

# Restauration d'images en imagerie flash laser

Khadidja Benmansour, Mathieu Fabre, Laurent Gajny,  
Jérôme Luquel, Vanessa Mattesi.

Dominique Hamoir - ONERA  
François Malgouyres - IMT  
Emmanuelle Thouin - ONERA

SEME - 8 juin 2012



- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème
- 3 Stratégie proposée
- 4 Conclusions et perspectives
- 5 Bibliographie

- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème
- 3 Stratégie proposée
- 4 Conclusions et perspectives
- 5 Bibliographie

# Acquisition d'images : le cas test de Barbara



**FIGURE:** Simulation d'acquisition d'images par des faisceaux laser gaussiens.

# Présentation du problème

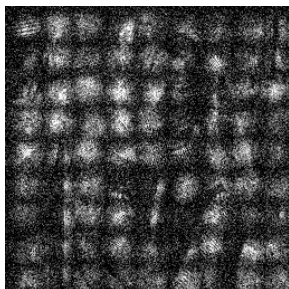


FIGURE: Assemblage des 81 imageries obtenues.

**Objectif :** Restaurer l'image obtenue en tenant compte :

- des informations dissimulées dans les zones non-éclairées.
- des erreurs sur les faisceaux gaussiens (amplitude, position, écart-type).

- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème**
- 3 Stratégie proposée
- 4 Conclusions et perspectives
- 5 Bibliographie

# Écriture du problème formel

- **Observations** :  $v \in \mathbb{R}^{KN^2}$ ,  $K$  le nombre d'images et  $N^2$  leur résolution.
- **Transformation** :

$$H: \mathbb{R}^{N^2} \longrightarrow \mathbb{R}^{KN^2}$$

$$u \longmapsto H(u) = (u \times Illu \times Gauss_k)_{k=1:N^2}$$

- **Bruit gaussien** :  $b \in \mathbb{R}^{KN^2}$ .

# Écriture du problème formel

- **Observations** :  $v \in \mathbb{R}^{KN^2}$ ,  $K$  le nombre d'images et  $N^2$  leur résolution.
- **Transformation** :

$$H: \mathbb{R}^{N^2} \longrightarrow \mathbb{R}^{KN^2}$$

$$u \longmapsto H(u) = (u \times Illu \times Gauss_k)_{k=1:N^2}$$

- **Bruit gaussien** :  $b \in \mathbb{R}^{KN^2}$ .

**Problème formel** : Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$  tel que :

$$v = Hu + b.$$

$\implies$  Inversion d'un opérateur possédant de très petites valeurs propres. **Problème mal posé.**



- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème
- 3 Stratégie proposée**
- 4 Conclusions et perspectives
- 5 Bibliographie

## Problème approché

**Problème d'optimisation :** Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$  tel que  $u$  minimise :

$$\|v - Hu\|_2^2 + \lambda E(u), \quad \lambda > 0.$$

## Problème approché

**Problème d'optimisation :** Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$  tel quel  $u$  minimise :

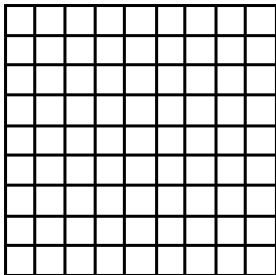
$$\|v - Hu\|_2^2 + \lambda E(u), \quad \lambda > 0.$$

**Choix de  $E$  :** Variation totale.

$$E(u) = \sum_{i=1}^{N^2} \|\nabla u_i\|_2.$$

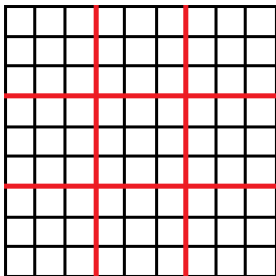
**Autres choix possibles :** expression dans une base de bandelettes ou d'ondelettes.

# Une stratégie locale



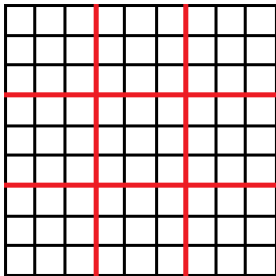
Une grille d'images

# Une stratégie locale



Décomposition de la grille en 9 domaines

# Une stratégie locale



Décomposition de la grille en 9 domaines

- 1 Résolution du problème approché sur chaque sous-domaine.
- 2 Assemblage continue des sous-domaine.

