

Imagerie en 2015

Jeanpierre Guédon, local

Lab IRCCyN – Polytech Univ Nantes FRANCE

Imagerie en 2015

Plan

1 Le schéma de l'analyse d'image

2 Des exemples de traitements bas niveau

- la transformée de Fourier
- les ondelettes
- SIFT-SURF

3 Des exemples de traitements haut niveau

- RANSAC

« Un film est composé d'un début, d'un milieu et d'une fin,
Mais pas forcément dans cet ordre » woody Allen

1 Le schéma de l'analyse d'image

Du pixel à la décision



Analyse bas-niveau

1 Le schéma de l'analyse d'image

Du pixel à la décision



Analyse bas-niveau :

Travail au niveau des pixels (ou voxels)
Généralement avec connaissances a priori
Parfois changement d'espace de travail

1 Le schéma de l'analyse d'image

Du pixel à la décision



Segmentation :

Opération complexe et non fiable à 100%

Demande des connaissances locales ET globales

Région :

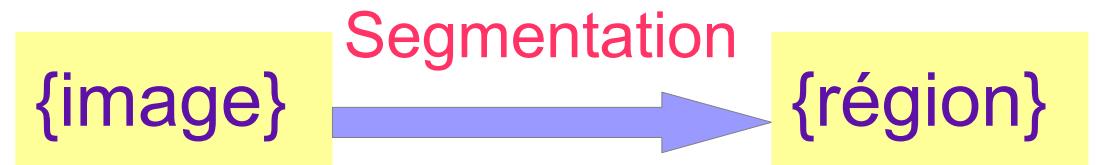
Ensemble de pixels définis par un degré de similarité





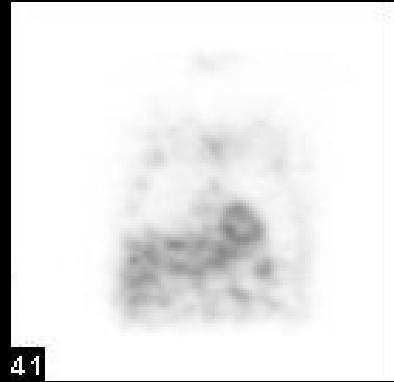
1 Le schéma de l'analyse d'image

exemple

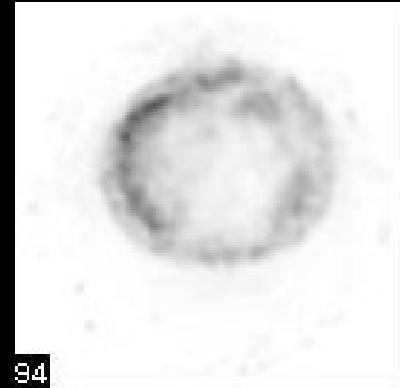
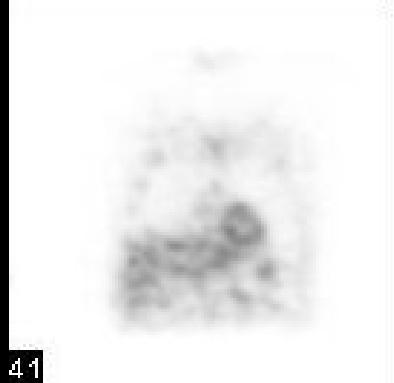


Images de scènes naturelles : plus complexe que médical (connaissances a priori plus faibles)

Rôle de la couleur : encore très peu exploité



Quelle information ici ?
Où sont les régions ?



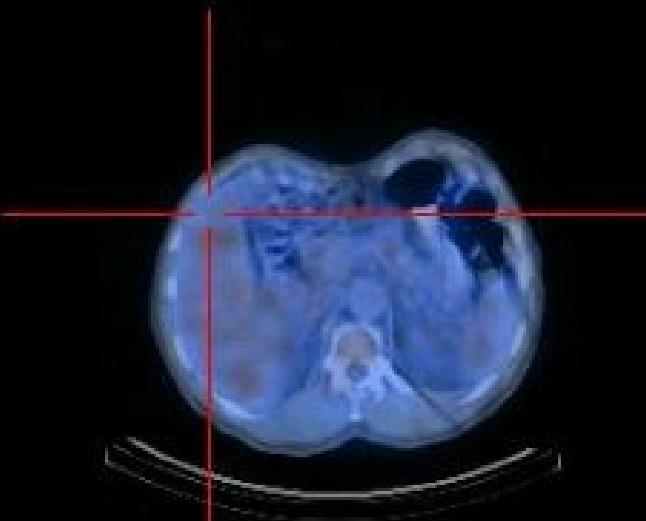
41

94

43



37



Utilisation d'information a priori
(et de recalage!)



1 Le schéma de l'analyse d'image

exemple



Images

Multirésolution et contours – analyse de surface

Outils de base :

1- filtrage (lien avec transformée de Fourier)

2- Création d'une pyramide (Burt Adelson 83)

Moto résolution 0 : 3072x2304 pixels



Moto résolution 1 : 1536x1152 pixels



Moto résolution 2 : 768x576 pixels



Moto résolution 3 : 384x288 pixels



Moto résolution 4 : 192x144 pixels

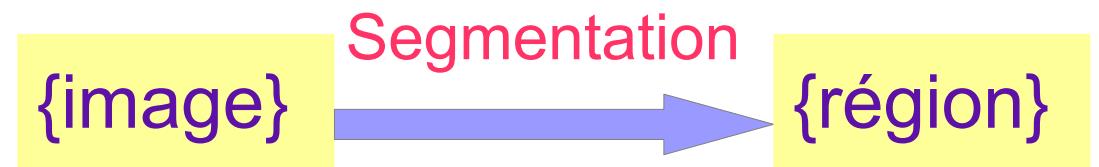


Multi résolution



1 Le schéma de l'analyse d'image

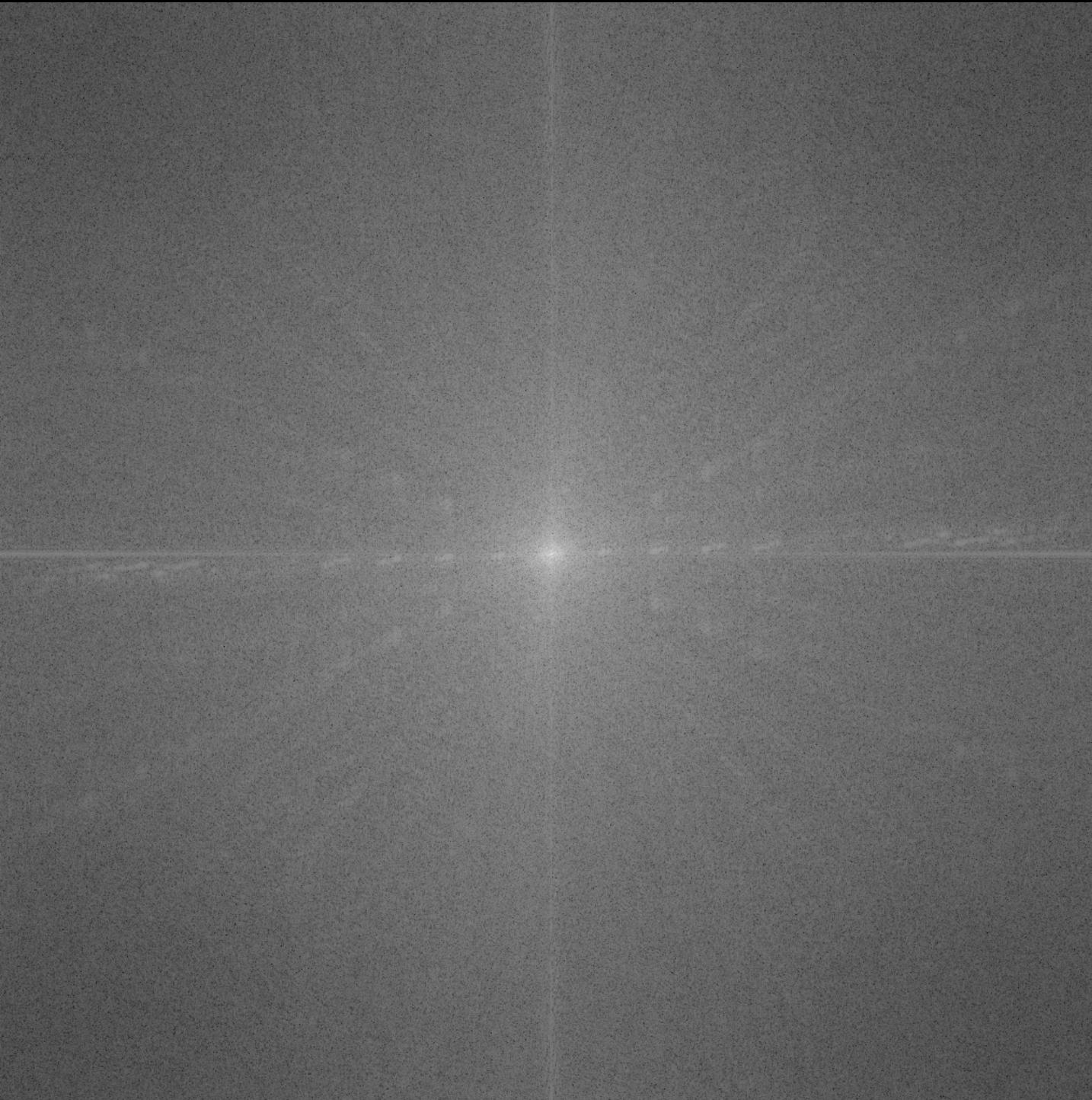
exemple



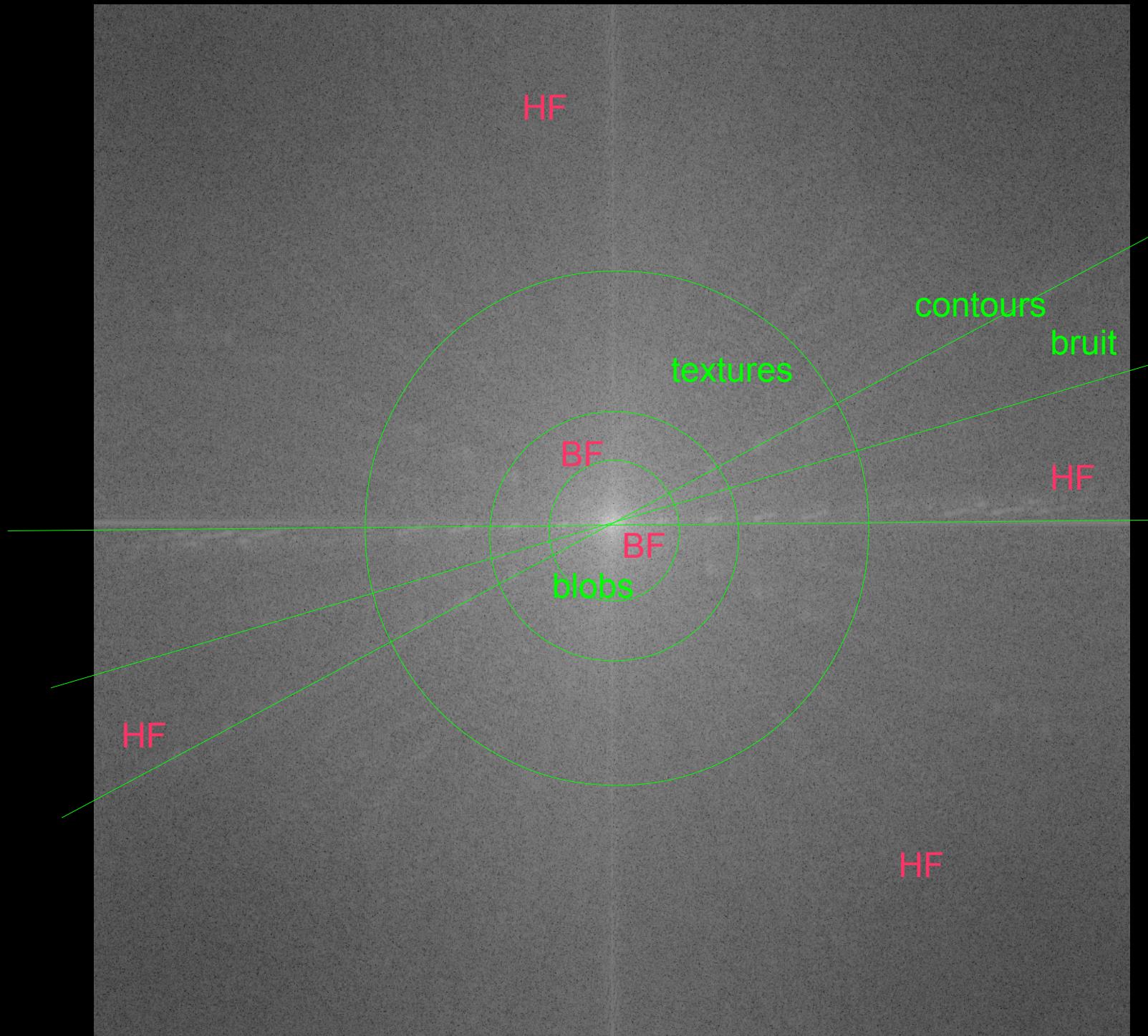
Transformée d'Images => Transformée de Fourier



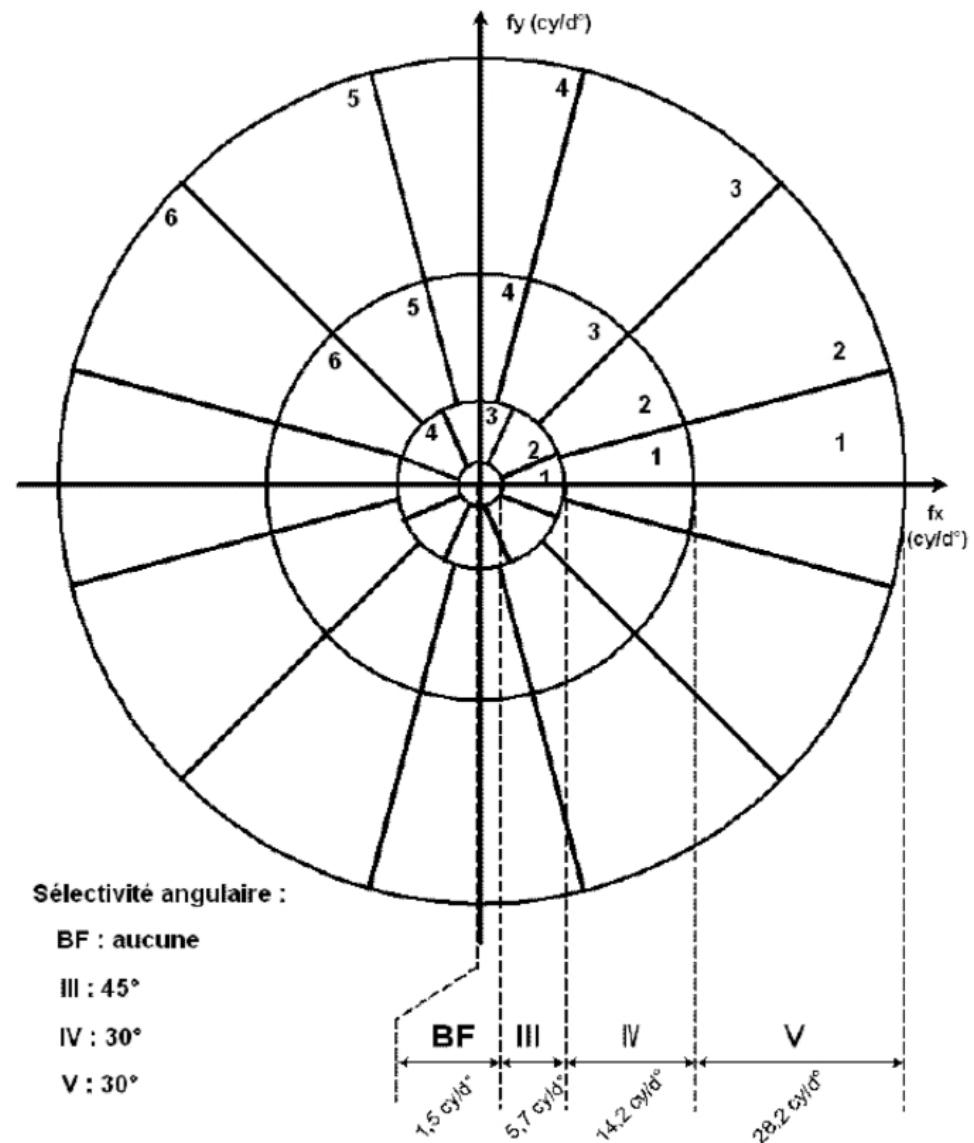
La transformée de Fourier délocalise l'info des pixels (complexe , ici magnitude)



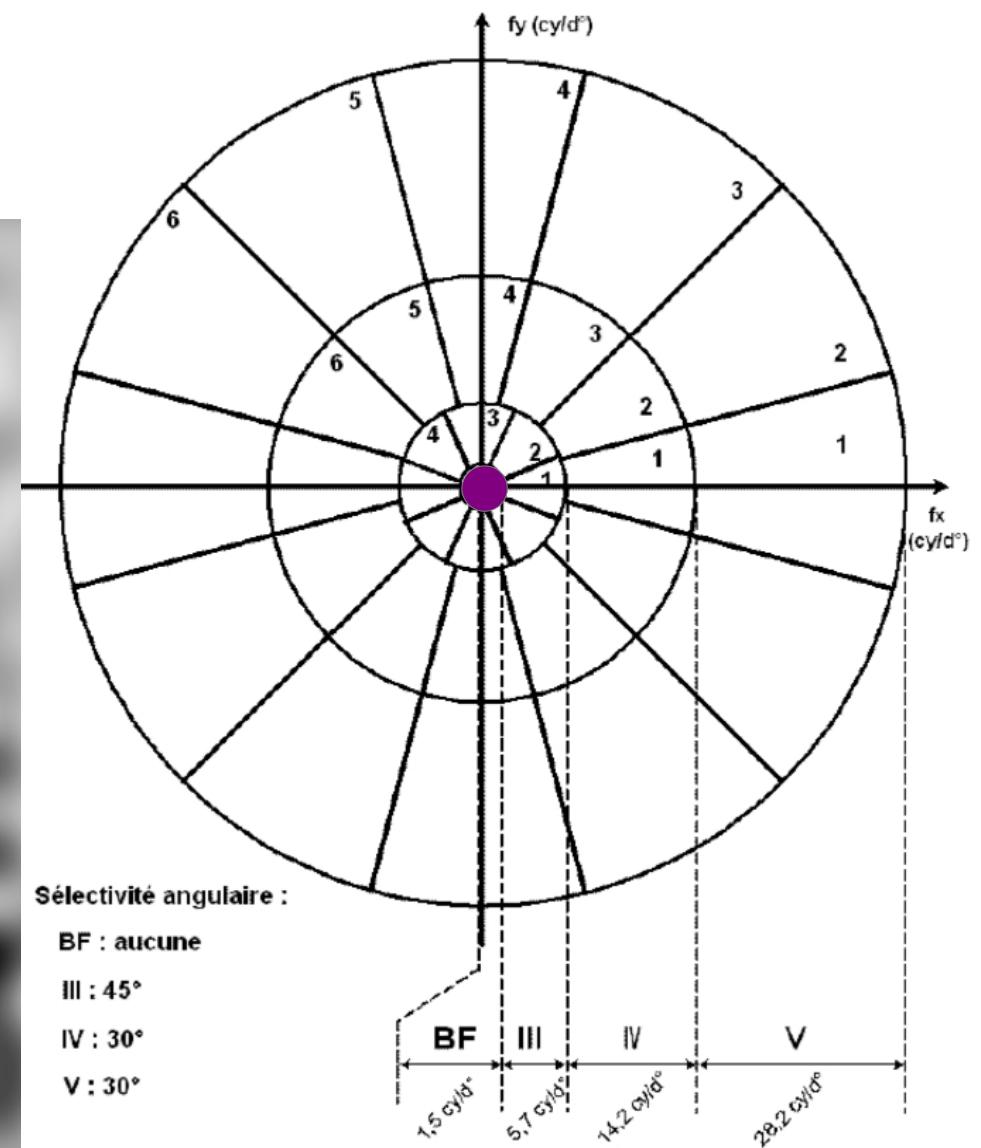
Le plan de Fourier se lit de façon (radiale - angulaire)



