

Chapitre 0 : Présentation du cours

INF600F - Traitement d'images

Joël Lefebvre

UQÀM

INF600F - Automne 2024

Survol du cours

- ① Présentation du cours
- ② Survol du cours
- ③ Mieux se connaître
- ④ Complément : Introduction à Python

Annonces

- Les annonces importantes seront faites sur Moodle et au début des diapos à chaque séance (comme celle-ci 😊)
- Formation des équipes pour les TPs
- Courriel pour la signature de l'entente d'évaluation
- Le premier **atelier pratique** sera vendredi PM avec Étienne Comtois.

Important

- Signature de l'entente d'évaluation

Section 1

Présentation du cours

Informations générales

- **Titre** : Traitement d'images
- **Sigle** : INF600F
- **Groupe** : 030
- **Session** : Automne 2024
- **Enseignant** : Joël Lefebvre (lefebvre.joel@uqam.ca, PK-4840)
- **Disponibilités** : Sur rendez-vous, à mon bureau ou à distance
- **Démonstrateur** : Étienne Comtois
(comtois.etienne@courrier.uqam.ca)
- **Site web du cours** : Moodle
- **Plan de cours** :

Modalités de communication

- **Consultez régulièrement le site Moodle** (cours, évaluations, annonces)
- Canal de discussion en ligne (Teams)
 - Questions générales
 - Attendre quelques jours avant de relancer
- Courriel
 - Questions spécifiques et/ou personnelles
 - Inclure **INF600F** dans le sujet
 - **Aucune remise de TP par courriel n'est acceptée**
- *Entre 9h et 18h du lundi au vendredi*

Description officielle du cours

- <https://info.uqam.ca/INF600X/>
- Connaître les algorithmes fondamentaux en traitement et analyse d'images. Comprendre les principes de l'imagerie numérique. Être capable de mettre en place un pipeline de traitement d'images simple à l'aide de bibliothèques existantes.
- **Préalables académiques** : INF3105 - Structures de données et algorithmes

Sujets abordés

Introduction à l'imagerie numérique. Notions de base en algèbre linéaire, calcul différentiel et intégral. Acquisition et affichage d'images. Transformations dans le domaine spatial et fréquentiel. Rehaussement et restauration d'images. Morphologie mathématique. Détection de primitives, segmentation, et analyse de texture. Autres sujets (selon le temps disponible): Apprentissage machine appliqué au traitement d'images, classification, détection d'objets, introduction à l'apprentissage profond pour la vision par ordinateur.

Objectifs du cours

Ce cours a pour objectif principal de présenter les concepts de base en lien avec la représentation sur ordinateur des images, leurs manipulations, et les principales méthodes d'analyse et de traitement des images numériques. À la fin du cours, l'étudiant.e sera capable de :

- **Comprendre** les différentes approches de traitement d'images numériques
- **Utiliser** des bibliothèques de traitement d'images
- **Identifier** les méthodes de traitement d'images à appliquer selon différentes problématiques
- **Développer** des outils de traitement d'images pour diverses applications

Contenu

- **Chapitre 1** : Introduction à Python et à l'imagerie numérique
- **Chapitre 2** : Traitements dans le domaine spatial
- **Chapitre 3** : Traitements dans le domaine fréquentiel (Fourier)
- **Chapitre 4** : Transformation et rehaussement d'images
- **Chapitre 5** : Segmentation d'images
- **Chapitre 6** : Opérations morphologiques
- **Chapitre 7** : Extraction d'information à partir d'images
- **Chapitre 8** : Introduction à la vision par ordinateur
- **Sujets spéciaux** : Acquisition d'images, analyse de texture, apprentissage machine pour la vision, neuro-photonique/informatique, traitement d'images pour la microscopie, etc (*si le temps le permet*)

Formule pédagogique

- Le cours sera donné en présentiel
- Cours magistral les mercredis de 14h à 17h
- Atelier les vendredis de 13h30 à 16h30
- Le matériel pédagogique (présentations, capsules vidéo, énoncés de laboratoire ...) sera partagé sur Moodle

Séances de laboratoire

- Les **ateliers pratiques** servent à :
 - Expérimenter les concepts et outils vus en cours
 - Présenter de la matière technique nouvelle qui ne sera pas vue en classe
 - Offrir un support pour la réalisation des **travaux pratiques**
 - Les séances de laboratoire sont obligatoires
- **Démonstrateur** : Étienne Comtois

Modalités d'évaluation

- **Note** : Voir le calendrier sur Moodle pour les dates précises.

Outil d'évaluation	Pondération	Échéance
Travail pratique 1	10%	Semaines 3 à 4
Travail pratique 2	10%	Semaines 5 à 6
Travail pratique 3	10%	Semaines 9 à 10
Travail pratique 4	10%	Semaines 11 à 13
Examen intra	25%	Semaine 7
Examen final	35%	Semaine 15

Note finale

- La **note finale** (en lettre, A+, A, etc.) pour le trimestre sera attribuée en fonction de l'atteinte des objectifs spécifiques à travers les évaluations.
- La **distribution** des résultats dans le groupe pourrait aussi être utilisée.
- Aucune autre opportunité (travail supplémentaire, etc.) d'augmenter le nombre de points ne sera accordée.

