



Département d'informatique
IMN 318 – Traitement de l'audio-numérique
Plan d'activité pédagogique
 Automne 2026

Enseignant : Olivier Godin

Courriel : olivier.godin2@usherbrooke.ca

Local :

Téléphone :

Disponibilités : Disponible sur Teams et par courriel. Disponible aussi pour des rencontres en personne sur rendez-vous.

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

Horaire	Exposé magistral :	Lundi	18 h 30 à 20 h 20	salle D4-0023/D4-2025
		Vendredi	13 h 30 à 15 h 20	salle D4-2025
	Exercices/laboratoires :	Lundi	18 h 30 à 19 h 20	salle D4-0023/D4-2025

Description officielle de l'activité pédagogique¹

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 : 3.0 heures d'exposé magistral par semaine
 1.0 heure d'exercices par semaine
 5.0 heures de travail personnel par semaine

Préalable : IMN359

Concomitant : IMN119

Particularités : Aucune

¹<https://www.usherbrooke.ca/admission/fiches-cours/imn318>

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	Lectures ¹
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 récursifs, filtres non récursifs, 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 ou Python.	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 [9]

Thème	Contenu	Nbr. d'heures	Objectifs	Lectures ¹
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 [7]

¹ 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. Des instructions particulières seront données pour chacun des travaux. Les cours magistraux se dérouleront en partie au tableau et en partie sur transparents électroniques.

2.2 Calendrier

Semaine	Commençant le	Thème
1	2026-08-31	1
2	2026-09-07	2
3	2026-09-14	3
4	2026-09-21	4
5	2026-09-28	3 et 4
6	2026-10-05	5
7	2026-10-12	5
8	2026-10-19	Semaine des examens périodiques
9	2026-10-26	Relâche
10	2026-11-02	5
11	2026-11-09	3
12	2026-11-16	3 et 7
13	2026-11-23	7
14	2026-11-30	6
15	2026-12-07	6
16	2026-12-14	Révision
17	2026-12-21	Semaine des examens finals

2.3 Évaluation

Type de l'évaluation	Pondération	Utilisation des IAG ¹
Devoirs	20 %	Interdite 
Travail de recherche	10 %	Interdite 
Examen intra	30 %	Interdite 
Examen final	40 %	Interdite 

¹ Référez-vous à la page « Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative » à la fin du document.

Le non-respect de la date de remise entraîne une pénalité de 10 % par jour de retard. La notation pourra tenir compte de différents éléments selon le travail demandé : résultats (fiabilité, robustesse); code (lisibilité, modularité, normes, indentation, constance); qualité de la langue française (jusqu'à 5 % de la note); etc.

2.3.1 Qualité de la langue et de la présentation

Conformément à l'article 17 du Règlement facultaire d'évaluations des apprentissages² 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.

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 études³. 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.

²https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/2017-10-27_Reglement_facultaire_-_evaluation_des_apprentissages.pdf

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

2.4 Échéancier des travaux

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 4.2.3⁴, 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 autorisé. Cette permission peut être retirée en tout temps si leur usage entraîne des abus.

Tel qu'indiqué dans le règlement universitaire des études, section 4.2.3⁵, toute utilisation d'appareils de captation de la voix ou de l'image exige la permission de la personne enseignante.

Note : Je réponds aux questions posées par courriel à l'extérieur des périodes de cours.

3 Matériel nécessaire pour l'activité pédagogique

Les transparents électroniques seront disponibles sur le site web du cours (Moodle).

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] HAYES, M.H. AND HAYES, M. : *Schaum's Outline of Digital Signal Processing*. Schaum's Outline Series. McGraw-Hill Companies, Incorporated, 1999.
- [4] JASON GREGORY : *Game Engine Architecture*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 3rd édition, 2019.
- [5] M. MANDAL AND A. ASIF : *Continuous and Discrete Time Signals and Systems*. Cambridge U. press, 2007.
- [6] MONSON H. HAYES : *Schaum's Outline of Theory and Problems of Digital Signal Processing*. Schaum's Outline of. McGraw-Hill, 1999.
- [7] MÜLLER, MEINARD : *Fundamentals of Music Processing : Audio, Analysis, Algorithms, Applications*. Springer Publishing Company, Incorporated, 1^{re} édition, 2015.
- [8] P. GUILLAUME : Son et musique. module de cours, INSA, Toulouse, document en ligne.
- [9] QUATIERI, T.F. : *Discrete-time Speech Signal Processing : Principles and Practice*. Prentice-Hall signal processing series. Prentice Hall PTR, 2002.
- [10] SOMBERG, G. : *Game Audio Programming 2 : Principles and Practices*. CRC Press, 2018.

