vent et à cordes sont mises en œuvre, ainsi que des modèles physiques permettant de simuler leur fonctionnement (par exemple à des fins de synthèse sonore).

Quantité de travail : 12 heures de TP + 12 heures de travail personnel pour les étudiants ayant déjà des connaissances en Python, 40 heures sinon.

Contenu

- ◇ Cours (8h)
 - Bases physiques de l'harmonie
 - Fonctionnement des instruments à vent
 - Fonctionnement des instruments à cordes pincées
 - Fonctionnement des instruments à cordes frottées
- ◇ TP (12h)
 - Caractérisation du couplage corde-caisse sur une guitare
 - Impédance d'entrée d'instruments à vent : mesures et interprétations en lien avec le jeu
 - Modèle physique minimal d'instrument à anche (type clarinette)
 - Modèle physique minimal d'instrument à cordes frottées (type violon)

Evaluation

Examen de 2h et travaux pratiques

Document pour les examens : Personal notes, lecture notes

Pré-requis

Notions d'acoustique, mécanique, vibrations

Ressources

- ◇ A. Chaigne et J. Kergomard, Acoustique des instruments de musique, Belin, 2013
- ◇ N. H. Fletcher and T. D. Rossing, The Physics of Musical Instruments, Springer, 1998
- ◇ Les instruments de l'orchestre, Bibliothèque Pour La Science
- ◇ Page Umtice

2.10 Bloc ouverture — Introduction au contrôle non destructif

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : M. Bentahar (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

L'objectif de cet enseignement est d'offrir de bonnes bases sur les méthodes de contrôle non destructif en particulier celles liés aux ultrasons. L'enseignement est conçu pour contenir tout d'abord les informations nécessaires à l'obtention d'un niveau 2 Ultrasons (selon la certification Cofrend). De plus, nous accorderons un intérêt particulier aux explications physiques permettant de mieux comprendre les phénomènes enseignés et ce à travers le développement de calculs du niveau d'un enseignement de Master 1 en ouvrant ainsi la voie vers le monde de la recherche.

Cet enseignement est une introduction aux Contrôles Non Destructifs (CND) des matériaux et des structures. Les principales méthodes de CND sont présentées (rayons X, courants de Foucault, magnétoscopie, ressuage, ultrasons, émission acoustique,...). L'accent est ensuite mis plus particulièrement sur les méthodes mécaniques notamment ultrasonores. Il sera question d'introduire les ondes ultrasonores, leurs caractéristiques ainsi que leurs domaines d'utilisation. Aussi, ce cours s'intéressera aux phénomènes d'interface et aux conversions de modes lorsque l'onde ultrasonore passe d'un milieu A à un milieu B.

Contenu

1. Intérêt des méthodes CND
2. Domaines d'application des méthodes CND
3. Les méthodes d'inspection
4. Ondes ultrasonores dans les solides
5. Notions d'élasticité
6. Propagation dans les milieux
7. Phénomènes d'interface
8. Atténuation des ultrasons dans les solides

Quantité de travail : 20 heures de Cours/TD. Le travail personnel est estimé à 10 heures.

Evaluation

Examen écrit de 2h, Notes personnelles et documents donnés en cours autorisés

Pré-requis

Tout d'abord cet enseignement nécessite une bonne culture générale des méthodes physiques permettant de bien comprendre le principe des différentes méthodes. Il faudra également avoir des notions relatifs aux ondes élastiques. Enfin, il faudra avoir de bonnes bases en mathématiques (algèbre, géométrie, etc.)

