Mesure agnostique de la qualité des images.

Application en biométrie

Christophe Charrier

Université de Caen Basse-Normandie
GREYC, UMR CNRS 6072
Caen, France

8 *avril*, 2013

Sommaire

1. Introduction
2. Évaluation agnostique de la qualité
3. Évaluation des performances
4. Application en Biométrie
5. Conclusion

Sommaire

1 Introduction

2 Évaluation agnostique de la qualité

3 Évaluation des performances

4 Application en Biométrie

5 Conclusion

Algorithmes d'évaluation de la qualité

1. Algorithmes avec référence (*FR-IQA*)
   - $\simeq$ fonction de similarité
2. Algorithmes avec référence réduite (*RR-IQA*)
   - Seules certaines mesures globales de défauts sont conservées
3. Algorithmes sans référence (*NR-IQA*)
   - Difficulté de mise en œuvre

Algorithmes d'évaluation de la qualité

1. Algorithmes avec référence (*FR-IQA*)
   - $\simeq$ fonction de similarité
2. Algorithmes avec référence réduite (*RR-IQA*)
   - Seules certaines mesures globales de défauts sont conservées
3. Algorithmes sans référence (*NR-IQA*)
   - Difficulté de mise en œuvre

Points communs entre les méthodes d'évaluation 1 et 2

- Besoin d'une image de référence
- Concept d'image parfaite
  - mesure de fidélité à l'image de référence
  - dégradation visible par un observateur humain

Algorithmes d'évaluation de la qualité

1. Algorithmes avec référence (*FR-IQA*)
   - $\simeq$ fonction de similarité
2. Algorithmes avec référence réduite (*RR-IQA*)
   - Seules certaines mesures globales de défauts sont conservées
3. Algorithmes sans référence (*NR-IQA*)
   - Difficulté de mise en œuvre

Objectif

Obtenir la meilleure prédiction au regard des résultats du jugement humain (= DMOS)

Algorithmes d'évaluation de la qualité

1. Algorithmes avec référence (*FR-IQA*)
   - $\simeq$ fonction de similarité
2. Algorithmes avec référence réduite (*RR-IQA*)
   - Seules certaines mesures globales de défauts sont conservées
3. Algorithmes sans référence (*NR-IQA*)
   - Difficulté de mise en œuvre

Objectif

Obtenir la meilleure prédiction au regard des résultats du jugement humain (= DMOS)

Algorithmes d'évaluation de la qualité sans référence

- Peu de travaux
- Quasiment exclusivement spécifiques aux distorsions
  - Dégradation JPEG2000 / ringing [H.R. Sheikh et al., 2005 ; Z.M. Parvez et al., 2008]
  - Dégradation JPEG / bloc [Z. Wang et al., 2002 ; X. Zhu et al., 2009]
  - Dégradation de flou [X. Zhu et al., 2009 ; R. Ferzli et al., 2007]
- Calcul du score
  - Cumul des dégradations
  - Approche basée NN [C. Li and al., 2011 ; Jung et al, 2002 ; Tsoy et al, 2007]

