

Développement d'un outil de traitement d'images par filtrage bilatéral

Soutenance de PFE

Natacha Marlio-Marette

Polytech Tours

DI5 2014-2015

encadré par
Moncef Hidane

11 avril 2015

Plan

- 1 Introduction
- 2 Filtre bilatéral
 - Définition
 - Formulation
 - Implémentation
- 3 Validation
 - Mise en place
 - Résultat
- 4 Pyramide
 - Décomposition
 - Méthodes
 - Stratégies
- 5 Manipulation
 - Définition
 - Exemples
- 6 Interface
 - Cas d'utilisation
 - Structure
- 7 Accélération
 - Intensité homogène
 - Convolution
 - Processus
 - Benchmark
- 8 Conclusion

Introduction

Objectifs

- ▶ Création d'une méthode de manipulation de détails d'une image
- ▶ Réalisation d'une interface graphique
- ▶ Étude sur l'accélération du filtre bilatéral

Filtre bilatéral

Definition

Lisse une image en préservant les contours

Filtre bilatéral

Definition

Lisse une image en préservant les contours

Utilisations

- ▶ Débruitage
- ▶ Outil de gestion de contraste
- ▶ Fusion d'images
- ▶ Lissage 3D
- ▶ Effet cartoon

Formulation

Filtre gaussien

$$\blacktriangleright GC[I]_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p - q\|) I_q$$

Formulation

Filtre gaussien

$$\blacktriangleright GC[I]_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p - q\|) I_q$$

Filtre bilatéral

$$\blacktriangleright BF[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q$$

$$\blacktriangleright W_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|)$$

Formulation

Filtre gaussien

- ▶ $GC[I]_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma}(\|p - q\|) I_q$

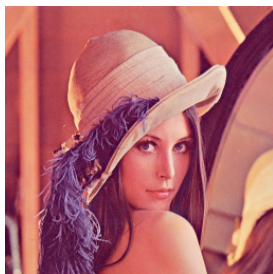
Filtre bilatéral

- ▶ $BF[I]_p = \frac{1}{W_p} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q$
- ▶ $W_p = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|)$

Différences

- ▶ Prise en compte de la valeur des pixels
- ▶ Image moins "floue"

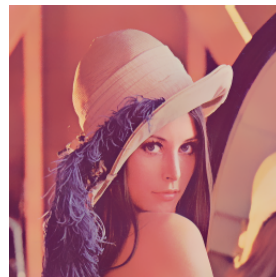
Exemples



(a) Image originale



(b) Filtre gaussien



(c) Filtre bilatéral

Algorithme

```
pour  $p \in I$  faire  
    // Initialisation  
     $BF[I]_p = 0$   
     $W_p = 0$   
    pour  $q \in S$  faire  
         $w = G_{\sigma_s}(\|p - q\|)G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|)$   
         $BF[I]_p += wI_q$   
         $W_p += w$   
    fin  
    // Normalisation  
     $BF[I]_p = BF[I]_p / W_p$   
fin
```

Luminance

Definition

- ▶ Sensation visuelle de luminosité d'une image
- ▶ Grandeur photométrique qui est dépendante de l'œil humain
- ▶ Différents espaces colorimétriques (CIE XYZ, xyY ou YCbCr)
- ▶ Y représente la luminance

Luminance

Definition

- ▶ Sensation visuelle de luminosité d'une image
- ▶ Grandeur photométrique qui est dépendante de l'œil humain
- ▶ Différents espaces colorimétriques (CIE XYZ, xyY ou YCbCr)
- ▶ Y représente la luminance

Algorithme

- ▶ Passage par la luminance
- ▶ Application du filtre bilatéral sur la composante Y
- ▶ Retour en RGB

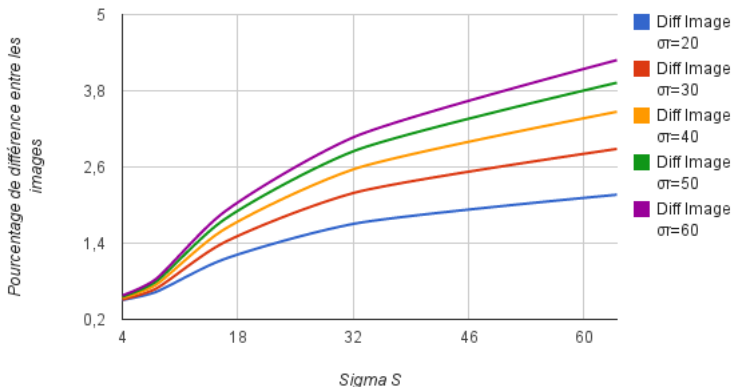
Mise en place

Méthodologie

- ▶ Ajout d'un bruit gaussien
- ▶ Comparaison avec CImg
 - Différence max entre pixels
 - Différence entre images

