

Université de  
Sherbrooke

## Département d'informatique

# IMN 318 – Traitement de l'audio numérique

### Plan d'activité pédagogique

Automne 2021

---

#### Enseignant

Marie-Flavie Auclair-Fortier

Courriel : [marie-flavie.auclair-fortier@usherbrooke.ca](mailto:marie-flavie.auclair-fortier@usherbrooke.ca)

Local : D4-1010-06

Téléphone : +1 819 821-8000 x62855

Disponibilités : À déterminer en classe

---

**Responsable(s)** : Direction du département

---

**Site web du cours** : <https://moodle.usherbrooke.ca>

---

#### Horaire

Exposé magistral :	Mercredi	8h30 à 10h20	salle D4-2023
	Jeudi	10h30 à 12h20	salle D4-2023
Exercices/laboratoires :	Mercredi	9h30 à 10h20	salle À venir

---

#### Description officielle de l'activité pédagogique<sup>1</sup>

Cibles de formation :	Se familiariser avec les aspects théoriques et la conception des systèmes de communication audio numérique, d'analyse et de traitement de la parole et de la musique. Comprendre les problématiques du son dans le domaine du jeu vidéo.
Contenu :	Traitement numérique de signaux sonores : signaux, systèmes, analyse fréquentielle et dans l'espace Z. Analyse temps-fréquences. Traitement de la parole : reconnaissance. Modélisation de la production de la parole. Conversion lettres à phonèmes. Formants et analyse cepstrale. Synchronisation. Éléments d'analyse pour la reconnaissance musicale.
Crédits	3
Organisation	3 heures d'exposé magistral par semaine 1 heure d'exercices par semaine 5 heures de travail personnel par semaine
Préalable	IMN 359
Concomitant	IMN 119
Particularités	Aucune

---

<sup>1</sup><https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/imm318>

# 1 Présentation

Cette section présente les cibles de formation spécifiques et le contenu détaillé de l'activité pédagogique. Cette section, non modifiable sans l'approbation du comité de programme du Département d'informatique, constitue la version officielle.

## 1.1 Mise en contexte

Le traitement de l'audio-numérique est un domaine très vaste. Dans cette activité pédagogique sont vus les éléments principaux du traitement de signal pour l'audio-numérique, les modèles pour la production et la perception de la parole, l'analyse des signaux audio-numériques, l'analyse des signaux musicaux et la reconnaissance de la parole. Des liens avec le domaine du jeu vidéo seront explicités.

## 1.2 Cibles de formation spécifiques

L'objectif de l'activité pédagogique est de définir les fondements théoriques et pratiques du traitement numérique du signal audio. À la fin, l'étudiant ou l'étudiante doit être en mesure d'analyser une situation donnée, puis de concevoir et de programmer une solution adaptée faisant appel au traitement de signal audio.

De façon plus précise, à la fin de cette activité pédagogique, l'étudiante ou l'étudiant sera capable :

1. de comprendre la modélisation du signal audio ;
2. d'élaborer des filtres numériques respectant un ensemble de caractéristiques fréquentielles ;
3. d'expliquer les phénomènes propres à la production et à la perception de la parole ;
4. de comprendre les enjeux du traitement et l'analyse des signaux musicaux, particulièrement dans le domaine du jeu vidéo ;
5. d'analyser des signaux audio-numériques ;
6. d'utiliser efficacement un langage tel Matlab ou python pour résoudre des problèmes reliés aux signaux audio-numériques.