Schéma générique d'une métrique de qualité sans référence

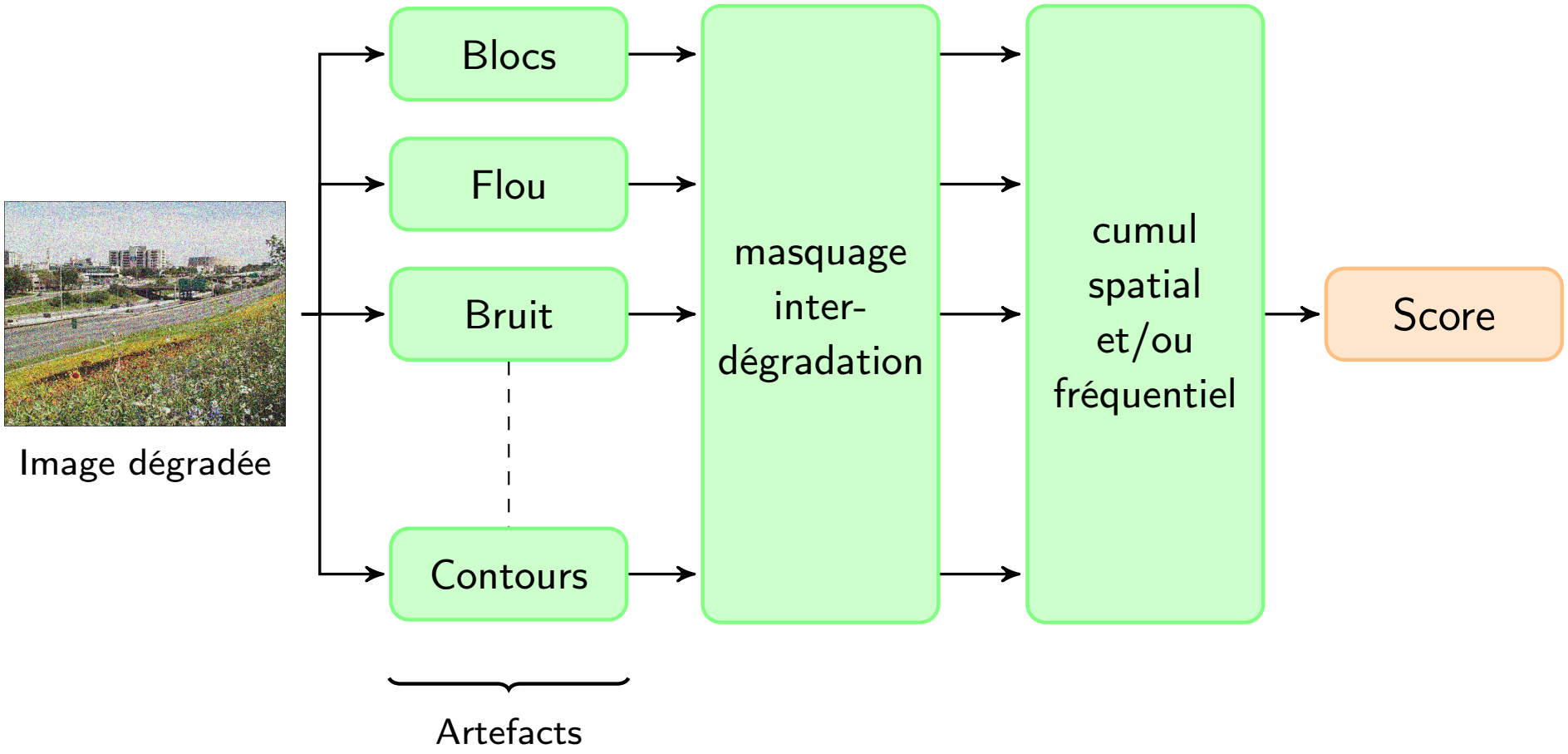


Schéma générique d'une métrique de qualité sans référence

Image dégradée

Blocs

Flou

Bruit

Contours

masquage inter-dégradation

cumul spatial et/ou fréquentiel

Score

Artefacts

Sommation de Minkowski

$$E = \left(\sum_m \sum_n |e(m,n)|^\beta\right)^{1/\beta}$$

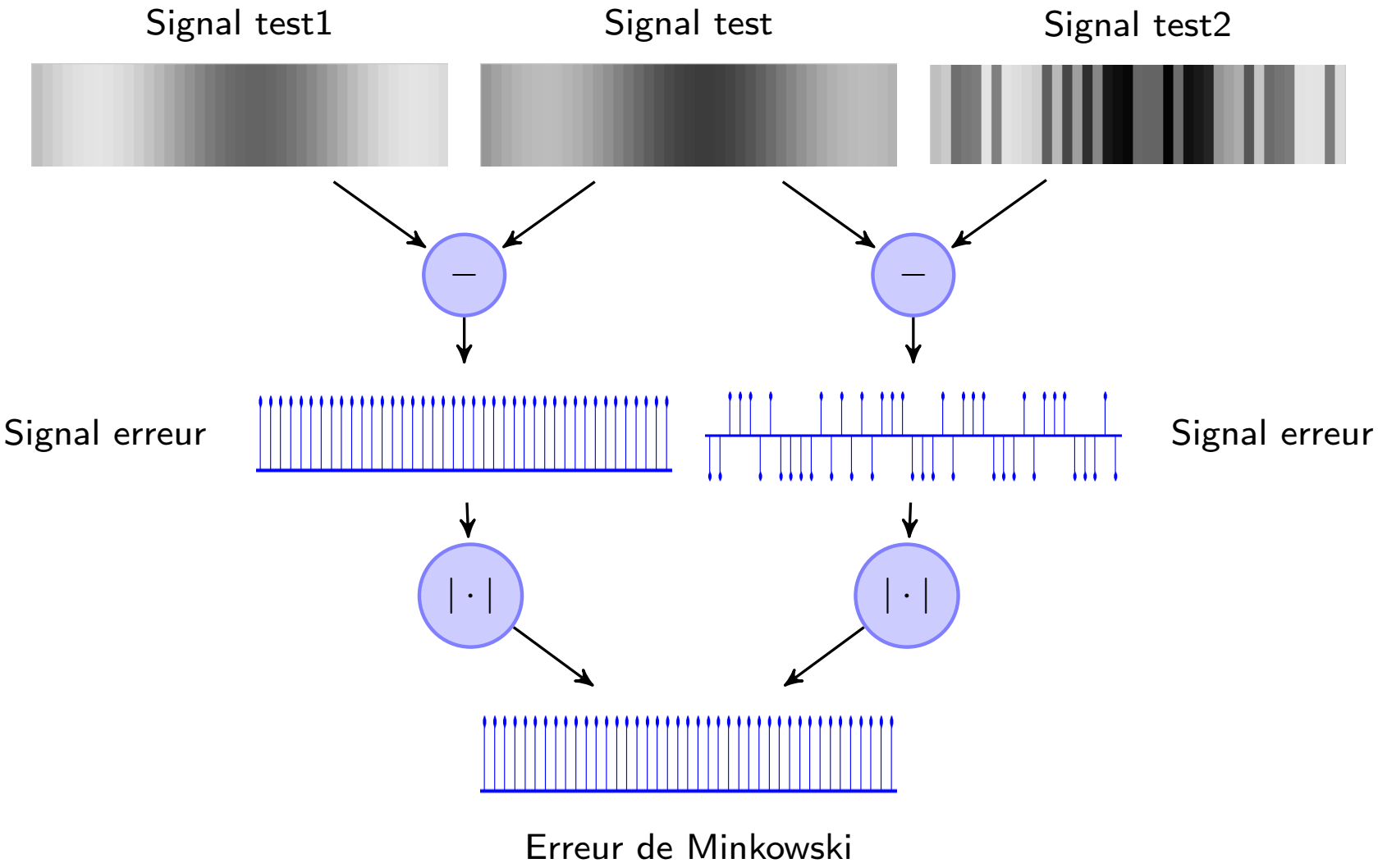
Hypothèses liées à la sommation de Minkowski

1. La qualité d'une image ne dépend pas des relations spatiales entre les pixels.
2. La qualité d'une image ne dépend pas des relations entre le signal d'origine et le signal dégradé.
3. La qualité d'une image dépend exclusivement de l'amplitude du signal d'erreur.
4. Tous les pixels de l'image ont la même importance visuelle.

Hypothèses liées à la sommation de Minkowski

1. La qualité d'une image ne dépend pas des relations spatiales entre les pixels.
2. La qualité d'une image ne dépend pas des relations entre le signal d'origine et le signal dégradé.
3. La qualité d'une image dépend exclusivement de l'amplitude du signal d'erreur.
4. Tous les pixels de l'image ont la même importance visuelle.

Limites sommation de Minkowski (hypothèse 2)

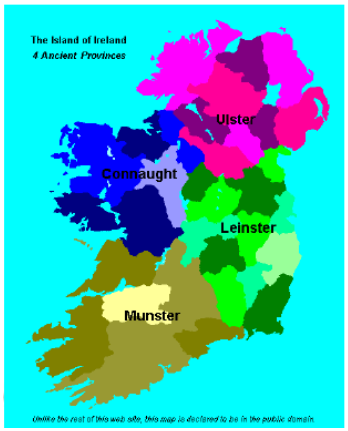


Principe des SSN

- Caractéristiques du SVH ont été façonnées par leur grande facilié d'adaptation au monde environnant (nombre et type de photorécepteur de la rétine induit par le processus de sélection naturelle)
- Images originales évoluent dans un sous-espace d'un vaste espace vectoriel regroupant toutes les images possibles,
- Toute déviation d'un modéle SSN est interprété comme une dégradation de l'image originale associée.

Les statistiques de scènes naturelles

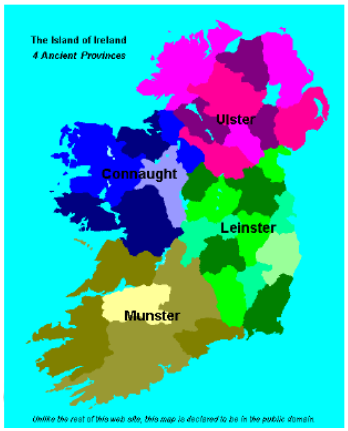
NON



OUI

Les statistiques de scènes naturelles

NON



OUI

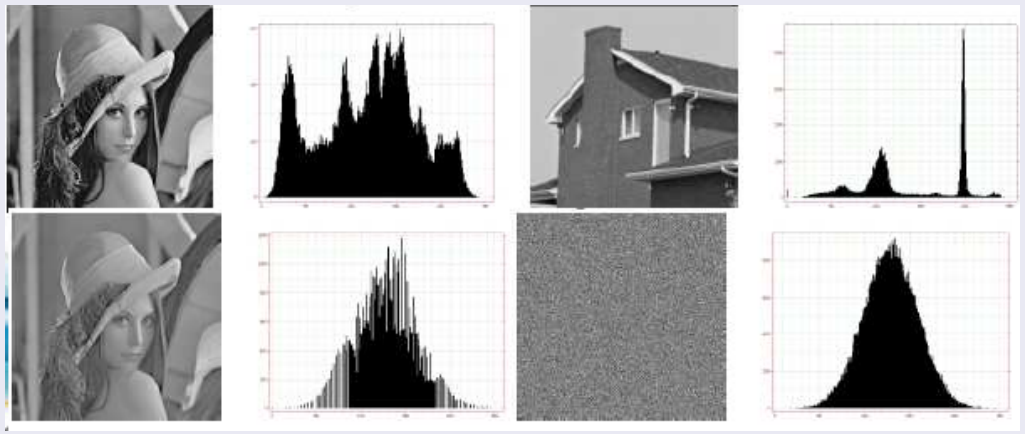
Images du monde réel

Intérêt pratique

- Compression [Kretzmer, 1952]
- Restauration d'images
- Indexation, classification

Statistiques du premier ordre

- Très variable d'une image à l'autre
- Peu informative sur la structure des images