Modalités d'examen

- Les examens se feront **en présence** (3h en classe)
- Un feuille de note manuscrite de format lettre (8.5 x 11 pouces) double face est permise
- Les fautes de français ne seront pas corrigées dans les examens, mais vos phrases doivent être **compréhensibles**.
- **Aucune consultation entre étudiant.e.s n'est permise.**

Modalité de travaux pratiques

- Les remises des TP se font électroniquement sur **Moodle**
- *Les détails techniques seront donnés en classe*
- Plusieurs remises peuvent être faites, seule la plus récente sera considérée.
- Les TPs peuvent être réalisés en **équipe de 2 maximum**, et les membres de chaque équipe doivent être communiqués aux enseignants avant la remise du premier TP (voir Moodle).
- **Retards : 10% par jour** sera retranché de la note. Après 5 jours de retard, aucune remise ne sera acceptée.
- **Qualité du français** : La note des travaux pratiques sera réduite de **1% par faute**, pour un maximum de 10 % par travail.

Entente d'évaluation

- Discussion et vote
- Date limite : 2 semaines après le début de la session.
- Signature de l'entente par courriel : 2 volontaires (en utilisant **@courrier.uqam.ca**) à envoyer à mon adresse lefebvre.joel@uqam.ca

Gabarit de courriel proposé

- **Objet** : INF600F-30 - Acceptation de l'entente d'évaluation
- **Contenu** : Par la présente, je <nom de l'étudiant.e> (<code permanent>), confirme que la présente entente a été conclue pour le cours **INF600F-30** le <date>. Ce courriel tient lieu de signature de ma part.

Matériel et logiciels utilisés

- Le langage de programmation **Python** sera utilisé pour ce cours.
- Une distribution Python fournie par **Anaconda** comprenant les modules et dépendances nécessaires au cours et un environnement de développement (**Spyder**) devra être installée sur l'ordinateur des étudiant.e.s.
- Les laboratoires et travaux pratiques seront réalisés avec **Jupyter notebook**.

Références principales

- Notes de cours disponibles sur Moodle

Références complémentaires principales

- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (Fourth edition. Global edition). Pearson. ([Biblio](#), à la réserve)
- Burger, W., & Burge, M. J. (2009). *Principles of digital image processing : fundamental techniques* (Ser. Undergraduate topics in computer science). Springer. ([Biblio](#)).
- Burger, W., & Burge, M. (2009). *Principles of digital image processing : core algorithms* (Ser. Undergraduate topics in computer science). Springer. ([Biblio](#)).
- Burger, W., & Burge, M. (2013). *Principles of digital image processing : advanced methods* (Ser. Undergraduate topics in computer science). Springer. ([Biblio](#))

Ressources complémentaires (Traitement d'images)

- Merchant, F. A., & Castleman, K. R. (2023). *Microscope image processing* (Second edition). Academic Press. ([Biblio](#))
- Distante, A., & Distante, C. (2020). *Handbook of image processing and computer vision. Volume 1: from energy to image*. Springer. ([Biblio](#))
- Distante, A., & Distante, C. (2020). *Handbook of image processing and computer vision. Volume 2: from image to pattern*. Springer. ([Biblio](#))
- Distante, A., & Distante, C. (2020). *Handbook of image processing and computer vision. Volume 3: from pattern to object*. Springer. ([Biblio](#))
- Chityala, R., & Pudipeddi, S. (2020). *Image processing and acquisition using python* (Second, Ser. Chapman & hall/crc python series). CRC Press. ([Biblio](#)).
- Russ, J. C. (2016). *The Image processing handbook* (Seventh edition). CRC Press LLC. ([Biblio](#))
- Solem, J. E. (2012). *Programming computer vision with Python : tools and algorithms for analyzing images*. O'Reilly. ([Biblio](#))

Ressources complémentaires (Vision par ordinateur)

- Torralba, A., Isola, P., & Freeman, W. T. (2024). *Foundations of computer vision*. The MIT Press. ([Biblio](#), à la réserve)
- Szeliski, R. (2022). *Computer vision : algorithms and applications* (Second edition). Springer. ([Biblio](#))

Les encadrés à la fin du plan de cours

- Monitorat de programme
- Information sur les services à la vie étudiante
- Politique d'absence aux examens
- R18 sur les infractions de nature académique (extraits)
- P2 sur le droit à la liberté académique universitaire
- P16 visant à prévenir et combattre le sexisme et les violences à caractère sexuel
- P44 sur l'accueil et le soutien des étudiant.e.s en situation de handicap
- P42 sur le harcèlement

Section 2

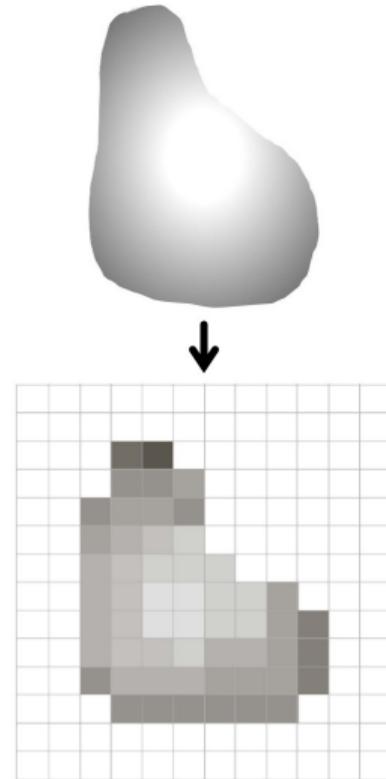
Survol du cours

À vous de travailler !

- Qu'est-ce que le traitement d'images selon vous ?
- Quels sont les domaines d'application du traitement d'images ?
- Pourquoi avoir choisi ce cours ?