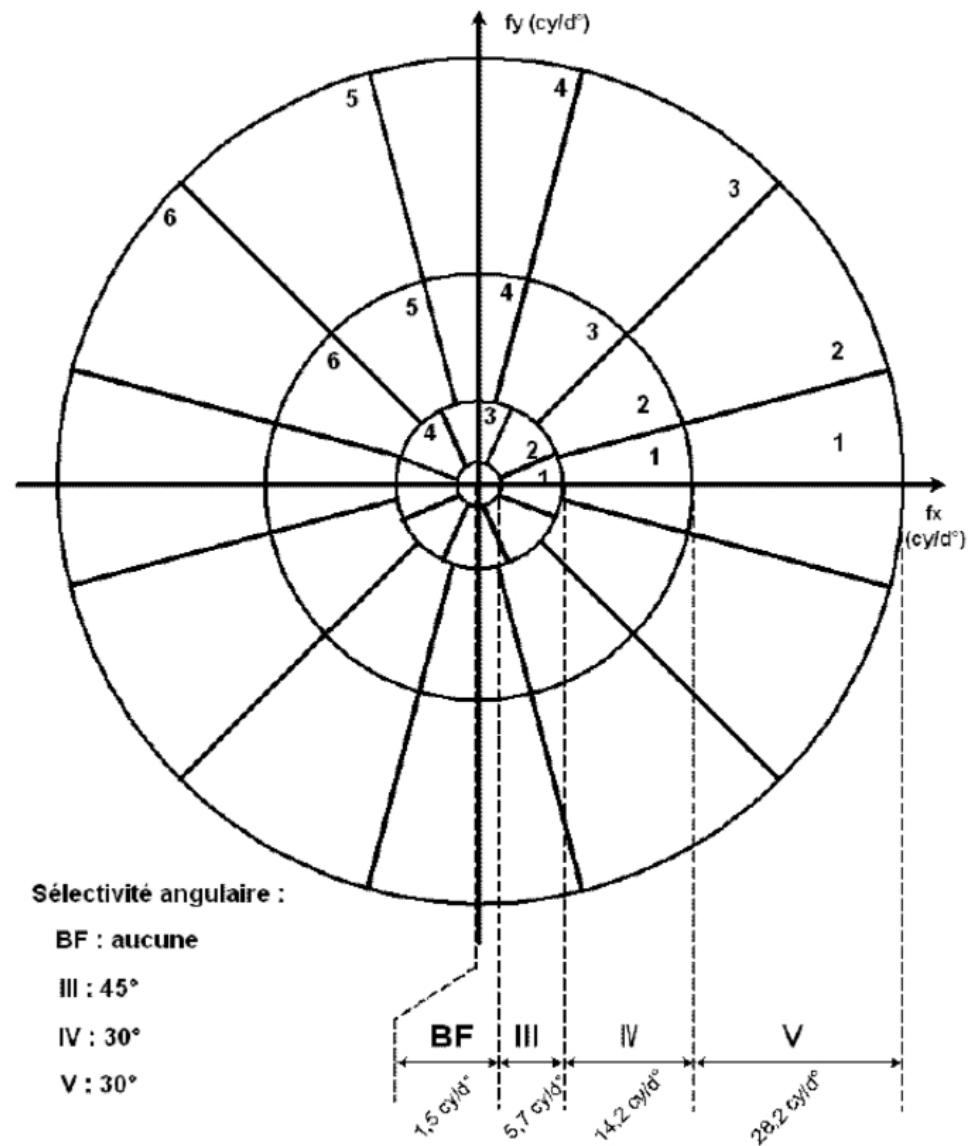
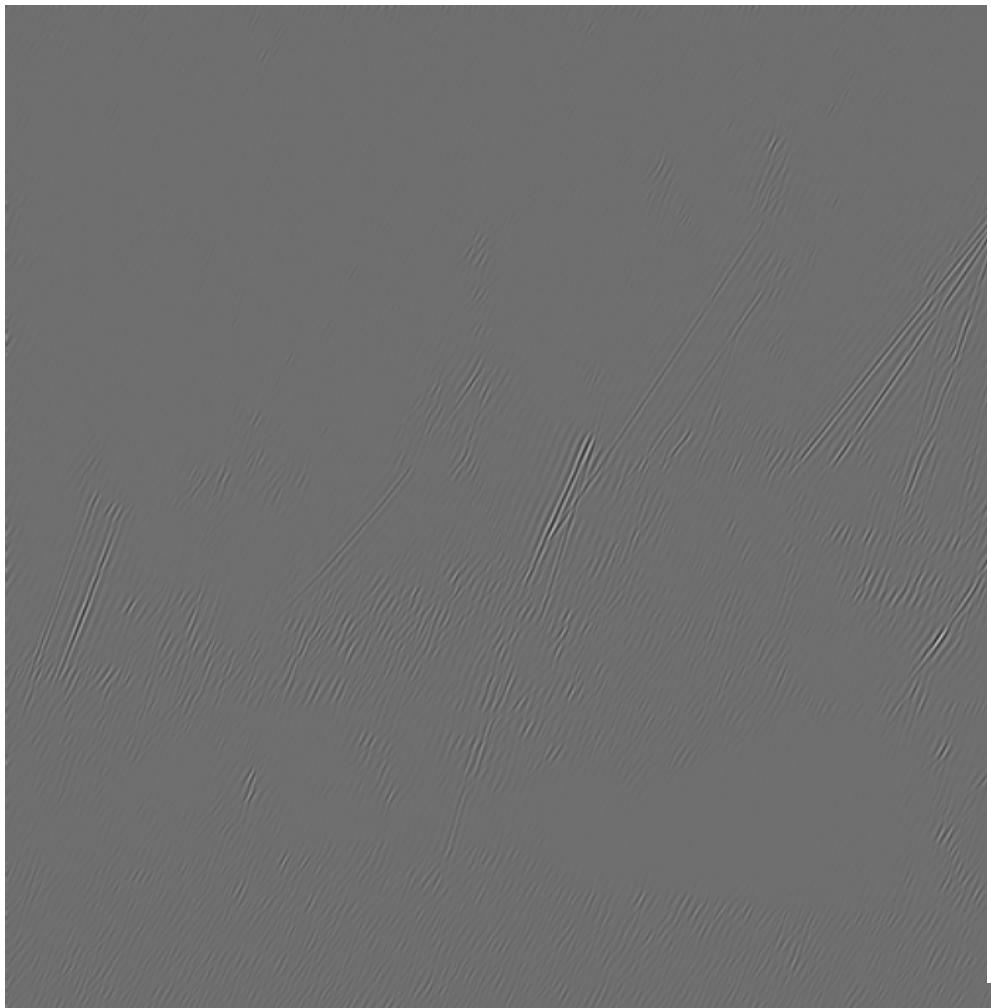
Le plan de Fourier
Permet de modéliser le
SVH
Système Visuel Humain

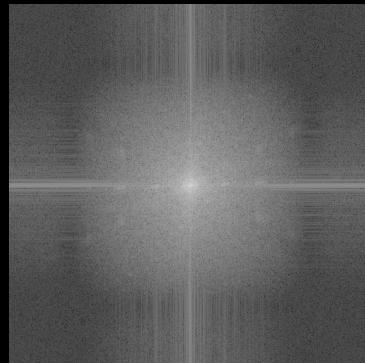
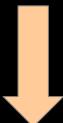


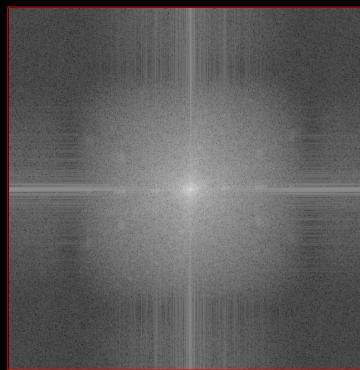
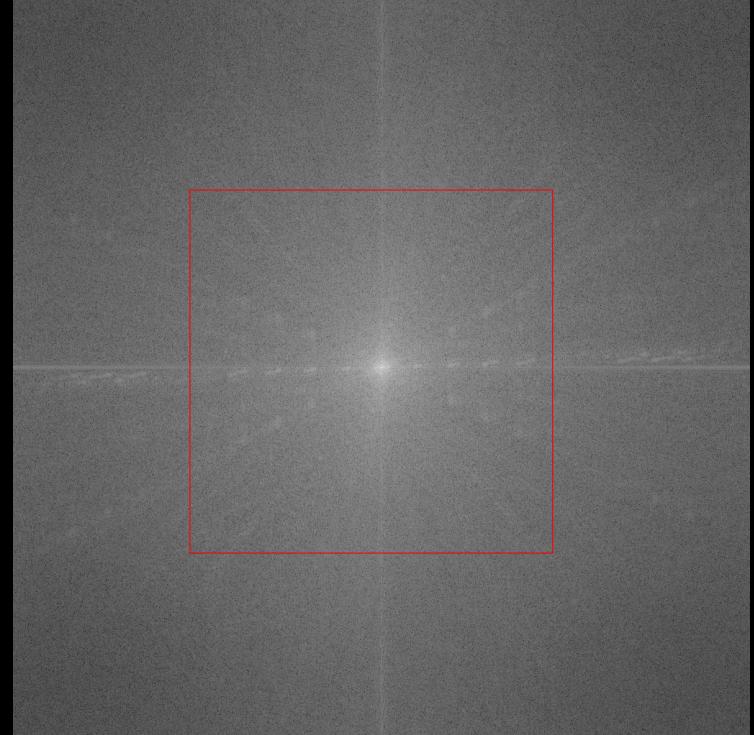
Le plan de Fourier
Permet de modéliser le
SVH
Système Visuel Humain

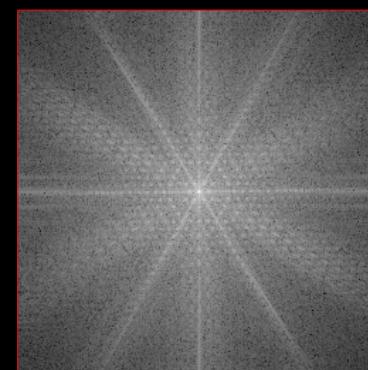
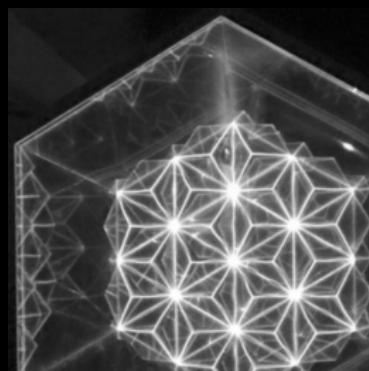
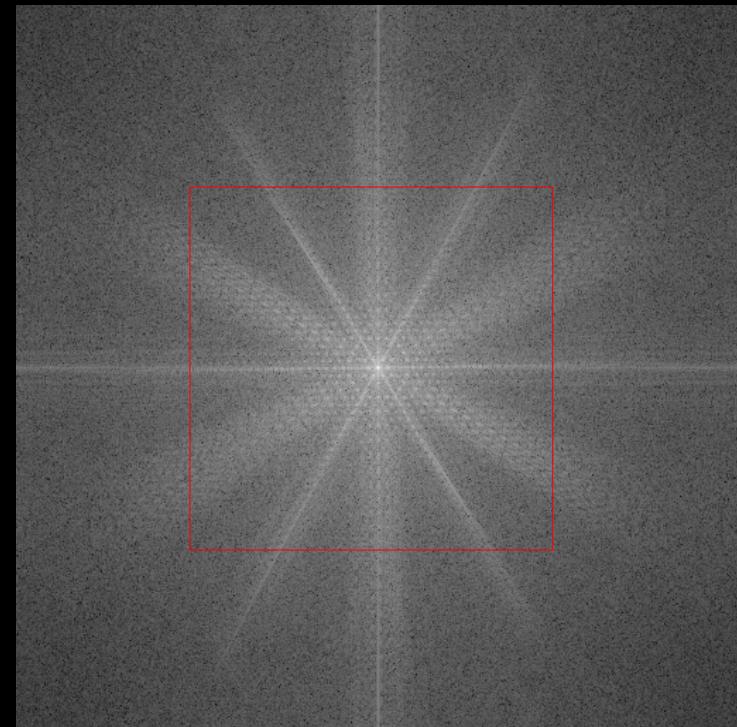
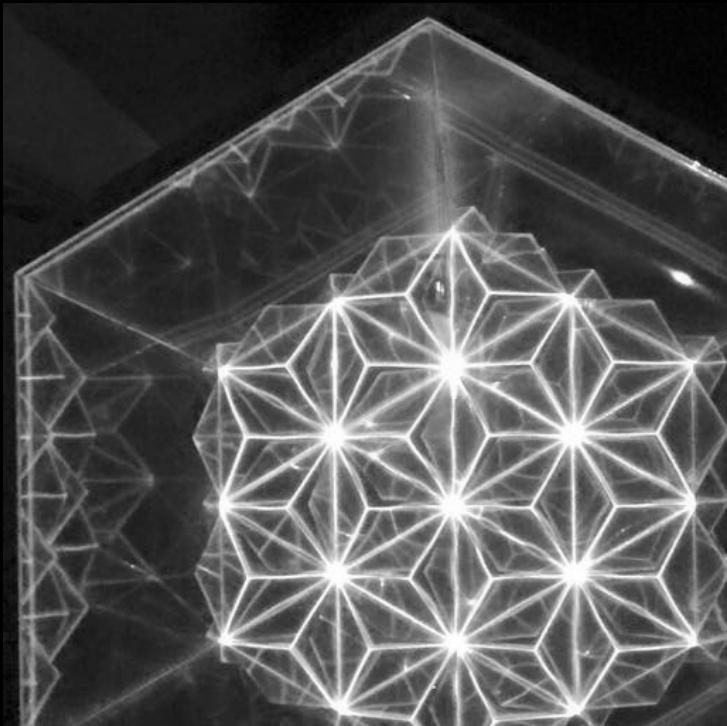


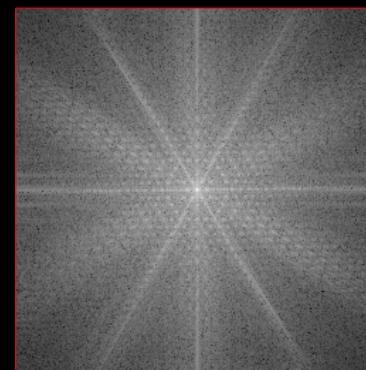
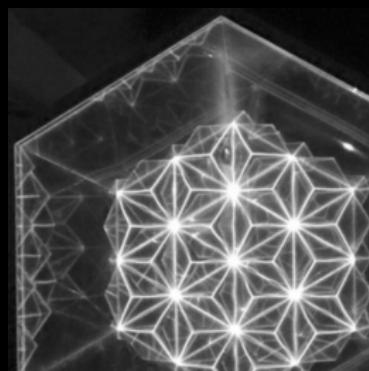
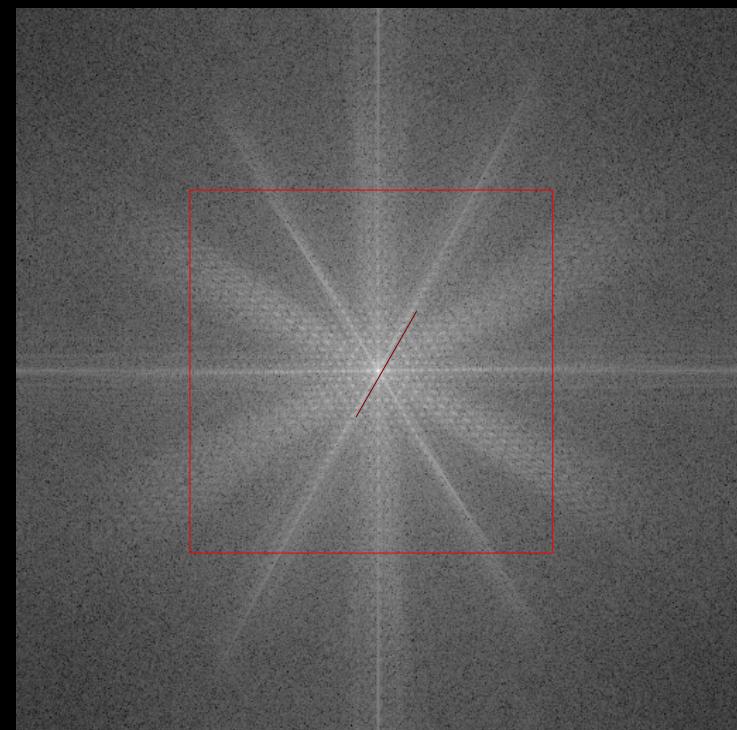
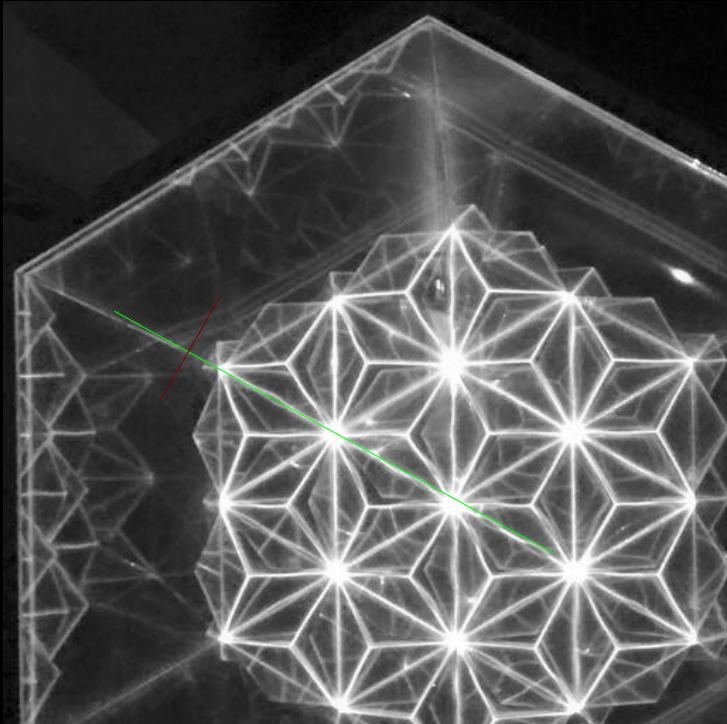
Le plan de Fourier
Permet de modéliser le
SVH
Système Visuel Humain
Ici C3-3



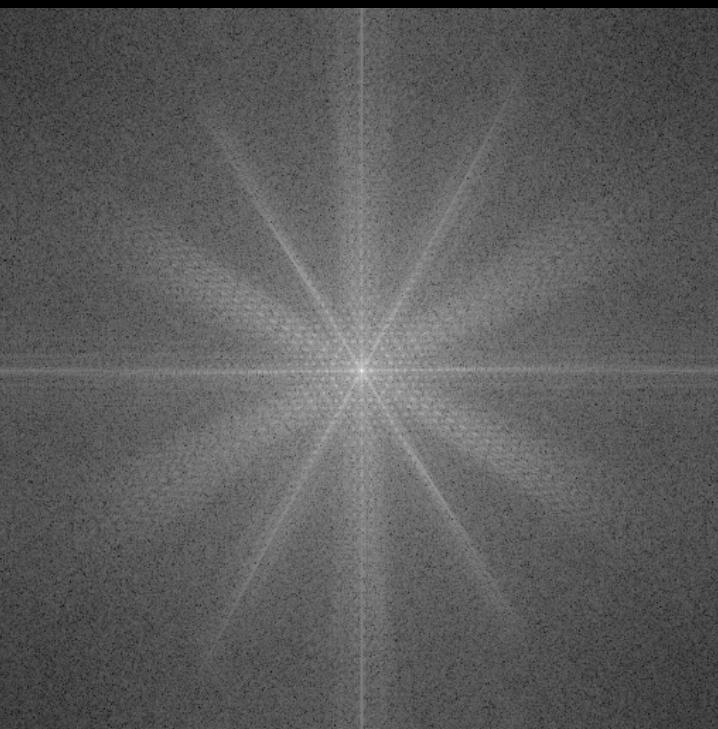
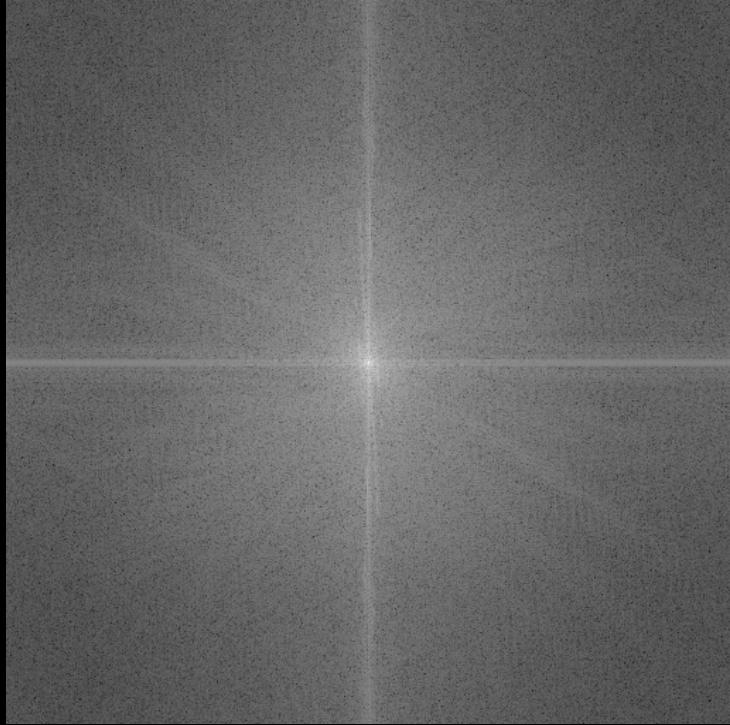