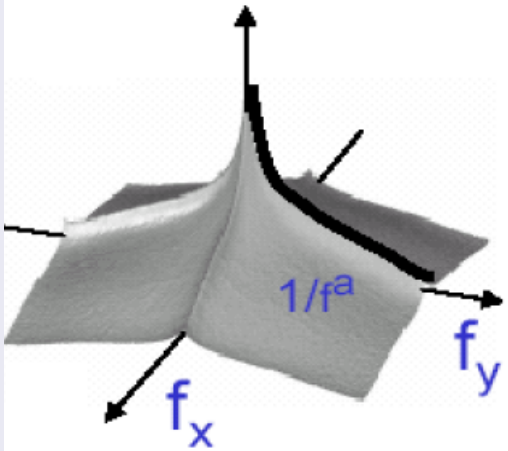


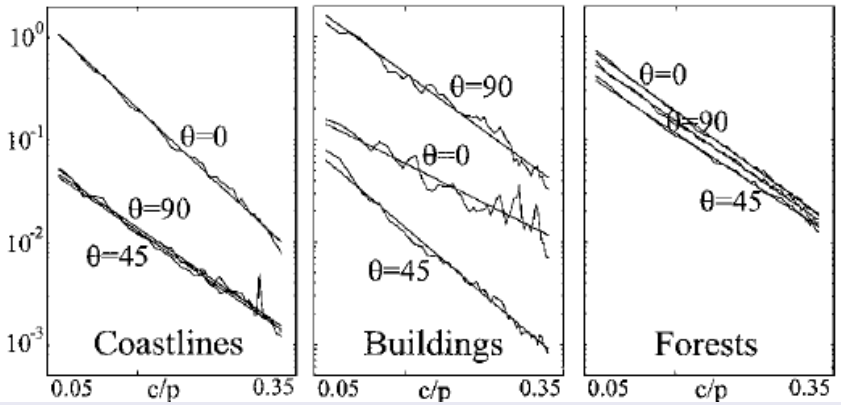
Statistiques du second ordre

- Corrélaltion
- Spectre de puissance

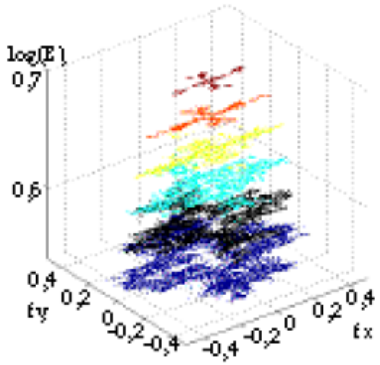
Invariances à l'échelle

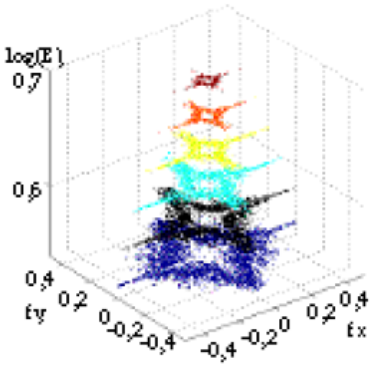
- Spectre de puissance : loi en $1/f^a, a \sim 2$
- Anisotropie ; lien aux catégories perceptives

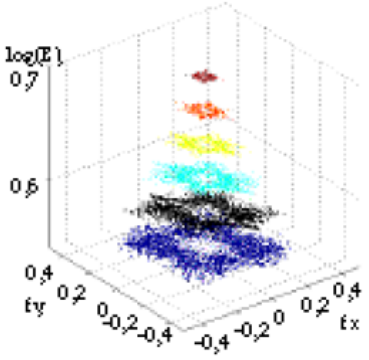


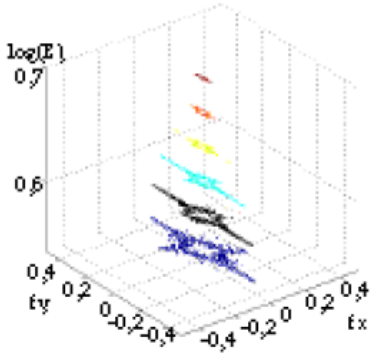


Statistiques globales





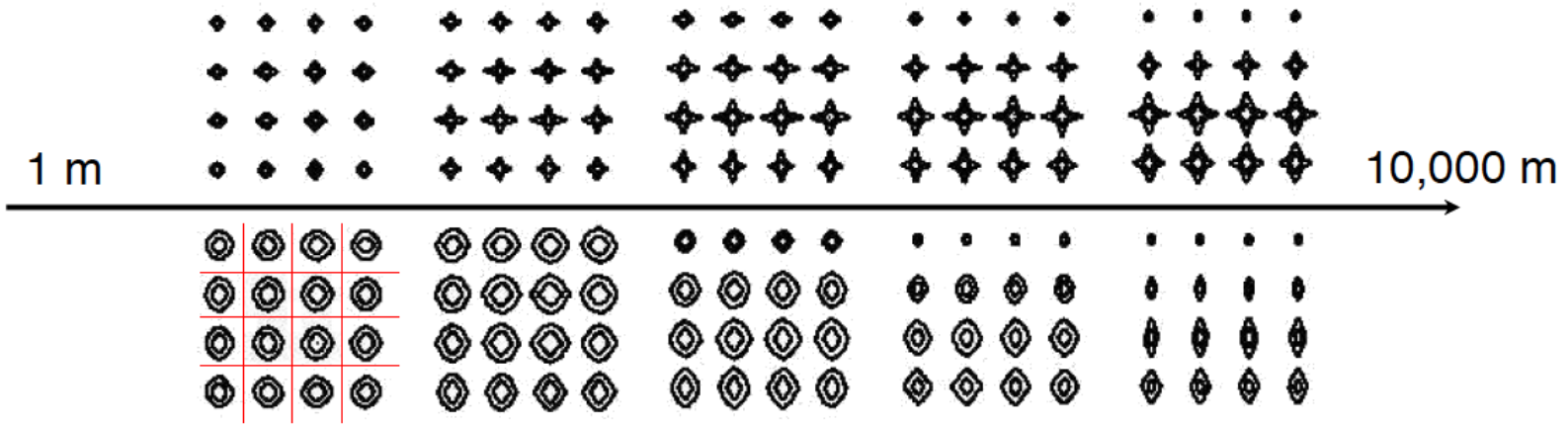




Statistiques locales – spectres prototyptiques

[Torralba & Oliva, 2003]

Artificielles



Stationaire

Non-stationaire

Naturelles

BLIINDS v1.0

- Modélisation de quatre facteurs de vision par des critères statistiques dans le domaine de la DCT
- Modélisation de la distribution de ce vecteur à quatre attributs pour prédire la qualité

Validation de l'utilisation des SSN dans le domaine de la DCT

Motivation : définition d'une métrique agnostique

1. Dériver un modèle généralisé des SSN utilisant les coefficients DCT locaux
2. Transformer ensuite les paramètres du modèle en caractéristiques permettant de prédire la qualité des images.

