Utilisation de l'information photométrique pour la sélection des hyperparamètres en recalage géométrique d'images

F. Brunet[1,2], A. Bartoli[1], N. Navab[2], R. Malgouyres[3]

[1]ISIT, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand

[2]CAMPAR, Technische Universität München, Munich

[3]LIMOS, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand

COmpression et REprésentation des Signaux Audiovisuels, octobre 2010

Plan

- Qu'est-ce que le recalage ?
  - Principe général
  - Grandes approches
- Problème : le choix des hyperparamètres
- Solution proposée
- Résultats

Qu’est-ce que le recalage ?

Déterminer une transformation géométrique qui aligne une image source et une image cible

Image source S

En paramétrique trouver $\mathbf{p}$ tel que :

$$\mathcal{W}(\cdot; \mathbf{p})$$

Image cible T

Deux grandes approches

- L’approche géométrique

- L’approche directe (ou photométrique)

L’approche géométrique

Image source S

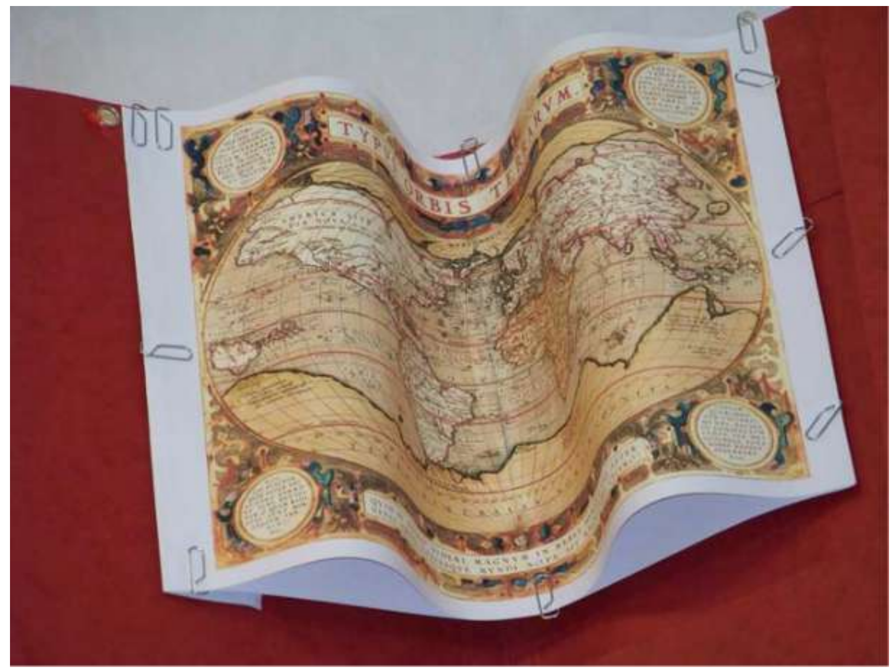
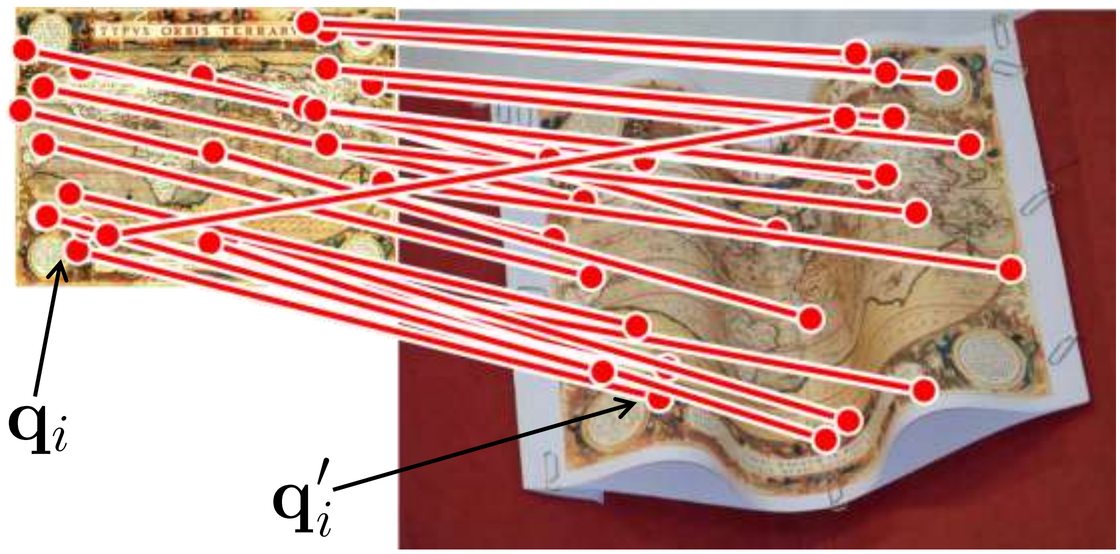