### 1.3 Contenu détaillé

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs	Travaux	Lectures
1	Introduction et rappels : Mise en contexte ; Anatomie et physiologie ; Acquisition et stockage de signaux sonores ; Formats de stockage. Intérêts et enjeux sonores dans le domaine du jeu vidéo.	1	1		
2	Signaux et systèmes : Signaux à temps discret, signaux usuels, systèmes à temps discret ; Équations aux différences, stabilité, causalité, système inverse, linéarité et invariance temporelle, filtres récurrents, filtres non récurrents, réponse impulsionnelle.	4	1, 2 et 6	✓	Chapitre 2 de [1]
3	Analyse fréquentielle dans Fourier : Transformée de Fourier, transformée de Fourier à temps discret, réponse en fréquence ; Filtres ; Analyse fréquentielle d'un système LTI ; Transformée locale (à court terme) ; Fenêtrage ; Spectrogramme.	5	1, 2, 4 et 6	✓	Chapitre 3 de [1]
4	Analyse fréquentielle dans l'espace Z : Transformée en Z ; Fonction de transfert, région de convergence.	9	1, 2, 4 et 6	✓	Chapitres 4 et 5 de [1]
5	Conception de filtres : Caractéristiques d'un filtre, filtres FIR, filtres IIR, conception de filtres avec Matlab.	9	1 et 6	✓	Chapitres 8 et 9 de [1]
6	Introduction à l'analyse de la parole : Production et perception de la parole, analyse temporelle et spectrale des signaux vocaux, identification de l'orateur, reconnaissance vocale.	5	1, 3 et 5	✓	Chapitres 3, 6, 7 et 8 et section 4.5 de [10]
7	Introduction à traitement et analyse de la musique : Aspects fréquentiel et temporel de la musique, notes vs fréquences, gammes, chroma, accords, timbre des instruments, harmoniques, battements, pulsations, temps, estimation du tempo, rythme, reconnaissance d'instruments, suivi de la pulsation.	4	1 et 4	✓	Chapitres 1 et 4 à 6 [8]

1. Le cours doit comprendre au moins trois travaux pratiques couvrant tous les sujets marqués «✓» dans le tableau.
2. Les lectures indiquées ne sont là qu'à titre indicatif. L'enseignant est libre de choisir un autre document de référence.

## 2 Organisation

Cette section propre à l'approche pédagogique de chaque enseignante ou enseignant présente la méthode pédagogique, le calendrier, le barème et la procédure d'évaluation ainsi que l'échéancier des travaux. Cette section doit être cohérente avec le contenu de la section précédente.

### 2.1 Méthode pédagogique

Cours magistraux accompagnés de travaux permettant de consolider la compréhension des concepts. Les travaux pratiques se feront en général en équipe de deux. Des instructions particulières seront données pour chacun des travaux.

Les cours magistraux se dérouleront en partie au tableau et en partie sur transparents électroniques.

Pour vous connecter à Moodle allez au <http://www.usherbrooke.ca/moodle2-cours/> et suivez les instructions. Vous devez avoir un CIP.

Compte tenu du contexte actuel (pandémie due au COVID-19), il se peut que le cours ait lieu en totalité ou en partie à distance d'une façon différente de ce qui est énoncé ci-dessus. Notez que vous en serez informés rapidement si tel est le cas.

### 2.2 Calendrier

Semaine	Date	Thème	Précisions
1	2021-08-30	1	
2	2021-09-06	2	
3	2021-09-13	3	Espace de Fourier
4	2021-09-20	4	Espace Z
5	2021-09-27	3 et 4	Analyse fréquentielle dans les deux espaces
6	2021-10-04	5	Spécifications et filtres RIF
7	2021-10-11	5	Filtres RII
8	2021-10-18	Examen périodique	
9	2021-10-25	Relâche	
10	2021-11-01	5	
11	2021-11-08	3	Analyse temps-fréquences
12	2021-11-15	3 et 7	Analyse temps-fréquences
13	2021-11-22	7	
14	2021-11-29	6	
15	2021-12-06	Révision et 6	
16	2021-12-13	Examen final	

### 2.3 Évaluation

Devoirs (3)	30 %
Travail recherche (2)	15 %
Examen intra	25 %
Examen final	30 %

#### 2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du règlement facultaire d'évaluation des apprentissages<sup>2</sup> l'enseignante ou l'enseignant peut retourner à l'étudiante ou à l'étudiant tout travail non conforme aux exigences quant à la qualité de la langue et aux normes de présentation.