Ch1 : Introduction

- Introduction
 - Éléments historiques
 - Exemples d'applications et de modalités
 - Traitement et analyse d'images
- Perception
 - Positionnement du problème
 - Oeil et vision
 - Perception
- Formation des images numériques
 - Modèle simple de formation d'images
 - Échantillonnage et quantification

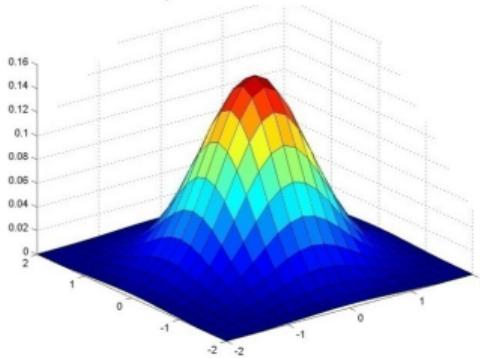


Formation d'image numérique

Ch2 : Domaine spatial

- Opérations ponctuelles
- Transformations géométriques
- Filtrage linéaire, non linéaire
- Convolution et corrélation
- Types de filtres (uniforme, Gaussien, Sobel ...)
- Applications
 - Détection des contours
 - Détection des formes

$$h[m, n] = \sum_{k, l} f[k, l] I[m+k, n+l]$$

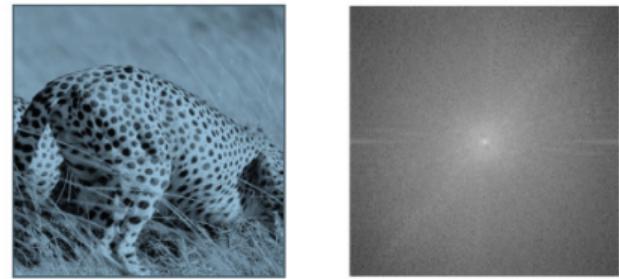
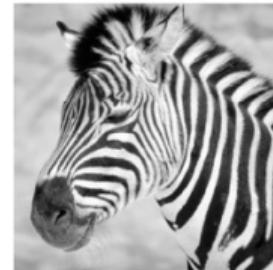


Filtre Gaussien

Ch3 : Domaine fréquentiel

$$F(k) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) e^{-j2\pi kx/N}$$
$$k = 0, 1, 2, \dots, N - 1$$

- Sous-échantillonnage
- Pyramide d'images
- Série de Fourier
- Domaine fréquentiel
- Transformée de Fourier
- Filtrage dans le domaine fréquentiel

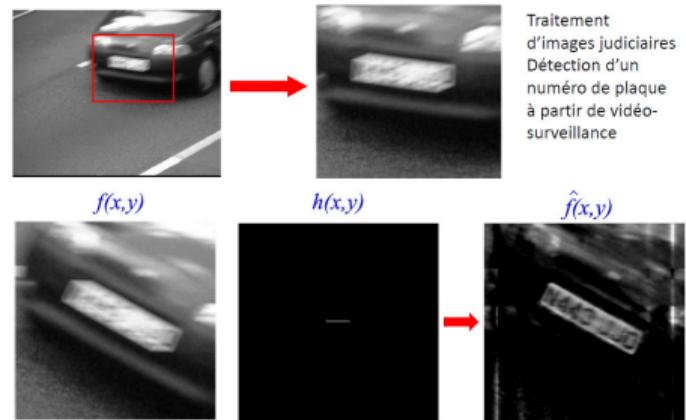


amplitude

Transformées de Fourier 2D

Ch4 : Transformation et rehaussement d'images

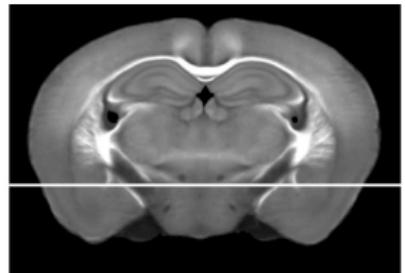
- Modèle de dégradation d'image
- Types de bruits (Gaussien, Rayleigh, gamma, exponentiel, uniforme, impulsif, périodique ...)
- Débruitage
 - Filtres linéaires / non-linéaires
 - Filtres adaptatifs
 - Filtres fréquentiels
- Dégradation
 - Fonction d'étalement du point (PSF)
 - Déconvolution (Filtre inverse, Wiener)
 - Exemple : Dégradation cinétique



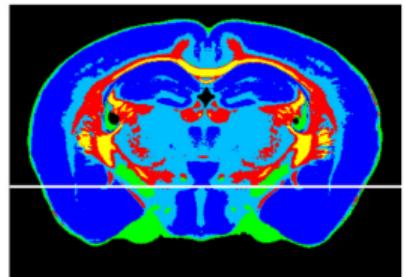
Exemple de déconvolution

Ch5 : Segmentation d'images

- Segmentation basée sur l'histogramme
 - Méthode d'Otsu
 - Entropie de Renyi
 - Seuillage adaptatif
- Segmentation basée sur les régions
 - Méthode des bassins versants
- Segmentation basée sur les contours
- Exemples d'applications



↓
Segmentation

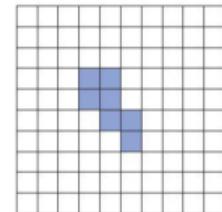
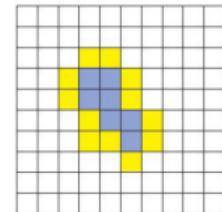
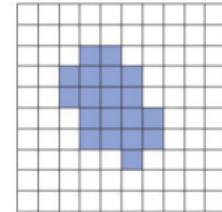


Exemple de segmentation
d'un cerveau de souris

Ch6 : Opérations morphologiques

- Utilisation des images binaires
 - Opérations booléennes
 - Combinaisons d'expressions logiques
 - Exemples d'applications
- Morphologie mathématique (binaire)
 - Contraction / Expansion
 - Élément structurant
 - Dilatation / Érosion
 - Algorithmes morphologiques
- Morphologie mathématique (gris)