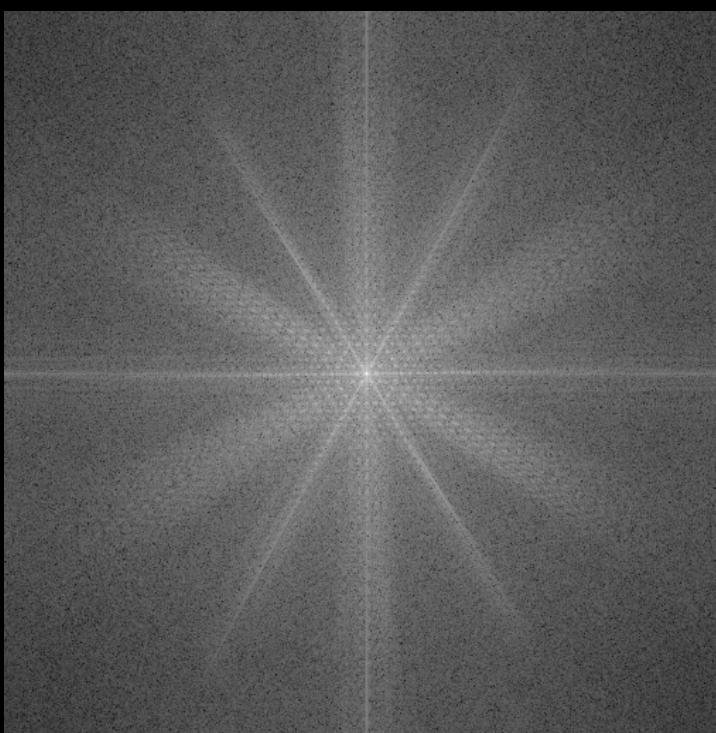
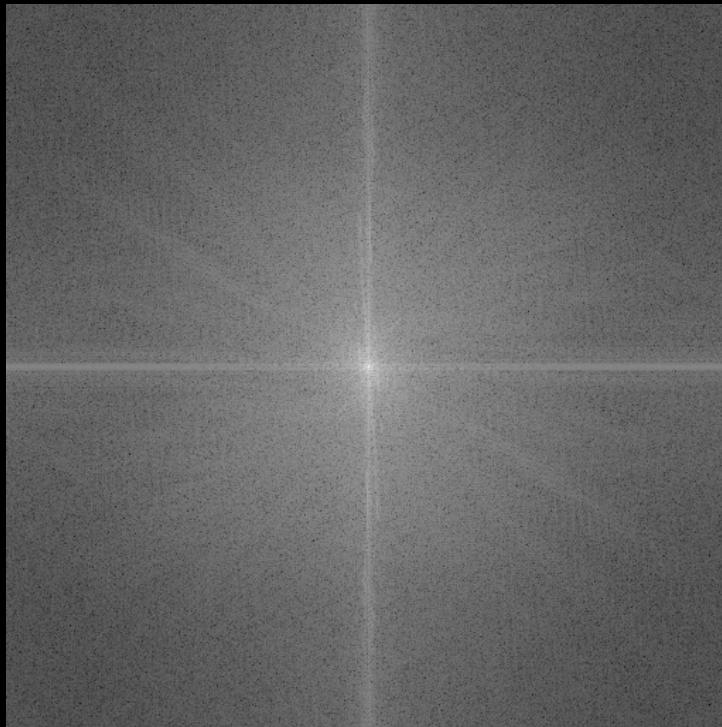


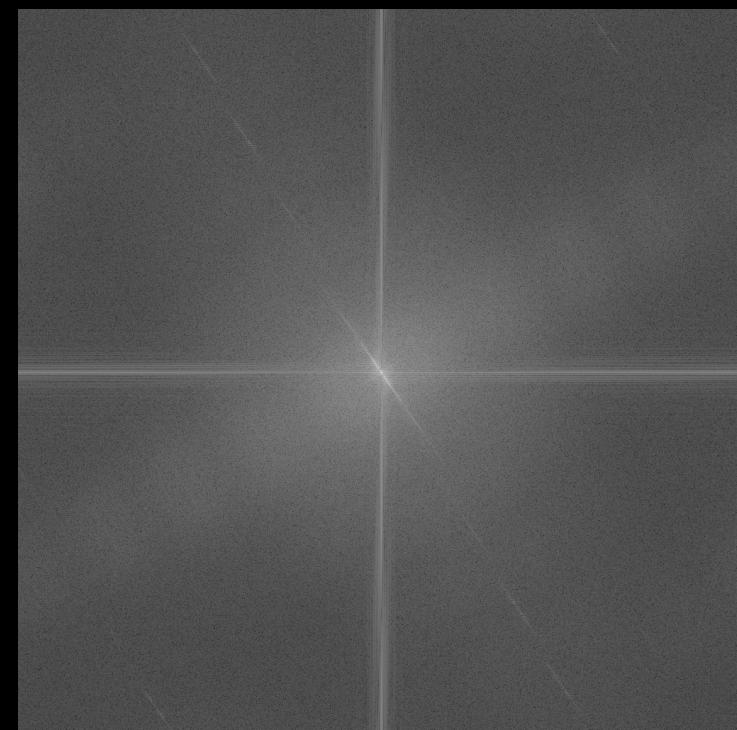
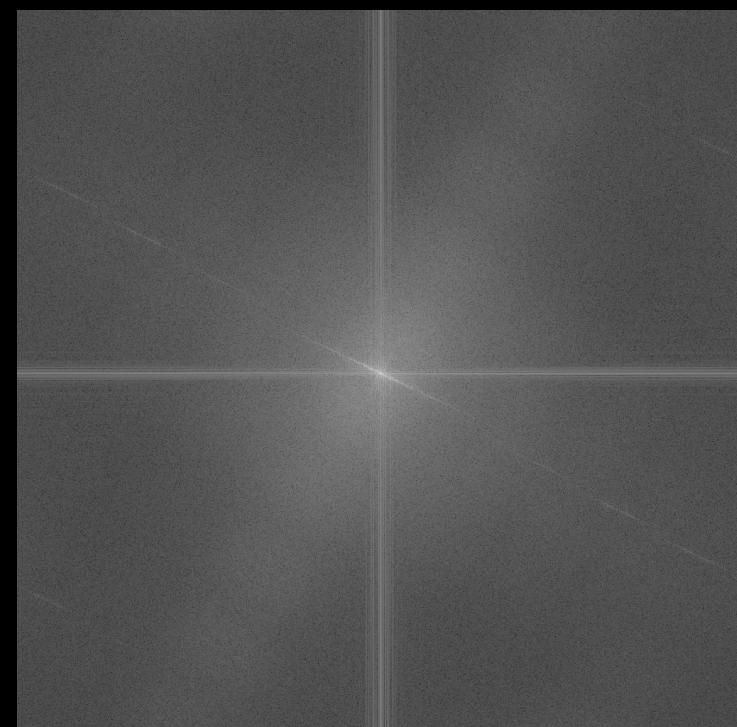


QUIZZ

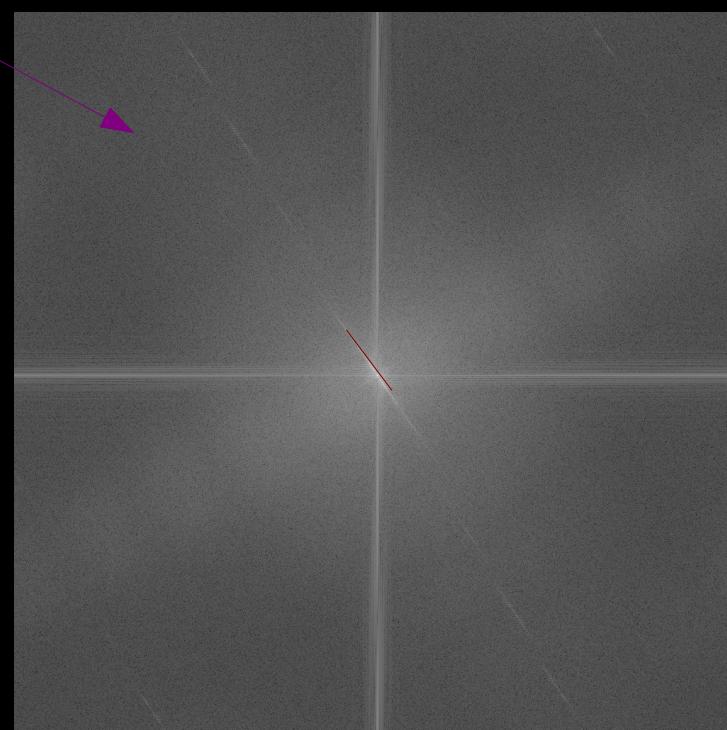
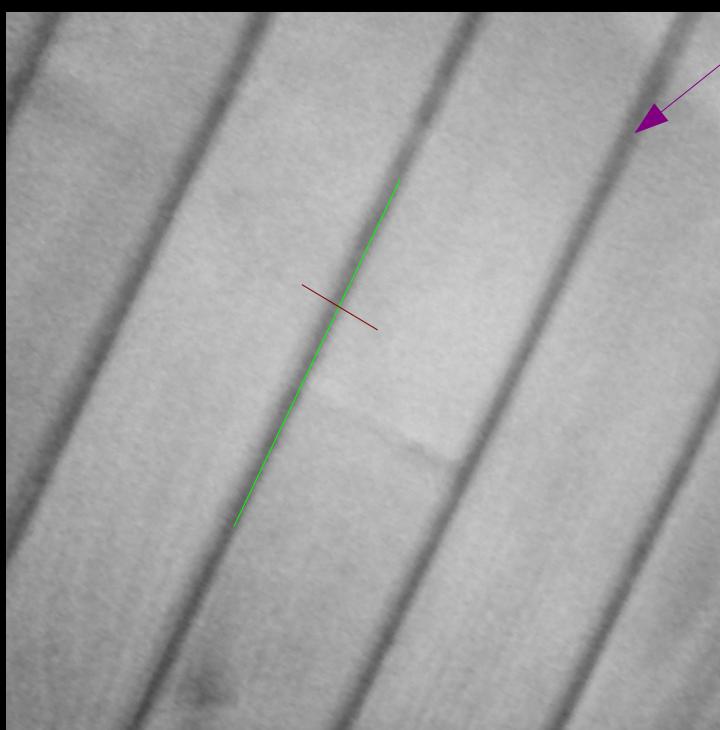
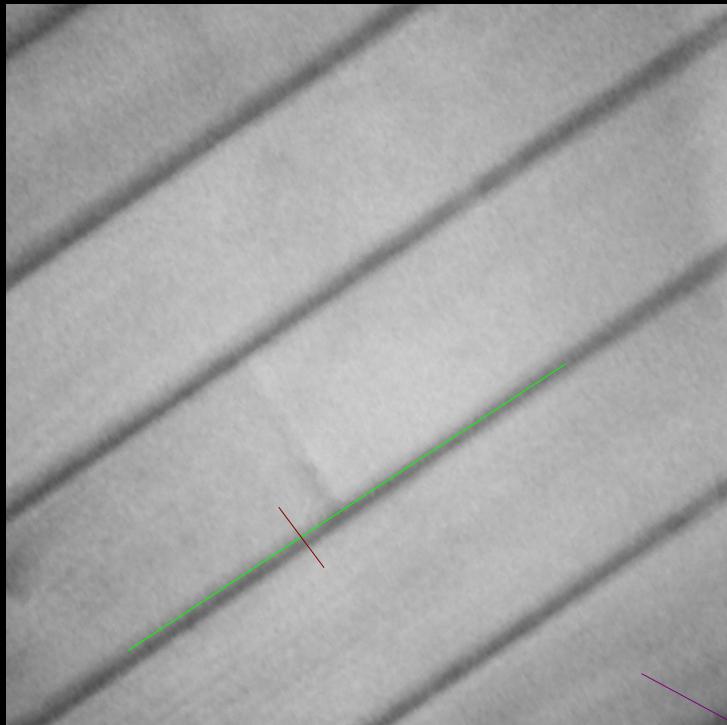


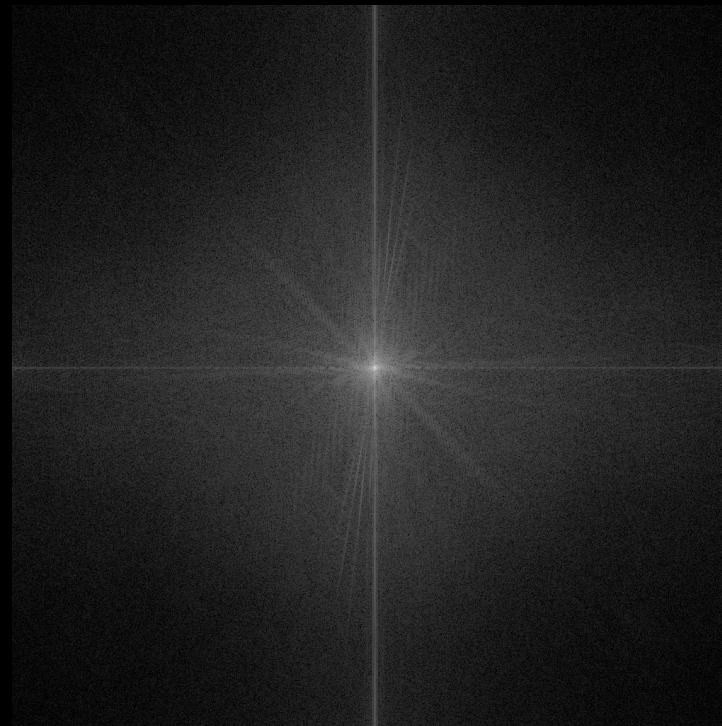
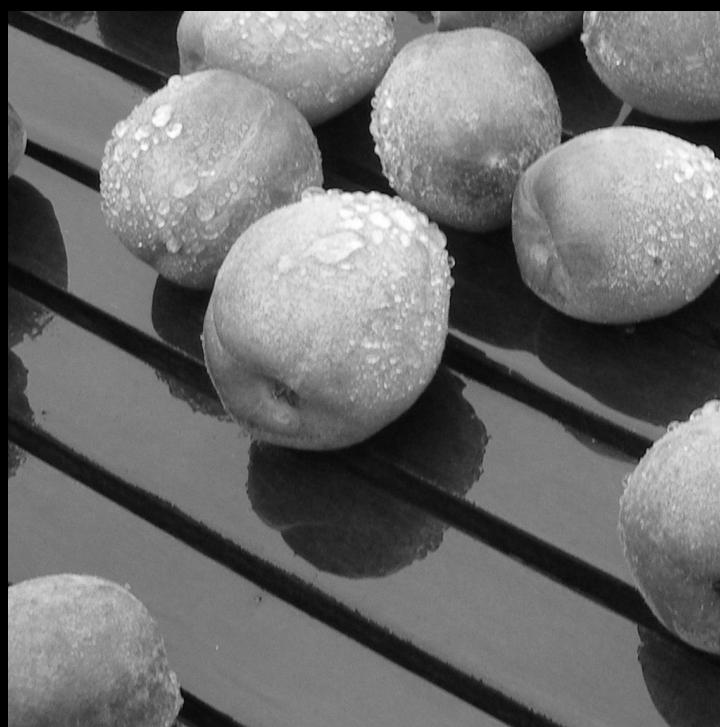
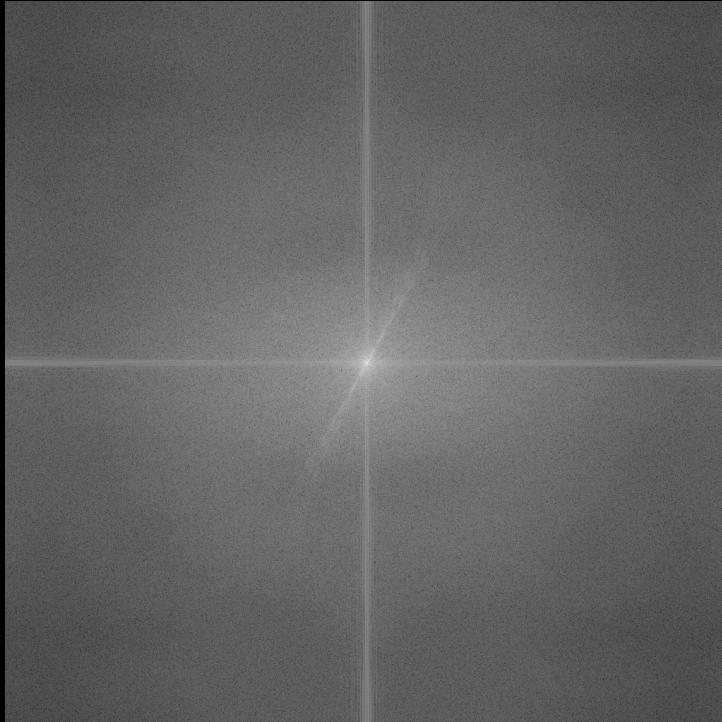
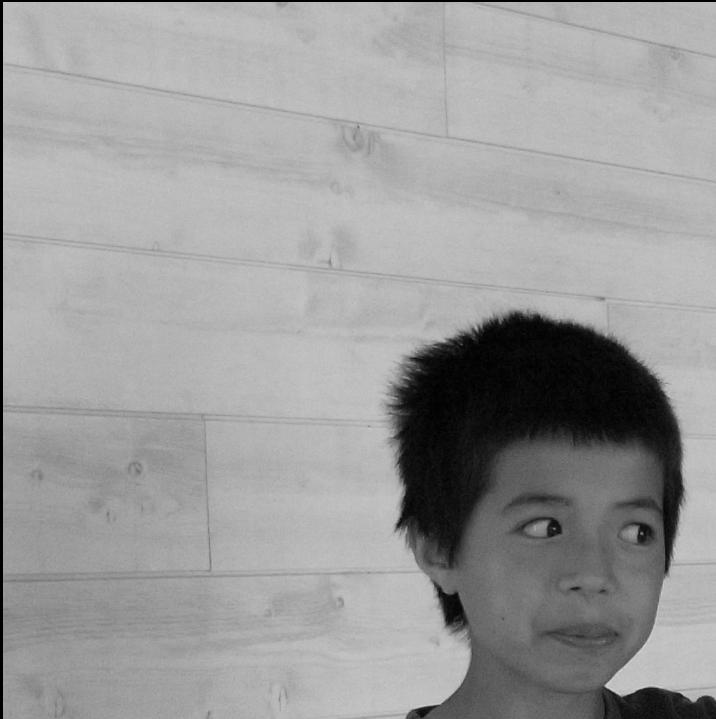
solution



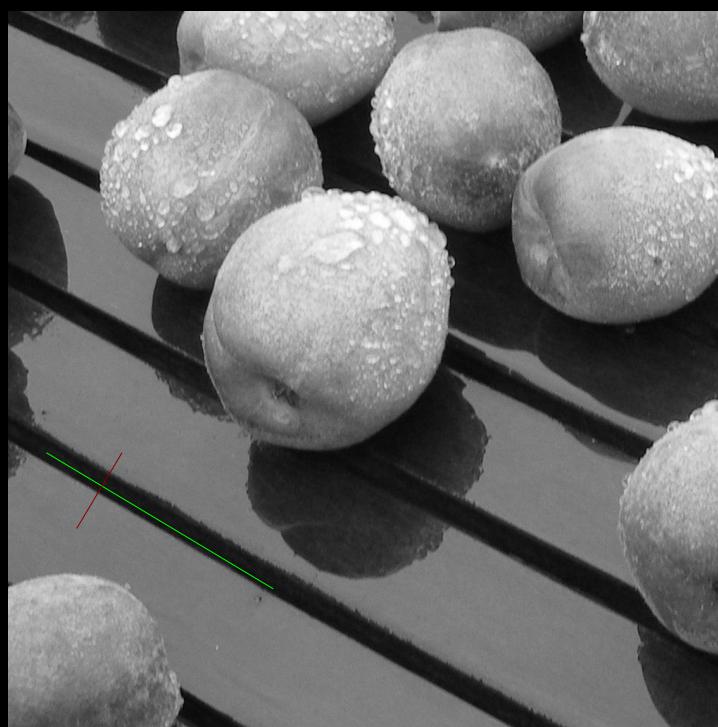
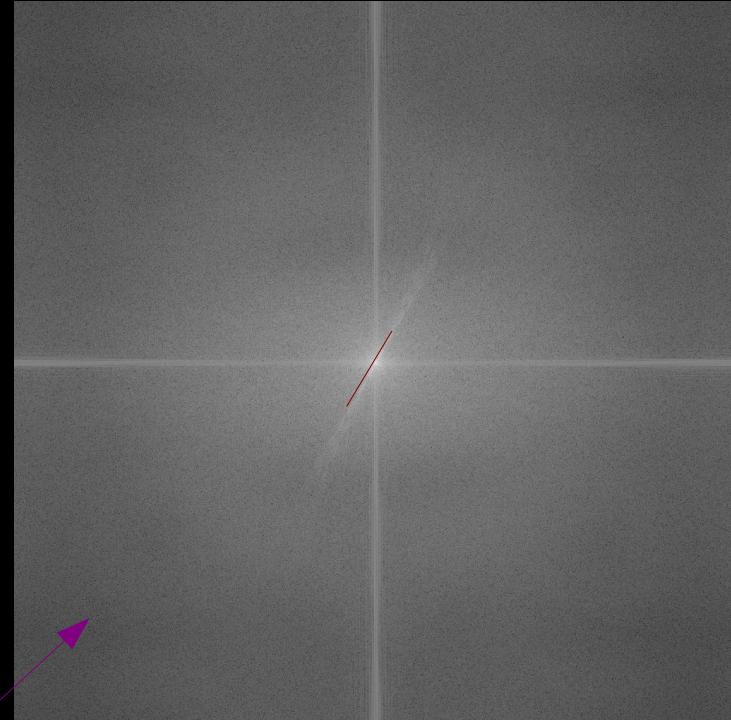
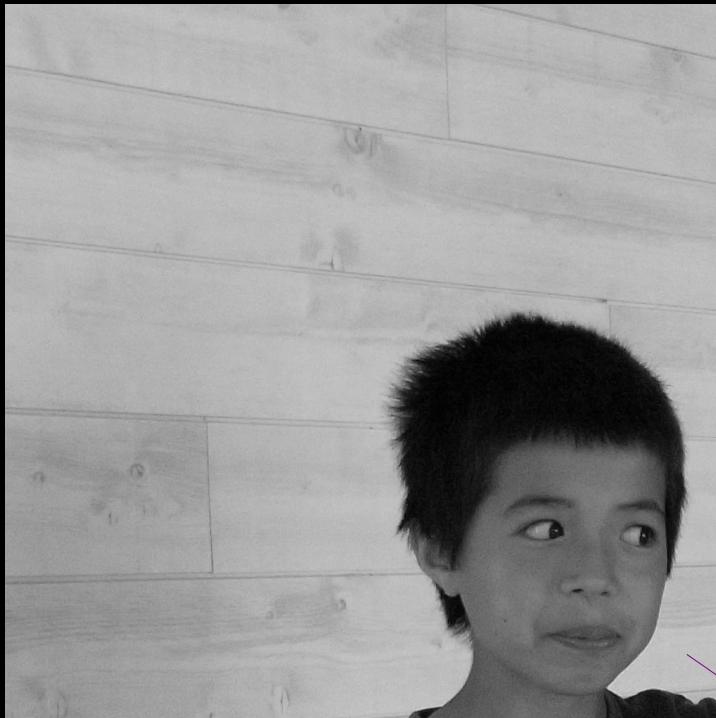