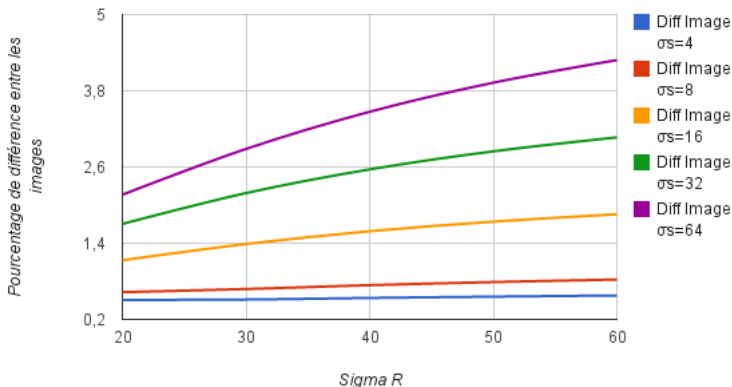
Résultat

Comparaison en débruitage (variation de σ , image NdG)



Résultat

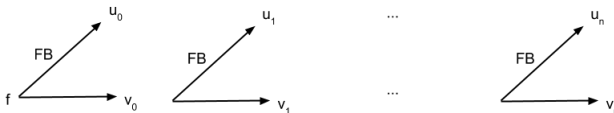
Comparaison en débruitage (variation de σ_S , image NdG)



Définitions (1 sur 2)

Définition

- ▶ u : couche de base
- ▶ v : couche de détails



Définitions (2 sur 2)

Formulation

- ▶ Décomposition à $(k + 1)$ niveaux
- ▶ u^1, \dots, u^k : les versions filtrés de g
- ▶ $u^k = b$: dernière couche de base
- ▶ $u^0 = g$
- ▶ $v^i = u^{i-1} - u^i$: couche de détail

Définitions (2 sur 2)

Formulation

- ▶ Décomposition à $(k + 1)$ niveaux
- ▶ u^1, \dots, u^k : les versions filtrés de g
- ▶ $u^k = b$: dernière couche de base
- ▶ $u^0 = g$
- ▶ $v^i = u^{i-1} - u^i$: couche de détail

Reconstruction

- ▶ $g = b + \sum_{i=1}^k v^i$

Exemple



(d) Image originale



(e) Couche de base



(f) Couche de détails

Méthodes

Méthode 1

- ▶ Filtrage toujours sur l'image originale
- ▶ Variation uniquement de σ_s et σ_r
- ▶ $u^{i+1} = BF[g]$

Méthodes

Méthode 1

- ▶ Filtrage toujours sur l'image originale
- ▶ Variation uniquement de σ_s et σ_r
- ▶ $u^{i+1} = BF[g]$

Méthode 2

- ▶ Filtrage à partir de la dernière image obtenue
- ▶ $u^{i+1} = BF[u^i]$

Stratégies

Stratégie 1

- Variation de σ_s et σ_r

Stratégies

Stratégie 1

- Variation de σ_s et σ_r

Stratégie 2

- Utilisation de la méthode 2
- Variation uniquement de σ_r

Exemple

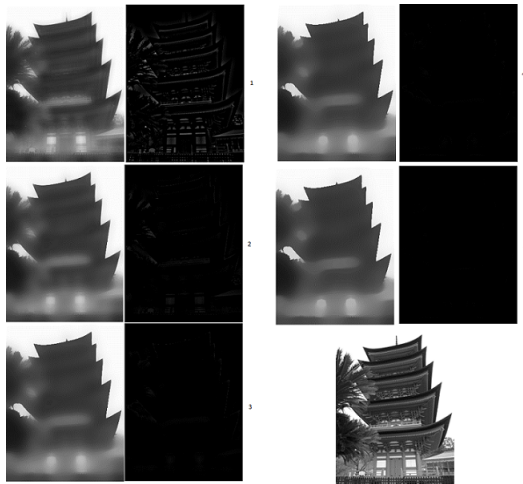


FIGURE: Décomposition pyramidale (méthode 2 et stratégie 2 - σ_r divisé par 2), paramètre de départ $\sigma_s=36$ et $\sigma_r=100$

Définition

Formulation

- ▶ Ajout de paramètres : α et β
- ▶ $g = \alpha * b + \sum_{i=1}^k \beta * (i + 1) * v^i$

Définition

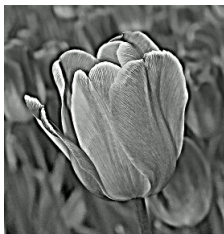
Formulation

- ▶ Ajout de paramètres : α et β
- ▶ $g = \alpha * b + \sum_{i=1}^k \beta * (i + 1) * v^i$