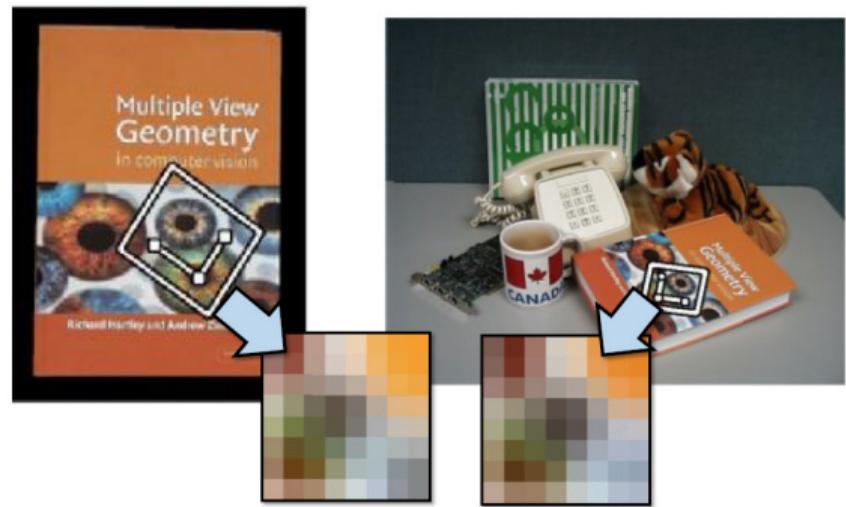
Contraction
morphologique



Opération morphologique

Ch7 : Extraction d'information à partir d'images

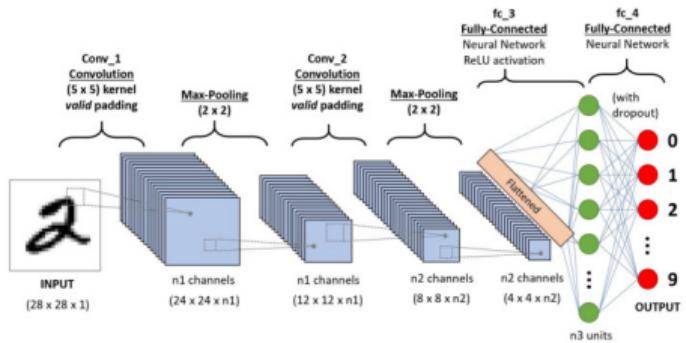
- Transformée de Hough
 - Détection de lignes
 - Détection de cercles
- Détection de patrons (*template*)
- Détection de coins
 - Méthode de Harris
 - Méthode SIFT



Exemple de correspondance

Ch8 : Introduction à la vision par ordinateur

- Définition de la vision par ordinateur
- Domaines d'application et types de tâches
- Exemple : Classification d'images
 - Réseaux de neurones
 - Apprentissage profonds
 - Réseaux de neurones convolutionnels profonds



Exemple de CNN
([towardsdatascience.com](https://towardsdatascience.com/introduction-to-deep-learning-with-convolutional-neural-networks-cnn-1d1a3a3a3e))

Section 3

Mieux se connaître

Qui suis-je ?

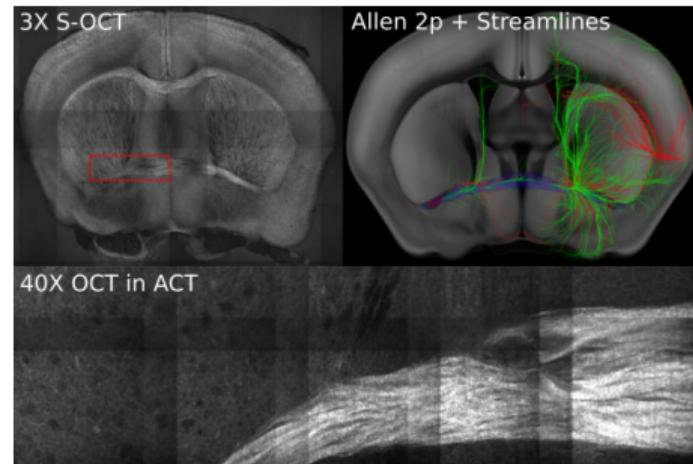
- **Joël Lefebvre**, professeur en imagerie numérique à l'UQAM
- Microscopie optique et traitement d'images pour la neurophotonique.
- Intérêts pour l'imagerie numérique, la musique, et l'infographie
- Directeur du **LINUM** (<https://linum-lab.ca>)
- **(30 octobre 2024)** Présentation de la recherche au LINUM
- https://info.uqam.ca/mercredis_recherches/

Un peu de recrutement ...

Vous souhaitez faire un **stage d'initiation à la recherche**, une **maîtrise** ou un **doctorat** dans mon laboratoire ? Écrivez-moi! J'ai plusieurs projets intéressants à proposer ! **Info** : Les demandes de bourses d'études pour la maîtrise sont cet automne pour un début de maîtrise en 2025.