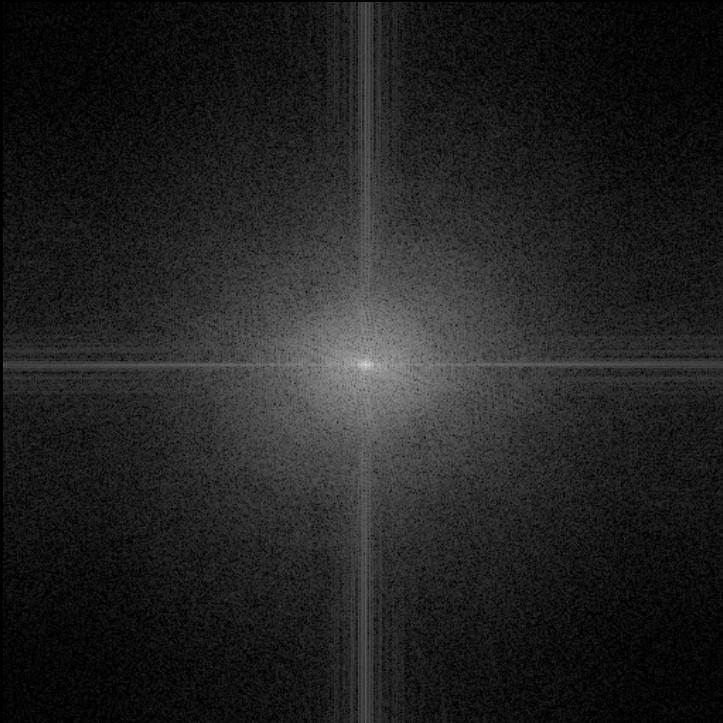
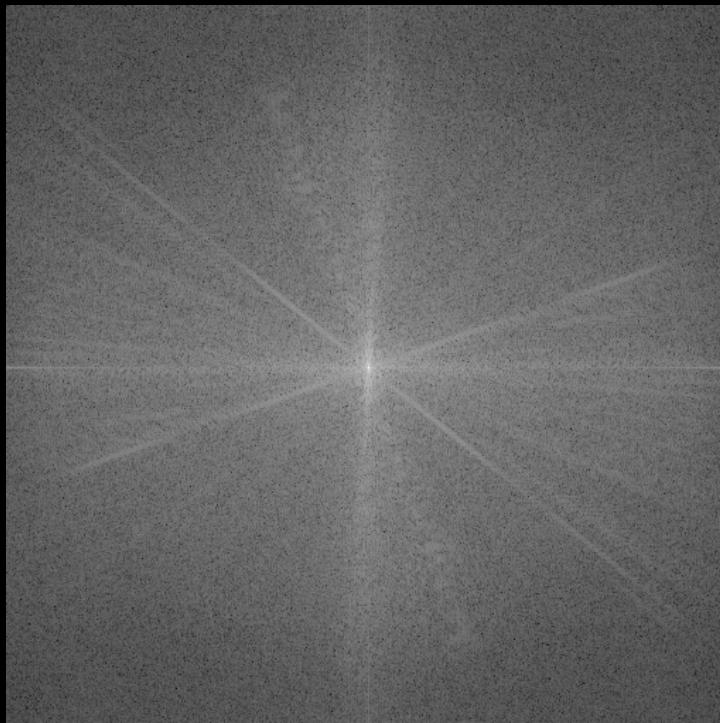
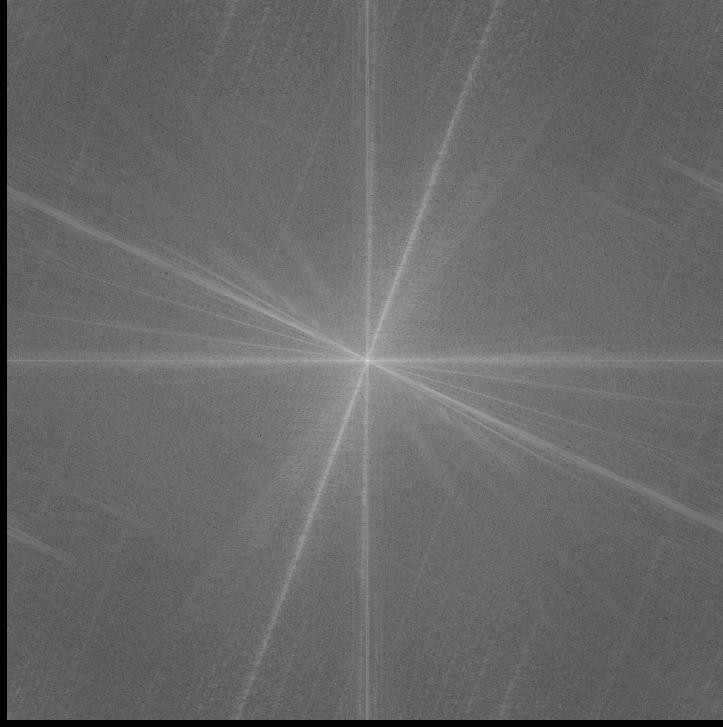
solution

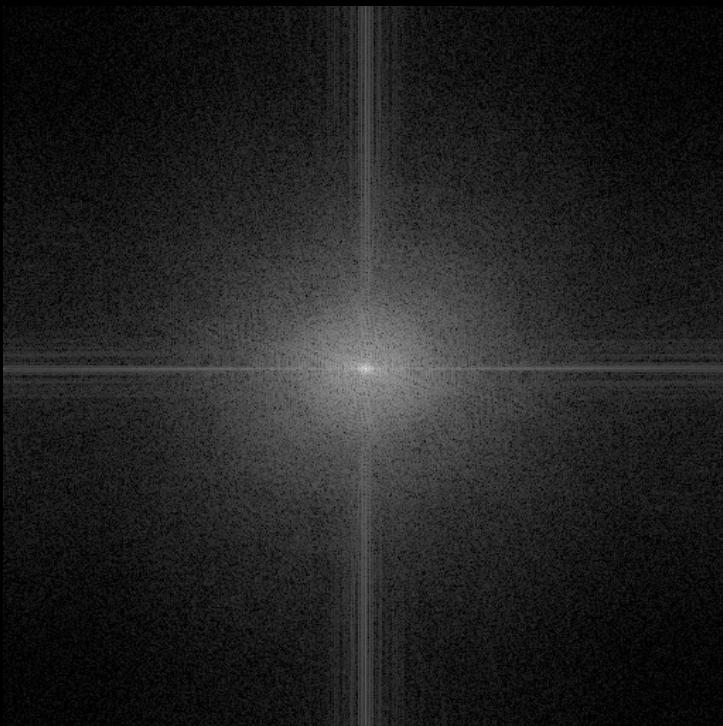
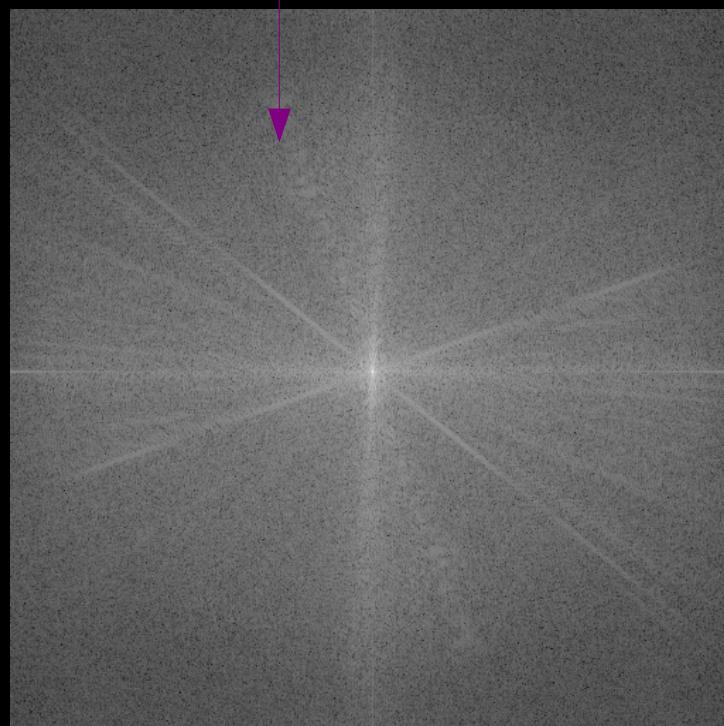
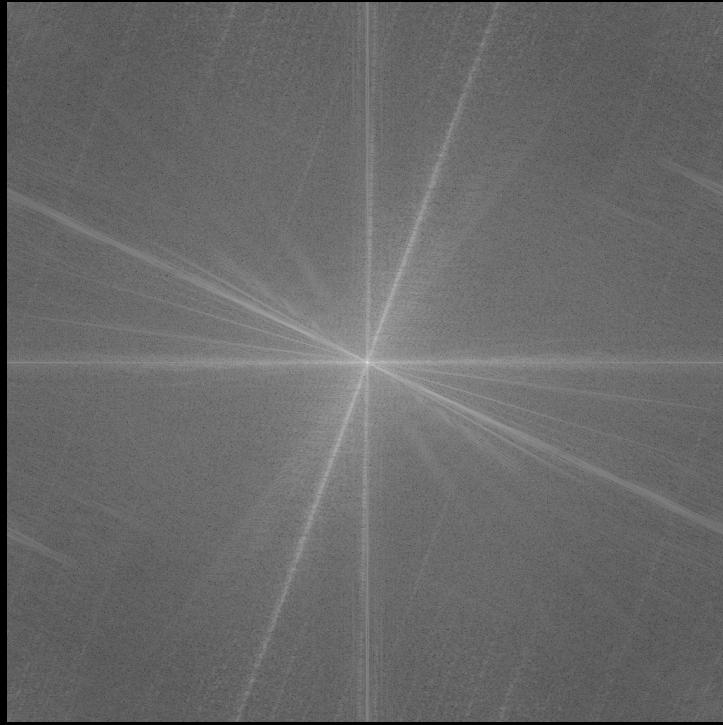


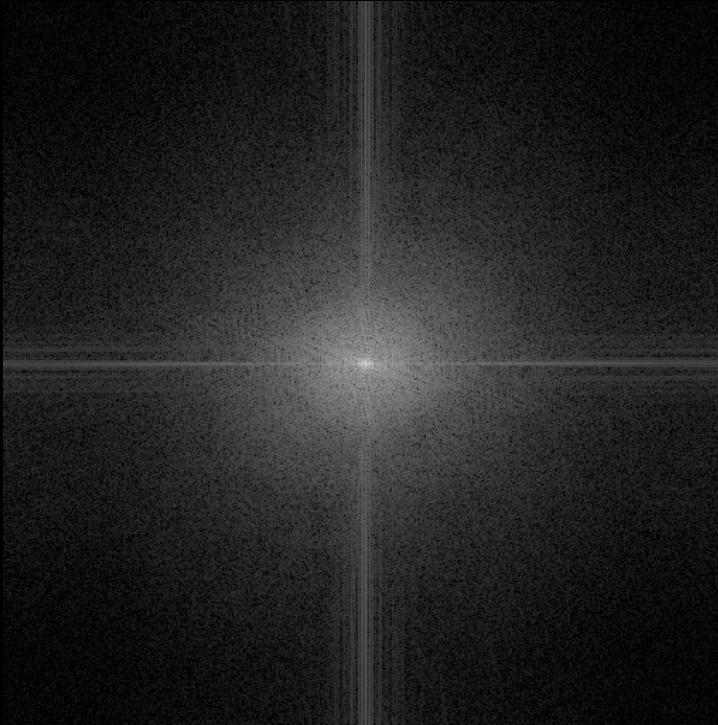
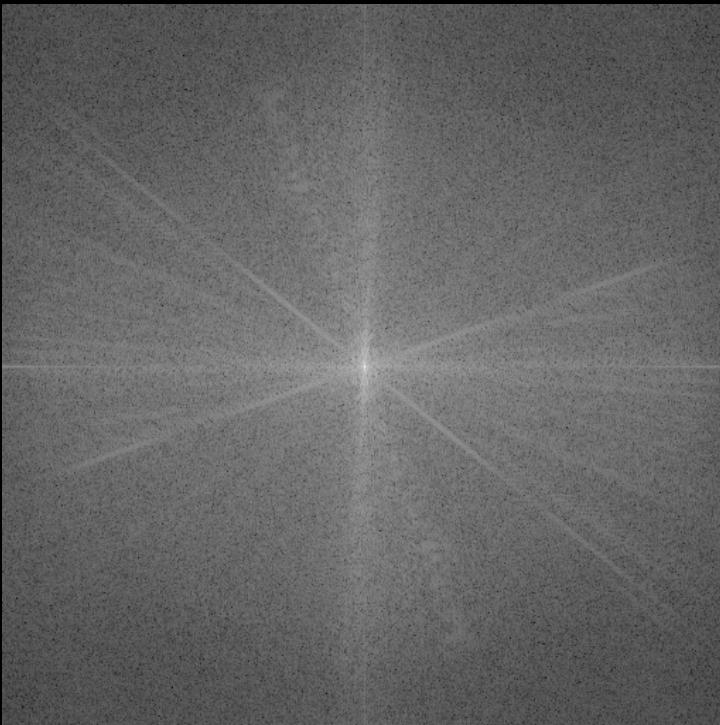
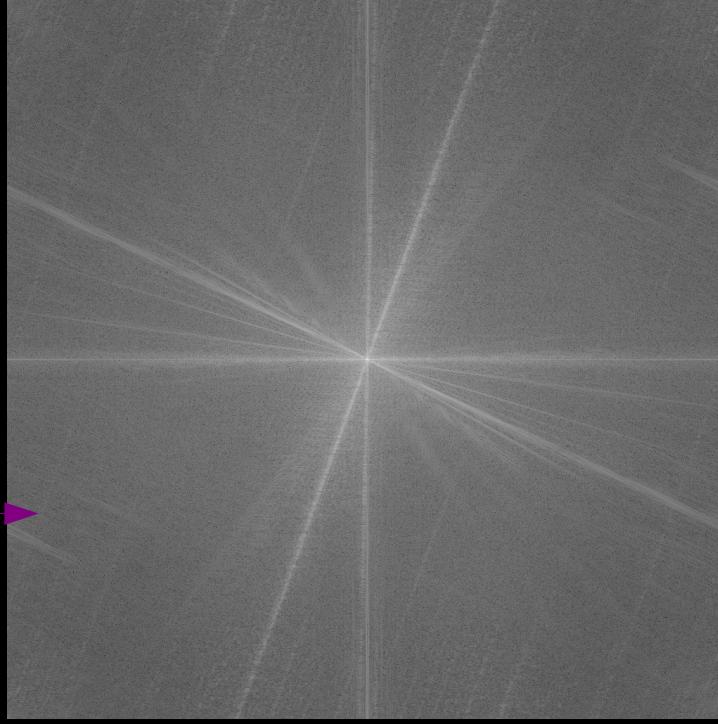


solution



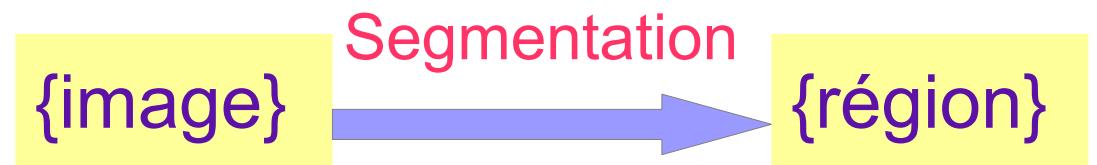






1 Le schéma de l'analyse d'image

exemple

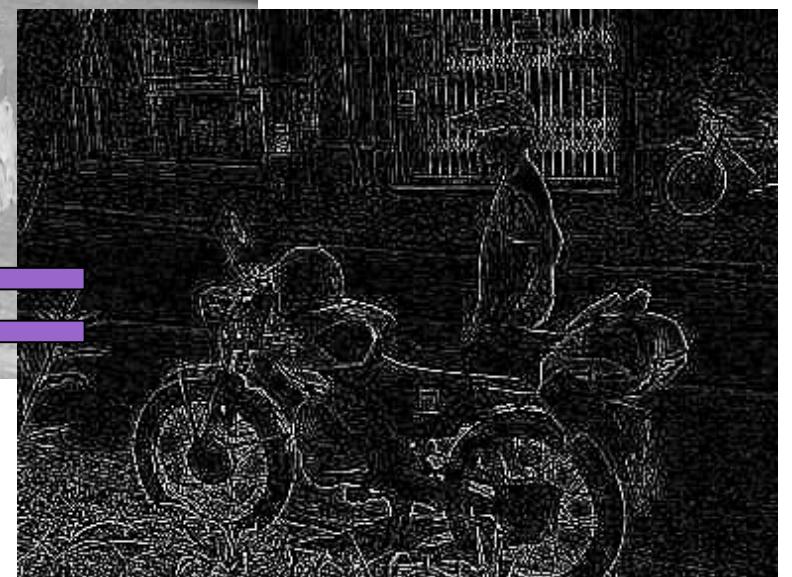


Images : Multirésolution et contours

Création d'une pyramide en 5 étages

Multi résolution

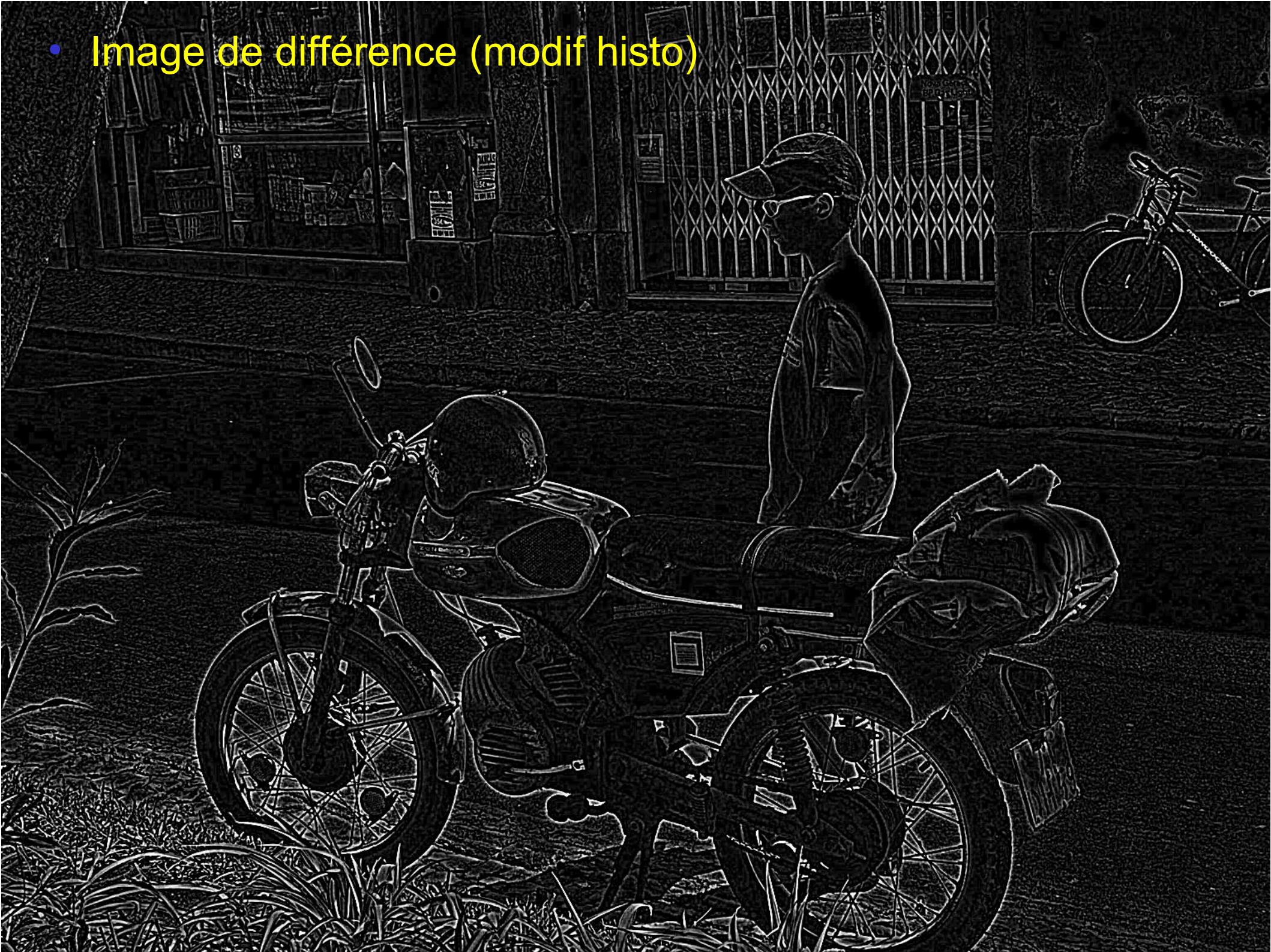




- Image de différence



- Image de différence (modif histo)

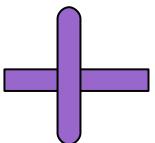


- Image de différence (modif histo 2)





Manque la moitié des valeurs

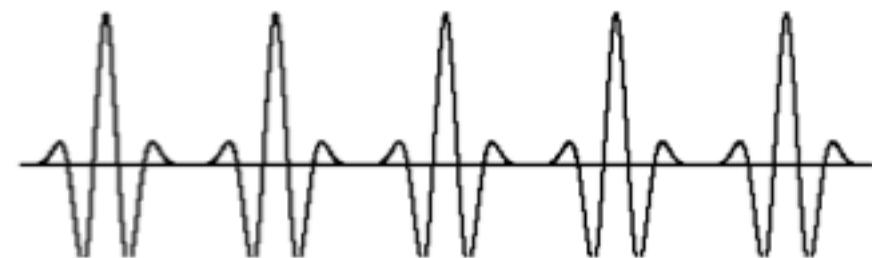


Imagerie multi échelles

Les ondelettes

Théorème de 1987 de Yves Meyer

Toute fonction intégrable se décompose
Dans une base orthonormée d'ondelettes



$$\psi_{i,k} = 2^{-i/2} \psi \left(\frac{x - 2^i k}{2^i} \right)$$



Imagerie multi échelles

Les ondelettes

Théorème de 1987 de Yves Meyer

Application à l'imagerie : Stéphane Mallat 1988

Généralisation du théorème d'échantillonnage de Shannon : M Unser & A Al Droubi 1991

