

## Sujet de thèse

### *Généralisation cartographique multi-échelles par apprentissage profond*

LASTIG Equipe GEOVIS

Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN)

**Disciplines :** Sciences de l'information géographique, informatique

**Structure de Recherche :** LASTIG, équipe GEOVIS en collaboration avec Xiang Zhang (Université de Wuhan, Chine)

**Lieu de travail principal :** Saint-Mandé, avec une visite à Wuhan

**Contacts :** Guillaume Touya (guillaume.touya@ign.fr)

**Financement :** IGN (sous conditions)

### Contexte général et contexte IGN :

Une base de données géographique vectorielle est une base de données dans laquelle les objets représentent des entités que l'on peut localiser dans l'espace (routes, bâtiments, rivières, etc.). Ces objets ont une géométrie qui peut être un point, une ligne ou une surface. Lorsque l'on affiche un extrait d'une base de données géographique en affectant des symboles cartographiques aux objets, on obtient une carte. Mais lorsque l'on diminue l'échelle d'affichage par un zoom arrière, les données deviennent trop détaillées pour rester lisibles et il faut alors les simplifier de manière à diminuer leur niveau de détail tout en conservant leurs caractéristiques principales. Ce processus de simplification des données est appelé généralisation de données géographiques. La généralisation procède par application d'opérations telles que l'élimination de certains objets, ou leur transformation géométrique (grossissement, déplacement, simplification), de manière à respecter des contraintes de taille minimale, non superposition, respect des positions relatives, etc. (Figure 1).

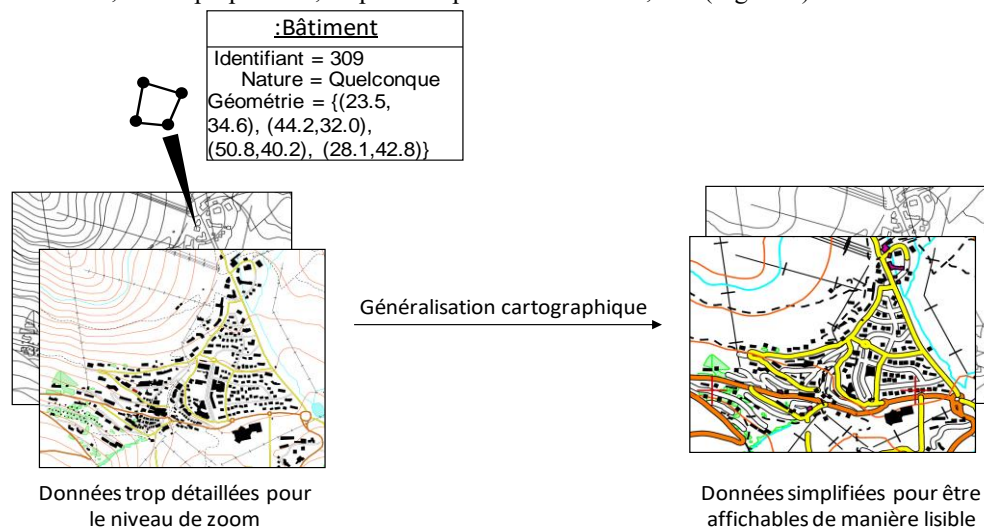


Figure 1. les principes de la généralisation cartographique

Des recherches sur l'automatisation de la généralisation sont menées au LASTIG et plus généralement à l'IGN depuis des années, ce qui a amené l'IGN à intégrer certains travaux de recherche dans leurs processus de création de cartes. Ces processus souvent semi-automatiques ont permis de construire sur toute la France de nombreuses archives montrant comment généraliser à différentes échelles. Ces archives sont une véritable mine d'or pour un processus d'apprentissage. En effet, pour arriver à résoudre les problèmes qui se posent toujours en généralisation cartographique, et augmenter le niveau d'automatisation, les techniques d'apprentissage profond, performantes dans de nombreux domaines, semblent être une piste intéressante pour exploiter ces archives de cartes. Les premiers travaux appliquant l'apprentissage profond à la généralisation sont d'ailleurs très prometteurs (Sester et al. 2018).

### **Sujet :**

L'objectif de ce travail de thèse est d'explorer les capacités des techniques d'apprentissage pour faire progresser l'automatisation de la généralisation cartographique. Il s'agira d'abord d'égaliser les techniques existantes qui ont prouvé leur efficacité pour un certain nombre de problèmes. Puis d'essayer d'aller au-delà des résultats état de l'art en généralisation complètement automatique. Pour aller au-delà des résultats actuels en généralisation complètement automatique, l'exploitation des archives de l'IGN sera essentielle. L'IGN produit des cartes généralisées depuis des années, avec de plus en plus de processus automatisés, mais toujours avec une part de reprise manuelle pour les situations les plus complexes. Un des enjeux sera donc de mettre à profit ces archives pour générer automatiquement un très grand nombre d'exemples de bonne généralisation, pour alimenter des modèles d'apprentissage profond. Du point de vue de l'apprentissage, il s'agira de concevoir une ou plusieurs architectures adaptées au problème de la généralisation cartographique. Les Generative Adversarial Networks (GAN) ont montré un fort potentiel pour des problèmes similaires, mais la clé sera sûrement la manière de prendre en compte le contexte cartographique en entrée de l'apprentissage. Si les relations spatiales entre les objets de la carte sont faciles à considérer dans les techniques actuelles s'appuyant sur les données vectorielles, utiliser seulement des images pourrait être insuffisant : il faudra donc concevoir une architecture capable de comprendre ces structures et relations clés en entrée de l'apprentissage.