<sup>2</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants\\_actuels/Informations\\_academiques\\_et\\_reglements/2017-10-27\\_Reglement\\_facultaire\\_-\\_evaluation\\_des\\_apprentissages.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf)

### 2.3.2 Plagiat

Le plagiat consiste à utiliser des résultats obtenus par d'autres personnes afin de les faire passer pour sien et dans le dessein de tromper l'enseignante ou l'enseignant. Vous trouverez en annexe un document d'information relatif à l'intégrité intellectuelle qui fait état de l'article 9.4.1 du Règlement des études<sup>3</sup>. Lors de la correction de tout travail individuel ou de groupe une attention spéciale sera portée au plagiat. Si une preuve de plagiat est attestée, elle sera traitée en conformité, entre autres, avec l'article 9.4.1 du Règlement des études de l'Université de Sherbrooke. L'étudiante ou l'étudiant peut s'exposer à de graves sanctions qui peuvent être soit l'attribution de la note E ou de la note zéro (0) pour un travail, un examen ou une activité évaluée, soit de reprendre un travail, un examen ou une activité pédagogique. Tout travail suspecté de plagiat sera transmis au Secrétaire de la Faculté des sciences. Ceci n'indique pas que vous n'avez pas le droit de coopérer entre deux équipes, tant que la rédaction finale des documents et la création du programme restent le fait de votre équipe. En cas de doute de plagiat, l'enseignante ou l'enseignant peut demander à l'équipe d'expliquer les notions ou le fonctionnement du code qu'elle ou qu'il considère comme étant plagié. En cas d'incertitude, ne pas hésiter à demander conseil et assistance à l'enseignante ou l'enseignant afin d'éviter toute situation délicate par la suite.

## 2.4 Échéancier des travaux

Devoirs	Sujet	Réception	Remise	Points
TP1	Analyse fréquentielle	2021-09-16	2021-10-08	10
TP2	Filtrage	2021-10-06	2021-11-12	10
TP3	Applications	2021-11-10	2021-12-10	10

Travail recherche	Sujet	Réception	Remise	Points
Rapport		2021-09-01	2021-10-01	10
Évaluation par les pairs		2021-10-01	2021-10-15	5

### 2.4.1 Directives particulières

Les énoncés des devoirs seront disponibles sur le site Moodle du cours. Les remises se feront aussi sur Moodle aux dates précisées avec l'énoncé du travail.

## 2.5 Utilisation d'appareils électroniques et du courriel

Selon le règlement complémentaire des études, section 4.2.3<sup>4</sup>, l'utilisation d'ordinateurs, de cellulaires ou de tablettes pendant une prestation est interdite à condition que leur usage soit explicitement permise dans le plan de cours.

Dans ce cours, l'usage de téléphones cellulaires, de tablettes ou d'ordinateurs est autorisées. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3<sup>5</sup>, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

**Note :** L'utilisation du courriel est recommandée pour poser vos questions.

## 3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

- Les transparents électroniques ; disponibles sur la [page Moodle](#) de l'activité pédagogique.
- Vous devez avoir une paire d'écouteurs avec prise 3.5 mm pour écouter les vidéos disponibles sur le site Moodle du cours lorsque vous êtes dans les laboratoires.

<sup>3</sup><https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

<sup>4</sup>[https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Intranet/Informations\\_academiques/Sciences\\_Reglement\\_complementaire\\_2017-05-09.pdf](https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Intranet/Informations_academiques/Sciences_Reglement_complementaire_2017-05-09.pdf)

<sup>5</sup><https://www.usherbrooke.ca/registraire/droits-et-responsabilites/reglement-des-etudes/>