Ressources

- ◇ Ondes élastiques dans les solides - Auteurs : D. Royer, E. Dieulesaint - Tome 1 - Edition : MASSON
- ◇ Introduction to Nondestructive Testing (Training Guide, second edition) - Auteur : Paul E. Mix - Edition : Wiley Interscience Publication
- ◇ Acoustic Fields and Waves in Solides- Auteur : B.A. Auld - Tome 1 et Tome 2 - Edition : Wiley Interscience Publication
- ◇ Ultrasonic waves in solid media- Auteur : Joseph L. Rose - Edition : Cambridge University
- ◇ Page UMTICE

2.11 Anglais

Année, semestre : M1, S1

Enseignant-e-(s) : V. Jeanblanc (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : Complément

Volume horaire (TD / TP) : 18 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Evaluation

Examen de 2h

Pré-requis

Ressources

3 Première année, semestre 2

3.1 Bloc acoustique II — Acoustique II

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e(s) : J. P. Dalmont (responsable), O. Richoux (EC)

Thématique (Bloc CMI) : spécialité

Volume horaire (TD / TP) : 30 / 12

Crédits ECTS : 5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Savoir poser un problème en guide d'onde en utilisant la méthode modale
- ◇ Connaître les sources élémentaires de rayonnement (débit, force, chaleur) associées aux équations de conservation, ainsi que les notions source monopolaire/dipolaire.
- ◇ Savoir résoudre un problème avec sources en faisant des approximations judicieuses

Contenu

Plan du cours :

1. Approche modale
2. Approche modale en guide d'onde
3. Les équations de l'acoustique avec sources
4. Monopôle, dipôle et quadripôles
5. Sources images et réseaux de sources
6. Rayonnement d'une source compacte
7. Sources aéroacoustiques

Evaluation

- ◇ Examen final
- ◇ Projet/TP :
 - Compte rendu intermédiaire
 - Compte rendu final

Pré-requis

Acoustics I, Math for acoustics

Ressources

- ◇ M. Bruneau, Fundamentals of acoustics, ISTE, 2006
- ◇ P. Morse et K. Ingard, Theoretical Acoustics, McGraw-Hill, 1968
- ◇ A. Chaigne et J. Kergomard. Acoustique des instruments de musique. 2008
- ◇ S. Temkin Elements of acoustics, Wiley, 1981
- ◇ F. Anselmet et P.-O. Mattei Acoustique, Aéroacoustique et Vibrations, ISTE 2015

3.2 Bloc acoustique II — Transmission lines

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : J. P. Dalmont (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Savoir poser et traiter un problème de conduits en utilisant les éléments localisés et les matrices de transfert
- ◇ Savoir poser un problème de propagation 1D avec le formalisme de la théorie des lignes

Contenu

Plan du cours :

1. Lignes uniformes et analogies (avec et sans pertes)
2. Diagrammes de dispersion
3. Formalisme matriciel pour les multiportes (matrices impédance, de transfert, de diffusion,...)
4. lignes de transmission asymétriques, non-réciproques et non uniformes
5. Pavillons

Evaluation

- ◇ Examen final
- ◇ Projet :
 - Compte rendu intermédiaire
 - Compte rendu final

Pré-requis

- ◇ Acoustics I
- ◇ Math for acoustics

Ressources

- ◇ Munjal, M. L. (2014). Acoustics of ducts and mufflers. John Wiley & Sons.
- ◇ M. Bruneau, Fundamentals of acoustics, ISTE, 2006
- ◇ P. Morse et K. Ingard, Theoretical Acoustics, McGraw-Hill, 1968
- ◇ A. Chaigne et J. Kergomard. Acoustique des instruments de musique. 2008
- ◇ S. Temkin Elements of acoustics, Wiley, 1981
- ◇ Page UMTICE : Transmission lines

3.3 Bloc vibrations — Vibrations II

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e(s) : B. Castagnède (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 16 / 0

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Approfondir les notions vues en vibration I

Contenu

- ◇ Vibrations de flexion des barres minces
- ◇ Vibrations de flexion des plaques minces, rectangulaires ou circulaires
- ◇ Méthodes énergétiques en vibrations (méthode de Lagrange Rayleigh, Ritz, ...)