### **Verrous à lever:**

Compte-tenu de l'état de l'art dans le domaine, il existe plusieurs verrous à lever sur ce sujet :

- Construire des données d'entraînement à la fois à partir des cartes généralisées depuis des années par l'IGN, mais aussi à partir de données généralisées par les outils existants.
- Concevoir une architecture de réseaux de neurones profonds capable de généraliser des problèmes de plus en plus complexes, en partant de la généralisation d'un bâtiment à celle d'une ville. L'architecture GAN pourra servir de point de départ à cette réflexion. La question de l'évaluation d'un rendu généré par deep learning est au cœur du problème.
- Explorer les possibilités offertes par les réseaux de neurone récurrents pour la généralisation progressive multi-échelles.
- Participer à la mise en place de benchmarks pour développer la généralisation cartographique par apprentissage profond.
- Intégrer des modèles d'apprentissage profonds avec d'autres approches de généralisation dans un principe de généralisation collaborative (Touya et al. 2010, Touya & Duchêne 2011).
- Evaluer les possibilités de « transfer learning » pour d'autres problèmes liés à la généralisation (données 3D, visualisation en réalité augmentée ou virtuelle, simplification de maillage 3D).

### **Programme de travail :**

- Etat de l'art et prise en main du sujet.
- Développement d'un premier modèle capable de bien généraliser les bâtiments dans une carte topographique à moyenne échelle (1 : 50 000 par exemple), et les routes de montagne à petite échelle (1 : 250 000).
- Concevoir une méthode pour évaluer la qualité d'un rendu cartographique généré par deep learning.
- Développement d'un modèle capable de prendre un contexte élargi pour généraliser des îlots urbains complet (prise en compte des relations spatiales sous forme de graphe ?).
- Intégration du dernier modèle et des processus existants dans la plateforme libre CartAGen pour la généralisation d'une ville à une échelle moyenne (Touya & Duchêne, 2011).
- Développement d'un modèle capable de généraliser un réseau (routes ou cours d'eau) à plusieurs échelles.

### **Bibliographie minimale :**

Isola, P., Zhu, J.-Y., Zhou, T., and Efros, A. A. (2017). Image-to-Image translation with conditional adversarial networks. In *CVPR 2017*.

Sester, M., Feng, Y., and Thiemann, F. (2018). Building generalization using deep learning. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-4:565-572.

Touya, G. and Duchêne, C. (2011). CollaGen: Collaboration between automatic cartographic generalisation processes. In Ruas, A., editor, *Advances in Cartography and GIScience*, volume 1 of *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, chapter 30, pages 541-558. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

Touya, G., Duchêne, C., and Ruas, A. (2010). Collaborative generalisation: Formalisation of generalisation knowledge to orchestrate different cartographic generalisation processes. In Fabrikant, S., Reichenbacher, T., van Kreveld, M., and Schlieder, C., editors, *Geographic Information Science*, volume 6292 of *Lecture Notes in Computer Science*, chapter 19, pages 264-278. Springer Berlin / Heidelberg, Berlin, Heidelberg.

### **Profil attendu :**

Géomaticien avec un gout et une expérience en informatique, ou informaticien avec un gout pour la cartographie et des compétences en apprentissage.

### **Accueil et encadrement**

La thèse sera réalisée au Laboratoire LASTIG de l'IGN, à Saint-Mandé (limitrophe Paris), dans le cadre de l'école doctorale MSTIC de l'Université Paris-Est, en co-tutelle avec l'université de Wuhan. Un séjour long à Wuhan est prévu pendant la durée de la thèse. Le contrat doctoral, de trois ans, pourra être réalisé avec ou sans charge de cours, selon le profil du candidat et les besoins de l'Ecole Nationale des Sciences Géographiques.

### **Encadrement de la thèse :**

Direction : Guillaume Touya (directeur de recherche IGN – LASTIG/GEOVIS)

Co-direction : Xiang Zhang (Prof. associé à l'Université de Wuhan)

### **Contrat doctoral :**

Le contrat doctoral d'une durée de trois ans ouvre droit à une rémunération d'environ 1680 € brut (hors contribution aux frais de transports). Le contrat doctoral peut inclure pour l'ensemble de la durée de la thèse un service complémentaire d'enseignement, de diffusion de l'information scientifique et technique, de valorisation ou d'expertise. Il ouvre alors droit à une rémunération de 2020 € brut (hors contribution aux frais de transports).

### **Toute candidature doit inclure :**

1. un CV ;
2. une lettre de motivation adaptée au sujet proposé ;
3. un relevé de notes des dernières années d'étude ;
4. l'avis du directeur de master (ou de la personne responsable du diplôme donnant l'équivalence du master) ;
5. le cas échéant des lettres de recommandations.

**Date limite de dépôt des candidatures : vendredi 14 juin 2019**