

## **Description, appariement et indexation d'images aériennes multi-date et multi-source**

### **Objet de la thèse**

---

Ce sujet traite des méthodes de description, d'appariement et d'indexation à large échelle de prises de vues aériennes lorsque celles-ci ont été acquises à des dates différentes, par des sources potentiellement différentes. On se focalisera sur la description des structures de l'image susceptibles d'être robustes aux transformations photométriques et géométriques mises en jeu, ainsi que sur leur indexation à large échelle. Les applications potentielles sont très variées, elles visent l'interopérabilité des données image d'hier avec les outils d'information géographique d'aujourd'hui.

### **Descriptif détaillé de la thèse**

---

#### **Contexte**

L'objectif de la thèse est de répondre au problème de la recherche de vues aériennes (orthoimages, éventuellement vues obliques) dont le contenu est le plus similaire à une vue donnée, dans un référentiel de vues géoréférencées ayant été acquises à des dates différentes par des systèmes d'acquisition différents. Cette recherche par similarité visuelle doit permettre de recalibrer la vue dans le référentiel, en vue de sa valorisation ultérieure, qui peut être sa géolocalisation, sa datation, l'interprétation de son contenu (si sont associées à la référence des informations sémantiques), ou encore l'enrichissement du corpus géoréférencé. C'est une étape clé se situant en amont d'un champ d'applications très large visant l'interopérabilité des données d'hier dans les outils d'information géographique d'aujourd'hui : cartographie (mise à jour de référentiels), géomorphologie (étude des mouvements de terrain), changement climatique, aménagement et évolution du territoire (changements d'occupation du sol), urbanisme, culture et patrimoine (valorisation de documents anciens), etc.

#### **Etat de l'art**

En l'absence de points d'appui au sol produits manuellement, les approches automatiques d'appariement de vues multi-date les plus classiques reposent sur la mise en correspondance de points homologues extraits automatiquement (SIFT, SURF, etc.) et

l'utilisation de quelques contraintes géométriques permettant de filtrer les appariements obtenus, comme dans [Liu et al. 2006].

Lorsque l'écart temporel entre les images est plus grand (données historiques par exemple), les points homologues à apparier sont plus rares et la quantité de faux appariements augmente notablement, notamment dans les zones urbanisées. Des solutions reposant sur la combinaison de descripteurs locaux permettent d'améliorer la mise en correspondance, comme dans [Bhowmik et al., 2017a] [Bhowmik et al., 2017b] existent, mais ne sont pas suffisantes et il s'avère alors nécessaire de considérer des structures d'appui différentes. Généralement, les travaux rencontrés exploitent les contours ou les lignes extraites des images, à partir de méthodes d'extraction dédiées ou optimisées pour l'imagerie aérienne, par exemple [Vassilaki et al., 2012].

D'autres travaux, comme [Barsi, 2004] [Cléry et al., 2014], se focalisent sur le recalage des structures linéaires avec des données cartographiques vectorielles (par exemple BD TOPO®, IGN) censées représenter une référence mieux structurée et donc plus fiable, alors que d'autres considèrent des données multi-capteur pour améliorer la phase d'extraction des structures d'appui et donc le recalage, par exemple [Li et al., 1995] qui exploite de l'imagerie optique et radar (SAR).

Enfin, une dernière catégorie d'approches repose sur l'extraction d'informations sémantiques en vue de procéder à l'appariement : par exemple, dans [Stoica et al., 2004] des réseaux de routes sont extraits par processus ponctuel de Gibbs ; dans [Chen et al., 2006], les croisements de route sont extraits et servent comme points d'appui durant le recalage.

## **Verrous scientifiques**

Le principal verrou réside dans la mise en place d'une **description robuste** face aux transformations du paysage dans le temps, aux différents outils d'acquisition et à la qualité des clichés les plus anciens. Pour la plupart, les approches de la littérature supposent une géolocalisation grossière initiale des clichés, ou bien la présence de réseaux de structures linéaires, ou encore des conditions de prise de vue peu dégradées quand ce n'est pas un écart temporel faible. Etant donné la difficulté de la tâche, il faut pouvoir compter sur l'exploitation conjointe des quelques structures *a priori* les plus pérennes (réseaux de routes, cours d'eau, œuvres patrimoniales, roche dans les zones naturelles, etc.), qui mettent en jeu des techniques de description différentes et peuvent être complexes à utiliser conjointement. Un autre verrou à lever concerne le **passage à l'échelle** de la recherche des clichés les plus similaires en vue du recalage, dans un grand volume de vues géoréférencées et par le biais de descriptions potentiellement complexes et de différentes natures. En information géographique, l'état de l'art propose le plus souvent des solutions non scalables, ou bien qui requièrent une géolocalisation grossière initiale, ce qui réduit considérablement la complexité du problème.

## **Programme de travail**

La thèse se déroulera suivant trois étapes :

1. Prise en main de l'état de l'art en appariement d'images aériennes, avec un focus sur les approches robustes à un fort écart temporel. Le travail portera sur la lecture des articles de recherche relevant du domaine, mais aussi sur la prise en main des solutions mises à disposition dans la communauté, dont la méthode déjà développée à l'IGN [Cléry et al., 2014], qui repose sur le recalage de structures linéaires et celles proposées dans [Bhowmik et al., 2017a] [Bhowmik et al., 2017b] qui combinent plusieurs approches de description.
2. Etude et mise en place d'une approche de description et d'indexation à large échelle. Parmi les pistes pressenties, on s'intéressera à la description des relations spatiales entre structures linéaires dans l'image, intégrée dans une représentation hiérarchique qui a plusieurs avantages.
3. Evaluation de cette approche face à la littérature et pour un jeu de données représentatif (paysage urbain, naturel) à large échelle.

