

# Sub-pixel Image Processing

Lionel Moisan, M2 MVA 2024-2025

## Objectifs :

- Comprendre le lien entre l'image numérique (discrète) et la réalité continue sous-jacente.
- Explorer plusieurs contributions récentes et problèmes ouverts du domaine (super-résolution, mesures de netteté, régularisation sous-pixellique).

## Contenu:

- 70% de maths, dont une bonne partie en lien avec les transformations de Fourier
- 30% de modélisation (utilisation de ces maths pour l'analyse et le traitement d'images)
- 0% deep learning

# Imagerie satellitaire



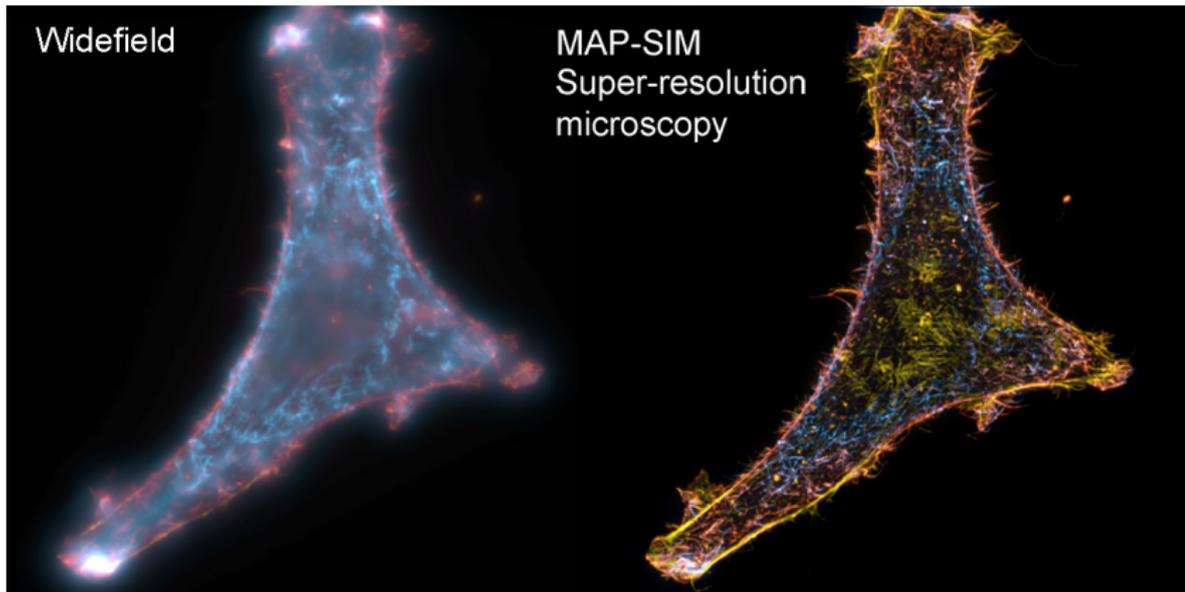
image Spot 1 (1986 - résolution 20m)

# Imagerie satellitaire



image Pléiades (2014 - résolution 1,5 m)  
la résolution a été multipliée par 13 !

# Microscopie



En projetant de la lumière structurée sur un échantillon, et grâce à des algorithmes de reconstruction avancés, la limite de résolution des microscopes optiques ( $\sim 200$  nanomètres) peut être franchie.

## PLAN DU COURS

### **1. Formation et représentation des images numériques.**

Projection perspective. Homographies. Capteurs et échantillonnage. Théorie de Shannon. Aliasing et post-aliasing. Modèles pour l'imagerie satellitaire, la photographie et la microscopie. Limite de résolution due à la diffraction.

### **2. Interpolation et transformations géométriques sans perte.**

Interpolation de Shannon. Sinus cardinal discret et formulation spectrale.

Artefacts de périodisation, décomposition "periodic + smooth". Interpolations directes et indirectes, splines. Interprétation spectrale. Unicité des translations sous-pixelliques. Rotations exactes. Zoom: zero-padding contre extrapolation de spectre.

### **3. Aliasing et super-résolution.**

Acquisition d'images numériques: le compromis aliasing-ringings-flou-bruit. Détection de l'aliasing et desaliasing. Algorithmes de super-résolution à partir d'images multiples.

### **4. Phase et traitement d'images.**

L'importance de la phase dans la formation des images. Images à phase aléatoire, champs gaussiens et synthèse de textures. Lien entre cohérence de phase et netteté. Sharpness index.

### **5. Variation totale "de Shannon".**

Pixel infinitésimal et opérateurs différentiels. Consistance des schémas aux différences finies et interprétation spectrale. Opérateurs compatibles avec l'interpolation de Shannon. Variation totale de Shannon.

## Détails pratiques

- polycopié (en anglais)
- séances de travaux pratiques (Python ou Octave/Matlab)  
→ apportez votre ordinateur portable
- horaires: jeudi 13h30-16h (cours) puis 16h15-18h15 (TP)
- lieu : **Université Paris Cité, Campus St-Germain-des-Près**
- validation: contrôle continu puis examen (ou projet)

**premier cours: jeudi 3 octobre 2024 à 13h30**

plus d'informations sur

<http://www.mi.parisdescartes.fr/~moisan/mva>