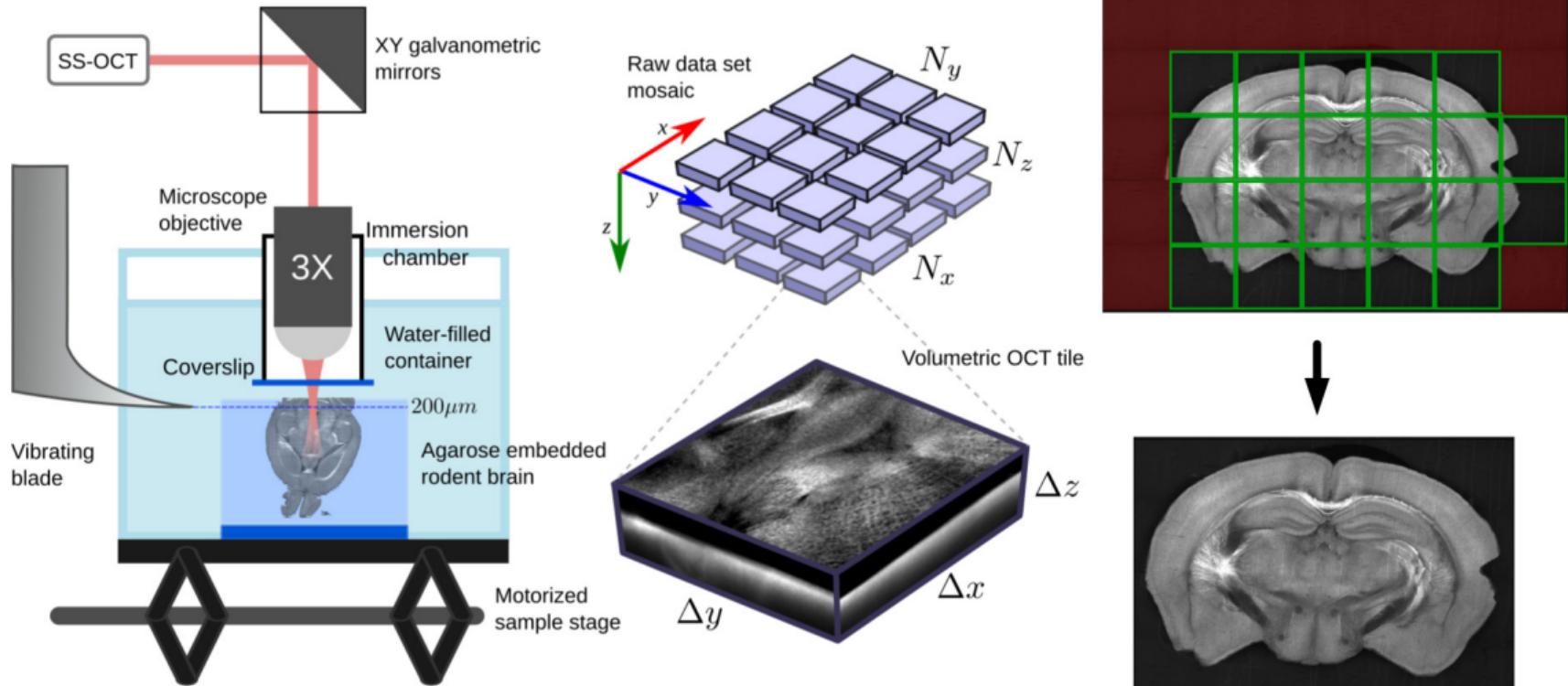
Projet X-Tract

- Comprendre comment sont organisés les croisements de fibres dans la matière blanche
- Améliorer les algorithmes de tractographie
- Traitement d'image avec des données de microscopie 3D et d'IRM de diffusion
- Description du projet : [Lien](#)