Les développements pourront être réalisés sur l'infrastructure de stockage et de calcul Big Data mise en place au MATIS en collaboration avec l'Institut des Systèmes Complexes (ISC-PIF), de manière à éprouver les solutions sur de grands jeux de données.

## Encadrement

- Valérie Gouet-Brunet<sup>1</sup>, IGN/LaSTIG/MATIS (Saint-Mandé, 94).

## Accueil

La thèse sera réalisée dans le laboratoire LASTIG de l'IGN, et plus précisément dans l'équipe MATIS<sup>2</sup> de l'IGN, Saint-Mandé (limitrophe Paris, ligne 1 du métro, station Saint-Mandé). L'école doctorale associée est l'ED MSTIC de l'Université Paris-Est. Le contrat doctoral, de trois ans, sera contracté avec ou sans charge de cours, selon le profil du candidat et les besoins de l'École Nationale des Sciences Géographiques avec laquelle l'IGN est associé.

## Bibliographie

[Barsi, 2004] Barsi, A. Object Detection using Neural Self-Organization. In: Proceedings of the XXth ISPRS Congress, Istanbul, Turkey. 2004, XXXV (B3), 366-371.

[Bhowmik et al., 2017a] N. Bhowmik, V. Gouet-Brunet, G. Bloch, S. Besson. Combination of image descriptors for the exploration of cultural photographic collections. Journal of Electronic Imaging, In press.

[Bhowmik et al., 2017b] N. Bhowmik, L. Weng, V. Gouet-Brunet, B. Soheilian. Cross-domain Image Localization by Adaptive Feature Fusion. Joint Urban Remote Sensing Event (JURSE), Dubai, UAE, March 6-8, 2017.

---

<sup>1</sup> Page web : <http://recherche.ign.fr/labos/matis/~valerie.gouet-brunet>

<sup>2</sup> Site web du MATIS : <http://recherche.ign.fr/labos/matis/accueilMATIS.php>

- [Chen et al., 2006] Chen, C.-C., Knoblock, C. A., et Shahabi, C. Automatically conflating road vector data with orthoimagery. *Geoinformatica*, 2006, vol. 10, no 4, p. 495-530.
- [Cléry et al., 2014] I. Cléry, M. Pierrot-Deseilligny, B. Vallet, Automatic georeferencing of a heritage of old analog aerial photographs, *Photogrammetric Computer Vision - PCV 2014*, Zurich, Switzerland, 5th - 7th September 2014.
- [Li et al., 1995] Li, H., Manjunath, B. S., et Mitra, S. K. A contour-based approach to multisensor image registration. *Image Processing, IEEE Transactions on*, 1995, vol. 4, no 3, p. 320-334.
- [Liu et al., 2006] L. Desheng, G. Peng, K. Maggi, G. Qinghua, Automatic Registration of Airborne Images with Complex Local Distortion, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Number 9, pp. 1049-1059(11), September 2006.
- [Stoica et al., 2004] Stoica, R., Descombes, X., et Zerubia, J. A Gibbs point process for road extraction from remotely sensed images. *International Journal of Computer Vision*, 2004, vol. 57, no 2, p. 121-136.
- [Vassilaki et al., 2012] Vassilaki, D., Ioannidis, C., Stamos, A. Recovery of the Geometry of Historical Aerial Photos Associating Self-Calibration with Ground Control Linear Features. In : *EARSel Workshop Proceedings: First International Workshop on Temporal Analysis of Satellite Images*. 2012. p. 202-207.

## Candidature

---

### Profil et compétences attendues

- Ressortissant de l'Union Européenne ou de la Suisse ;
- Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 en informatique ou mathématiques appliquées avec une spécialisation en analyse d'images, indexation d'images ou vision par ordinateur ;
- Environnement de programmation requis : C/C++, Matlab ;
- Une expérience dans le traitement des données massives sera appréciée ;
- Bon niveau en anglais ;
- Bonne capacité relationnelle, motivation pour la recherche et pour le travail en équipe, esprit d'initiative, capacité rédactionnelle.

### Contact

Pour tout renseignement, contacter Valérie Gouet-Brunet, Directrice du MATIS – [valerie.gouet@ign.fr](mailto:valerie.gouet@ign.fr)

### Procédure de candidature

Toute candidature doit être envoyée au contact **avant le 22 avril 2017** et doit inclure :

- CV ;
- Lettre de motivation adaptée au sujet proposé ;

- Un relevé de notes des dernières années d'étude ;
- Avis du directeur de master (ou de la personne responsable du diplôme donnant l'équivalence du master) ;
- Le tout en un seul PDF.

*Nous rappelons que le candidat doit être ressortissant de l'Union Européenne ou de la Suisse. Toute candidature ne répondant pas à l'intégralité des critères mentionnés ci-dessus sera ignorée.*