Permet de relier l'échantillonnage avec les ondelettes
Donc le passage d'une résolution à une autre

Imagerie multi échelles

Les ondelettes en 2D

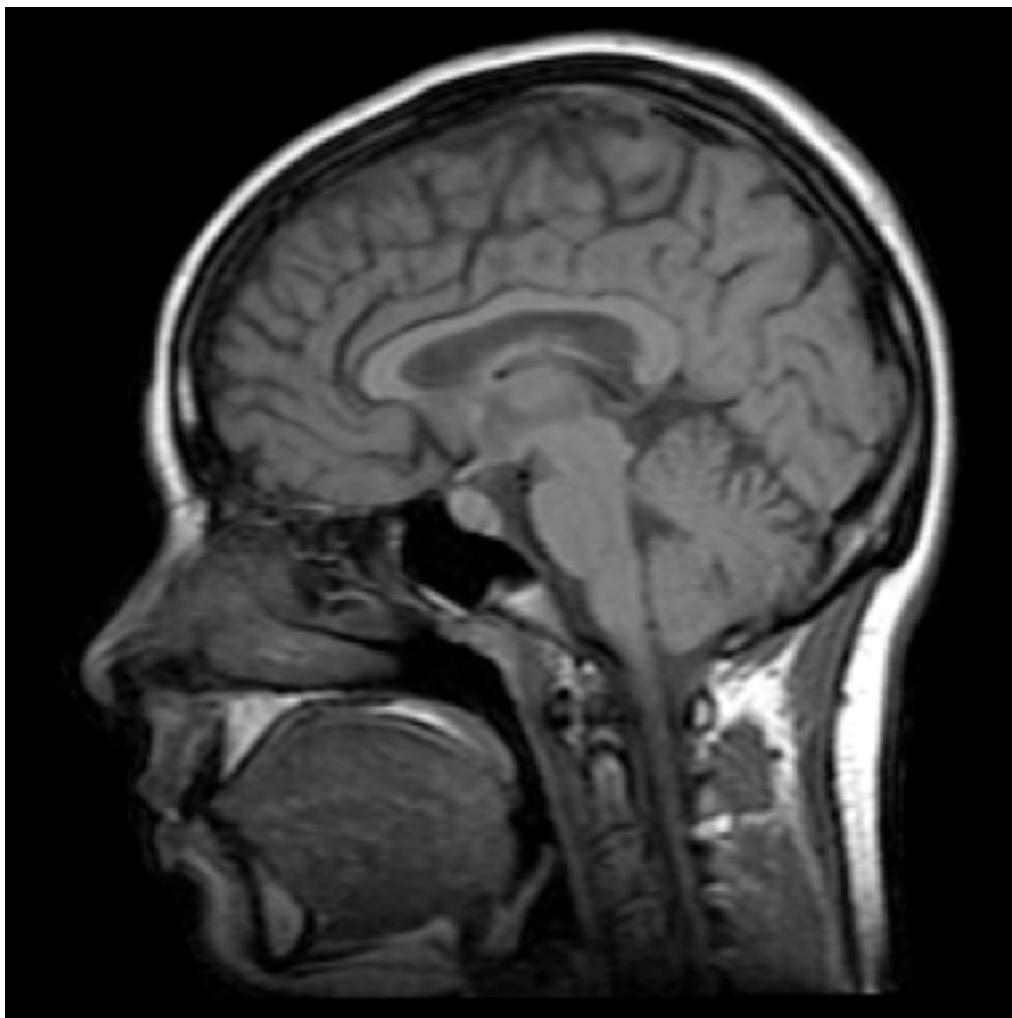
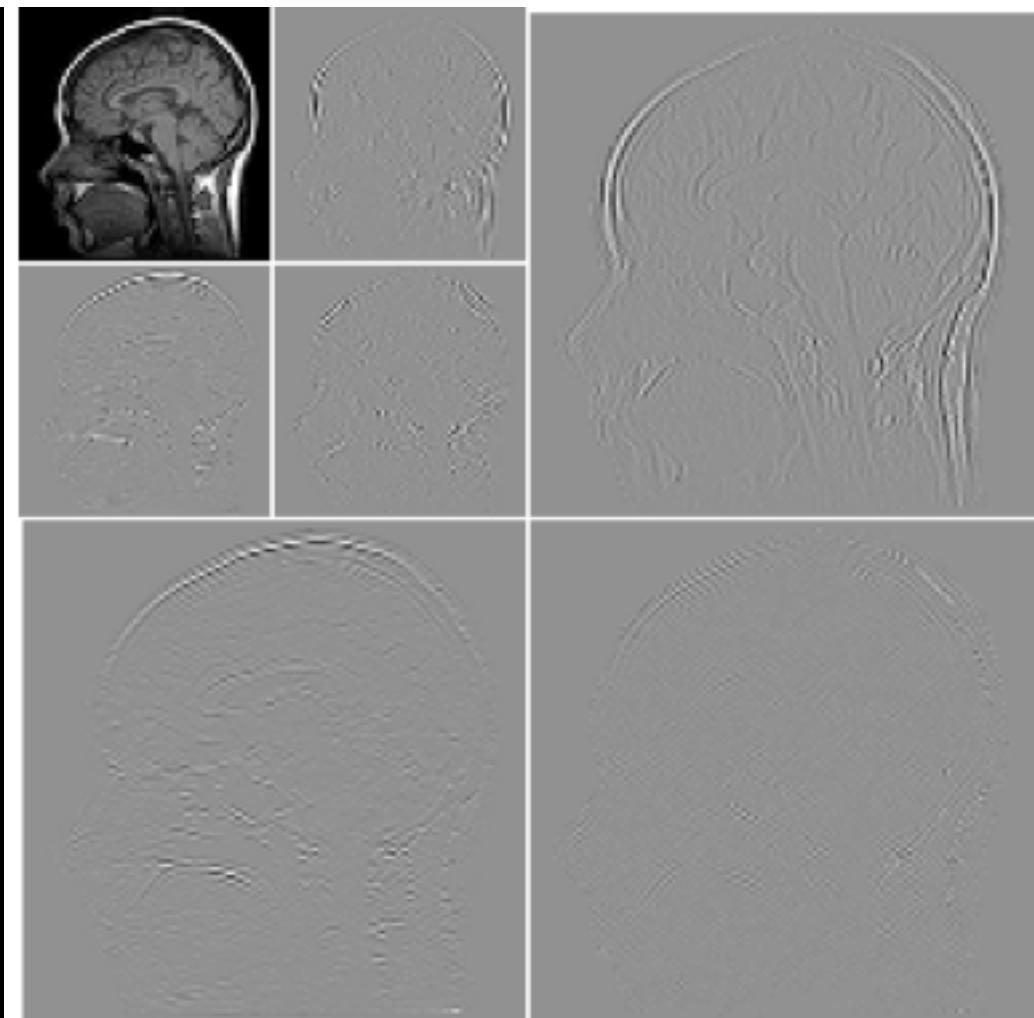


Image originale



Décomposition ondelette 49

Imagerie multi échelles

Les ondelettes en 2D

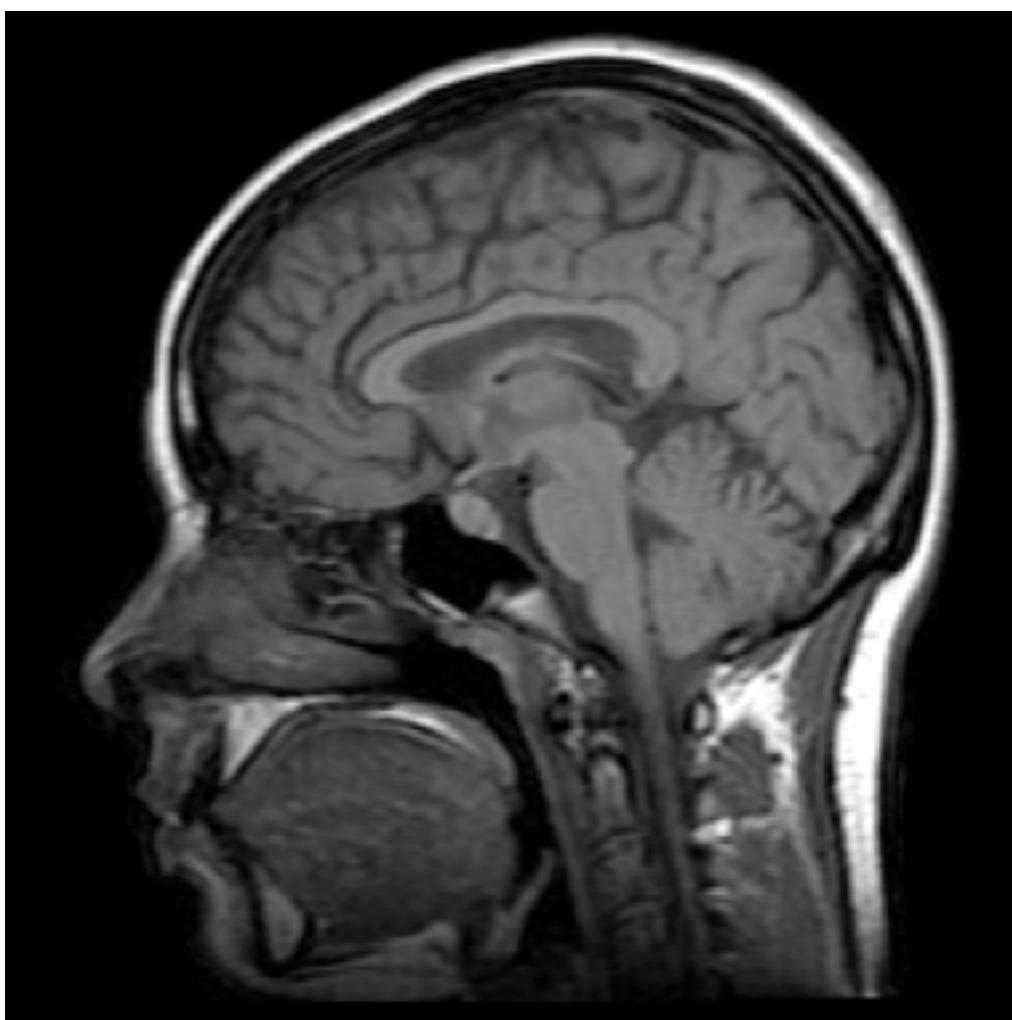
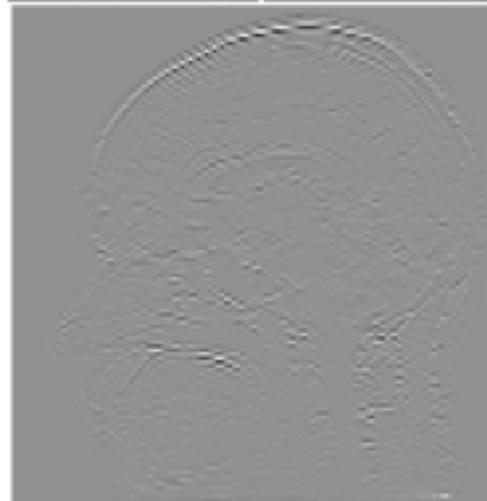
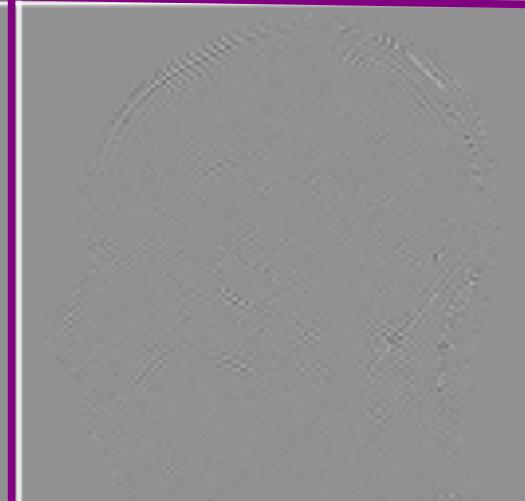
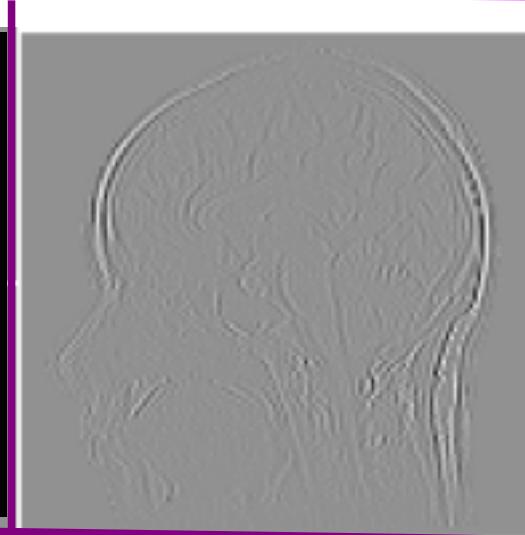


Image originale



Décomposition ondelette 50



Imagerie multi échelles

Les ondelettes en 2D

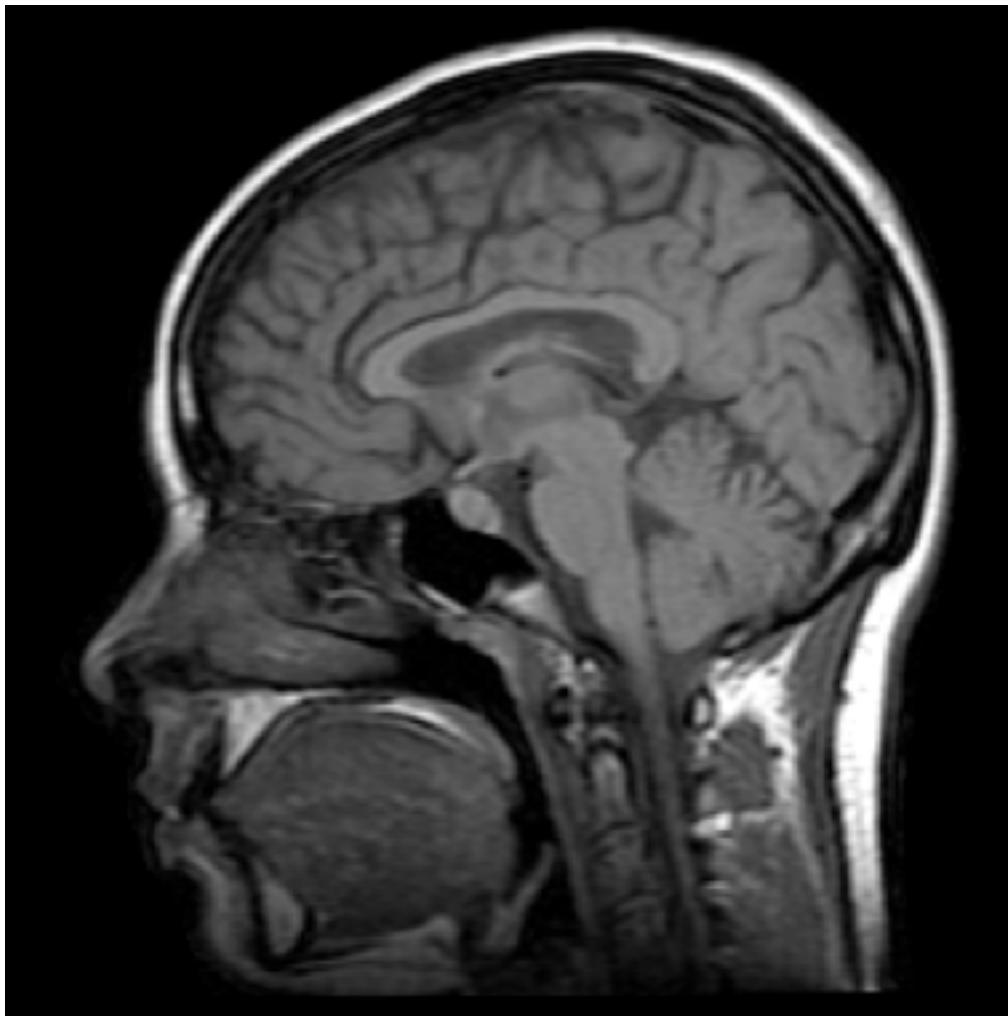
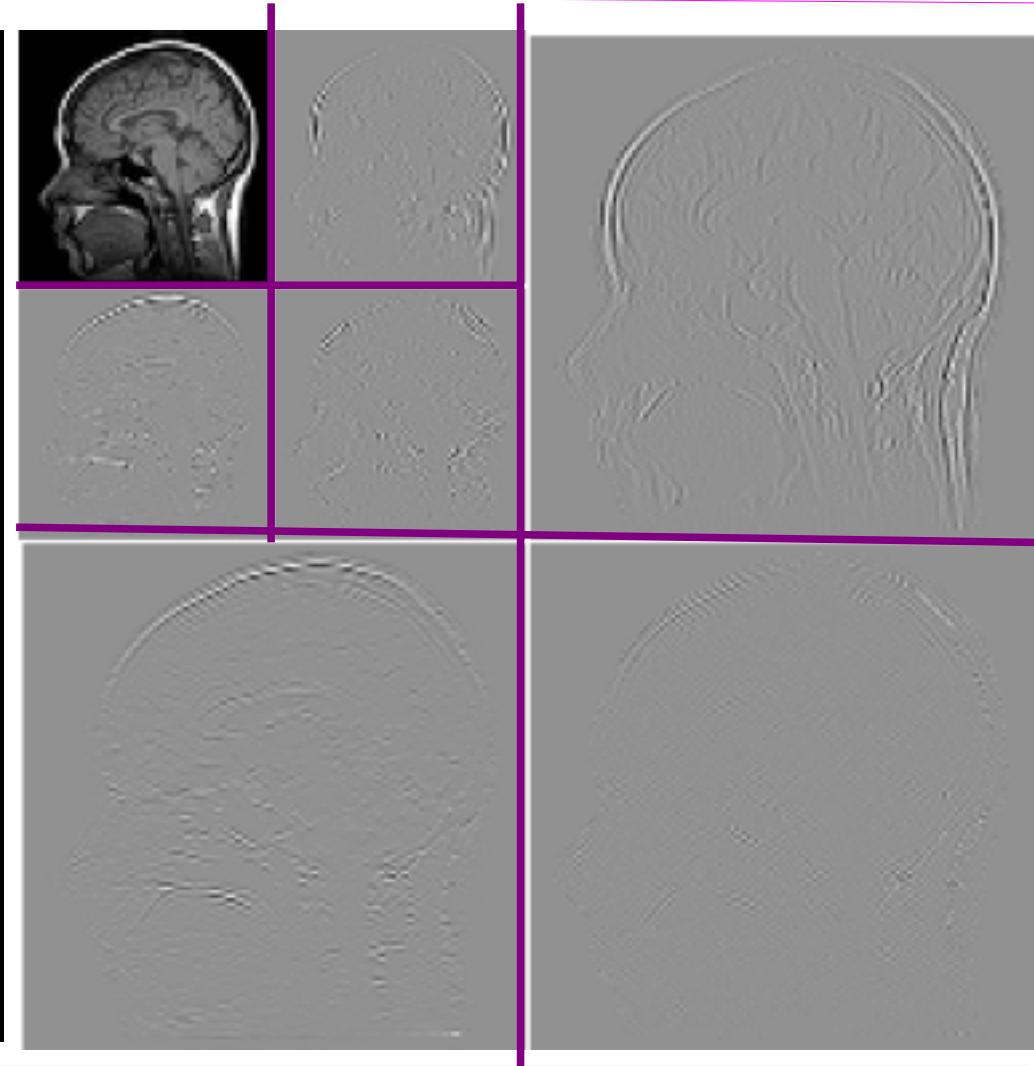


Image originale



Décomposition ondelette 51

Imagerie multi échelles

Les ondelettes



Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique

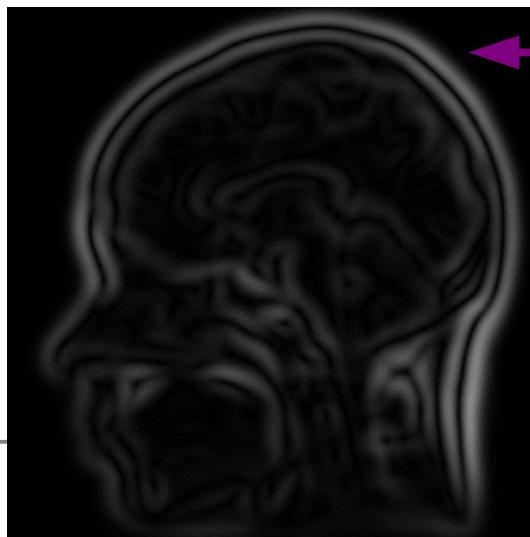
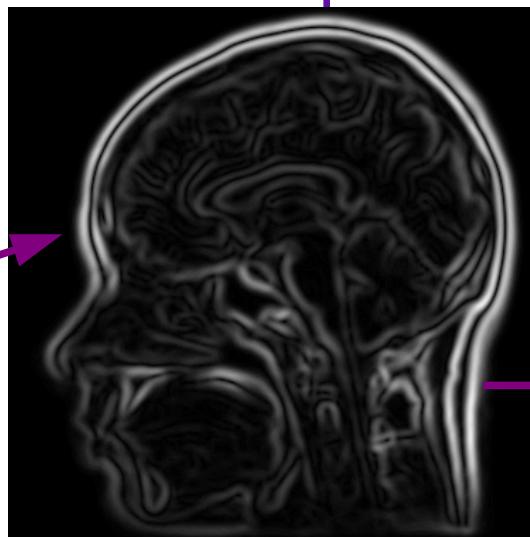
La diffusion
anis aux tropiques