Image cible T

L’approche géométrique

Extraction de correspondances de points

$$\{\mathbf{q}_i \leftrightarrow \mathbf{q}'_i\}_{i=1}^{n}$$



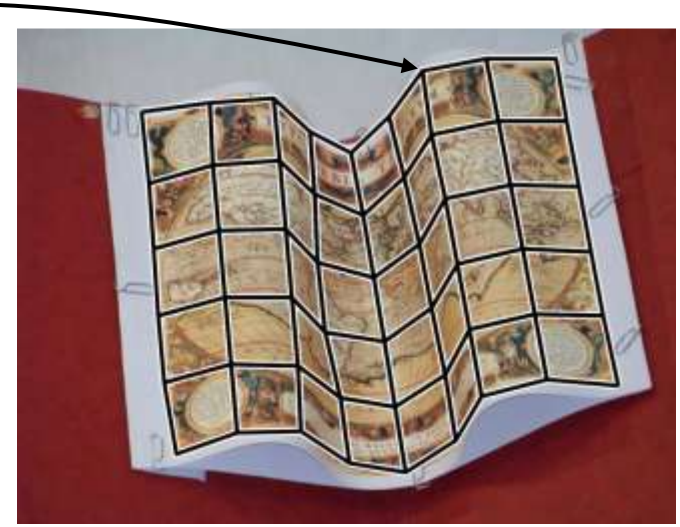
[Méthode : SIFT, SURF, …]

L'approche géométrique

Calcul des paramètres **p*** de la transformation à partir des correspondances de points

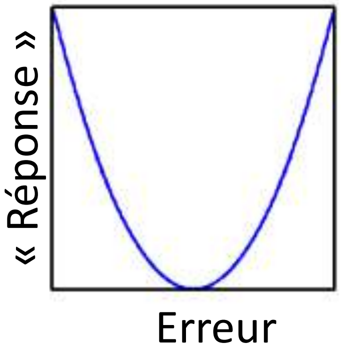
$$\mathbf{p}^* = \arg\min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^{n} \left\| \mathcal{W}(\mathbf{q}_i; \mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i \right\|^2$$

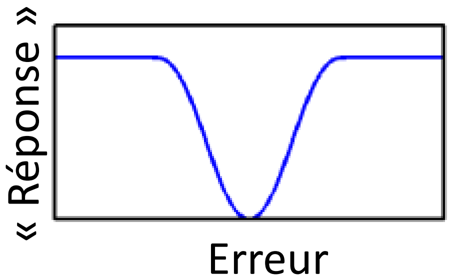
$$\mathcal{W}(\cdot; \mathbf{p}^*)$$



L'approche géométrique

- Variantes
  - Robustesse





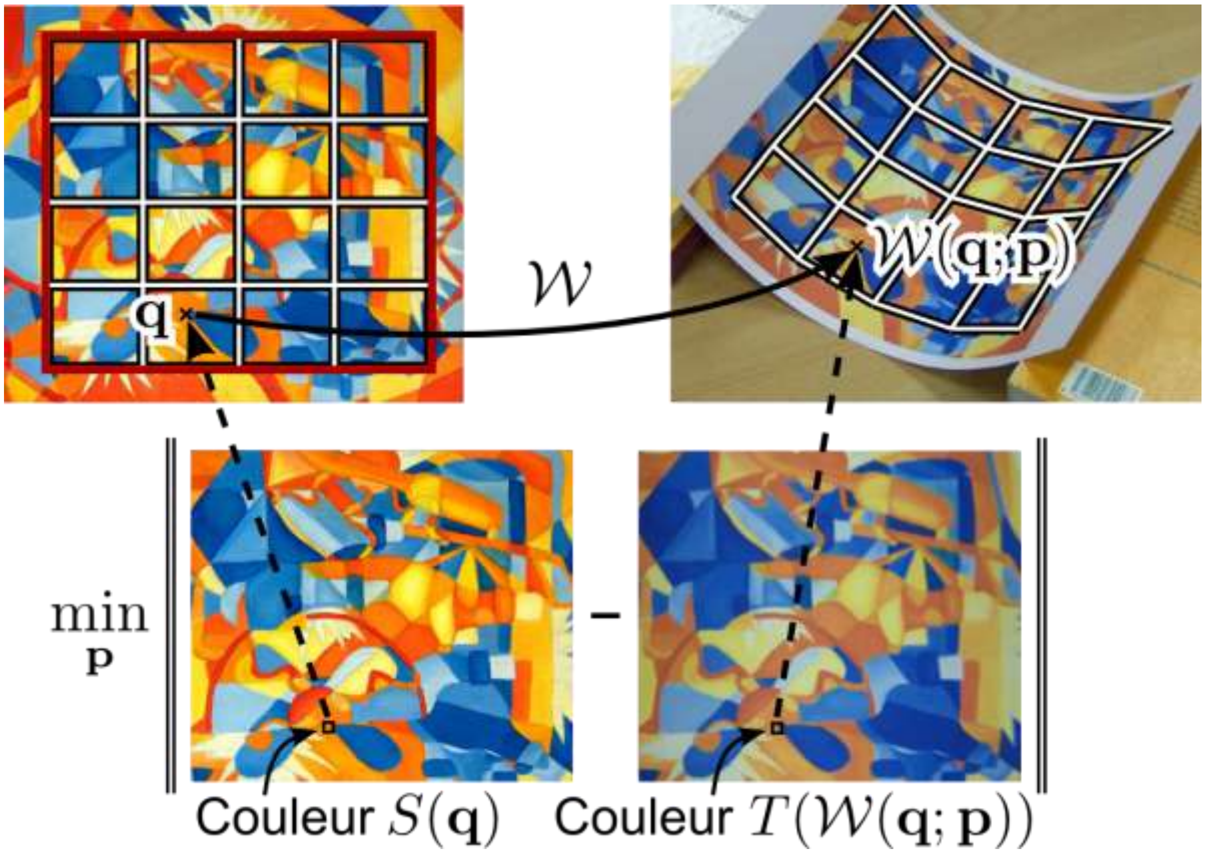
$$\min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\mathcal{W}(\mathbf{q}_i;\mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i; \gamma\right)$$