Sommaire

1 Introduction

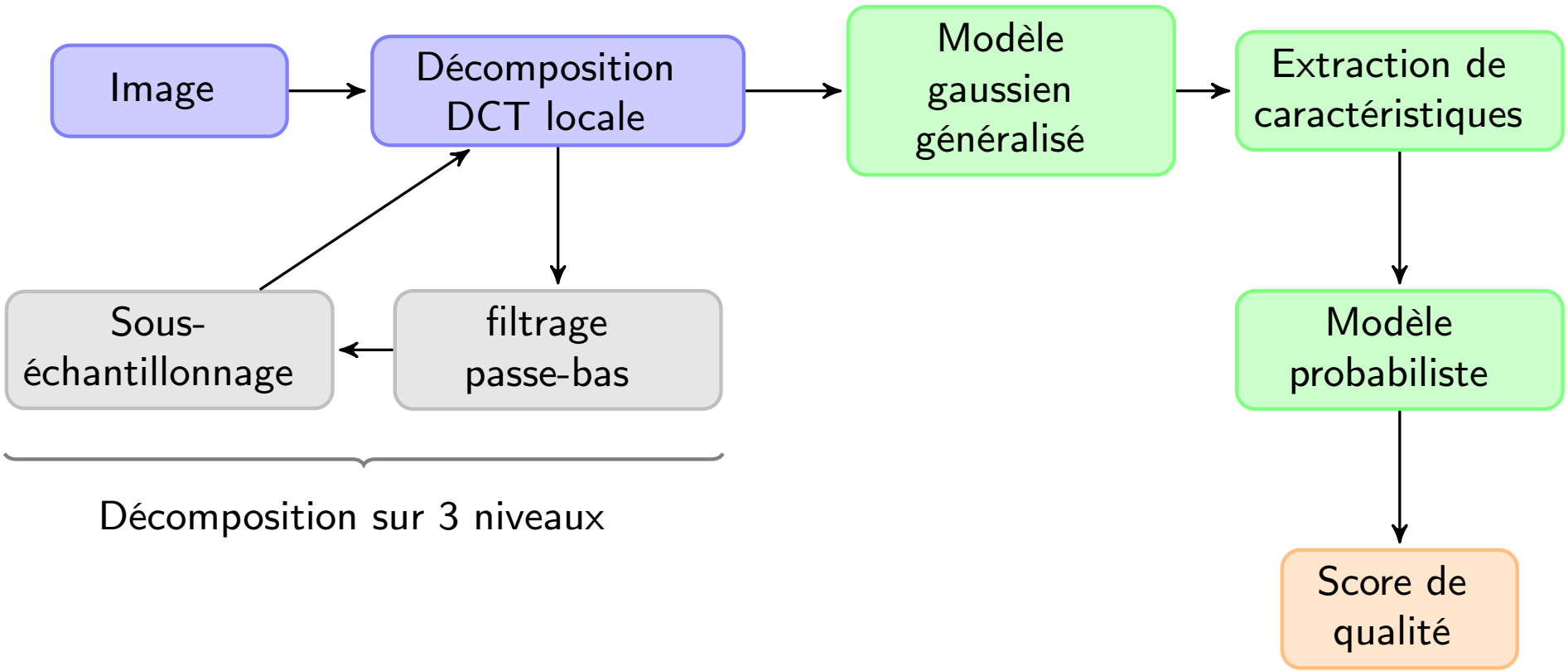
2 Évaluation agnostique de la qualité

3 Évaluation des performances

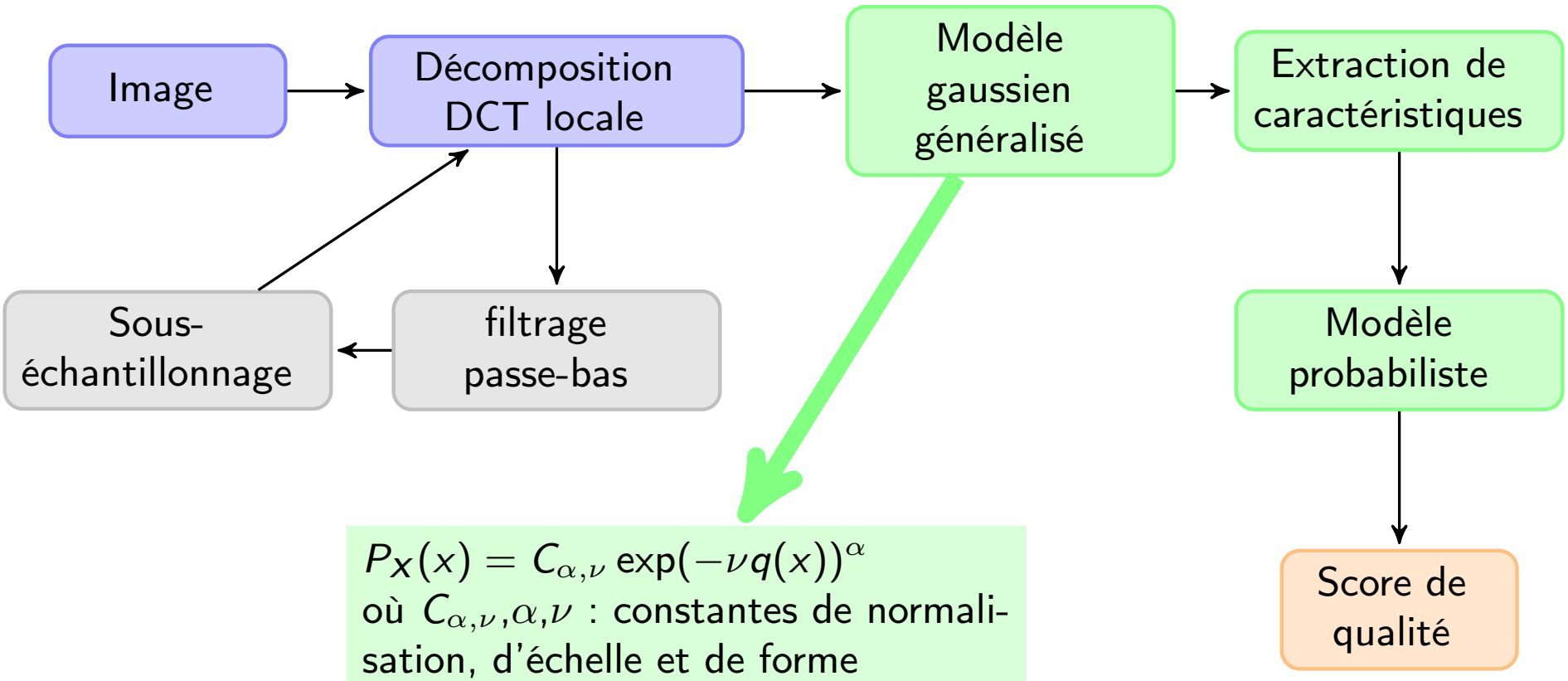
4 Application en Biométrie

5 Conclusion

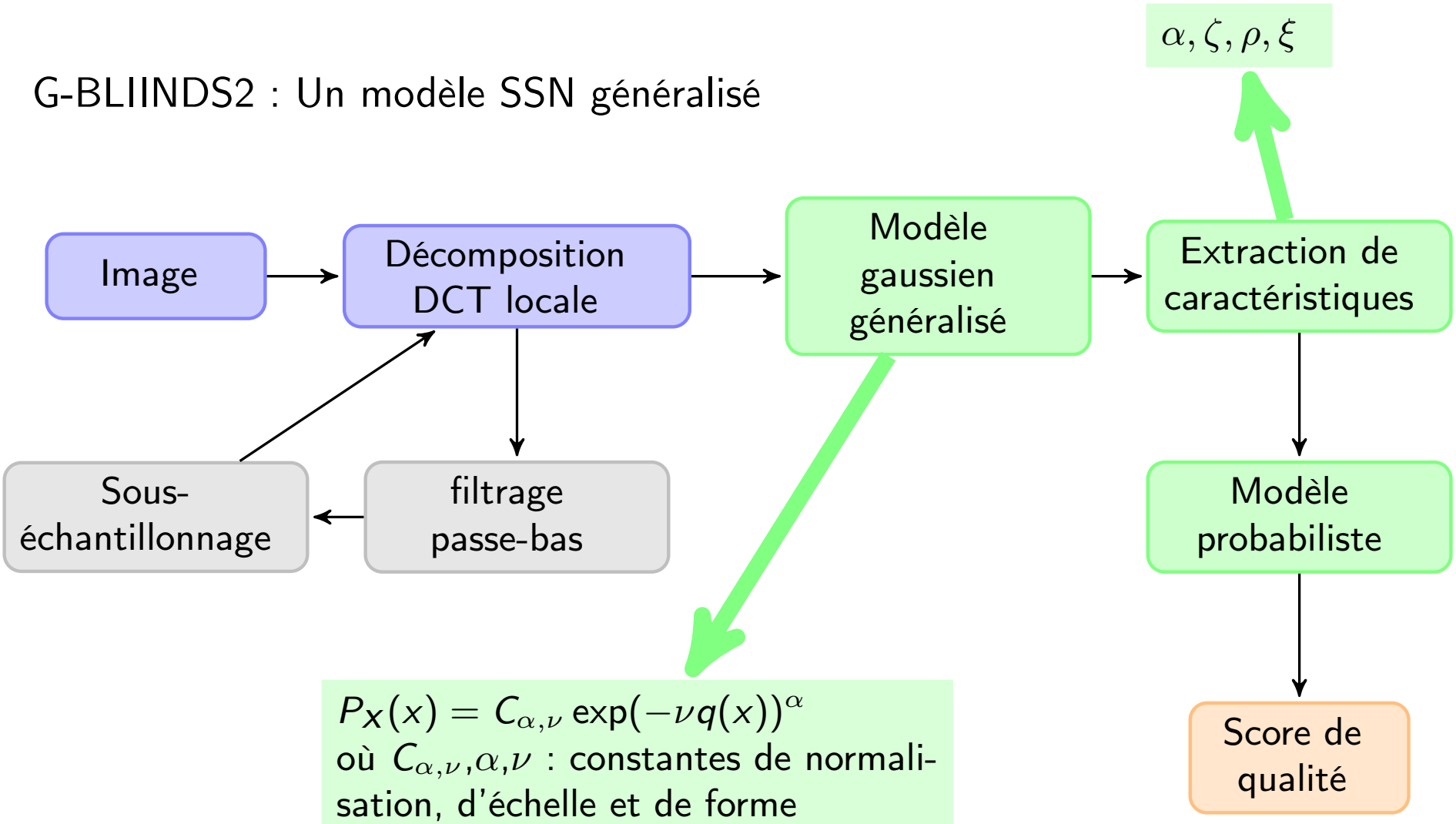
G-BLIINDS2 : Un modèle SSN généralisé



G-BLIINDS2 : Un modèle SSN généralisé

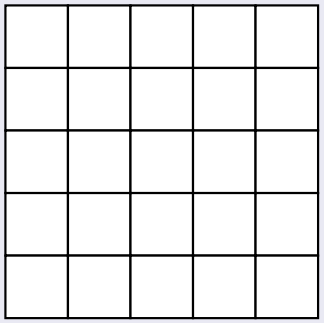


G-BLIINDS2 : Un modèle SSN généralisé



Paramètre de variation fréquentielle α

Critère de gaussianité des blocs DCT 5×5



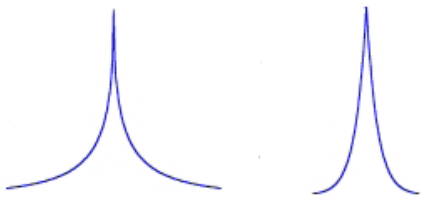


FIG. 1 – $\alpha = 0.5, \eta = 10$

FIG. 2 – $\alpha = 1, \eta = 10$

FIG. 3 – $\alpha = 2, \eta = 10$

FIG. 4 – $\alpha = 4, \eta = 10$

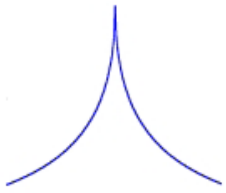


FIG. 5 – $\alpha = 0.5, \eta = 2$

FIG. 6 – $\alpha = 1, \eta = 2$

FIG. 7 – $\alpha = 2, \eta = 2$

FIG. 8 – $\alpha = 4, \eta = 2$

Paramètre de variation fréquentielle ζ