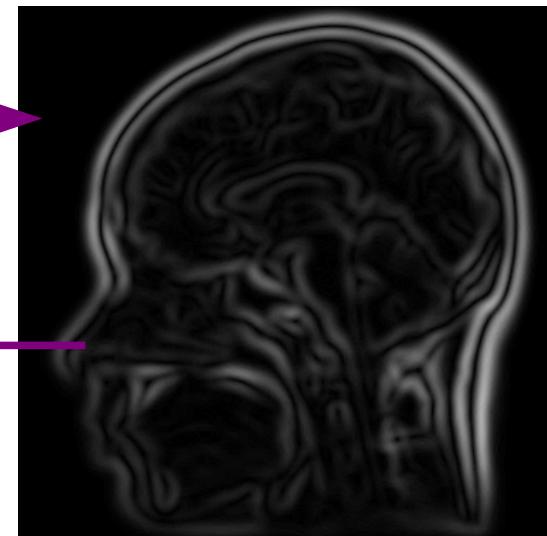
Imagerie multi échelles

La diffusion isotropique

Images des contours à chaque échelle (obtenues par ondelette et Dérivation)
=> Isotrope

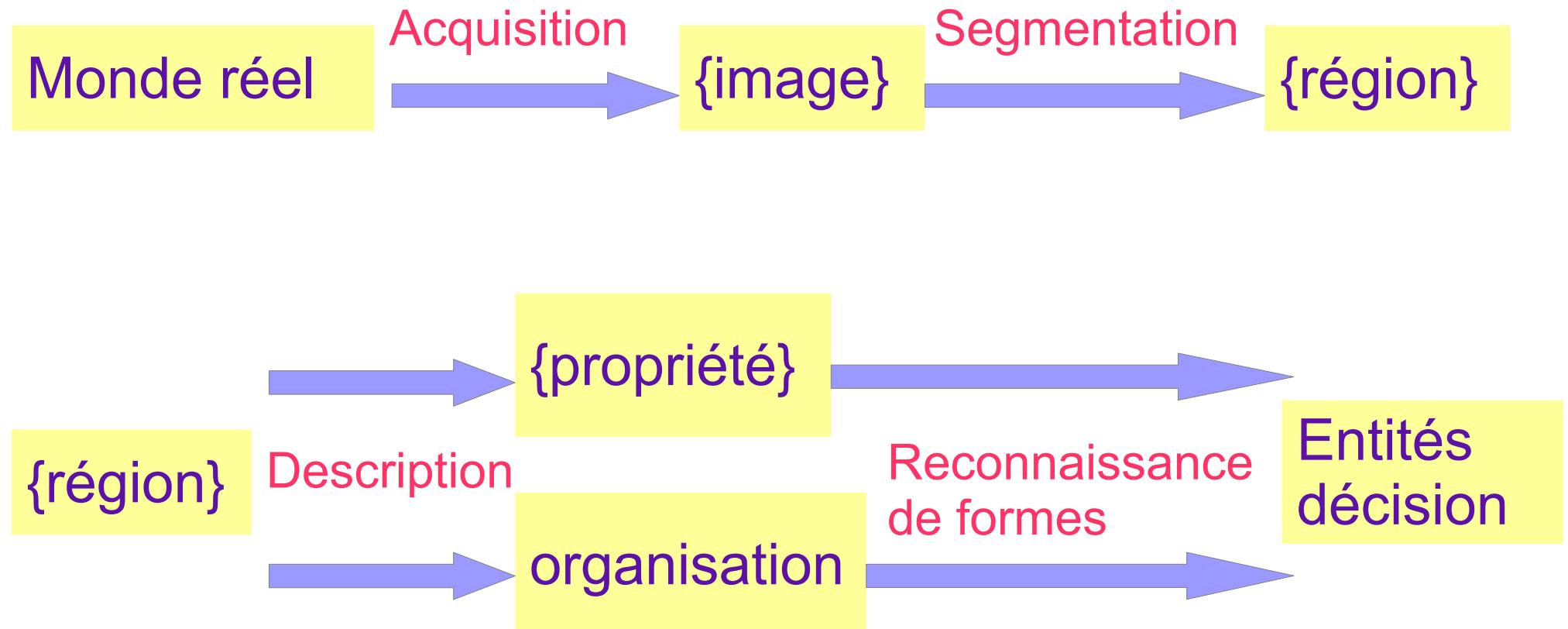


Équation de diffusion linéaire



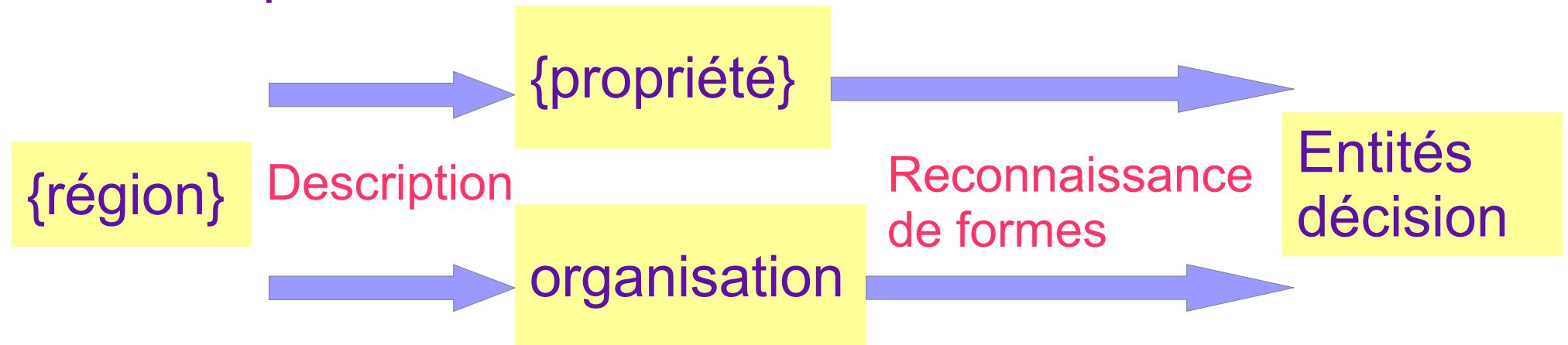
2 Le schéma de l'analyse d'image

Du pixel à la décision



2 Le schéma de l'analyse d'image

Du pixel à la décision



Analyse haut-niveau

3 Des exemples de traitements haut niveau

RANSAC : RANdom Sample Consensus (1981)

méthode pour estimer les paramètres de certains modèles mathématiques. Méthode itérative utilisée lorsque l'ensemble de données observées va contenir des valeurs aberrantes (outliers).

Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, « Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography», Comm. Of the ACM, vol. 24, juin 1981, p.381-395 ([DOI 10.1145/358669.358692](https://doi.org/10.1145/358669.358692))

3 Des exemples de traitements haut niveau

RANSAC : RANdom Sample Consensus (1981)

Exemple modèle mathématique : droite

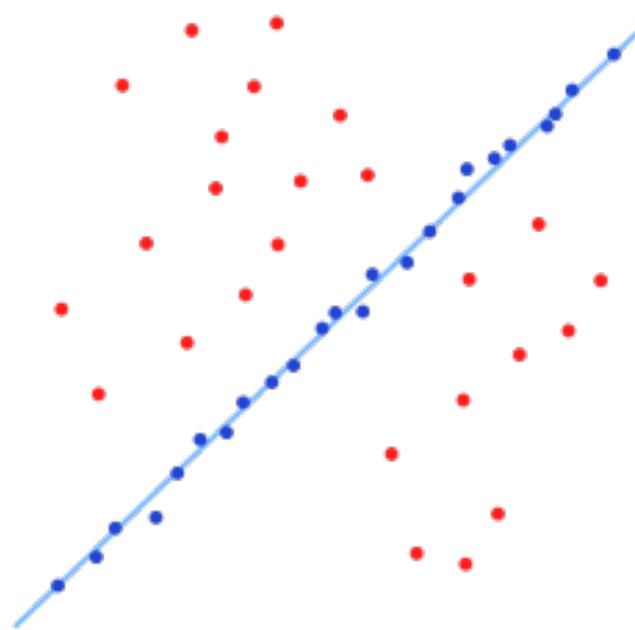


Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, « Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography», Comm. Of the ACM, vol. 24, juin 1981, p.381-395 ([DOI 10.1145/358669.358692](https://doi.org/10.1145/358669.358692))

3 Des exemples de traitements haut niveau

RANSAC : RA^Ndom Sample Consensus (1981)

Exemple modèle mathématique : droite



Martin A. Fischler and Robert C. Bolles, « Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography », Comm. Of the ACM, vol. 24, juin 1981, p.381-395 ([DOI 10.1145/358669.358692](https://doi.org/10.1145/358669.358692))

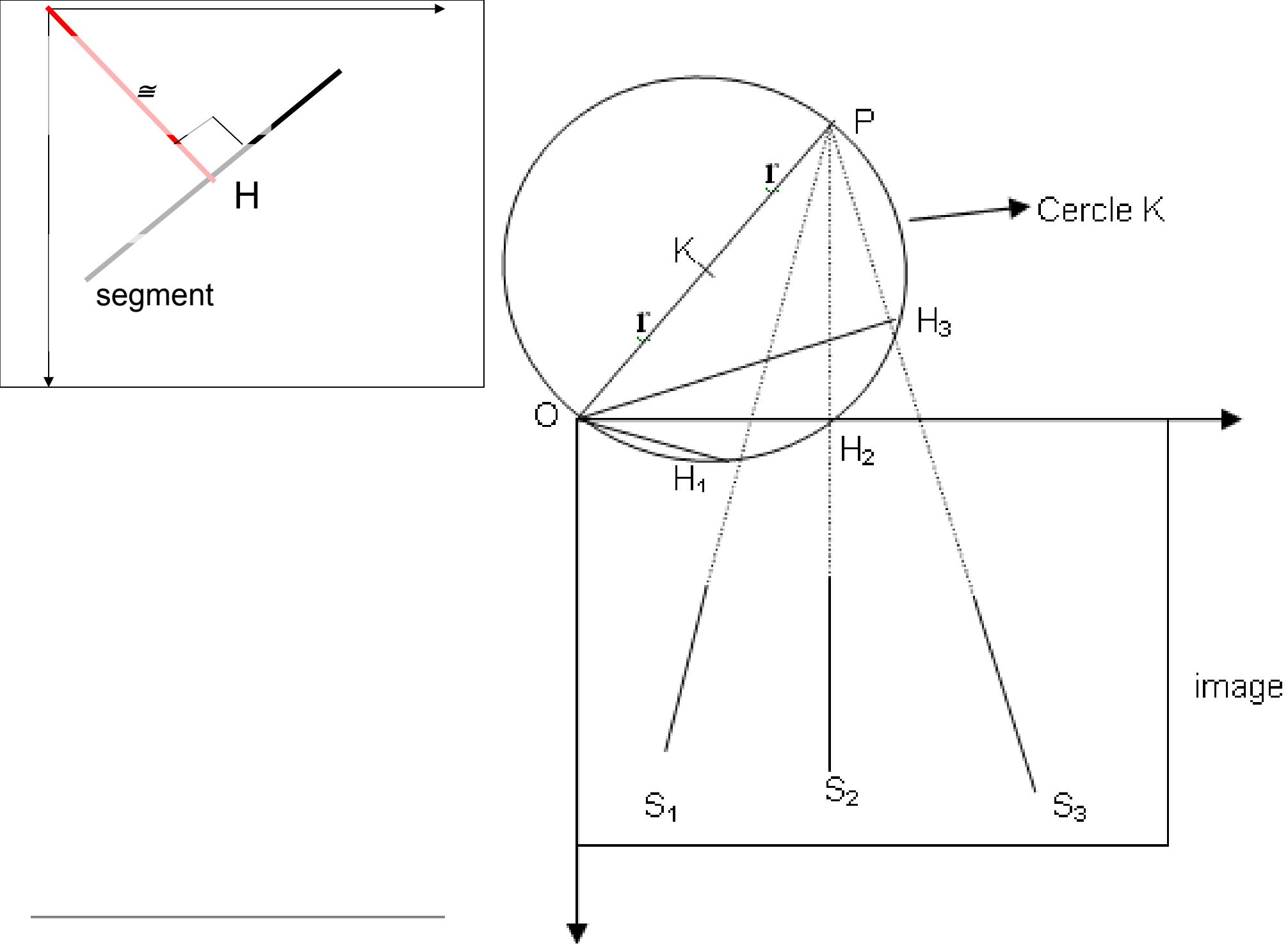
3 Des exemples de traitements haut niveau

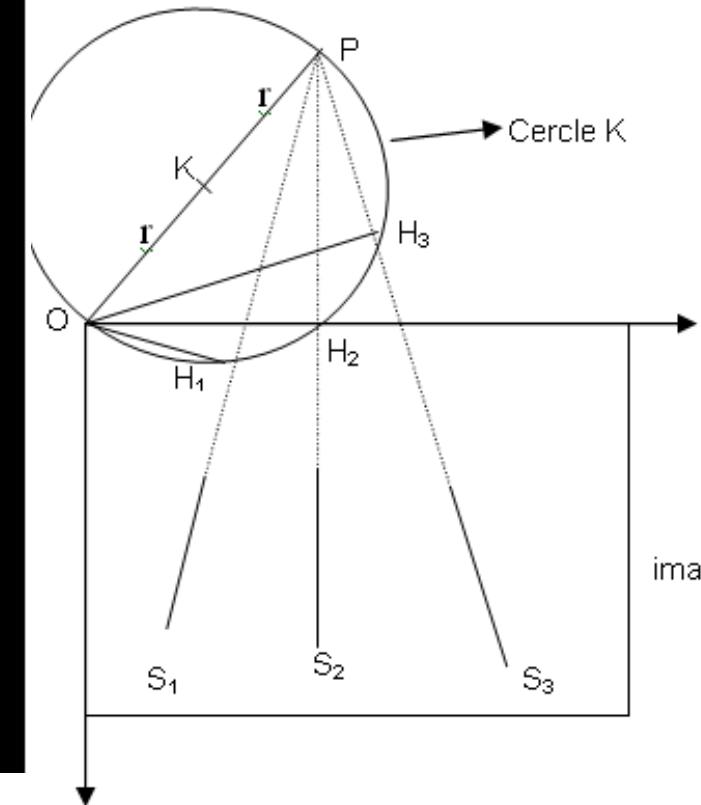
RANSAC : RA^Ndom Sample Consensus (1981)

Exemple application avec points de fuites



La définition d'un point de fuites





image

Minimisation de la distance algébrique des points H au cercle K

Représentation algébrique du cercle dans un plan:

$$F(x) = a \cdot x^t x + b^t \cdot x + c = 0, \text{ où } a \neq 0 \text{ et } b, x \in \mathbb{R}^2$$

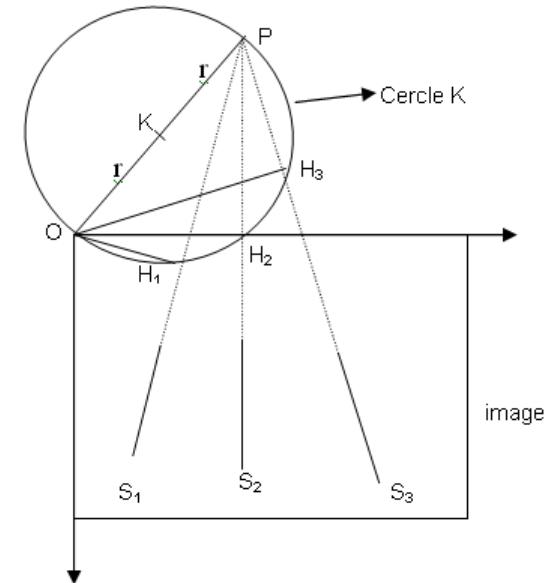
Pour la résolution du système nous imposons la contrainte : $\|u\|=1$, où $u=(a; b_1; b_2; c)$

Nous minimisons : $\text{Min} \|Bu\|_{\|u\|=1}$

$$Bu=0$$

$$B = \begin{vmatrix} X_{11}^2 + X_{12}^2, X_{11}, X_{12}, 1 \\ \dots \\ \dots \\ X_{n1}^2 + X_{n2}^2, X_{n1}, X_{n2}, 1 \end{vmatrix}$$

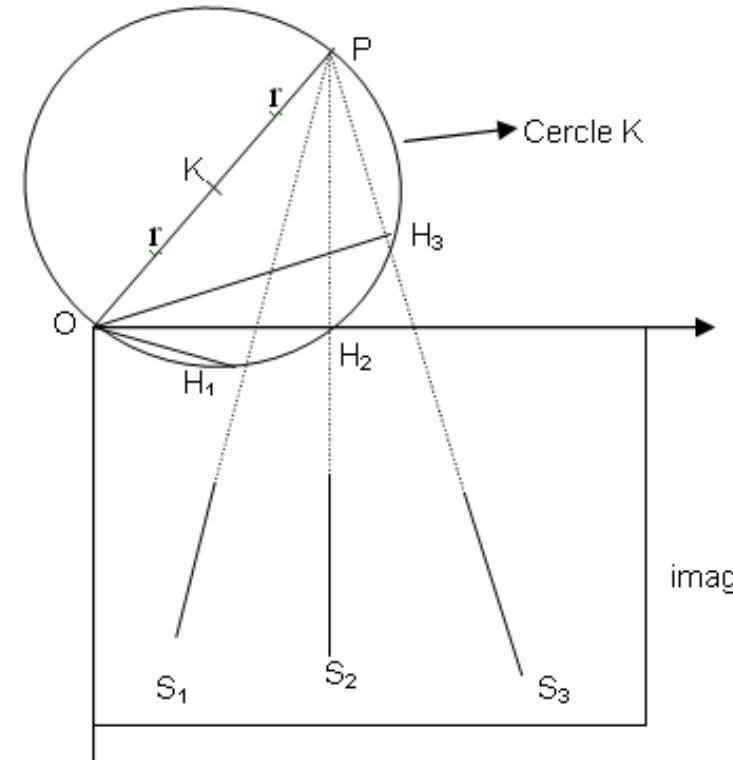
$$B = \left| \begin{array}{cccc} X_{11}^2 + X_{12}^2, X_{11}^2, X_{11}, X_{12,1} \\ \dots \\ \dots \\ X_{11}^2 + X_{12}^2, X_{11}^2, X_{11}, X_{12,1} \end{array} \right|$$



Minimisation de la distance algébrique des points H au cercle K

$$Bu=0$$

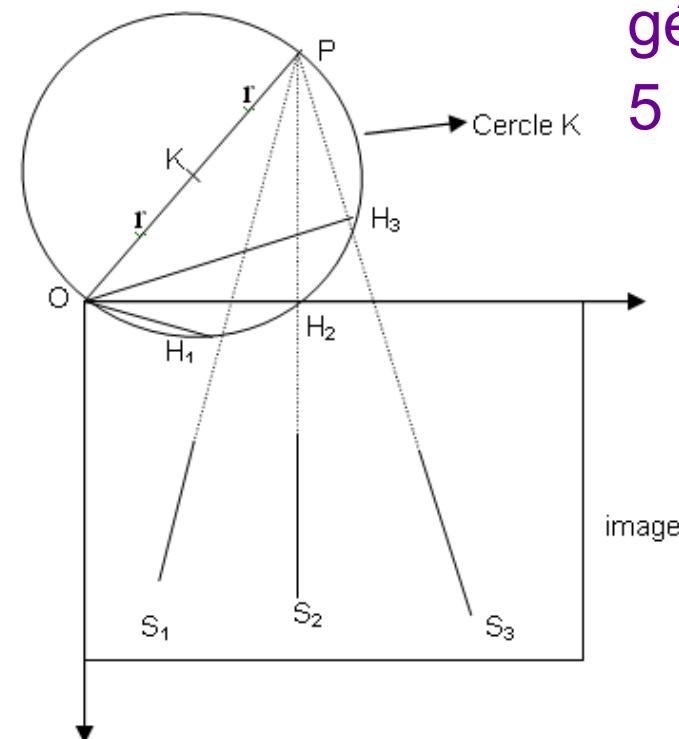
Ce système sera résolu par une décomposition SV et la solution finale K sera celle de la plus petite valeur propre du vecteur propre correspondant où **k1** et **k2** sont les coordonnées du centre du cercle **K**, et **r** son rayon.
Ici le cercle passe par l'origine O, donc $c = 0$



$$K = \left(k_1 = \frac{-b_1}{2a}, k_2 = \frac{-b_2}{2a} \right) \quad r_K = \sqrt{\left(\frac{\|b\|^2}{4a^2} - \frac{c}{a} \right)} \quad r_{K0} = \frac{\|b\|}{2a}$$

3 Exemple de la recherche des points de fuite

- 1 - Extraction des segments de l'image
- 2 - Calcul des points H pour chaque segment
- 3 - Extraction des cercles à partir des points H
- 4 - Prise en compte d'autres contraintes géométriques pour trouver les cercles K
- 5 - Validation