  - Régularisation

$$\min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\mathcal{W}(\mathbf{q}_i;\mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i; \gamma\right) + \lambda \sum_{i=1}^{2} \int_{\Omega} \left\| \frac{\partial^2 \mathcal{W}^i}{\partial \mathbf{q}^2}(\mathbf{q};\mathbf{p}) \right\|^2 \mathrm{d}\mathbf{q}$$

L'approche directe (photométrique)

$$\mathbf{p}^* = \arg\min_{\mathbf{p}} \sum_{\mathbf{q}\in\mathfrak{R}} \|S(\mathbf{q}) - T(\mathcal{W}(\mathbf{q};\mathbf{p}))\|^2$$



Problème : les hyperparamètres

- Qu'est-ce que les hyperparamètres ?

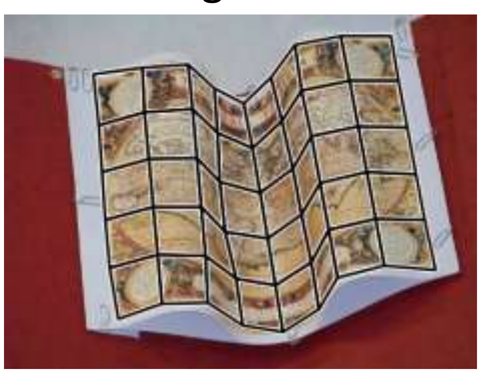
$$\min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\mathcal{W}(\mathbf{q}_i;\mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i;\gamma\right) + \lambda\mathcal{R}(\mathbf{p})$$

Les hyperparamètres

Leur détermination est essentielle !

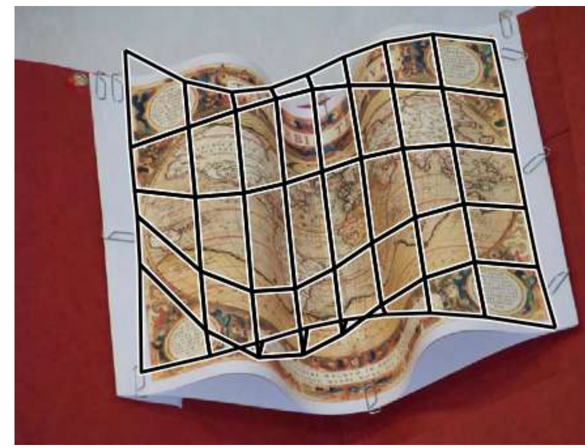
Image source

Image cible

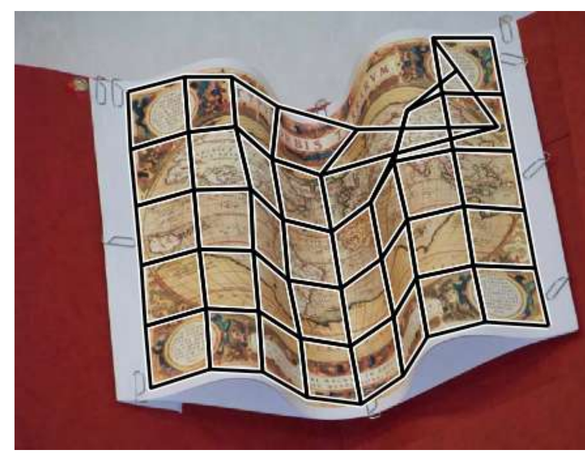


Nombre de points de contrôle

pas assez



trop

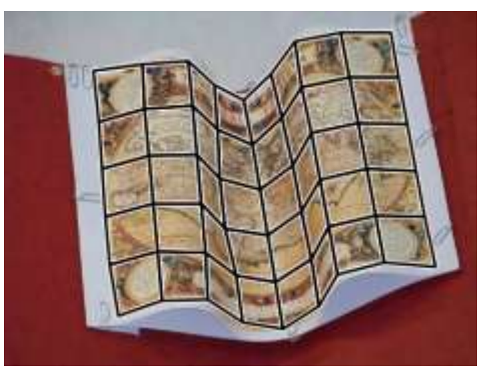


Les hyperparamètres

Leur détermination est essentielle !