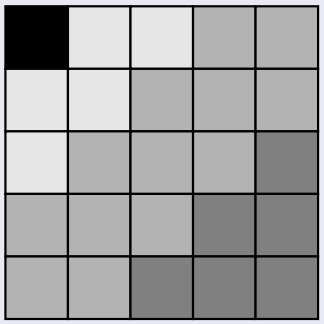
$$\zeta = \sigma_{|x|} / \mu_{|x|}$$

$\mu_{|x|}$ → centre de la distribution des amplitudes des coefficients DCT

$\sigma_{|x|}$ → dispersion des amplitudes des coefficients DCT

Processus de normalisation, interprétable par analogie avec le comportement physiologique des neurones

Le ratio d'énergie des sous-bandes ρ

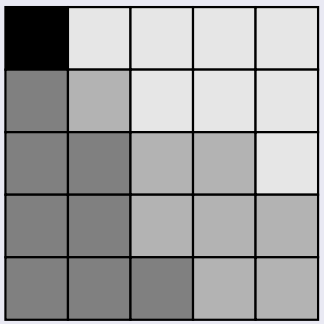


Le ratio d'énergie ρ des sous-bandes est alors défini comme suit

$$\rho = \frac{R_2 + R_3}{2}$$

avec $R_n = \frac{|\sigma_n^2 - \frac{1}{n-1}\sum_{j<n}\sigma_j^2|}{|\sigma_n^2 + \frac{1}{n-1}\sum_{j<n}\sigma_j^2|}, \forall n \in [2,3]$

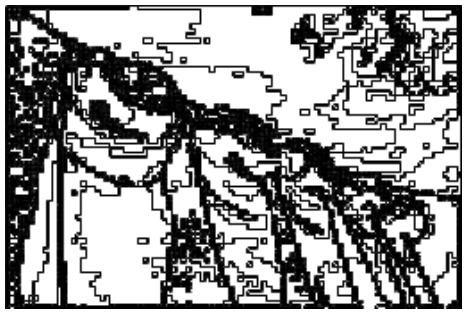
Le ratio d'énergie des sous-bandes ξ



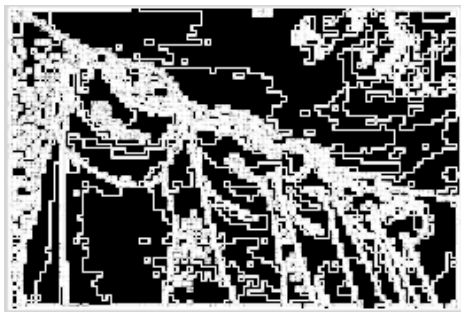
Calcul des paramètres de variation fréquentielle $\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3$ sur les trois orientations