Evaluation

Examen terminal de 2h

Pré-requis

Vibration I

Ressources

Cours Umtice

3.4 Bloc vibrations — Vibration experiments

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : F. Ablitzer (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 8 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Contenu

Quantité de travail :

Evaluation

Pré-requis

Ressources

3.5 Bloc outils II — Signal II

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e(s) : L. Simon (responsable), B. Gazengel (EC), M. Melon (EC)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 12 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Know the basics of digital filtering
- ◇ Know the basic tools of non-stationary signal analysis (Short-time Fourier Transform, wavelet analysis, Wigner-Ville distribution)
- ◇ Know the basic acoustic imaging method
- ◇ Be able to design simple FIR and IIR filters
- ◇ Be able to apply them in a context of real-world data, in order to extract informations from data
- ◇ Be able to write beamforming and Nearfield Acoustic Holography (NAH) codes

Contenu

1. Digital Filtering : (a) Introduction, properties of digital filters. Analysis of continuous systems, discretization methods (practical 1) (b) Analog systems simulation (IIR filters). Discrete-time approximation of loudspeaker behavior (practical 2) (c) FIR filters design. Filtering with FIR Filters (practical 3)
2. Non stationary signal analysis : (a) Introduction : stationarity vs non-stationarity, global ideas about time-frequency analysis, examples (b) Limits of Fourier analysis and introduction to local Fourier analysis : classical Fourier transform (including time-frequency duality), Short-Time Fourier transform (definition, interpretation, limits) (c) Frequencies : Instantaneous frequency, analytic signal, examples (favourable and un- favourable cases) (d) Decompositions and densities : atomic decompositions (including wavelet analysis), densities (including Wigner-Ville decomposition)
3. Acoustic Imaging : (a) Acoustic intensimetry and beamforming (b) Nearfield Acoustic Holography (NAH) in cartesian coordinates (c) Loudspeaker measurement with microphone arrays.

Quantité de travail : 24 hours (12h lecture, 12h practical), personal work estimated to be 12 hours

Evaluation

Written exam of 2h + practical report

Personal notes allowed

Pré-requis

Signal I

Ressources

UMTICE : Signal analysis I

Bibliographie :

- ◇ Edward P. Cunningham, Digital filtering : an introduction, New York, J. Wiley, 1995
- ◇ Time-Frequency Analysis, L. Cohen, Prentice-Hall, 1995
- ◇ Time-Frequency / Time-Scale Analysis, P. Flandrin, Academic Press, 199
- ◇ A Wavelet Tour in Signal Processing, S. Mallat, 3rd Ed., Academic Press, 2009

3.6 Bloc outils II — Méthodes numériques II

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : C. Desjoux (responsable), G. Gabard (EC)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 0 / 12

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Être capable d'appliquer un schéma d'intégration temporel à un problème différentiel donné

Contenu

1. Dérivation numérique par différences finies
2. Intégration numérique par méthode de Runge-Kutta
3. Application à la résolution d'équations différentielles
4. Application à la méthode FDTD

Quantité de travail : 12 heures de TP + 12 heures de travail personnel.

Evaluation

Examen de 2h sur ordinateur, tous documents et internet autorisés

Pré-requis

Méthodes numériques I & Math for acoustics

Ressources

Page UMTICE : M1 ACOUSTIQUE - Méthodes numériques

3.7 Bloc outils II — Introduction aux éléments finis

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : O. Dazel (responsable), G. Gabard (EC)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 12 / 6

Crédits ECTS : 2

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Découvrir les fondements de la méthode des éléments finis et sa mise en œuvre sur des problèmes simples

Contenu

1. Introduction sur un problème de statique
2. Calcul des modes d'un tube acoustique fermé par éléments linéaires
3. Introduction aux éléments quadratiques
4. Poutre en traction compression et en flexion
5. Introduction aux dimensions 2 et 3

Quantité de travail : 12 heures de TD + 6 heures de TP + travail personnel (environ 30 heures)

Evaluation

Examen de 2h, Aucun document autorisé

Pré-requis

Cours de "Mathématiques pour l'acoustique" et "Méthodes numériques I" !

