

# De la photographie numérique à la photographie computationnelle

## Séance 3 Présentation des mini-projets

Frédéric SUR  
École des Mines de Nancy  
LORIA

[www.loria.fr/~sur/enseignement/photo/](http://www.loria.fr/~sur/enseignement/photo/)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Mini-projets

- 1 Démosaiçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

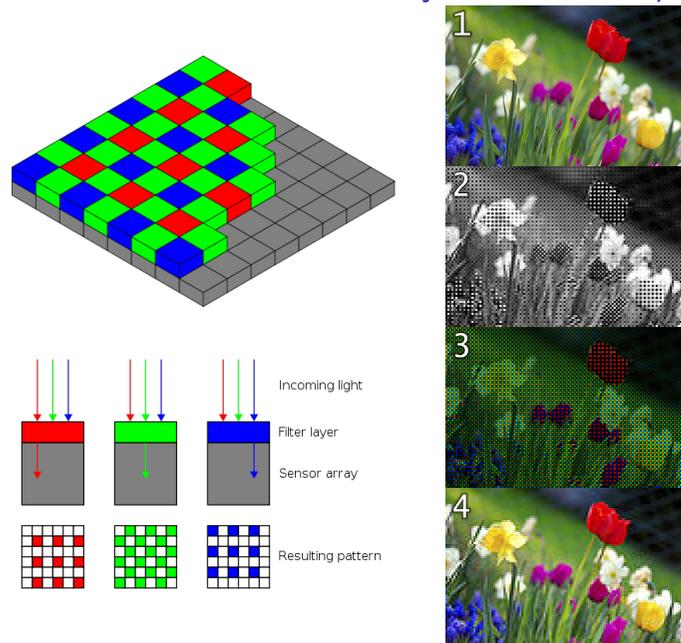
Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## La couleur : matrice de Bayer et démosaiçage



De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

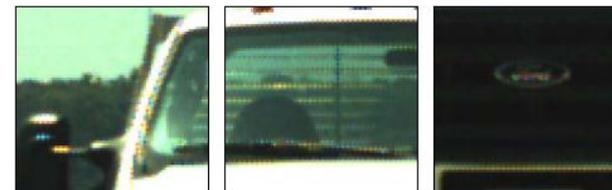
Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Défauts potentiels du démosaiçage



Fausses couleurs



Zippering

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Travail demandé

- Lecture d'article.
- Codage (& fonction Matlab demosaic) de quelques méthodes de l'article.
- Comparaison

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Mini-projets

- 1 Démosaïçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

5/28

6/28

## Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?



De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Travail demandé

- Lecture d'article.
- Codage de l'index de qualité proposé et tests.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

Z. Whang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, E.P. Simoncelli. *Image quality assessment : from error visibility to structural similarity*. IEEE Transactions on Image Processing, 2004.

7/28

8/28

## Mini-projets

- 1 Démosaiçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Imagerie à grande dynamique (HDR)



*Brick au clair de lune*, Gustave Le Gray, 1856-1857

HDR par fusion de photos à temps de pose différents.

**Problème** : Visualisation ?

(dynamique réduite des écrans ou des procédés d'impression)

**Solution** : tone mapping (mappage tonal)

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

9/28

10/28

## Imagerie à haute dynamique

### Original images



-4 stops

-2 stops

+2 stops

+4 stops

### Results after processing



Simple contrast reduction

Local tone mapping

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Travail demandé

- Que fait la toolbox HDR de Matlab ? (cf documentation)  
En particulier, que fait tonemap ?
- Lecture d'article.
- Génération d'images HDR avec le code Matlab et le code de l'article, comparaison.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démosaiçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

11/28

12/28

## Mini-projets

- 1 Démoisaîçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Illustration



De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

13/28

14/28

## Le débruitage

Historiquement, la plupart des algorithmes de débruitage sont *locaux* : ils travaillent pixel à pixel et s'appuient sur un voisinage du pixel considéré.

$$v(x, y) = F(\mathcal{V}_{u(x,y)})$$

Exemples de voisinages  $\mathcal{V}_{u(x,y)}$  :

X	X	X	X	X	X	X
X	$u(x,y)$	X	X	$u(x,y)$	X	X
X	X	X	X	X	X	X
			X	X	X	

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Bruit additif

Le niveau de gris observé est de la forme :

$$u(x, y) = u_0(x, y) + n(x, y)$$

- $u_0$  image idéale, sans bruit
- $n$  composante de bruit, indépendante de pixel à pixel.

**Remarque** : si sur un voisinage de  $(x, y)$  fait de  $P$  pixels, le niveau de gris idéal est à peu près constant et  $n$  a une variance  $\sigma^2$ , alors la moyenne des niveaux de gris sur le voisinage vaut  $u_0(x, y)$  et la variance est  $\sigma^2/P$ .

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

15/28

16/28

## Filtrage linéaire

$$u(x, y) = u_0(x, y) + n(x, y)$$

**Filtrage linéaire :**

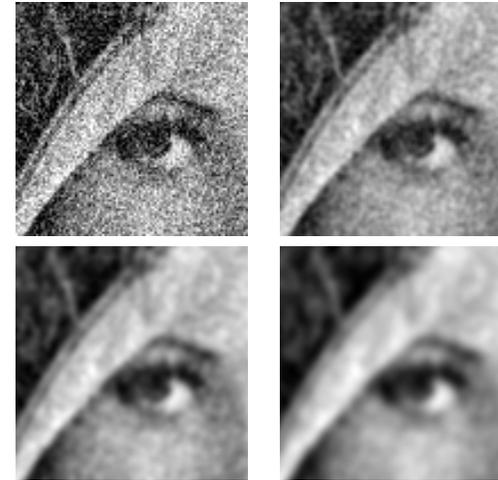
$$v(x, y) = \sum_{(i,j) \in \mathcal{V}_{u(x,y)}} w(i, j) u(i, j)$$

→ il s'agit de la *convolution* de l'image  $u$  par le noyau  $w$ .