Exemple de tractographie

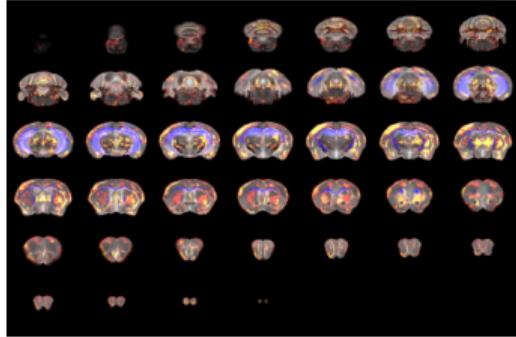
Histologie sérielle automatique



Montage SOCT-V1

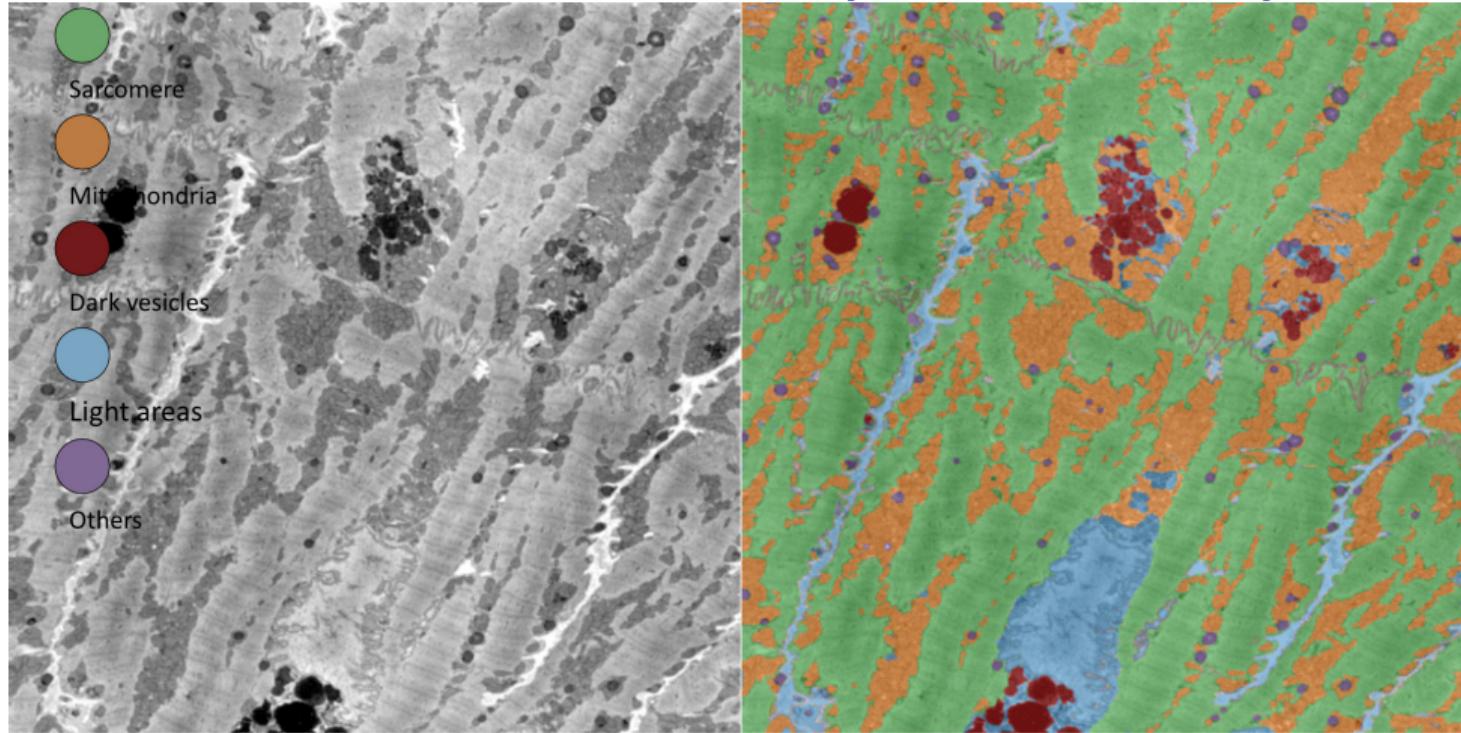
Histologie sérielle augmentée

- **Accélérer** l'*acquisition* et la *reconstruction* d'images en intégrant le microscope à des méthodes avancées de *vision par ordinateur*
- **Analyser** la grande quantité de données générées par l'histologie sérielle à l'aide de méthodes basées sur l'*apprentissage automatique*.
- **Faciliter** l'utilisation et la découverte d'information à partir d'images de microscopie pour assister les professionnels de la santé.
- Description du projet : [Lien](#)



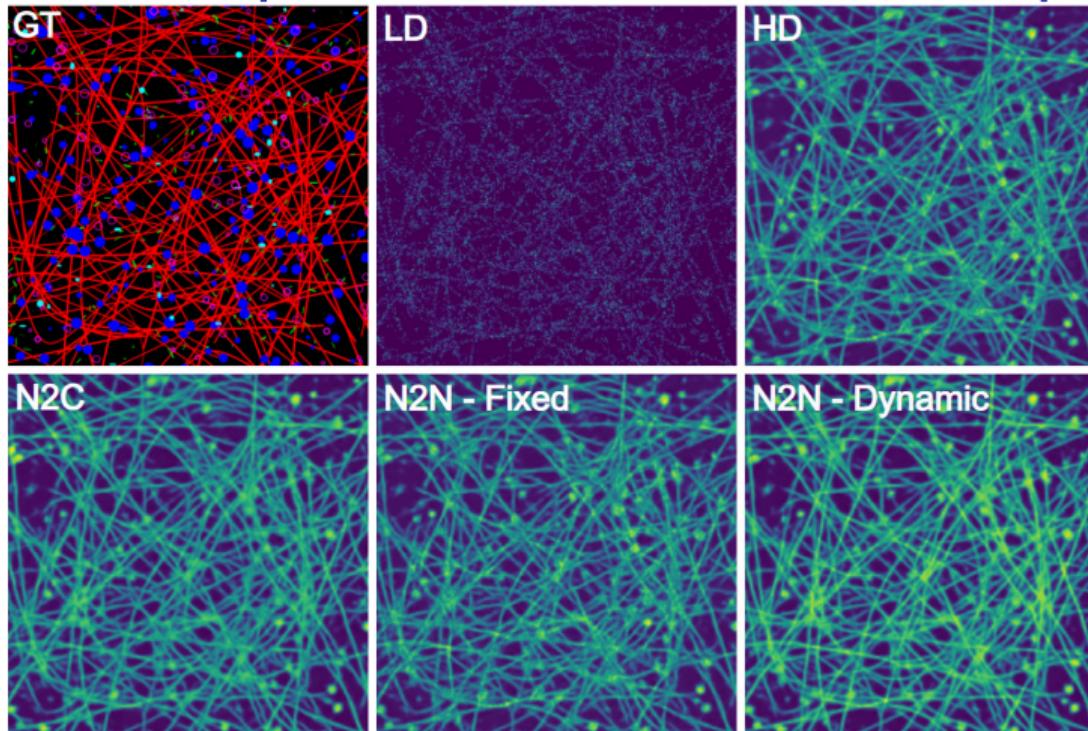
Planification d'acquisition histologique (réalité augmentée, vision par ordinateur, contrôle robotique ...)