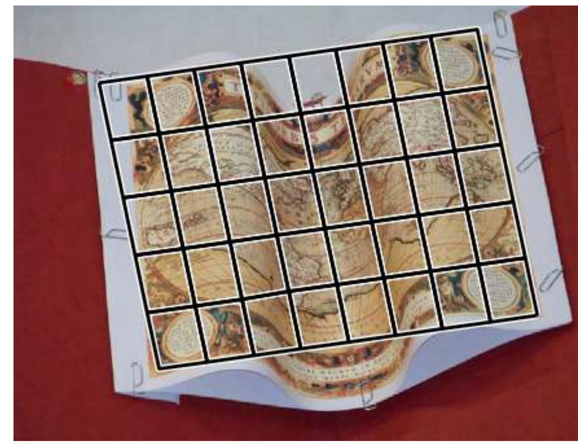
Image source

Image cible

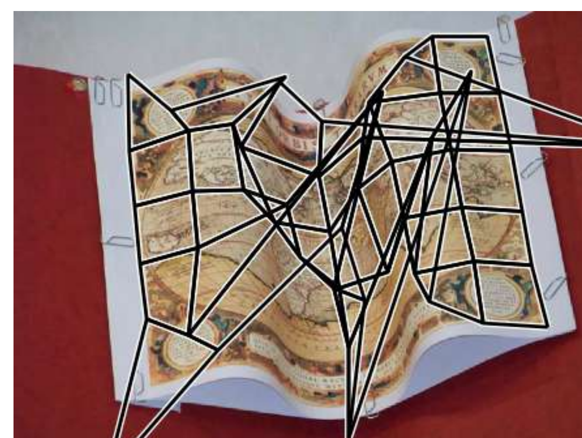


Seuil du
M-estimateur

Trop bas



Trop élevé

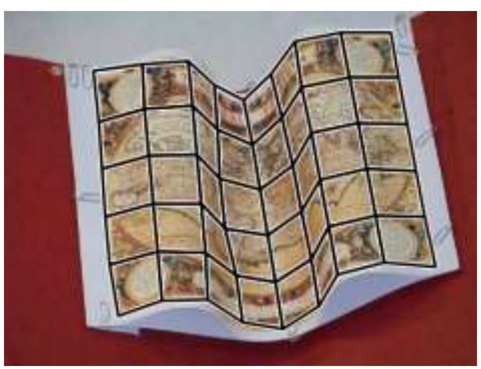


Les hyperparamètres

Leur détermination est essentielle !

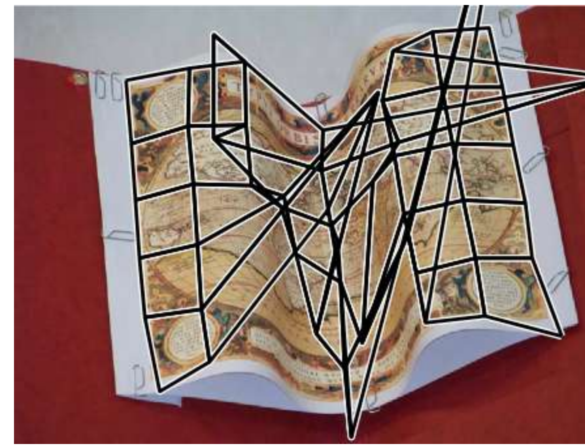
Image source

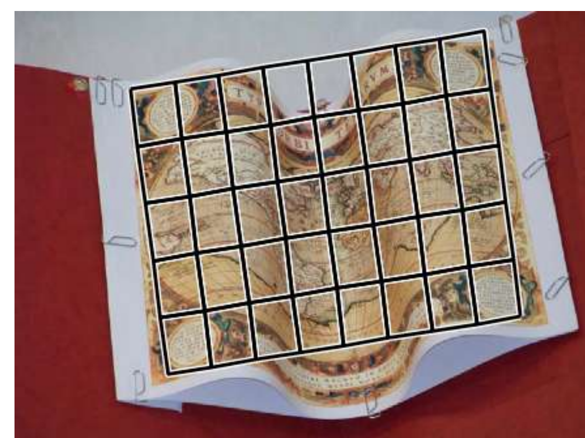
Image cible



Paramètre de régularisation

Trop bas





Trop élevé

Détermination des hyperparamètres

- Comment les déterminer ?