⁴https://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/sciences/documents/Etudiants_actuels/Informations_academiques_et_reglements/Sciences_Reglement_complementaire.pdf

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

Délits relatifs aux études

Extrait du règlement des études (Règlement 2575-009)

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, des passages ou idées tirés de l'œuvre d'autrui ou du contenu, de toute forme, généré par un système d'intelligence artificielle (ce qui inclut notamment le fait de ne pas indiquer la source et la référence adéquate);
- 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 forme d'aide non autorisée, qu'elle soit collective ou individuelle (incluant l'assistance provenant d'un système d'intelligence artificielle), pour une production faisant l'objet d'une évaluation;
- e) obtenir par vol ou toute autre manœuvre frauduleuse, posséder ou utiliser du matériel non autorisé de toute forme (incluant le matériel numérique et celui généré par un système d'intelligence artificielle) 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;
- k) posséder ou avoir à sa portée un appareil électronique ou numérique interdit durant une activité d'évaluation;

[...]

Un [guide sur l'intégrité intellectuelle](#) vous est rendu disponible par le service des bibliothèques et des archives de l'Université de Sherbrooke, afin de bien comprendre les différents délits et ainsi éviter d'être aux prises avec un dossier disciplinaire et une ou des sanctions.

Les mesures pouvant être imposées à titre de sanctions disciplinaires sont les suivantes :

- a) la réprimande simple ou sévère consignée au dossier étudiant pour la période fixée par l'autorité disciplinaire ou à défaut, définitivement. En cas de réprimande fixée pour une période déterminée, la décision rendue demeure au dossier de la personne aux seules fins d'attester de l'existence du délit en cas de récidive;
- b) l'obligation de reprendre une production ou une activité pédagogique, dont la note pourra être établie en tenant compte du délit survenu antérieurement;
- c) la diminution de la note ou l'attribution de la note E ou 0;

[...]

Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative

Autorisés ou pas dans les situations d'apprentissage et d'évaluation ?

NIVEAU 0

L'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative (IAg) est limitée, voire complètement interdite parce que la personne enseignante considère que l'usage de ces outils nuit au développement de compétences essentielles. Ces compétences peuvent être disciplinaires, comme elles peuvent être d'ordre méthodologique, rédactionnel ou informationnel. Considérant que l'utilisation des IAg requiert un esprit critique, il peut s'agir d'une situation d'apprentissage ou d'évaluation sans IAg qui vise à développer celui-ci.

Dans ces situations, **la personne étudiante produit le travail.**

NIVEAU 1

NIVEAU 2

NIVEAU 3

NIVEAU 4

L'utilisation prononcée des IAg est permise parce que la personne enseignante considère que les personnes étudiantes sont en mesure d'exercer un esprit critique et sont capables de juger de la qualité des contenus produits par les IAg. Ou encore, l'utilisation est encouragée parce que la situation d'apprentissage ou d'évaluation proposée contribue à développer leur esprit critique.

Dans ces situations, l'IAg produit le travail préliminaire, alors que **la personne étudiante s'assure de sa qualité en l'améliorant.**



Utilisation interdite

Le **NIVEAU 0** signifie que l'**utilisation est interdite**.

Ceci signifie que si la personne enseignante a un motif de croire qu'il y a eu l'utilisation d'une IAg dans une situation d'évaluation, elle doit dénoncer les faits auprès de la personne responsable des dossiers disciplinaires universitaires. Il s'agit d'un délit relatif aux études tel que stipulé dans le [Règlement des études](#).