Ressources

Page UMTICE :

3.8 UE à choix — Acoustique des salles II

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : C. Ayrault (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 10

Crédits ECTS : 3

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Comprendre les limites des approches simples.
- ◇ Approfondir certaines notions nécessaires pour des spécialistes en acoustique des salles.
- ◇ Acquérir la démarche de correction d'un lieu : caractérisation, préconisation de solutions par modèles analytique ou numérique.

Contenu

1. Cours (15h environ)

- ◇ modèle du champ diffus : rappels et couplage de salles (régimes stationnaire et transitoire)
- ◇ modèles de diffusion : limites du champ diffus, modèles analytique et numérique pour les cas ne répondant pas aux hypothèses du champ diffus
- ◇ diffusion par les parois : principe, rôle, coefficients, contrôle de la diffusion, diffuseurs de Schroëder
- ◇ critères subjectifs : musicaux et d'intelligibilité (définition, signification, valeurs cibles). Exemple d'application à la Philharmonie de Paris.
- ◇ correction active : principe, types de contrôle, système CARMEN. Si possible, visite des théâtre des Quinconces et démonstration du système CARMEN.

2. TP (10h)

- ◇ Caractérisation acoustique d'un amphithéâtre
- ◇ Modélisation analytique (champ diffus) et numérique (Catt Acoustics) de l'acoustique de l'amphithéâtre : études des limites du logiciel, calage du modèle sur les mesures, propositions de correction.

Quantité de travail : 15 heures de TP + 10 heures de TP + Relecture du cours, exercices à finir à la maison éventuellement, annales à disposition avec corrections (en général) : 1 à 2 journées de travail.

Evaluation

Examen écrit de 2h, Notes de cours autorisées

2 compte-rendus de TP complet : caractérisation et modélisation / préconisations

Pré-requis

Acoustique des salles I

Ressources

Page UMTICE : Room acoustics, clé : reverberation, rubrique Room Acoustics 2

Bibliographie : voir la page UMTICE

3.9 UE à choix — Formulation intégrale et fonctions de Green

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : O. Richoux (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 20 / 10

Crédits ECTS : 3

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Knowledge : Green's function theory & Integral formalism in time and frequency domain
- ◇ Skills :
 - be able to write and use the Green's function in usual cases (Free space (1d to 3d), reflecting boundaries and image sources,
 - use the integral formalism in different simple applications : Acoustic field in small cavity, Acoustic field between two infinite wall, Sound radiation by a flat piston.

Contenu

1. Introduction : (a) Non homogeneous differential equations : various examples in physics (b) Toolbox (i. Linear differential operator ii. Boundary conditions iii. Fourier transform iv. Green's identities v. Dirac distribution).
2. Time-independant problem : (a) Definition of the Green's function (b) Interpretation (c) Homogeneous Boundary Conditions (d) Reciprocity (e) Solution (i. Method of Variations of Parameters ii. Sturm-Liouville Problem iii. Eigenmode Expansion iv. Direct Method).
3. 3D (and 2D) free space Green's function : (a) Integral Formalism in Acoustics (b) Introduction (c) Green's theorem (d) Integral formalism in time domain (e) Integral formalism in frequency domain (f) Solving integral equations (g) Boundary conditions (h) Examples of application.

Quantité de travail : 30 hours (20h tutorial, 10h practical), personal work estimated to be 30 hours.

Evaluation

Pré-requis

Acoustics I

Ressources

Page UMTICE : Acoustics 2

Bibliography :

- ◇ Alastuey, A., Clusel, M., Magro, M., & Pujol, P. (2015). Physics and Mathematical Tools : Methods and Examples. World Scientific Publishing Company.
- ◇ Duffy, D. G. (2001). Green's Functions with Applications. Chapman & Hall.