$$\min_{\mathbf{p},\lambda,\gamma,\ldots} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\mathcal{W}(\mathbf{q}_i;\mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i;\gamma\right) + \lambda\mathcal{R}(\mathbf{p})$$

Détermination des hyperparamètres

- Approche classique

$$\lambda^\star, \gamma^\star, \ldots = \arg\min_{\lambda,\gamma,\ldots} \mathcal{C}(\lambda, \gamma, \ldots)$$

$$\min_{\mathbf{p}} \sum_{i=1}^{n} \rho\left(\mathcal{W}(\mathbf{q}_i; \mathbf{p}) - \mathbf{q}'_i; \gamma^\star\right) + \lambda^\star \mathcal{R}(\mathbf{p})$$

Validation croisée

- Un des critères classiques : la validation croisée
  - Mesure la capacité à « généraliser les données »
  - Découpe des données en jeu d'entrainement et jeu d'essai

- Inconvénients
  - Temps de calcul importants
  - N'utilise que les données du problème d'estimation (ici, les correspondances de points)

Autres critères

- Mallow's Cp
- Akaike Information Criterion (AIC)
- Bayesian Information Criterion (BIC)
- Minimum Description Length (MDL)
- …

- Toujours le même problème : n'utilise que les correspondances de points

Approche proposée

- Utiliser **toute** l'information à disposition :
  - Les correspondances de points
  - L'information fournie par les couleurs
- Correspondances de points : jeu d'entrainement
- Couleurs : jeu de test