## 4 Références

- [1] BENOÎT CHAMPAGNE AND FABRICE LABEAU : *Discrete Time Signal Processing*, 2004. (Notes de cours disponibles en ligne).
- [2] DOUGLAS O'SHAUGHNESSY : *Speech Communication : Human and Machine. 2nd edition*. Addison-Wesley Publishing Co., 1999.
- [3] GIANNAKOPOULOS, T. AND PIKRAKIS, A. : *Introduction to Audio Analysis : A MATLAB® Approach*. Elsevier Science, 2014.
- [4] HAYES, M.H. AND HAYES, M. : *Schaum's Outline of Digital Signal Processing*. Schaum's Outline Series. McGraw-Hill Companies, Incorporated, 1999.
- [5] JASON GREGORY : *Game Engine Architecture*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 3rd édition, 2019.
- [6] M. MANDAL AND A. ASIF : *Continuous and Discrete Time Signals and Systems*. Cambridge U. press, 2007.
- [7] MONSON H. HAYES : *Schaum's Outline of Theory and Problems of Digital Signal Processing*. Schaum's Outline of. McGraw-Hill, 1999.
- [8] MÜLLER, MEINARD : *Fundamentals of Music Processing : Audio, Analysis, Algorithms, Applications*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1<sup>ère</sup> édition, 2015.
- [9] P. GUILLAUME : *Son et musique*. module de cours, INSA, Toulouse, document en ligne.
- [10] QUATIERI, T.F. : *Discrete-time Speech Signal Processing : Principles and Practice*. Prentice-Hall signal processing series. Prentice Hall PTR, 2002.
- [11] SOMBERG, G. : *Game Audio Programming 2 : Principles and Practices*. CRC Press, 2018.

## L'intégrité intellectuelle passe, notamment, par la reconnaissance des sources utilisées. À l'Université de Sherbrooke, on y veille!

---

### Extrait du Règlement des études (Règlement 2575-009)

#### 9.4.1 DÉLITS RELATIFS AUX ÉTUDES

Un délit relatif aux études désigne tout acte trompeur ou toute tentative de commettre un tel acte, quant au rendement scolaire ou une exigence relative à une activité pédagogique, à un programme ou à un parcours libre.

Sont notamment considérés comme un délit relatif aux études les faits suivants :

- a) commettre un plagiat, soit faire passer ou tenter de faire passer pour sien, dans une production évaluée, le travail d'une autre personne ou des passages ou des idées tirés de l'œuvre d'autrui (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source d'une production, d'un passage ou d'une idée tirée de l'œuvre d'autrui);
  - b) commettre un autoplagiat, soit soumettre, sans autorisation préalable, une même production, en tout ou en partie, à plus d'une activité pédagogique ou dans une même activité pédagogique (notamment en cas de reprise);
  - c) usurper l'identité d'une autre personne ou procéder à une substitution de personne lors d'une production évaluée ou de toute autre prestation obligatoire;
  - d) fournir ou obtenir toute aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle, pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
  - e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel de toute forme (incluant le numérique) non autorisé avant ou pendant une production faisant l'objet d'une évaluation;
  - f) copier, contrefaire ou falsifier un document pour l'évaluation d'une activité pédagogique;
- [...]

#### Par plagiat, on entend notamment :

- Copier intégralement une phrase ou un passage d'un livre, d'un article de journal ou de revue, d'une page Web ou de tout autre document en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets;
- reproduire des présentations, des dessins, des photographies, des graphiques, des données... sans en préciser la provenance et, dans certains cas, sans en avoir obtenu la permission de reproduire;
- utiliser, en tout ou en partie, du matériel sonore, graphique ou visuel, des pages Internet, du code de programme informatique ou des éléments de logiciel, des données ou résultats d'expérimentation ou toute autre information en provenance d'autrui en le faisant passer pour sien ou sans en citer les sources;
- résumer ou paraphraser l'idée d'un auteur sans en indiquer la source;
- traduire en partie ou en totalité un texte en omettant d'en mentionner la source ou de le mettre entre guillemets ;
- utiliser le travail d'un autre et le présenter comme sien (et ce, même si cette personne a donné son accord);
- acheter un travail sur le Web ou ailleurs et le faire passer pour sien;
- utiliser sans autorisation le même travail pour deux activités différentes (autoplagiat).

---

## Autrement dit : mentionnez vos sources

---