3.10 UE à choix — Introduction à l'acoustique et aux vibrations non linéaires

Année, semestre : M1, S2

Enseignant-e-(s) : G. Theocharis (responsable)

Thématique (Bloc CMI) : socle scientifique

Volume horaire (TD / TP) : 30 / 0

Crédits ECTS : 3

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Presentation of methods of nonlinear acoustics and vibration

Contenu

1. Introduction : Course organization, scope. Typical examples of nonlinear vibrations and wave phenomena in nature and in applications.
2. Nonlinear Vibrations : Review of phase plane for two-d.o.f. systems, classification of fixed points and closed orbits. Review of conservative systems. Perturbation techniques for weakly nonlinear systems (application to Van der Pol and Duffing oscillators). Introduction and examples of Chaos.
3. Lattice Dynamics : Review of Linear Wave Propagation, basic concepts (phase and group velocity). Monoatomic lattice, derivation of dispersion relation, dispersion effects in propagation.
4. Nonlinear Waves : The FPU lattice, continuum approximation and derivation of Boussinesq equation. Derivation of the Korteweg-de Vries equation. Shock waves and Solitons, Nonlinear wave interactions. Examples and applications of solitons in acoustics, solids and mechanical metamaterials.

Quantité de travail : 30 hours of lectures.

Evaluation

There will be 5 problem sets ; typically, a new problem set will be given and you will have two weeks to work on it. Some problems will require the use of a computer, and familiarity with MATLAB® would be helpful.

There will be a final exam (Homework 20%, Final exam 80%)

Pré-requis

Acoustics I & Vibration I

Ressources

The subject will be based on the material presented in the lectures. There is no required textbook. A general list of references will be provided (if you need additional references for a particular topic, please feel free to ask the instructor).

4 Deuxième année, semestre 3, parcours AETBV

4.1 Numerical methods (Méthodes numériques en acoustique & vibrations)

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : M. Gaborit (LMU)

Volume horaire (CM) : 20 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

L'objectif du cours est d'appliquer les méthodes des éléments-finis et éléments de frontières à des problèmes d'acoustique.

- ◇ Présentation de problèmes aux limites issus de la mécanique, acoustique, physique.
- ◇ Méthode des éléments finis : méthode variationnelle, convergence.
- ◇ Méthode des éléments de frontière : représentation intégrale, régularisation.
- ◇ Application à l'acoustique et aux vibrations : résolution directe, passage à la base modale, prise en compte des couplages vibro-acoustiques.

4.2 Perception, psycho-acoustique

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : L. Varnet (ENS), J. Drouet (CTTM)

Volume horaire (CM) : 20 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Ce cours s'intéresse à la perception des sons par le système auditif humain. Après avoir mis en place une méthodologie expérimentale pour l'étude de la perception, nous verrons comment elle peut être appliquée pour explorer la perception d'attributs auditifs simples (sonie, hauteur, timbre...) ou d'objets plus complexes comme les sons de parole ?

- ◇ Anatomie, biophysique et physiologie du système auditif (rappels)
- ◇ Notions fondamentales de psychoacoustique
- ◇ Perception des attributs auditifs (hauteur, sonie, timbre)
- ◇ Modélisation de phénomènes perceptifs simple
- ◇ Perception, reconnaissance, identification et catégorisation des objets vibrants
- ◇ Introduction à la phonétique acoustique et à la phonétique expérimentale
- ◇ Perception de la parole
- ◇ Présentation de travaux scientifiques récents par un chercheur invité

4.3 Anglais

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : C. Chapelière (LMU)

Volume horaire (CM) : 20 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Connaitre et mettre en application l'anglais technique appliqué à l'acoustique, la mécanique, l'électronique et l'électroacoustique
- ◇ Connaitre les différents outils pour la recherche d'emploi et savoir les utiliser pour la recherche de stage de master