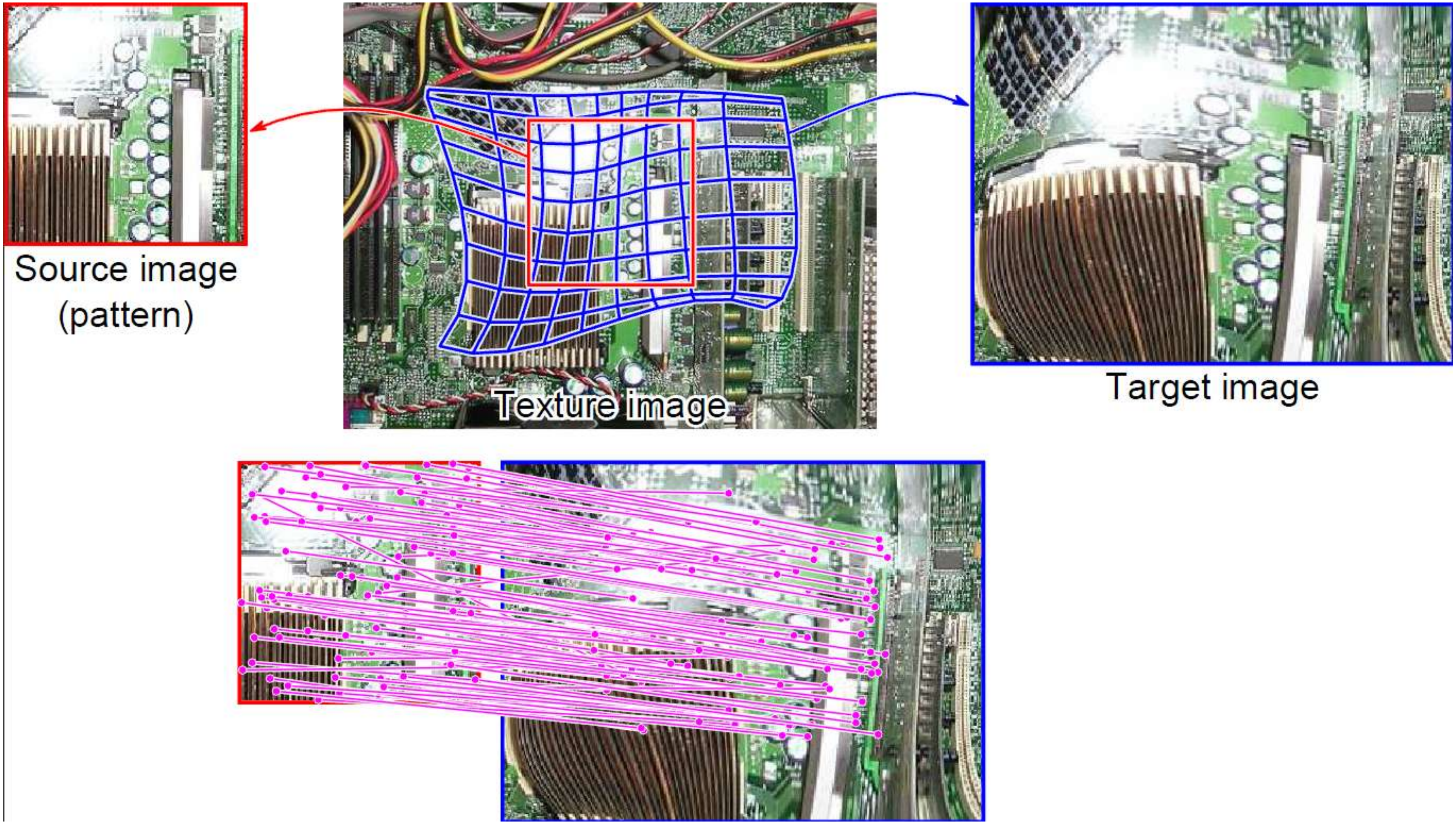
Approche proposée

$$\boxed{\mathcal{C}(\lambda, \gamma, \ldots) = \frac{1}{|\mathfrak{R}|} \sum_{i=1}^{n} \left\| \mathcal{S}(\mathbf{q}) - \mathcal{T}(\mathcal{W}(\mathbf{q}; \mathbf{p}_{\lambda,\gamma,\ldots})) \right\|^2}$$

$$\mathbf{p}^* = \arg\min_{\mathbf{p}} \sum_{\mathbf{q} \in \mathfrak{R}} \left\| S(\mathbf{q}) - T(\mathcal{W}(\mathbf{q}; \mathbf{p})) \right\|^2$$