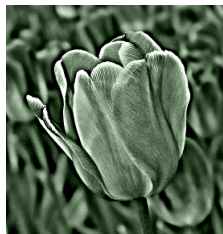
Niveau de détails

- ▶ Réhaussement : $\alpha < \beta$
- ▶ Atténuation : $\alpha > \beta$

Réhaussement



(a) Méthode 1



(b) Méthode 2



(c) Image originale

FIGURE: Réhaussement des détails avec $\alpha=0.8$ et $\beta=3$ (Stratégie 2)

Atténuation



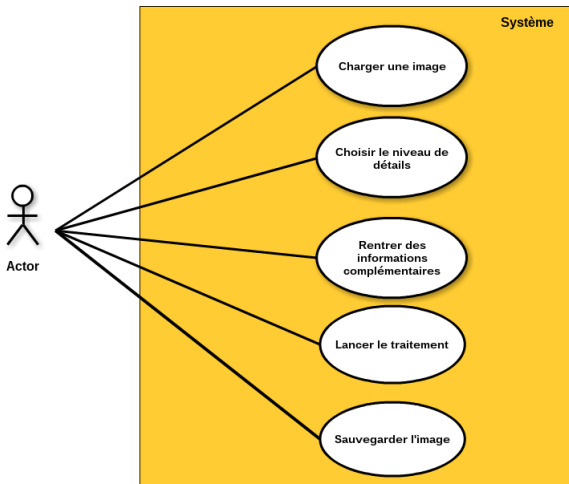
(a) Méthode 1 et 2



(b) Image originale

FIGURE: Atténuation des détails avec $\alpha=1$ et $\beta=0.5$

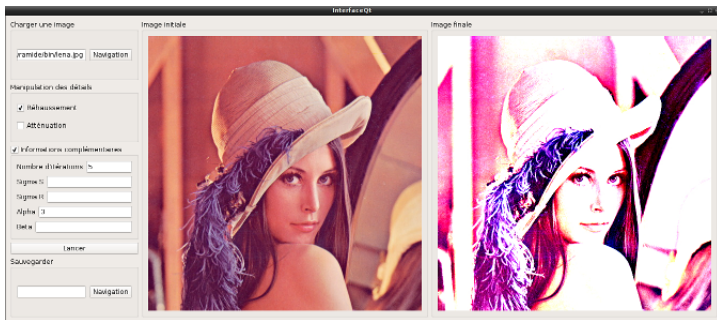
Cas d'utilisation



Structure

- ▶ C++ / Qt
- ▶ Modèle MVC (Modèle Vue Contrôleur)
- ▶ Librairie CImg

Interface



Rappels

Filtre Bilatéral

- ▶ non-linéaire : chaque pixel est remplacé par un poids de ses voisins
- ▶ et non-itératif : le résultat est obtenu en un seul passage
- ▶
$$I_p^{bf} = \frac{1}{W_p^{bf}} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|) I_q$$
- ▶
$$W_p^{bf} = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - I_q\|)$$

Rappels

Filtre Bilatéral

- ▶ non-linéaire : chaque pixel est remplacé par un poids de ses voisins
- ▶ et non-itératif : le résultat est obtenu en un seul passage
- ▶
$$I_p^{bf} = \frac{1}{W_p^{bf}} \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\| p - q \|) G_{\sigma_r}(| I_p - I_q |) I_q$$
- ▶
$$W_p^{bf} = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\| p - q \|) G_{\sigma_r}(| I_p - I_q |)$$

Non-linéarité

- ▶ Division par W_p^{bf}
- ▶ Dépendance entre l'intensité des pixels par $G_{\sigma_r}(| I_p - I_q |)$

Intensité homogène

Suppression de la division

- ▶ $\left(\frac{W_p^{bf} I_p^{bf}}{W_p^{bf}} \right) = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\| p - q \|) G_{\sigma_r}(\| I_p - I_q \|) (I_q)$
- ▶ $\left(\frac{W_p^{bf} I_p^{bf}}{W_p^{bf}} \right) = \sum_{q \in S} G_{\sigma_s}(\| p - q \|) G_{\sigma_r}(\| I_p - I_q \|) \left(\frac{W_q I_q}{W_q} \right)$

Convolution (1 sur 2)