Segmentation 3D en microscopie électronique



Segmentation d'un volume acquis par microscopie électronique

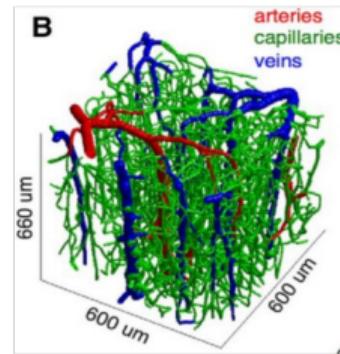
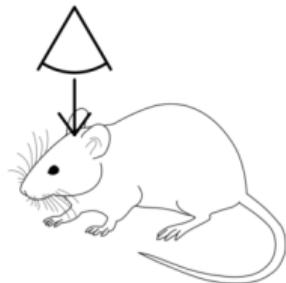
Reconstruction à partir de données incomplètes



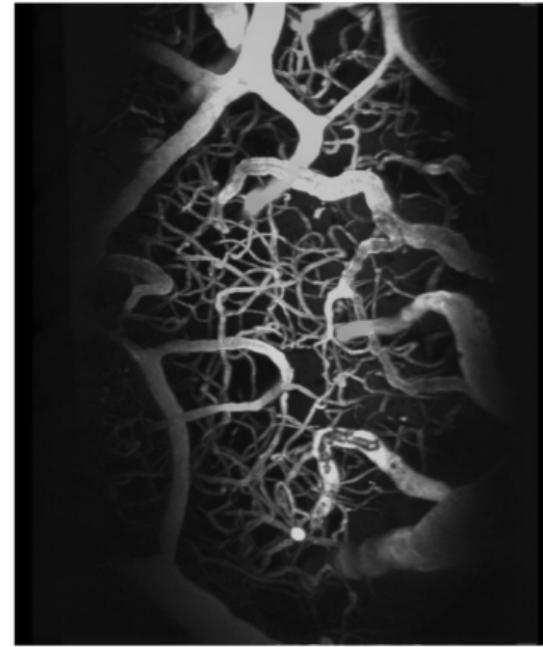
Reconstruction de filaments d'actines par la technique *Noise2Noise*