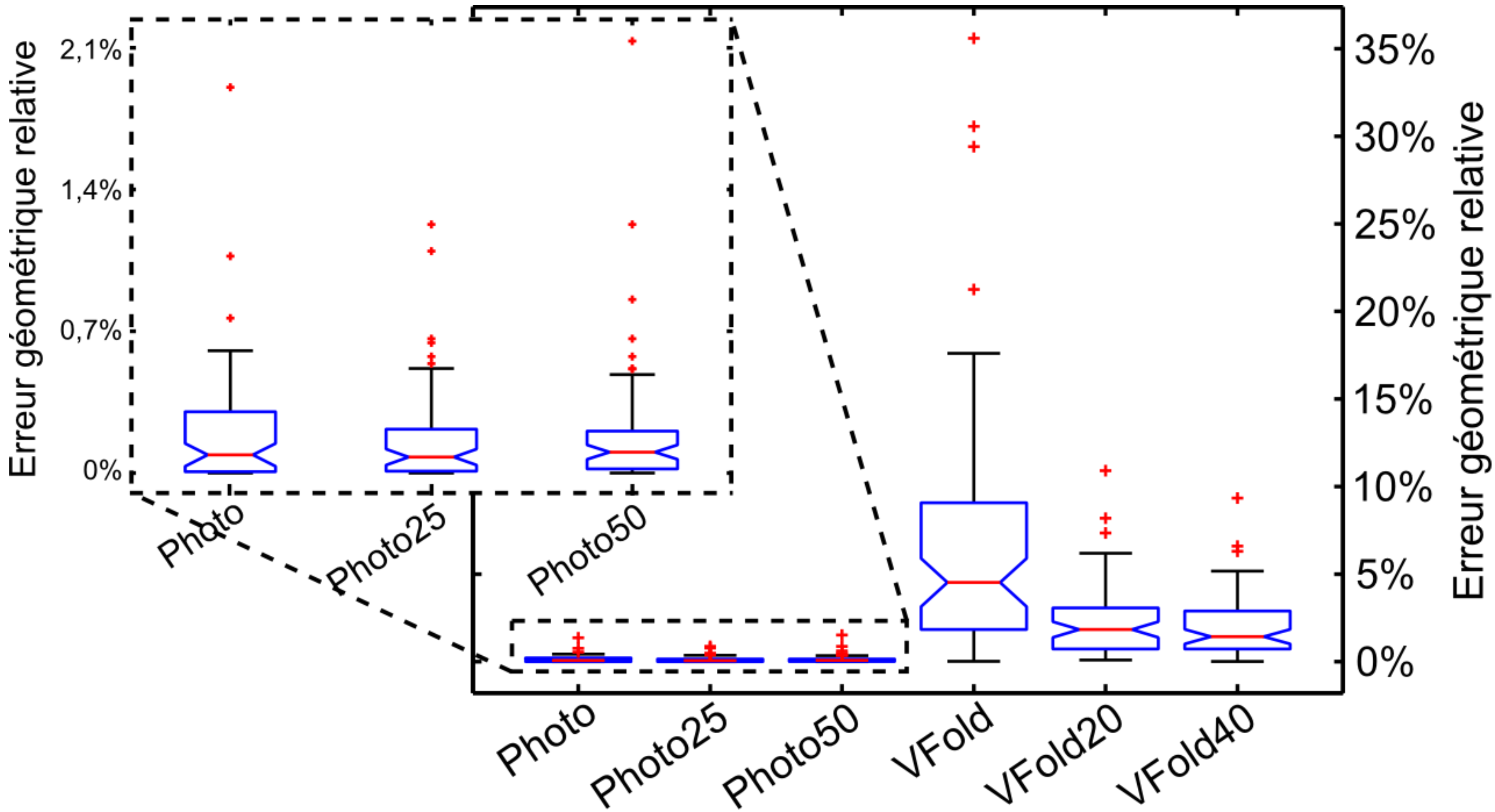
Résultats expérimentaux

Données synthétiques



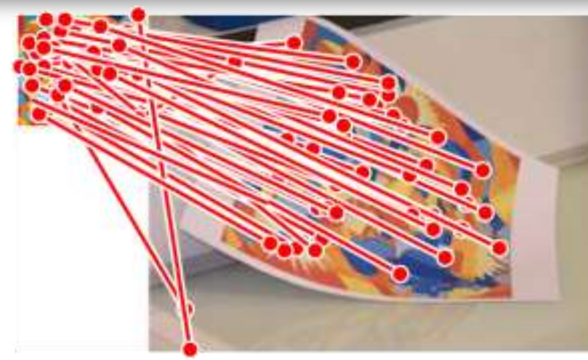
Résultats expérimentaux

« Erreur géométrique relative »

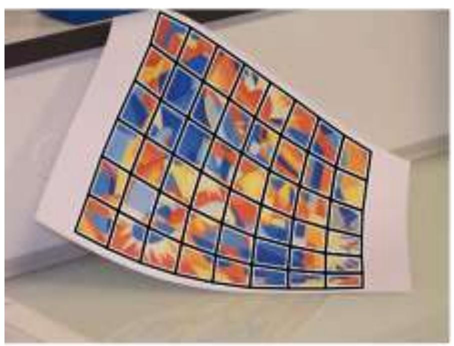


Résultats expérimentaux

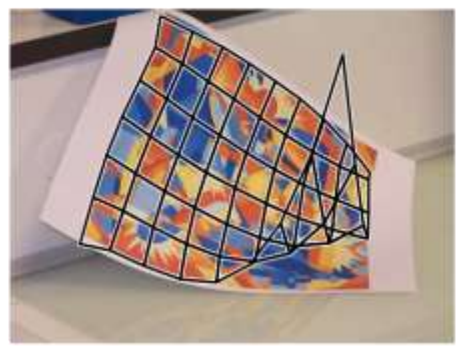
(a) Source image



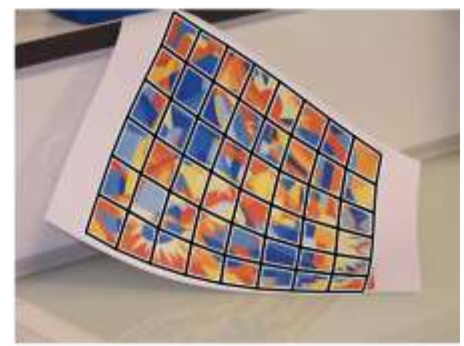
(b) Point correspondences



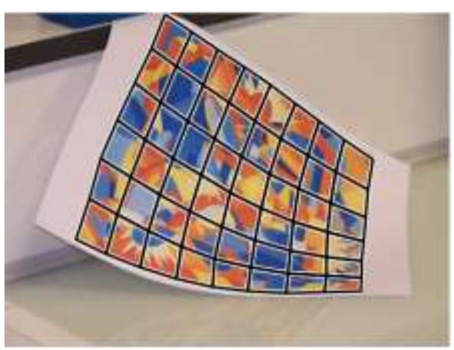
(c) Ground truth warp



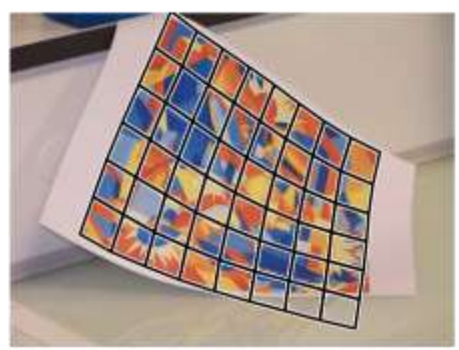
(e) VFold CV



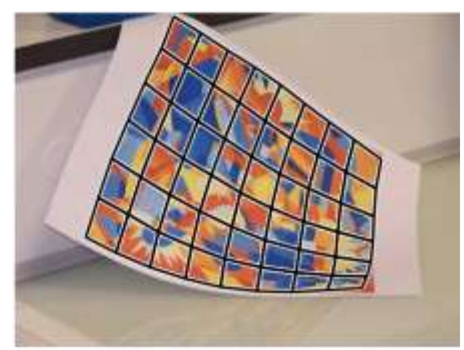
(g) Our criterion



(d) Oracle



(f) VFold CV (threshold = 20%)