4.4 Enseignements délocalisés BRAC-SP (Bruit Routier-Rail, Aérien, Cartographies : Santé, Perception), Lyon

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e(s) : Intervenants de l'UMRAE (Unité mixte de recherche en acoustique environnementale, Université Gustave Eiffel, CEREMA)

Volume horaire (CM) : 40 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Bruit de contact pneumatique/chaussée
- ◇ Localisation des sources de bruit
- ◇ Émission acoustique des véhicules légers et des deux-roues
- ◇ Émission de bruit des poids lourds
- ◇ Bruit de contact roue-rail
- ◇ Mesure et traitement de bruit au passage de tramway
- ◇ Contrôle actif du bruit
- ◇ Aéroacoustique
- ◇ Psychologie environnementale et bruit des transports
- ◇ Approche psychosociologique de la perception du bruit
- ◇ Approche expérimentale de la perception du bruit
- ◇ Effets du bruit sur la santé
- ◇ Observatoires du bruit et réseaux de mesure "classiques"
- ◇ etc.

4.5 Enseignements délocalisés MAPP-ME (Matériaux-Architecture, Pneuchaussée, Propagation-variabilité : Modélisation, Expérimentation), Nantes I

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : Intervenants de l'UMRAE (Unité mixte de recherche en acoustique environnementale, Université Gustave Eiffel, CEREMA)

Volume horaire (CM) : 40 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Bruit de contact pneumatique/chaussée
- ◇ Bruit de roulement
- ◇ Acoustique des matériaux
- ◇ Écran acoustique
- ◇ La mesure de l'impédance des sols naturels
- ◇ Mesure écran antibruit et absorption des matériaux
- ◇ Modèles numériques de propagation : avantages et limites
- ◇ Acoustique architecturale
- ◇ Vibrations dans le bâtiment
- ◇ etc.

4.6 Enseignements délocalisés CEPS-ME (Cartographie, Environnement, Paysages Sonores : Méthodes, Expérimentation), Nantes II

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e(s) : Intervenants de l'UMRAE (Unité mixte de recherche en acoustique environnementale, Université Gustave Eiffel, CEREMA)

Volume horaire (CM) : 40 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Paysage sonore
- ◇ Impact du bruit sur la faune terrestre
- ◇ Incertitudes
- ◇ Indicateurs
- ◇ Mobilité et environnements sonores
- ◇ Réseaux de mesure innovants
- ◇ Mesure du bruit
- ◇ Cartographie sonore
- ◇ Bruit des éoliennes
- ◇ etc.

4.7 Acoustique physiologique

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : P. Avan, F. Giraudet (Université de Clermont-Ferrand)

Volume horaire (CM) : 20 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Anatomie, biophysique et physiologie du système auditif
- ◇ Effets du bruit et des vibrations - aspects individuels (sur l'audition, extra-auditifs, sur le travail : baisse de performances individuelles, sécurité, ..., aspects psychologiques)
- ◇ Ergonomie, fatigue, intelligibilité

4.8 TP numériques en vibroacoustique

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : F. Ablitzer (LMU)

Volume horaire (TP) : 24 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Utilisation d'un code de calcul vibro-acoustique : modélisation aux basses fréquences
- ◇ Calcul par éléments finis de dynamique de structure, modes de vibrations,
- ◇ Calcul par éléments finis et par éléments de frontières de l'acoustique : modes de cavité, rayonnement en milieu ouvert,
- ◇ Prise en compte des couplages, modélisation vibro-acoustique,
- ◇ Application de ces méthodes au secteur des transports

4.9 Méthodes expérimentales

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e(s) : C. Ayrault (LMU), E. Portier (CTTM), J. Drouet (CTTM)

Volume horaire (CM/TD/TP) : 16 h / 4 h / 36 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

L'objectif de ce module est d'acquérir des bases de mesure en capteurs, instrumentation, traitement du signal.