1 - Extraction des segments de l'image

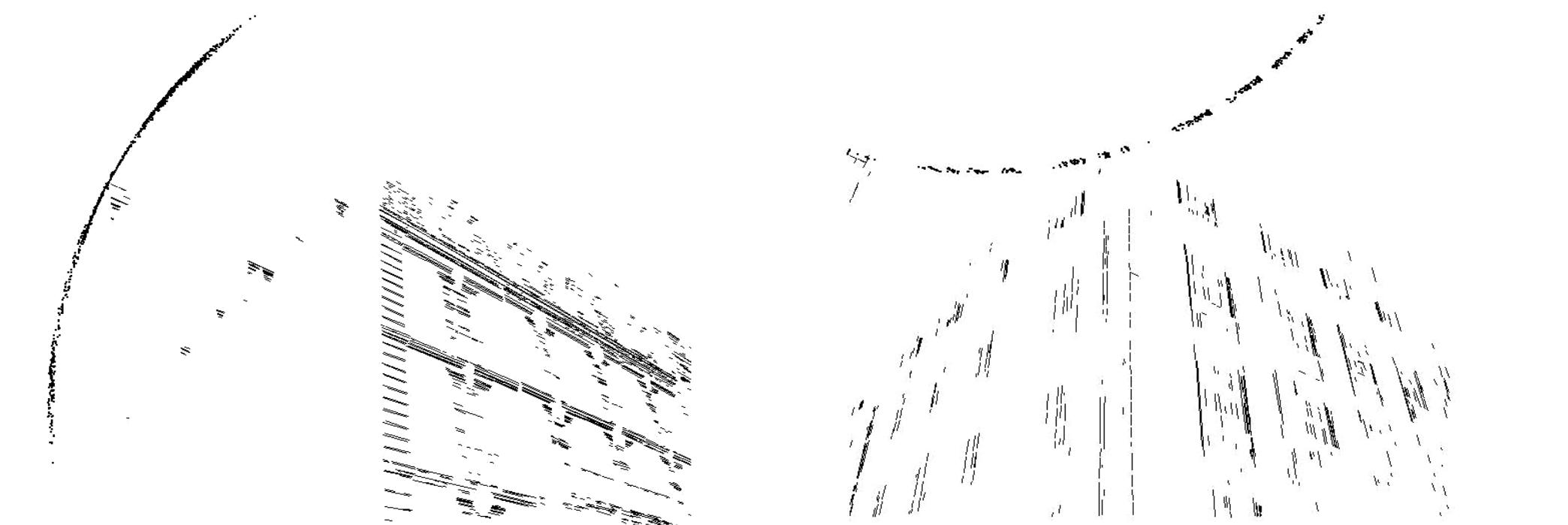
Filtre de Canny-Deriche

Détection des maxima locaux dans la direction du gradient

Seuillage par hystérésis

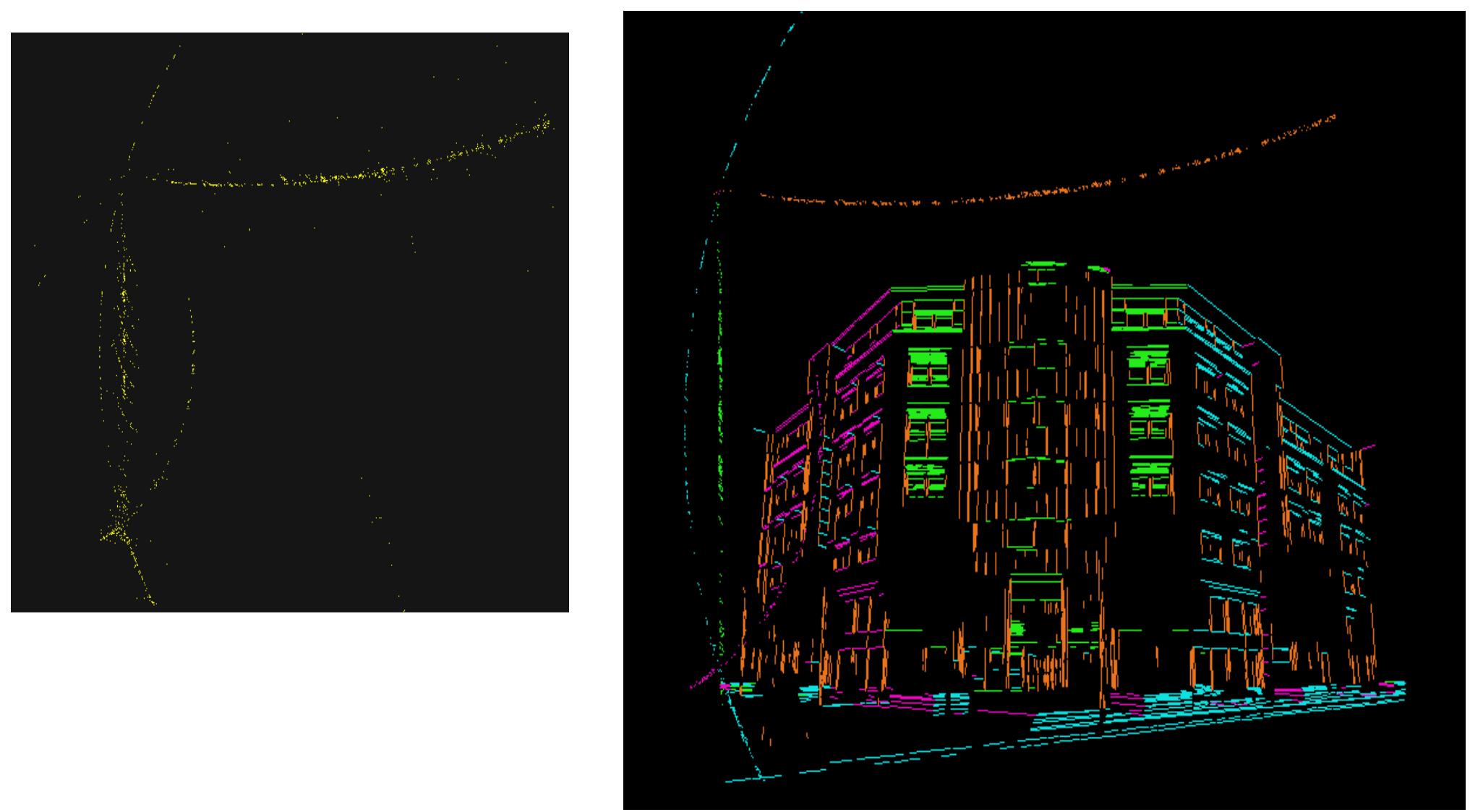
Polygonisation

Estimation des paramètres de la droite ainsi que la matrice variance-covariance des paramètres

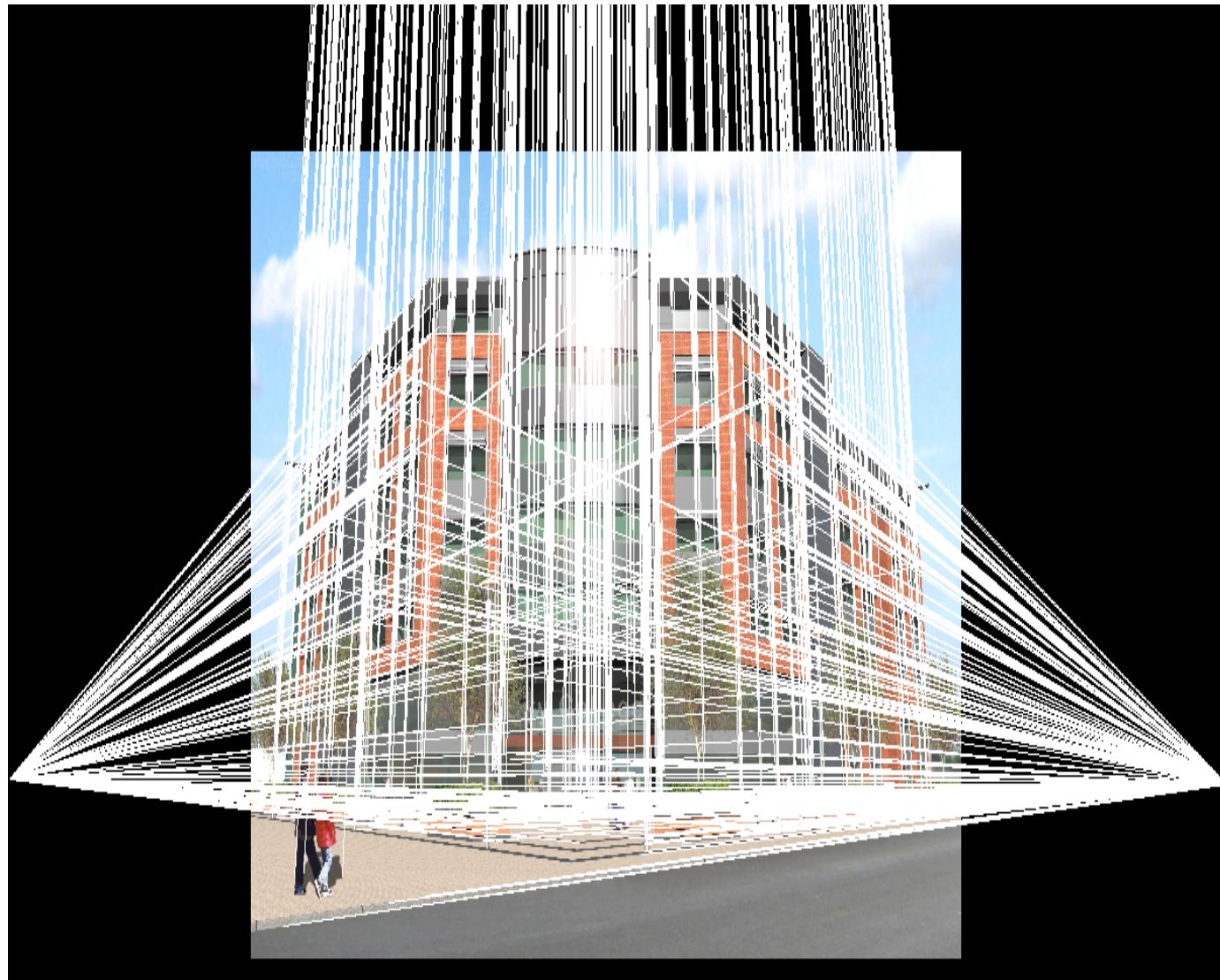




Chaque segment donne un point sur un cercle
RANSAC pour affecter les points sur arc de cercle

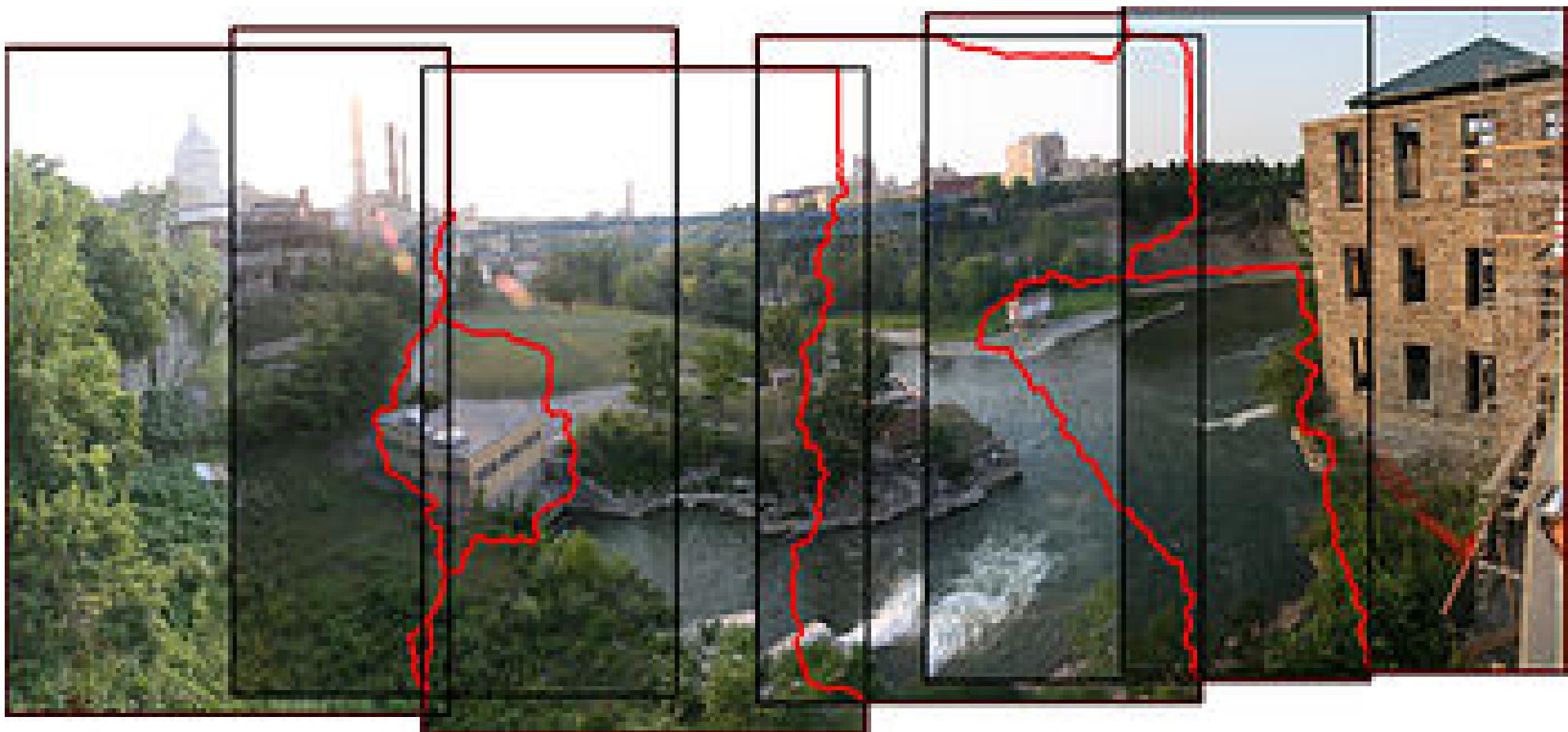


Résultat de RANSAC : 4 arcs de cercle trouvés



3 Des exemples de traitements nouveaux

Outils de mosaïcking



3 Des exemples de traitements nouveaux

Outils de mosaïcking

3 composants :

- recalage d'image
- calibration
- mélange

Détection de points spécifiques (Keypoints)

Coins, blobs, coins de Harris et Difference of gaussian (DoG) coins de Harris
car repérable et distinct

Hans Moravec en 1977 notion de "points of interest"
qu'on peut retrouver dans plusieurs images

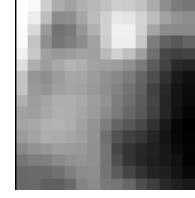
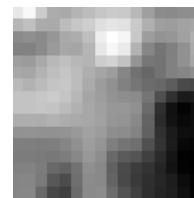
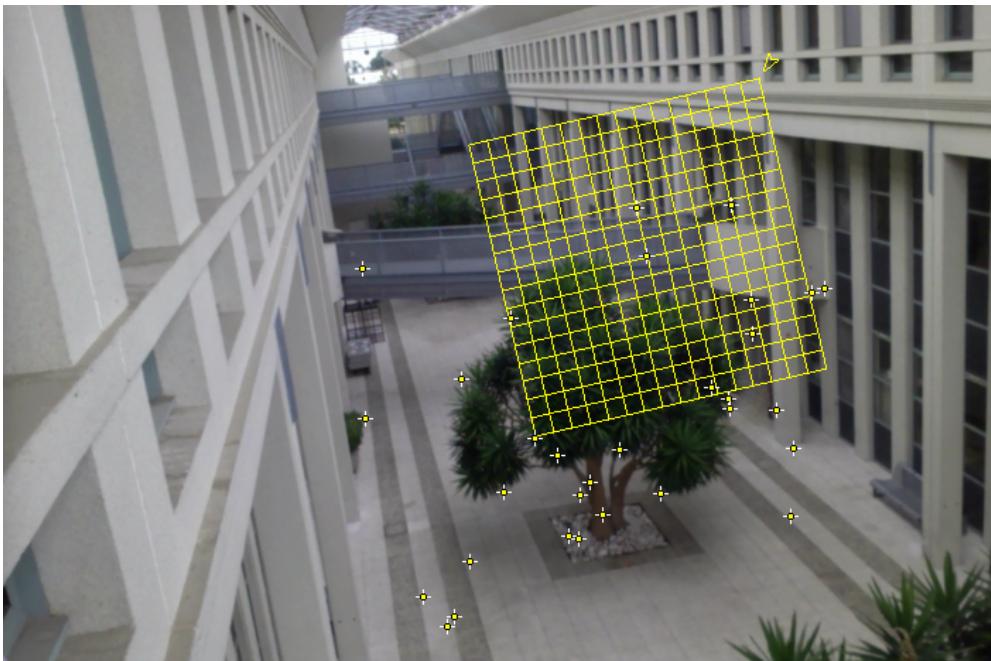
3 Des exemples de traitements nouveaux

2 images de la même scène



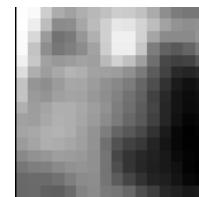
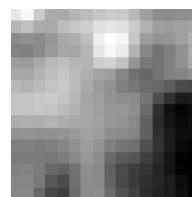
3 Des exemples de traitements nouveaux

MOPS



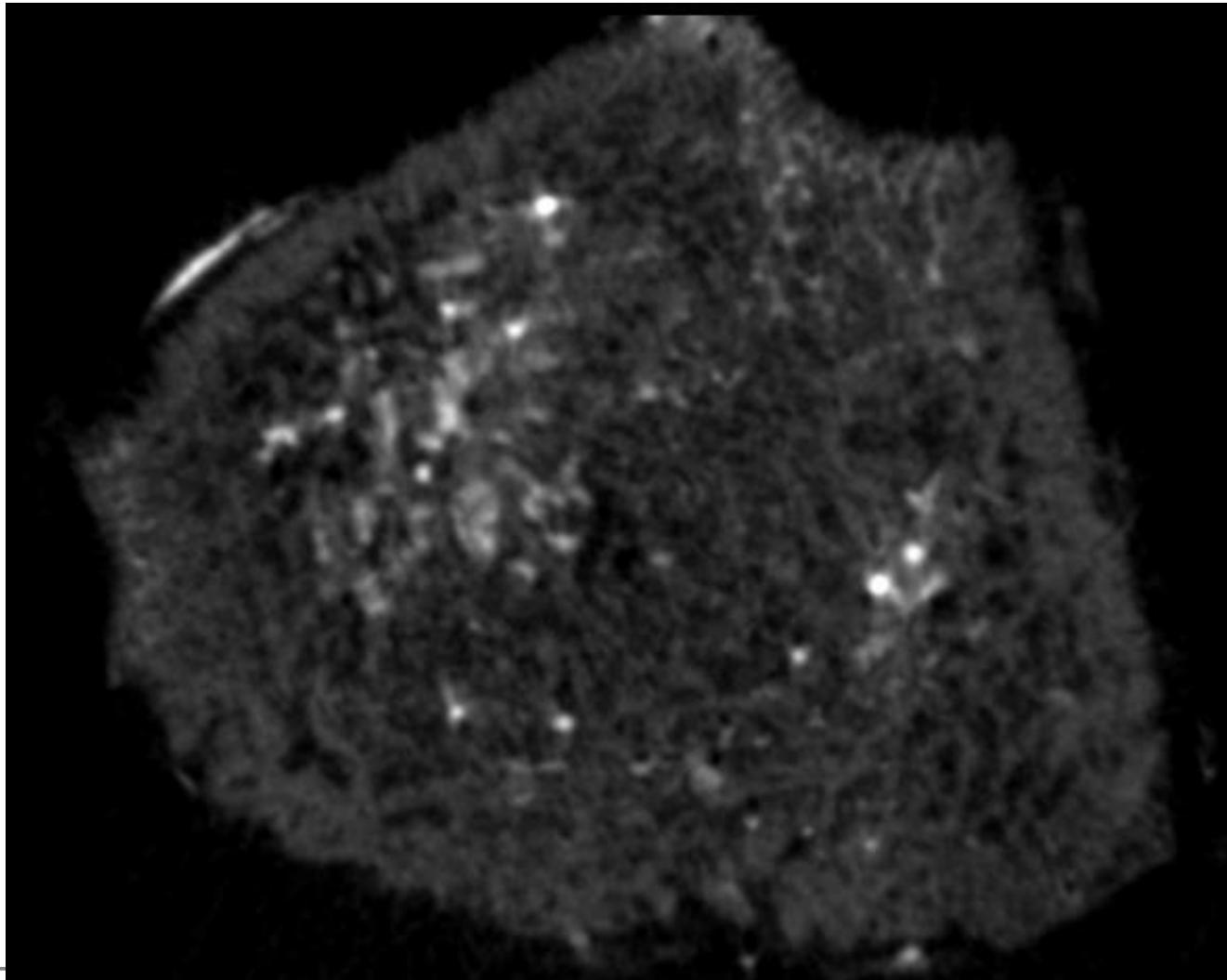
3 Des exemples de traitements nouveaux

Méthode SURF (ou SIFT)



3 Des exemples de traitements nouveaux

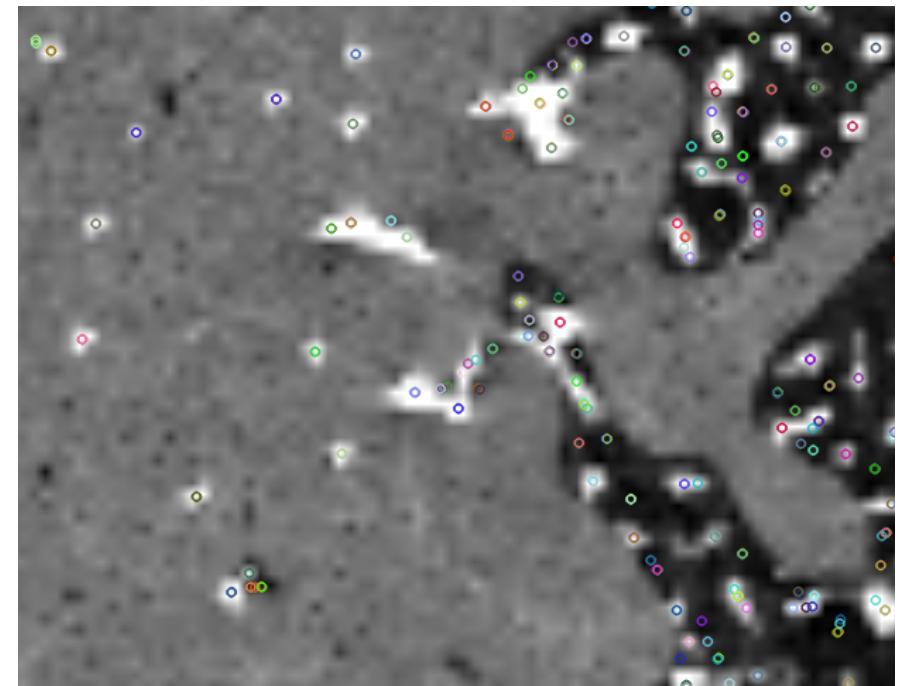
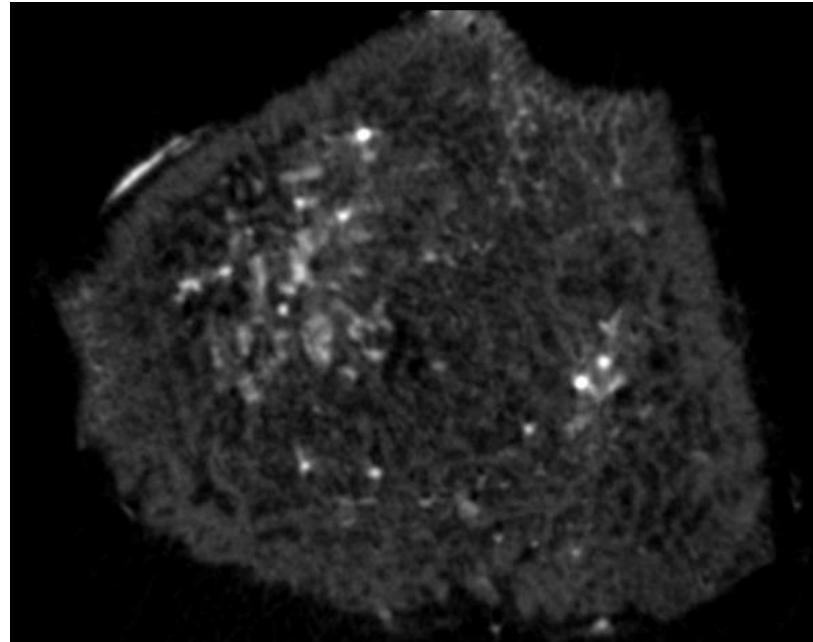
Utilisation de SURF en imagerie médicale !