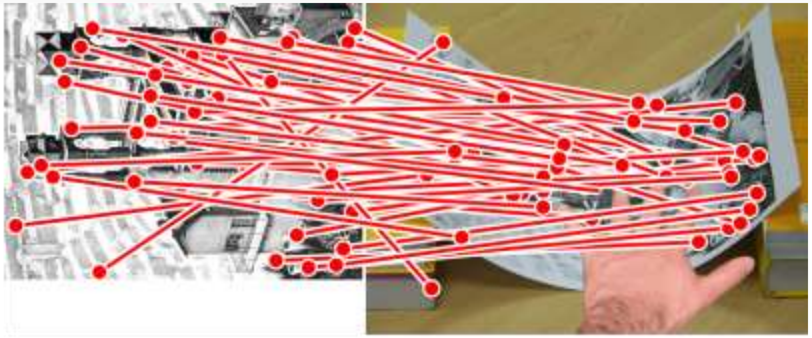
(h) Our criterion (threshold = 25%)

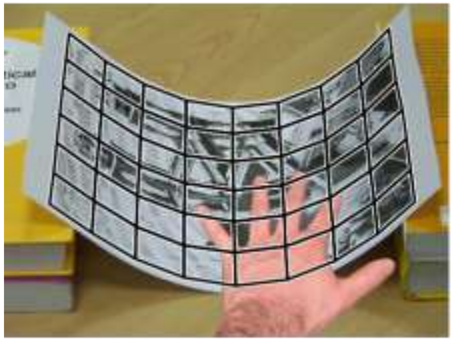
Résultats expérimentaux

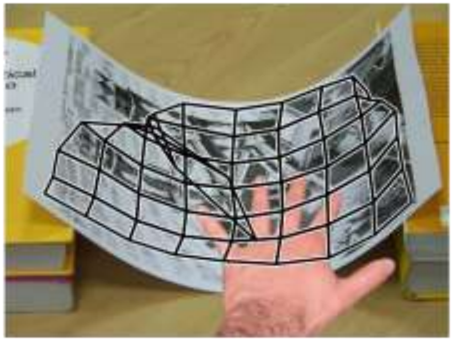
Critère	Erreur géométrique relative
VCV	1,852%
VCV (robuste)	0,675%
Notre critère	0,190%
Notre critère (robuste)	0,197%

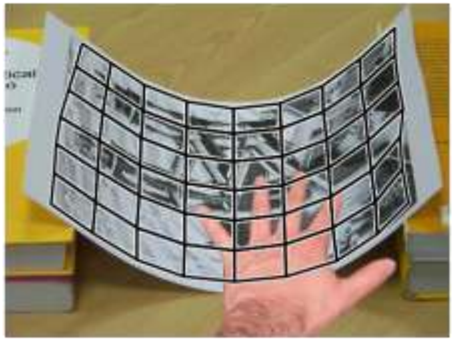
Résultats expérimentaux

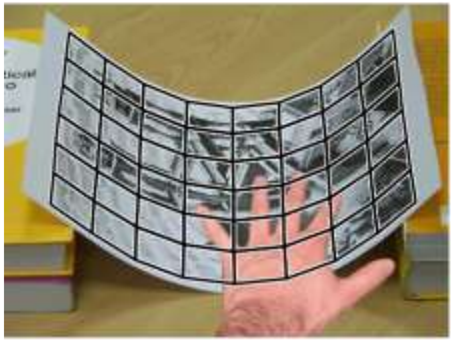

(a) Source image

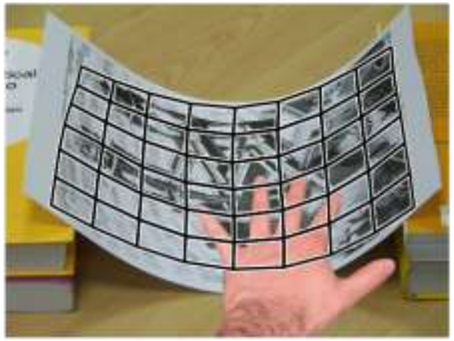

(b) Point correspondences

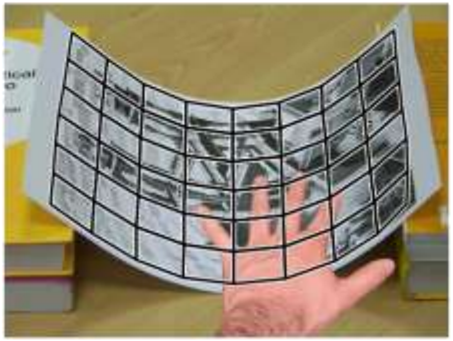

(c) Ground truth warp


(e) VFold CV


(g) Our criterion


(d) Oracle


(f) VFold CV (threshold = 20%)


(h) Our criterion (threshold = 25%)

Conclusion

- Importance des hyperparamètres et de leur sélection

- Nouveau critère exploitant l'intégralité des données du problème
  - Combinaison des approches géométriques et photométriques

- Et après ?
  - Comment optimiser le critère proposé ?

Merci !