Segmentation de vaisseaux sanguins

Microscope

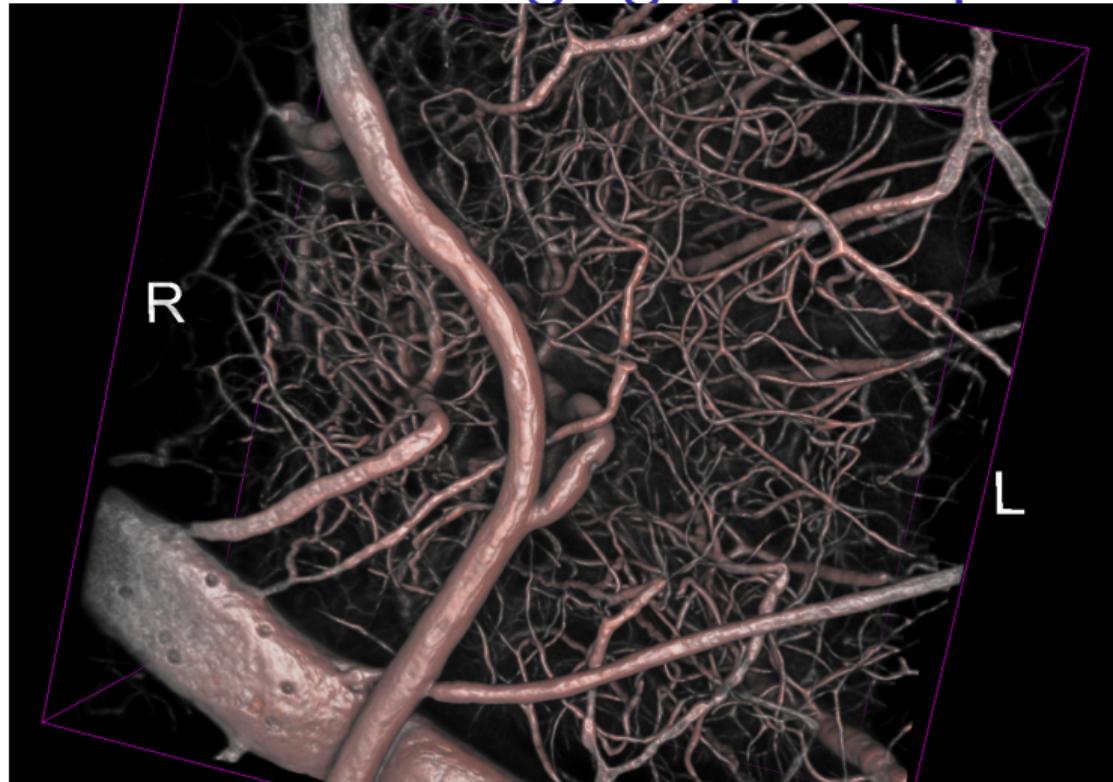


Angiographie 2-photon



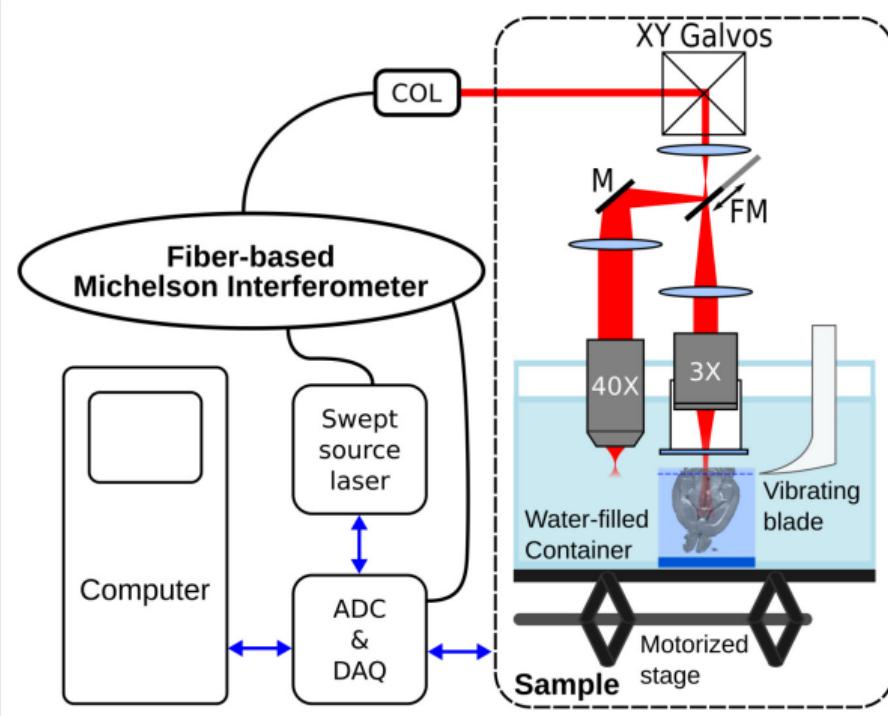
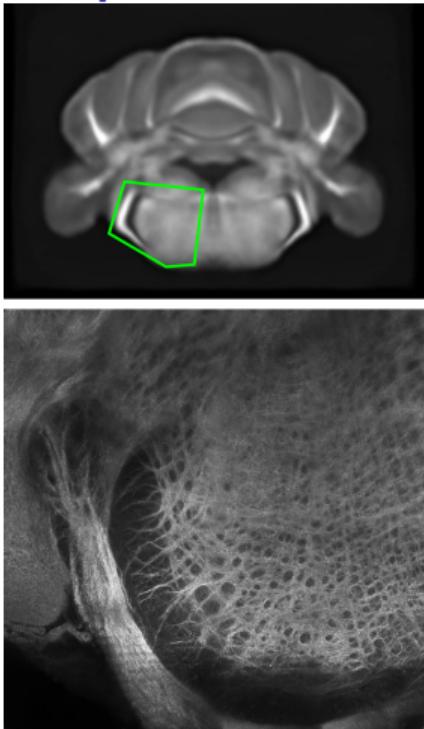
Exemple : Microscopie 2-photon *in vivo*

Visualisation 3D d'une angiographie 2-photon



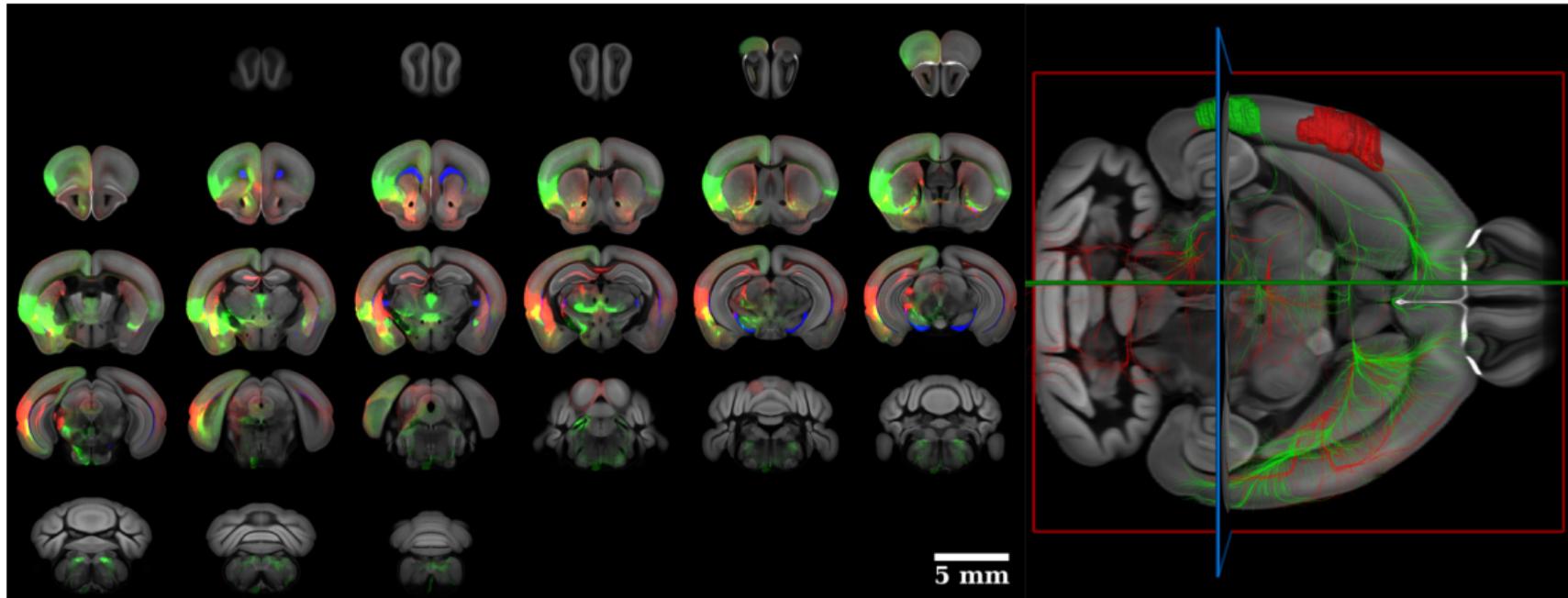
Visualisation 3D d'une angiographie

Microscopie sérielle robotique



Exemple d'images d'histologie sérielle par OCT birésolution ([Lefebvre et al, 2018](#))

Détection des croisements dans le cerveau



Détection des croisements de fibres de matière blanche dans un cerveau de souris.
(Lefebvre et al, 2021)

Section 4

Complément : Introduction à Python

Voir le notebook Jupyter

- https://github.com/joe-from-mtl/teaching/blob/main/notebooks/inf600f-images/ch0-intro-python/c0_python.ipynb