Exemple de choix pour les poids  $w(i; j)$  : fonction gaussienne de la distance à  $(x, y)$

## Filtrage linéaire gaussien

**Exemple** avec « taille » de voisinage augmentant.



**Artefact** : contours adoucis

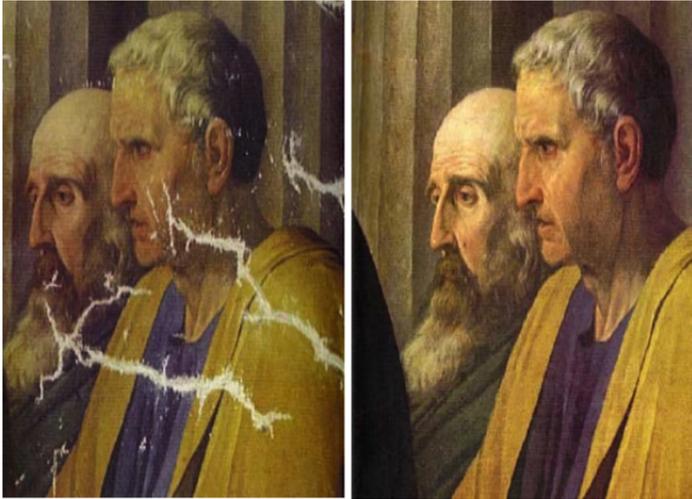
## Travail demandé

- Lecture d'article.
- Expériences et discussion.

## Mini-projets

- 1 Démoisaïçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 **Inpainting**
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

## Inpainting



[http://white.stanford.edu/teach/index.php/Object\\_Removal](http://white.stanford.edu/teach/index.php/Object_Removal)

21/28

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

**Inpainting**

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Inpainting



[http://white.stanford.edu/teach/index.php/Object\\_Removal](http://white.stanford.edu/teach/index.php/Object_Removal)

22/28

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

**Inpainting**

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Travail demandé

- Lecture d'article.
- Expériences et discussion.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

**Inpainting**

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Mini-projets

- 1 Démoisaïçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 **Élimination numérique du flou de bougé**
- 7 Soutenance

24/28

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaïçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

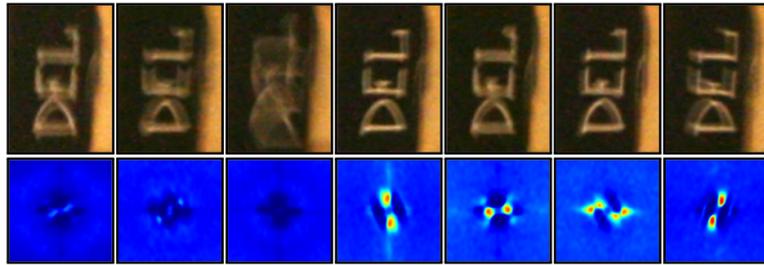
Inpainting

**Élimination numérique du flou de bougé**

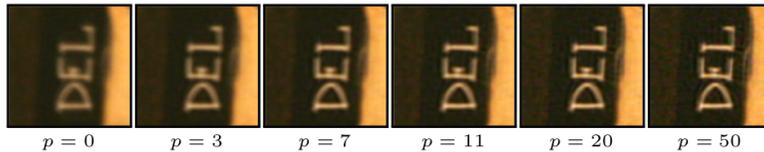
Soutenance

23/28

## Flou de bougé



(a) Frames crop 1-7 and the Fourier weights  $w_i$  for  $p = 11$ .



(b) Fourier Aggregation results for different  $p$  values.

M. Delbracio, G. Sapiro. *Removing camera shake via weighted Fourier burst accumulation*.

IEEE Transactions on Image Processing, 2015.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Travail demandé

- Lecture d'article.
- Implantation de l'algorithme décrit.
- Expériences et discussion sur base photos fournies.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

26/28

## Mini-projets

- 1 Démoisaîçage
- 2 Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?
- 3 Imagerie à haute dynamique
- 4 Un algorithme de débruitage
- 5 Inpainting
- 6 Élimination numérique du flou de bougé
- 7 Soutenance

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

## Soutenance / Évaluation

**Point d'étape** : séance 8, vendredi 29 avril 2016.

**Présentation et évaluation** : séance 12, mardi 24 mai 2016.

Présentation de 20 minutes :

- 1 Présentation du problème ;
- 2 Démarche et solution(s) proposée(s) par les auteurs ;
- 3 Illustration et discussion avec code de la littérature ou perso sur base d'images perso si possible.

**Bonus** pour extensions personnelles.

De la photographie numérique à la photographie computationnelle  
Séance 3

F. Sur - ENSMN

Démoisaîçage

Qu'est-ce qu'une image de bonne qualité ?

Imagerie à haute dynamique

Un algorithme de débruitage

Inpainting

Élimination numérique du flou de bougé

Soutenance

28/28

25/28

27/28