$$\xi = \text{var}(\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3)$$

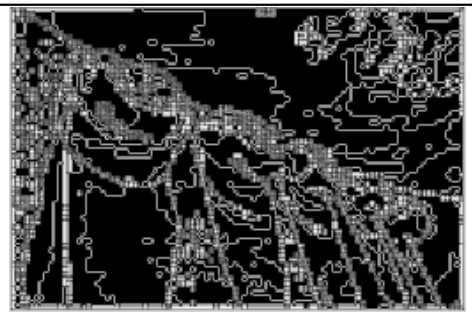
Cartes des distorsions obtenues



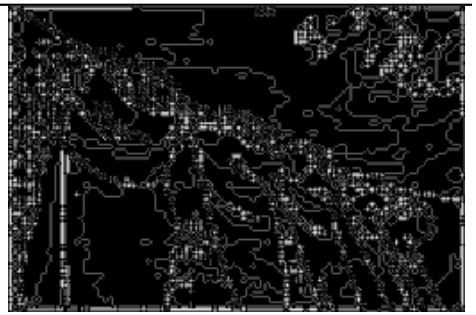
paramètre α



paramètre ρ



paramètre ζ



paramètre ξ

Sommaire

1 Introduction

2 Évaluation agnostique de la qualité

3 Évaluation des performances

4 Application en Biométrie

5 Conclusion

Apparatus

- Bases d'apprentissage
  LIVE : 15 images originales avec leurs versions dégradées
- Bases de test
  1. LIVE (sauf la base d'apprentissage)
  2. TID2008
- Modélisation de la distribution de (X_i, DMOS_i)
  - $X_i = [x_1, \cdots, x_n], n = 12$
  - Vérité terrain DMOS_i

Protocole de comparison

- SROCC comme mesure de performance
- 1 méthode sans référence
- 5 méthodes avec référence : MS-SSIM, VIF, NQM, VSNR, PSNR.

Panel d'images de référence de la base LIVE

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test LIVE

- Métriques sans référence

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI [1]	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
JP2K	0.963	0.799	0.972	0.970	0.967	0.962	0.869
JPEG	0.965	0.891	0.954	0.955	0.953	0.952	0.889
Bruit blanc	0.985	0.951	0.989	0.992	0.985	0.984	0.979
Flou gaussien	0.960	0.846	0.982	0.908	0.964	0.947	0.789
Fast Fading	0.944	0.707	0.977	0.892	0.941	0.926	0.899
Base entière	0.926	0.819	0.964	0.927	0.927	0.913	0.865

1. A. K. Moorthy and A. C. Bovik, " A Two-step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices". IEEE Signal Processing Letters, pp. 587-599, vol. 17, no. 5, May 2010.

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test LIVE

- Métriques sans référence

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI [1]	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
JP2K	0.963	0.799	0.972	0.970	0.967	0.962	0.869
JPEG	0.965	0.891	0.954	0.955	0.953	0.952	0.889
Bruit blanc	0.985	0.951	0.989	0.992	0.985	0.984	0.979
Flou gaussien	0.960	0.846	0.982	0.908	0.964	0.947	0.789
Fast Fading	0.944	0.707	0.977	0.892	0.941	0.926	0.899
Base entière	0.926	0.819	0.964	0.927	0.927	0.913	0.865

1. A. K. Moorthy and A. C. Bovik, " A Two-step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices". IEEE Signal Processing Letters, pp. 587-599, vol. 17, no. 5, May 2010.

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test LIVE

- Métriques sans référence
- Métriques avec référence

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI [1]	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
JP2K	0.963	0.799	0.972	0.970	0.967	0.962	0.869
JPEG	0.965	0.891	0.954	0.955	0.953	0.952	0.889
Bruit blanc	0.985	0.951	0.989	0.992	0.985	0.984	0.979
Flou gaussien	0.960	0.846	0.982	0.908	0.964	0.947	0.789
Fast Fading	0.944	0.707	0.977	0.892	0.941	0.926	0.899
Base entière	0.926	0.819	0.964	0.927	0.927	0.913	0.865

1. A. K. Moorthy and A. C. Bovik, " A Two-step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices". IEEE Signal Processing Letters, pp. 587-599, vol. 17, no. 5, May 2010.

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test LIVE

- Métriques sans référence
- Métriques avec référence

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI [1]	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
JP2K	0.963	0.799	0.972	0.970	0.967	0.962	0.869
JPEG	0.965	0.891	0.954	0.955	0.953	0.952	0.889
Bruit blanc	0.985	0.951	0.989	0.992	0.985	0.984	0.979
Flou gaussien	0.960	0.846	0.982	0.908	0.964	0.947	0.789
Fast Fading	0.944	0.707	0.977	0.892	0.941	0.926	0.899
Base entière	0.926	0.819	0.964	0.927	0.927	0.913	0.865

1. A. K. Moorthy and A. C. Bovik, " A Two-step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices". IEEE Signal Processing Letters, pp. 587-599, vol. 17, no. 5, May 2010.

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test TID2008

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
Bruit gaussien	0.802	0.800	0.88	0.768	0.773	0.871	0.51
Bruit couleur	0.799	0.791	0.876	0.749	0.78	0.822	0.687
Bruit corrélé	0.801	0.791	0.87	0.772	0.767	0.848	0.523
Bruit masqué	0.786	0.765	0.868	0.707	0.735	0.612	0.621
Bruit haute freq.	0.865	0.852	0.907	0.901	0.882	0.913	0.64
Bruit impulsionnel	0.701	0.687	0.833	0.762	0.644	0.894	0.746
Bruit quantification	0.841	0.866	0.797	0.821	0.826	0.965	0.715
Flou gaussien	0.918	0.866	0.954	0.885	0.932	0.933	0.609
Débruitage	0.931	0.899	0.916	0.945	0.929	0.934	0.802
JPEG	0.943	0.912	0.917	0.907	0.918	0.922	0.661
JPEG2000	0.966	0.918	0.971	0.953	0.952	0.957	0.602
Transmission JPEG	0.861	0.959	0.859	0.737	0.805	0.738	0.809
Transmission JPEG2000	0.899	0.871	0.85	0.726	0.791	0.833	0.592
Bruit non eccentré	0.609	0.542	0.762	0.68	0.572	0.689	0.517
Distorsions de bloc	0.732	0.698	0.832	0.235	0.195	0.291	0.331
Décalage d'intensité	0.711	0.681	0.51	0.525	0.249	0.756	0.178
Chgt. contraste	0.667	0.618	0.819	0.619	0.425	0.572	0.453
Base entière	0.862	0.819	0.948	0.861	0.869	0.688	0.436

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test TID2008

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
Bruit gaussien	0.802	0.800	0.88	0.768	0.773	0.871	0.51
Bruit couleur	0.799	0.791	0.876	0.749	0.78	0.822	0.687
Bruit corrélé	0.801	0.791	0.87	0.772	0.767	0.848	0.523
Bruit masqué	0.786	0.765	0.868	0.707	0.735	0.612	0.621
Bruit haute freq.	0.865	0.852	0.907	0.901	0.882	0.913	0.64
Bruit impulsionnel	0.701	0.687	0.833	0.762	0.644	0.894	0.746
Bruit quantification	0.841	0.866	0.797	0.821	0.826	0.965	0.715
Flou gaussien	0.918	0.866	0.954	0.885	0.932	0.933	0.609
Débruitage	0.931	0.899	0.916	0.945	0.929	0.934	0.802
JPEG	0.943	0.912	0.917	0.907	0.918	0.922	0.661
JPEG2000	0.966	0.918	0.971	0.953	0.952	0.957	0.602
Transmission JPEG	0.861	0.959	0.859	0.737	0.805	0.738	0.809
Transmission JPEG2000	0.899	0.871	0.85	0.726	0.791	0.833	0.592
Bruit non eccentré	0.609	0.542	0.762	0.68	0.572	0.689	0.517
Distorsions de bloc	0.732	0.698	0.832	0.235	0.195	0.291	0.331
Décalage d'intensité	0.711	0.681	0.51	0.525	0.249	0.756	0.178
Chgt. contraste	0.667	0.618	0.819	0.619	0.425	0.572	0.453
Base entière	0.862	0.819	0.948	0.861	0.869	0.688	0.436