**Intérêt :** Baisse du temps de calcul. Parallélisation possible.

# Traitement numérique du problème [Wang *et al* 2008]

## Sur chaque sous-domaine.

**Problème d'optimisation 1 :** Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$  tel que  $u$  minimise :

$$\|v - Hu\|_2^2 + \lambda \sum_{i=1}^{N^2} \|\nabla u_i\|_2, \quad \lambda > 0.$$

# Traitement numérique du problème [Wang *et al* 2008]

## Sur chaque sous-domaine.

**Problème d'optimisation 1** : Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$  tel que  $u$  minimise :

$$\|v - Hu\|_2^2 + \lambda \sum_{i=1}^{N^2} \|\nabla u_i\|_2, \quad \lambda > 0.$$

## Proposition d'un nouveau problème approché.

**Problème d'optimisation 2** : Trouver  $u \in \mathbb{R}^{N^2}$ ,  $\mathbf{w} \in (\mathbb{R}^2)^{N^2}$  tels que  $(u, \mathbf{w})$  minimise :

$$\|v - Hu\|_2^2 + \lambda \sum_{i=1}^{N^2} \|\mathbf{w}_i - \nabla u_i\|_2^2 + \mu \sum_{i=1}^{N^2} \|\mathbf{w}_i\|_2, \quad \lambda, \mu > 0.$$

**Intérêt** : à  $u$  ou  $\mathbf{w}$  fixé, la minimisation de la fonction par rapport l'autre variable admet une formulation algébrique.

⇒ Faible complexité, grande stabilité.



# Tests sur images classiques

Blurry&amp;Noisy. SNR: 6.30dB



FTVd: SNR: 12.62dB, t = 0.58s

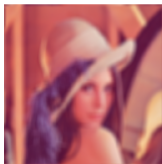


FTVd-FM: SNR: 11.89dB, t = 0.33s

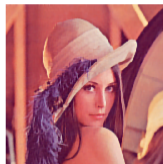


**FIGURE:** Test de l'algorithme  $TV-L_2$  sur une image noir et blanc.

Blurry&amp;Noisy. SNR: 9.91dB



FTVd: SNR: 17.10dB, t = 6.66s



FTVd-FM: SNR: 16.01dB, t = 1.52s



**FIGURE:** Test de l'algorithme  $TV-L_2$  sur Lenna en couleur.

# Assemblage continue des sous-domaines

## Problème d'optimisation pour le raccord continu.

$$\min_u \sum_{i=1}^N \sum_{p \in Z_r} E_{H_{Z_r}}(u_p^r)$$

$$\text{tel que } u_p^r = u_p^{r'} \text{ si } p \in Z_r \cap Z_{r'}.$$

où

- $Z_r, r = 1, \dots, 9$  sont les neuf zones de l'image.
- $H_{Z_r}$  les opérateurs associés.
- $E_{H_{Z_r}}$  similaire à la fonctionnelle de minimisation précédente.
- $p$  les pixels,  $u_p^r$  la valeur du pixel  $p$  dans la zone  $Z_r$ .

# Assemblage continue des sous-domaines

## Problème d'optimisation pour le raccord continu.

$$\min_u \sum_{i=1}^N \sum_{p \in Z_r} E_{H_{Z_r}}(u_p^r)$$

$$\text{tel que } u_p^r = u_p^{r'} \text{ si } p \in Z_r \cap Z_{r'}.$$

où

- $Z_r, r = 1, \dots, 9$  sont les neuf zones de l'image.
- $H_{Z_r}$  les opérateurs associés.
- $E_{H_{Z_r}}$  similaire à la fonctionnelle de minimisation précédente.
- $p$  les pixels,  $u_p^r$  la valeur du pixel  $p$  dans la zone  $Z_r$ .

**Suggestion de résolution :** Introduction de multiplicateurs de Lagrange, et algorithme d'Uzawa.

- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème
- 3 Stratégie proposée
- 4 Conclusions et perspectives**
- 5 Bibliographie

## Conclusions :

- Formalisation du problème global.
- Proposition d'une stratégie locale avec raccordement continu.

## Perspectives :

- Mise en œuvre de la stratégie.
- Prise en compte des incertitudes.

- 1 Rappel du problème
- 2 Formalisation du problème
- 3 Stratégie proposée
- 4 Conclusions et perspectives
- 5 Bibliographie**

# Bibliographie

-  L. Blanc-Féraud. Approche variationnelle pour la restauration et la décomposition d'image. (2007)  
[http://www.i3s.unice.fr/~comport/seminairePoleSIS/blancferaud\\_201207.pdf](http://www.i3s.unice.fr/~comport/seminairePoleSIS/blancferaud_201207.pdf)
-  L. Blanc-Féraud. Restauration d'images par approche variationnelle et EDP. (2010)  
<http://porquerolles10.ens-lyon.fr/documents/NewDoc/LaureBlancFeraud.pdf>
-  J.M. Bruneau, L. Blanc-Féraud, M. Barlaud. Opérateurs de régularisation en restauration d'images : calculs et comparaisons. Treizième colloque GRETSI (1991).
-  Y. Wang, J. Yang, W. Yin, Y. Zhang *et al.* A New Alternating Minimization Algorithm for Total Variation Image Reconstruction. Siam J. Imaging Sciences Vol. 1, No. 3, pp. 248–272 (2008).

Merci de votre attention !