Utilisation limitée

Le **NIVEAU 1 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée uniquement pour assister l'apprentissage dans le domaine disciplinaire ou des langues**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation peut être considérée comme un délit. Par exemple :

Domaine disciplinaire :

- S'inspirer
- Générer des idées
- Explorer un sujet pour mieux le comprendre
- Générer du matériel pour apprendre

Domaine des langues :

- Identifier ses erreurs et se les faire expliquer
- Reformuler un texte
- Générer un plan pour aider à structurer un texte
- Traduire un texte



Utilisation guidée

Le **NIVEAU 2 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour améliorer un travail produit par la personne étudiante**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple :

- Analyser des contenus
- Obtenir une rétroaction
- Évaluer la qualité de son travail à partir de critères
- Demander à être confronté relativement à ses idées, à sa démarche
- Diriger les processus de résolution de problèmes



Utilisation balisée

Le **NIVEAU 3 D'UTILISATION** signifie que l'**utilisation est autorisée pour produire un travail qui sera amélioré**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes¹ le contenu généré par l'IAg ou de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit. Par exemple :

- Résumer ou rédiger des parties d'un texte
- Générer un texte ou un modèle d'une production et l'adapter
- Réaliser des calculs mathématiques
- Produire du code informatique
- Résoudre des problèmes complexes
- Répondre à une question
- Générer des images, ou autres contenus multimédias



Utilisation libre

Le **NIVEAU 4 D'UTILISATION** signifie qu'**aucune restriction spécifique n'est imposée**.

Dans ce contexte, la personne étudiante **est tenue de citer selon les normes¹ le contenu généré par l'IAg ou de déclarer l'utilisation qu'elle en a faite** selon les consignes fournies par la personne enseignante sans quoi l'utilisation est considérée comme un délit.

Ce niveau inclut tout ce qui précède, de l'exploration à la production, ainsi que toute autre tâche particulière jugée complexe.

À considérer avant l'utilisation d'outils d'intelligence artificielles génératives

Si, en tant que personne étudiante envisagez d'utiliser un outil d'intelligence artificielle générative (IAG) lorsque l'évaluation autorise les niveaux 1 à 4 d'utilisation mentionnés précédemment.

Dans ce cas, gardez à l'esprit les éléments clés suivants.

- Vous assumez la responsabilité de tout le contenu produit, avec ou sans IAG, et intégré à votre production.
- Les produits des outils d'IAG peuvent très souvent comporter **des erreurs ou des faussetés** (hallucinations) : on doit donc impérativement valider tout contenu généré par ces outils.
- Dans l'état actuel de la Loi sur le droit d'auteur du Canada, les **productions faites par l'IAG sont du domaine public**, puisque les outils d'IAG ne sont pas reconnus comme des auteurs au sens de la Loi et que les contenus générés ne répondent pas aux critères d'une œuvre protégée, notamment aux critères d'originalité.
- L'entreprise qui fournit le service pourrait émettre certaines exigences dans ses conditions d'utilisation. Comme l'algorithme et le code informatique appartiennent à l'entreprise qui les a développés, nous devons tenir compte de ces conditions. Celles-ci pourraient également fournir des précisions relatives à la **réutilisation des données soumises (confidentialité)**.

Comment déclarer l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle générative

Dans l'esprit d'une conduite intègre et responsable, vous devez TOUJOURS mentionner de façon explicite toute utilisation de l'intelligence artificielle, conformément au Règlement des études (9.4.1 Délits relatifs aux études). De plus, à des fins pédagogiques, il est recommandé de toujours intégrer à la production les requêtes, de même que les réponses intégrales générées par les outils d'IAG. Celles-ci pourront être intégrées directement dans le corps du texte ou en note de bas de page. Les réponses longues pourraient être insérées en annexe de votre document ou dans des documents supplémentaires, selon les directives de la personne enseignante.

L'utilisation de ces deux documents s'avèrera utile, ils se trouvent sous licence libre, donc vous pouvez utiliser les tableaux et les adapter selon votre besoin:

1. Modèle de citation : Ce formulaire, à remplir par l'enseignant, donne un exemple aux étudiants de citation de l'IAG dans la réalisation d'un travail évalué ou non.
2. Déclaration d'usage : Ce formulaire, à remplir par les étudiants, doit être remis avec une réalisation afin de déclarer l'usage de l'IAG dans la réalisation, qu'elle soit évaluée ou non.

Référence

La Faculté des sciences tient à remercier le SSF pour la production des documents.

- Cabana, M. et Côté, J.-A. (2024). Balises d'utilisation des outils d'intelligence artificielle générative. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).
- Cabana, M. et Beaudet, M. (2024). Directives de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).
- Cabana, M. (2024). Formulaire de déclaration de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative dans une production étudiante. Service de soutien à la formation, Université de Sherbrooke. Sous licence [CC BY 4.0](#).