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test TID2008

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
Bruit gaussien	0.802	0.800	0.88	0.768	0.773	0.871	0.51
Bruit couleur	0.799	0.791	0.876	0.749	0.78	0.822	0.687
Bruit corrélé	0.801	0.791	0.87	0.772	0.767	0.848	0.523
Bruit masqué	0.786	0.765	0.868	0.707	0.735	0.612	0.621
Bruit haute freq.	0.865	0.852	0.907	0.901	0.882	0.913	0.64
Bruit impulsionnel	0.701	0.687	0.833	0.762	0.644	0.894	0.746
Bruit quantification	0.841	0.866	0.797	0.821	0.826	0.965	0.715
Flou gaussien	0.918	0.866	0.954	0.885	0.932	0.933	0.609
Débruitage	0.931	0.899	0.916	0.945	0.929	0.934	0.802
JPEG	0.943	0.912	0.917	0.907	0.918	0.922	0.661
JPEG2000	0.966	0.918	0.971	0.953	0.952	0.957	0.602
Transmission JPEG	0.861	0.959	0.859	0.737	0.805	0.738	0.809
Transmission JPEG2000	0.899	0.871	0.85	0.726	0.791	0.833	0.592
Bruit non eccentré	0.609	0.542	0.762	0.68	0.572	0.689	0.517
Distorsions de bloc	0.732	0.698	0.832	0.235	0.195	0.291	0.331
Décalage d'intensité	0.711	0.681	0.51	0.525	0.249	0.756	0.178
Chgt. contraste	0.667	0.618	0.819	0.619	0.425	0.572	0.453
Base entière	0.862	0.819	0.948	0.861	0.869	0.688	0.436

Mesure de corrélation de Spearman sur la base de test TID2008

Dégradation	G-BLIINDS2	BIQI	MS-SSIM	VIF	NQM	VSNR	PSNR
Bruit gaussien	0.802	0.800	0.88	0.768	0.773	0.871	0.51
Bruit couleur	0.799	0.791	0.876	0.749	0.78	0.822	0.687
Bruit corrélé	0.801	0.791	0.87	0.772	0.767	0.848	0.523
Bruit masqué	0.786	0.765	0.868	0.707	0.735	0.612	0.621
Bruit haute freq.	0.865	0.852	0.907	0.901	0.882	0.913	0.64
Bruit impulsionnel	0.701	0.687	0.833	0.762	0.644	0.894	0.746
Bruit quantification	0.841	0.866	0.797	0.821	0.826	0.965	0.715
Flou gaussien	0.918	0.866	0.954	0.885	0.932	0.933	0.609
Débruitage	0.931	0.899	0.916	0.945	0.929	0.934	0.802
JPEG	0.943	0.912	0.917	0.907	0.918	0.922	0.661
JPEG2000	0.966	0.918	0.971	0.953	0.952	0.957	0.602
Transmission JPEG	0.861	0.959	0.859	0.737	0.805	0.738	0.809
Transmission JPEG2000	0.899	0.871	0.85	0.726	0.791	0.833	0.592
Bruit non eccentré	0.609	0.542	0.762	0.68	0.572	0.689	0.517
Distorsions de bloc	0.732	0.698	0.832	0.235	0.195	0.291	0.331
Décalage d'intensité	0.711	0.681	0.51	0.525	0.249	0.756	0.178
Chgt. contraste	0.667	0.618	0.819	0.619	0.425	0.572	0.453
Base entière	0.862	0.819	0.948	0.861	0.869	0.688	0.436

Sommaire

1 Introduction

2 Évaluation agnostique de la qualité

3 Évaluation des performances

4 Application en Biométrie

5 Conclusion

Qualité des données biométriques des empreintes

Objectif : disposer d'une méthode fiable de mesure de la qualité des empreintes.

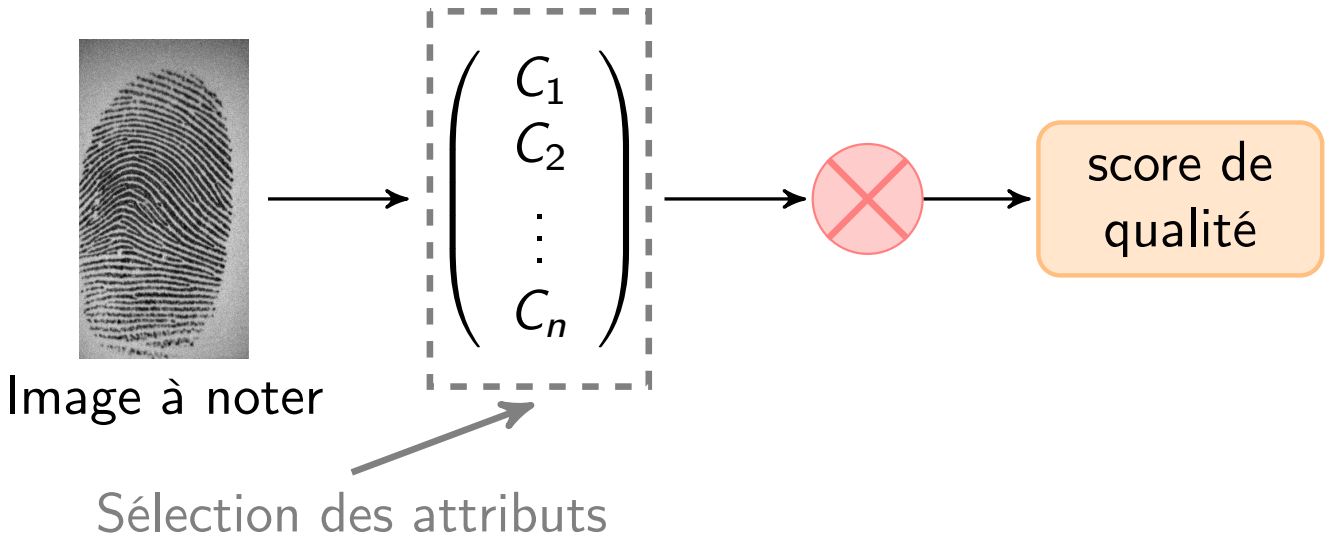
Image à noter

$$\rightarrow \begin{pmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} \rightarrow \otimes \rightarrow$$