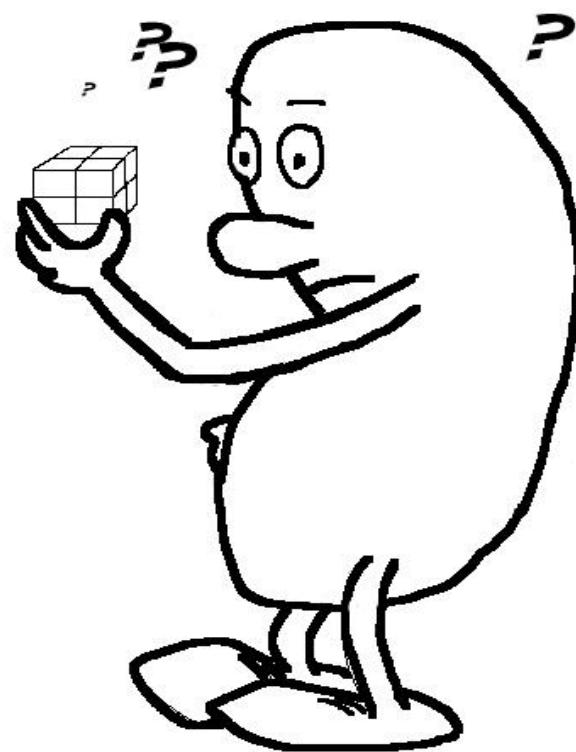
Femur bone image with parameters of 9 micrometers, 500x500 matrix and 8 bits. The bright white areas are blood vessels and tones of gray are bone

3 Des exemples de traitements nouveaux

Utilisation de SURF en imagerie médicale !



merci



Imagerie multi échelles

Les fractales

Utilisation en imagerie médicale
une dimension de Hausdorff

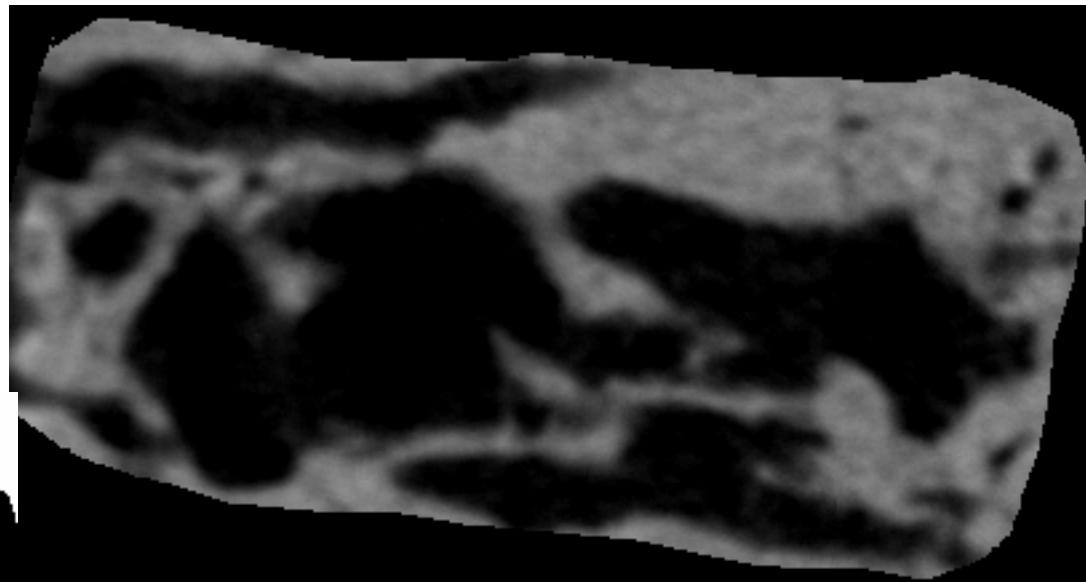


Imagerie multi échelles

Les fractales

Utilisation en imagerie médicale
une dimension de Hausdorff

Reconstruction
microscanner

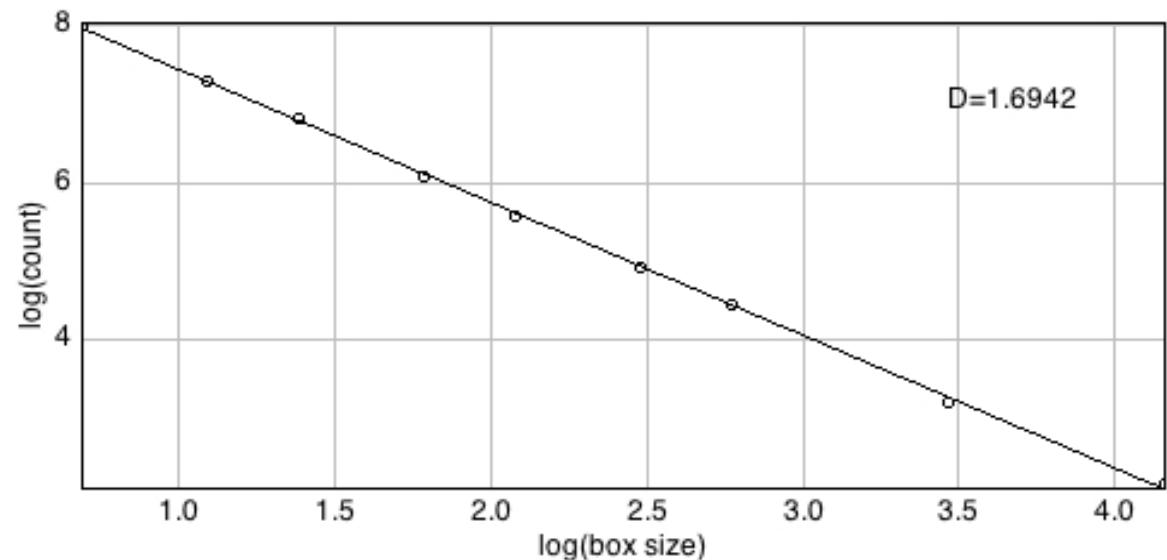


Imagerie multi échelles

Les fractales

Utilisation en imagerie médicale
une dimension de Hausdorff

Reconstruction
microscanner

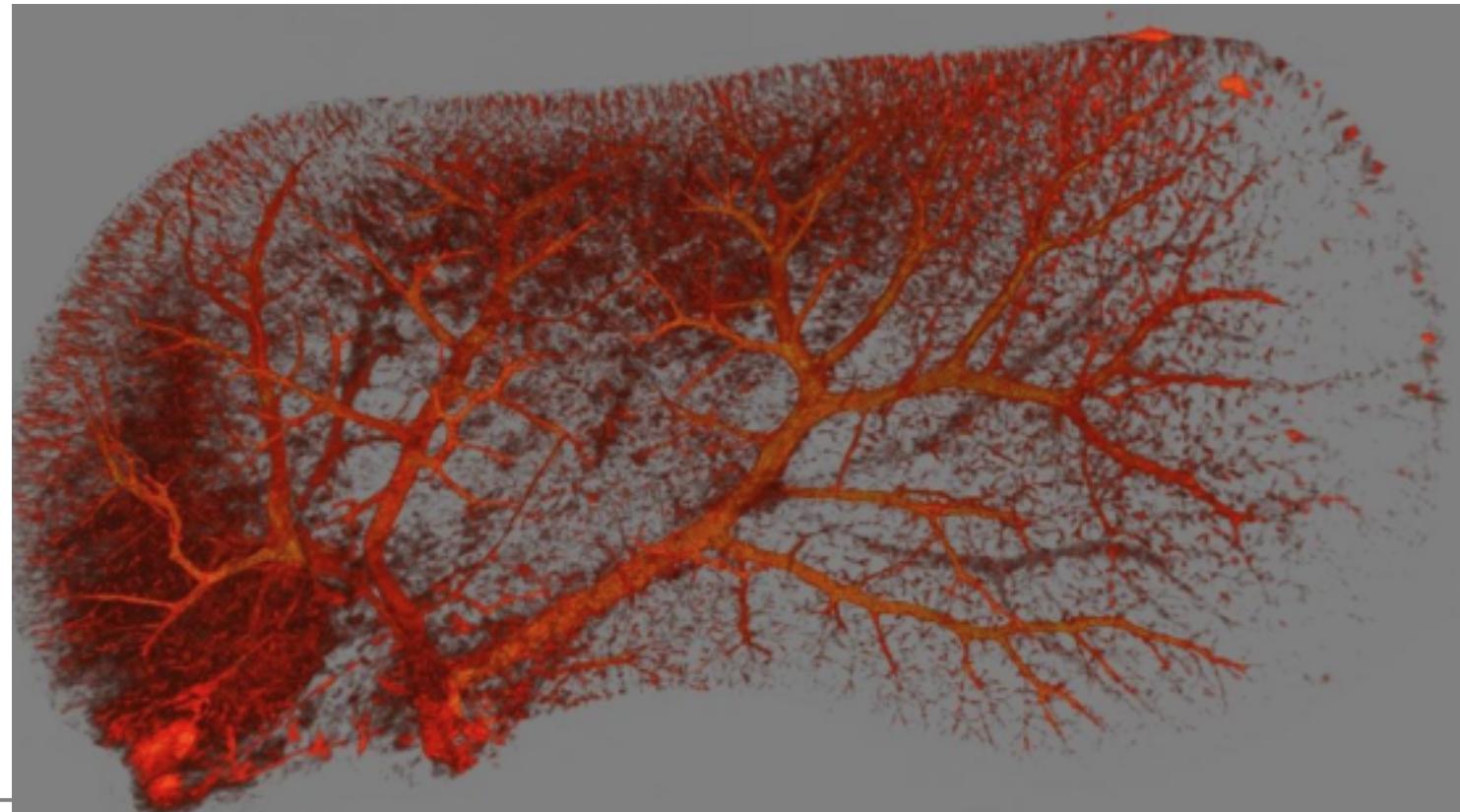


Imagerie multi échelles

Les fractales

Utilisation en imagerie médicale
une dimension de Hausdorff

Reconstruction
microscanner



Imagerie multi échelles

Les fractales

Utilisation en images

Les organes ne sont pas assez « lisses » pour être mesurés à plusieurs échelles sans utiliser une notion de fractales

Le calcul de la « rugosité » est donc important pour transmettre les caractéristiques de forme au travers des échelles observées

Un organe est fractal seulement sur une plage d'échelles

Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique

Idée : l'équation de diffusion (matière ou énergie) réalise la propagation de la matière (ou énergie) uniformément dans toutes les directions de l'espace

Anisotropie : on souhaite que la matière soit « stoppée » dans sa diffusion selon la force des structures rencontrées

=> même principe que la diffusion de la chaleur (transport d'énergie)

Et diffusion d'espèces chimiques (transport de matière)

Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique en physique

Diffusion non linéaire

$$\frac{\partial I}{\partial t}(x, t) = \operatorname{div}(c(x, t) \nabla I(x, t)) \quad x \in \mathbb{R}^2, t > 0$$

soit

$$\frac{\partial I}{\partial t}(x, t) = c(x, t) \nabla^2 I(x, t) + \nabla c(x, t) \cdot \nabla I(x, t)$$

On retrouve l'équation de la chaleur si

$$c(x, t) = \text{cte} \Rightarrow \nabla c(x, t) = 0$$

Si c proche de 0 pas de diffusion

Si c constante diffusion linéaire

$\Rightarrow c(x, t) = 1$ lissage fort dans régions homogènes

$\Rightarrow c(x, t) = 0$ sur contours : pas de lissage

Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique en physique

Principe de Diffusion formulé par Fourier, prouvé par Einstein et d'autres

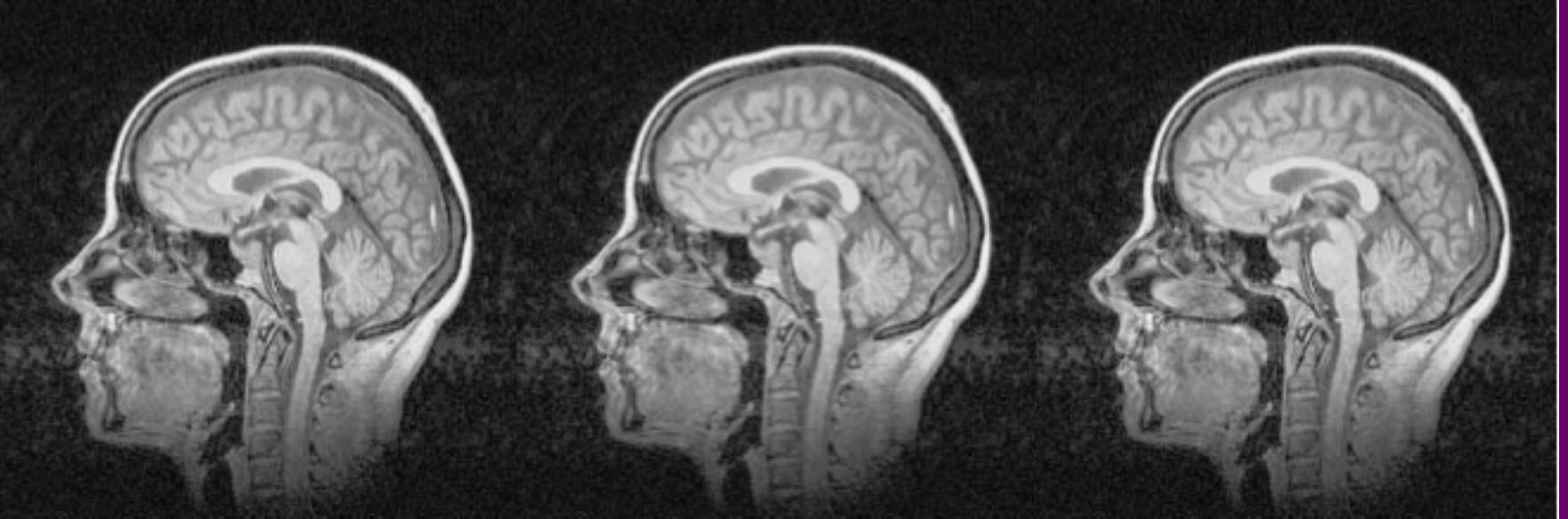
Première Loi de Fick : $j = -D \nabla u$

=> Le flux de diffusion est proportionnel au gradient de concentration

Seconde Loi de Fick : $\frac{\partial u}{\partial t} = -\text{div}(j)$

=> variation d'espèce chimique = bilan des flux entrant-sortant

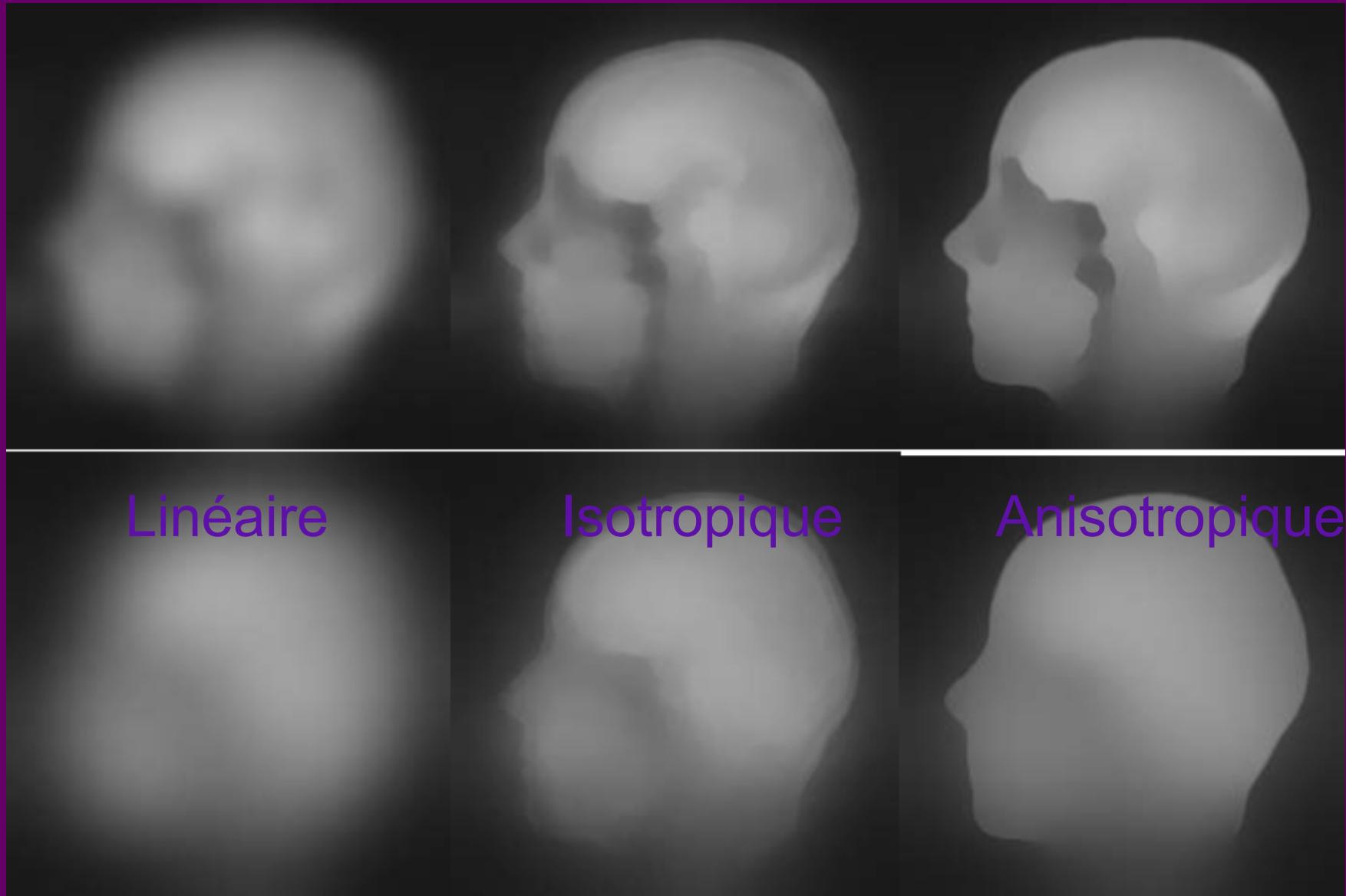
Mise en oeuvre image : Perona & Malik 1987



Linéaire

Isotropique

Anisotropique



Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique en physique

Principe de Diffusion ...

Edp et échelle : c'est quoi le problème ??

Il faut que la formulation continue de l'edp soit cohérente avec la représentation discrète à toutes les échelles

Démontré possible avec le théorème (1992) de Luis Alvarez – Jean Michel Morel – Pierre Louis Lions

Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique en physique

Edp et échelle : pourquoi ça marche ??

Parce qu'il existe une adéquation d'espace de travail
(Sobolev = fonctions pas trop rugueuses)

Entre Ondelettes et équations aux dérivées partielles

Imagerie multi échelles

La diffusion anisotropique en physique

Edp et échelle : pourquoi ça marche ??

Parce qu'il existe une adéquation d'espace de travail
(Sobolev = fonctions pas trop rugueuses)

Entre Ondelettes et équations aux dérivées partielles

Imagerie multi échelles spatio-temporelles ?

Relation multi échelle matériaux – organes

Fatigue \Leftrightarrow maladie

Différence : la rugosité ?

Relation multi échelle thermique – organes

Extension de l'équation de la chaleur

L'exemple de la quantification de dose

Reste encore trop fusion d'informations de 2 échelles

Conclusions

Les outils maths-physique pour mettre en oeuvre en imagerie le multi échelle existent

Les organes ne suivent pas tous la condition de lissage demandée à toutes les échelles

Les premières déformations spatio-temporelles simples (fractures ou chaleur) peuvent être prises en compte dans ce modèle

Reste un peu de travail ...