Symbole de Kronecker

- ▶ $\delta(\zeta)$ (1 si $\zeta = 0$, 0 sinon)
- ▶ $[\delta(\zeta - I_q) = 1] \leftrightarrow [\zeta = I_q]$

$$\begin{pmatrix} W_p^{bf} I_p^{bf} \\ W_p^{bf} \end{pmatrix} = \sum_{q \in S} \sum_{\zeta \in R} G_{\sigma_s}(\|p - q\|) G_{\sigma_r}(\|I_p - \zeta\|) \delta(\zeta - I_q) \begin{pmatrix} W_q I_q \\ W_q \end{pmatrix}$$

Convolution (2 sur 2)

Nouvelles fonctions

- ▶ $g_{\sigma_s, \sigma_r} : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto G_{\sigma_s}[\|x\|]G_{\sigma_r}(\|\zeta\|)$
- ▶ $i : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto I_x$
- ▶ $w : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto \delta(\zeta - I_x)W_x$

Convolution (2 sur 2)

Nouvelles fonctions

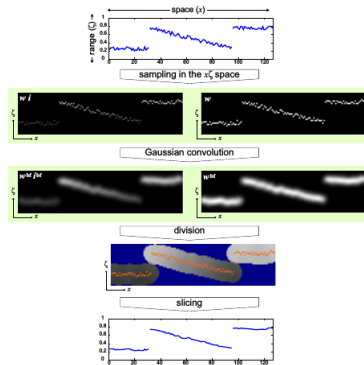
- ▶ $g_{\sigma_s, \sigma_r} : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto G_{\sigma_s}(\|x\|)G_{\sigma_r}(\|\zeta\|)$
- ▶ $i : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto I_x$
- ▶ $w : (x \in S, \zeta \in R) \mapsto \delta(\zeta - I_x)W_x$

Conclusion

- ▶ $\left(\begin{smallmatrix} W_p^{bf} I_p^{bf} \\ W_p^{bf} \end{smallmatrix} \right) = \sum_{(q, \zeta) \in S \times R} g_{\sigma_s, \sigma_r}(p - q, I_p - \zeta) \begin{pmatrix} w(q, \zeta) i(q, \zeta) \\ w(q, \zeta) \end{pmatrix}$
- ▶ $\left(\begin{smallmatrix} W_p^{bf} I_p^{bf} \\ W_p^{bf} \end{smallmatrix} \right) = \left[g_{\sigma_s, \sigma_r} \otimes \begin{pmatrix} w i \\ w \end{pmatrix} \right] (p, I_p)$
- ▶ linéaire : $(w^{bf} i^{bf}, w^{bf}) = g_{\sigma_s, \sigma_r} \otimes (w i, w)$
- ▶ non-linéaire : $I_p^{bf} = \frac{w^{bf}(p, I_p) i^{bf}(p, I_p)}{w^{bf}(p, I_p)}$

Processus (Signal 1D)

- ▶ Données de bases
- ▶ Représentation par une fonction à deux dimensions (w_i, w)
- ▶ Convolution gaussienne ($w^{bf} i^{bf}, w^{bf}$)
- ▶ Division
- ▶ Extraction par échantillonnage de la valeur à la position des données de bases



Benchmark

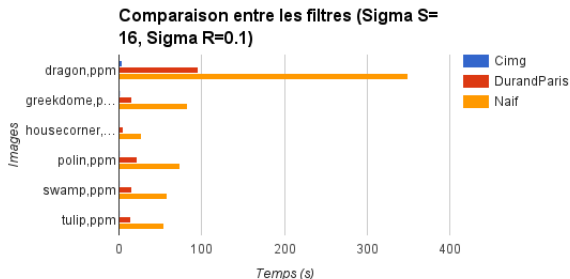
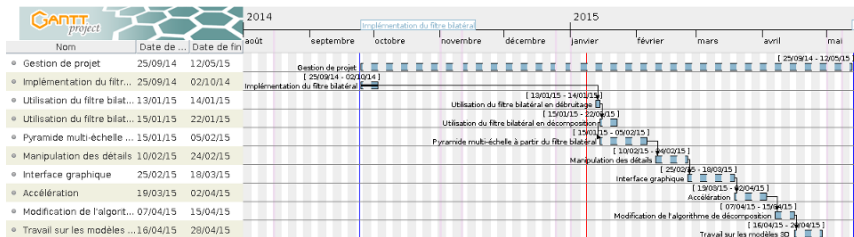


FIGURE: $\sigma_s = 16$ et $\sigma_r = 0.1$

Planning



Gestion de projet

- ▶ Git
- ▶ Cycle en V
- ▶ Prise de contact régulière

Bilan

Travail fini

- ▶ application avec filtre naïf
- ▶ application avec filtre optimisé

Améliorations

- ▶ Objet 3D
- ▶ Niveaux de manipulations supplémentaires
- ▶ Nouveaux paramètres de base
- ▶ Reconstruction avec des gradients