score de qualité

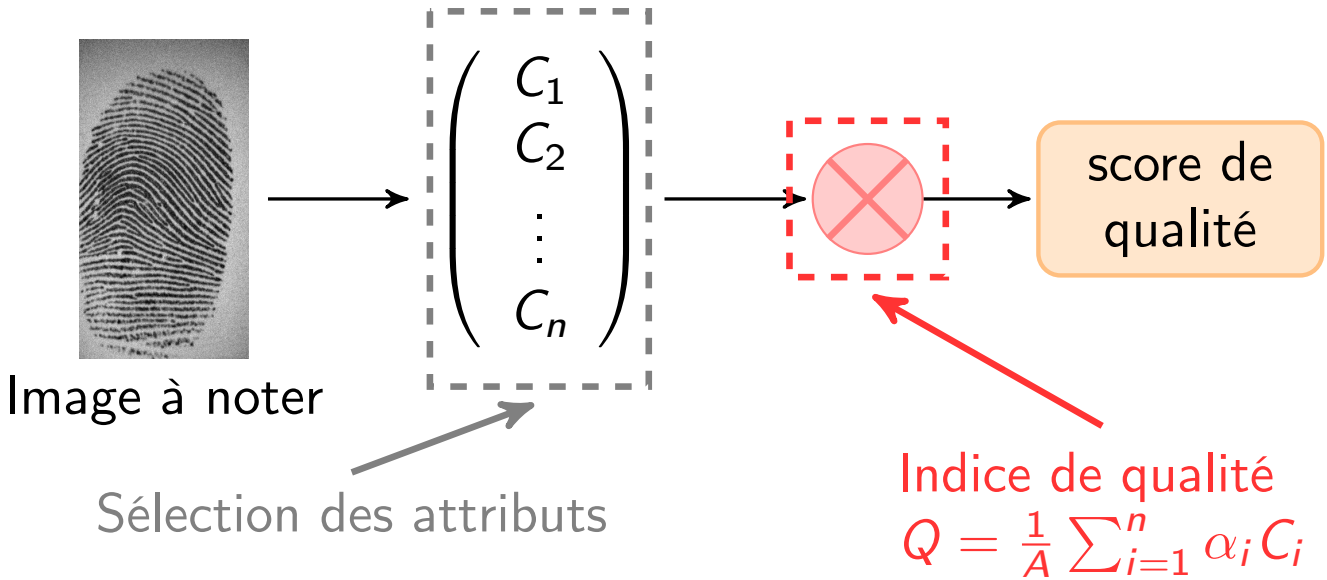
Qualité des données biométriques des empreintes

Objectif : disposer d'une méthode fiable de mesure de la qualité des empreintes.



Qualité des données biométriques des empreintes

Objectif : disposer d'une méthode fiable de mesure de la qualité des empreintes.



Sélection de 11 attributs

- G-BLIINDS2
- Dix critères
  - Quatre descripteurs SIFT
  - Six descripteurs locaux sur des blocs de taille 17×17 (statistiques d'ordre 1, 2 et 5).

Calcul des coefficients de pondération α_i

$$Q = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{n} \alpha_i C_i$$

Optimisation par algorithme génétique

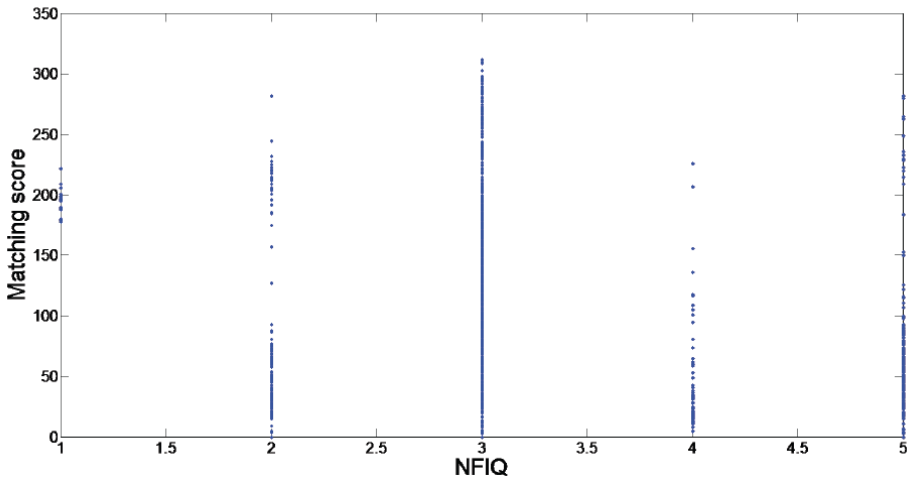
- génotype : vecteur à 11 individus $\{C_i\}_{1 \leq i \leq 11}$
- fonction d'erreur : corrélation de Pearson avec les scores bozorth3

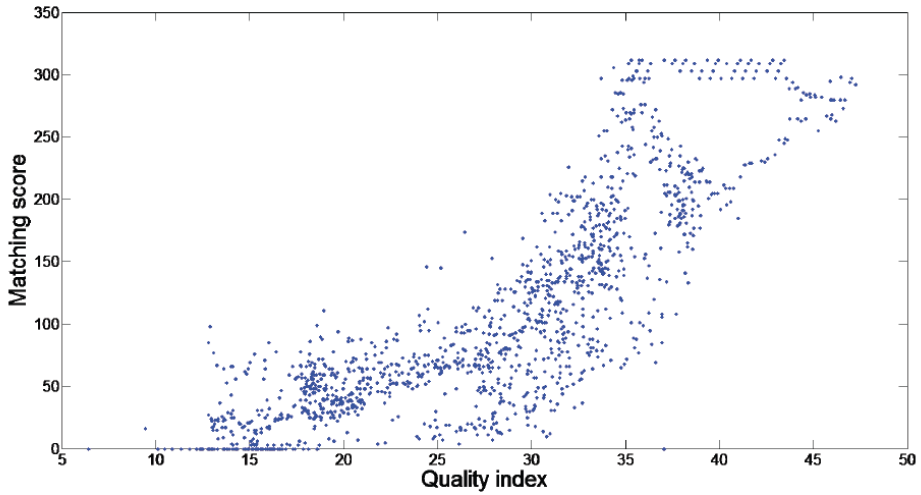
Apparatus

- Utilisation de la base d'empreinte FVC2002 DB3 (100 utilisateurs, 8 échantillons par utilisateur)
- Génération de 3 000 distorsions par échantillon, soit 2.400.000 images

Validation de l'approche

- Comparaison avec NIST Fingerprint Image Quality (NFIQ).





Sommaire

1 Introduction

2 Évaluation agnostique de la qualité

3 Évaluation des performances

4 Application en Biométrie

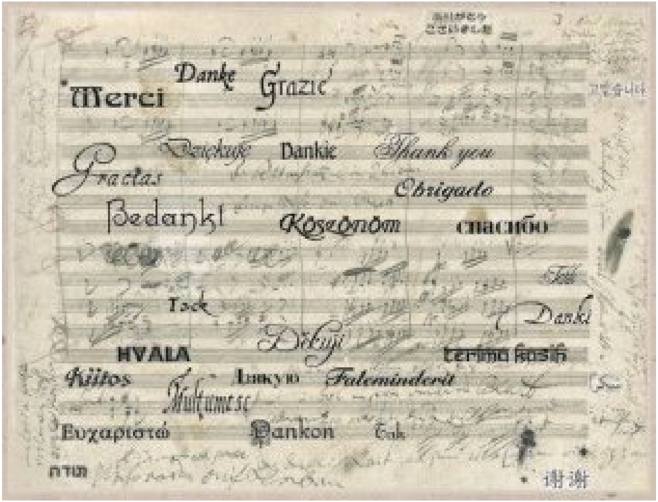
5 Conclusion

Évaluation agnostique de la qualité

- Utilisation des SSN dans le domaine de la DCT
- Extraction des caractéristiques d'un modèle gaussien généralisé
- Calcul de la note finale par modèle probabiliste généralisé

Questions ouvertes

- Extension au cas du maillage 3D
- Extension au domaine de la protection des images couleur (dimension colorimétrique), multispectrales, etc.


Merci
Danke
Grazie
Dankie
Thank you
Gracias
Obrigado
Bedankt
Köszönöm
Tack
Danki
HVALA
terima kasih
Kiitos
Faleminderit
Multumesc
Ευχαριστώ
Tak
謝謝