- ◇ Mesure de la réponse impulsionnelle d'un tuyau (mesures microphoniques, filtrage ...)
- ◇ Mesure d'impédance acoustique ou mécanique : capteur d'impédance acoustique avec une cavité et un tuyau, tête d'impédance avec une barre
- ◇ Mesure de vitesse dans des matériaux poreux par méthodes ultrasonores (temps de vol, intercorrélacion, zéro de la dérivée de l'intercorrélacion, transformée de Hilbert de l'intercorrélacion, enveloppe de l'intercorrélacion)
- ◇ Analyse spectrale de signaux sur matlab (périodogramme, analyse synchrone)

4.10 Aspects juridiques du bruit

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : F. Boidin

Volume horaire (CM) : 20 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Ce module, spécialement conçu pour des étudiants scientifiques n'ayant aucune base de droit, donne les clés de compréhension des textes juridiques qu'ils rencontreront dans leur vie professionnelle.

- ◇ Hiérarchie des normes
- ◇ Recours, contentieux, jurisprudence
- ◇ Normes françaises et européennes sur le bruit
- ◇ Réglementations nationales et internationales - Directives européennes
- ◇ Aspects juridiques du bruit
- ◇ Analyse d'un cas, d'une décision de justice

4.11 Etude de cas

Année, semestre : M2, S3

Coordinateurs : C. Ayrault (LMU), B. Gazengel (LMU)

Volume horaire (travail personnel) : 115 h

Crédits ECTS : 5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

L'objectif de ce module est de permettre aux étudiants de mener à bien soit une petite étude bibliographique, soit un petit projet pouvant comporter une enquête à caractère social, en rapport principalement avec le bruit, l'homme et la collectivité, permettant d'apprécier la manière dont les étudiants ont intégré l'ensemble des conférences qui leur ont été présentées. Ce module se fait comme travail de conclusion, commencé dès le début de l'année, mais préparé de manière plus intensive entre la mi-janvier et la fin février. Il donne lieu à la rédaction d'un rapport et d'une soutenance.

5 Deuxième année, semestre 4, parcours AETBV

5.1 Cours professionnels

Année, semestre : M2, S3

Enseignant-e-(s) : experts et acteurs du monde professionnel (Ville du Mans, SNCF, EDF, ...)

Volume horaire (CM) : 90 h

Crédits ECTS : 2,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

Les cours professionnels permettent de faire intervenir des experts et acteurs dans les thématiques du master : rôles réglementaire, juridique et de police des collectivités locales et territoriales en termes de lutte contre le bruit qu'il soit d'origine routière, ferroviaire, aérienne ou encore de voisinage ; politique de lutte contre le bruit dans le cadre européen ; acoustique du bâtiment, etc.

Afin d'apprécier la manière dont les étudiants ont intégré l'ensemble des conférences qui leur ont été présentées, une étude de cas est menée en autonomie par chaque étudiant, tout au long de l'année, mais de manière plus intensive de mi-janvier à fin février : il s'agit de mener à bien soit une petite étude bibliographique, soit un petit projet pouvant comporter une enquête à caractère social, en rapport principalement avec le bruit, l'homme et la collectivité. Cette étude donne lieu à la rédaction d'un rapport et d'une soutenance.

5.2 Stage (formation initiale ou continue) Rapport d'activité (alternance)

Année, semestre : M2, S4

Volume horaire : 6 mois

Crédits ECTS : 27,5

Objectifs (compétences et savoirs attendus)

- ◇ Mettre en pratique les connaissances et compétences acquises tout au long du cursus
- ◇ Concrétiser son projet professionnel
- ◇ Rédiger un mémoire
- ◇ Présenter une ou plusieurs missions de manière synthétique à l'oral (soutenance)
- ◇ Se préparer au monde du travail