

Etude de l'influence des gradients de température sur un réseau d'auscultation

Problématique

Pour réaliser la surveillance d'ouvrages ou de sites naturels particuliers, il est courant aujourd'hui de mettre en œuvre des systèmes d'auscultation automatisés s'appuyant sur des stations totales robotisées réalisant des mesures en continu, ainsi que d'autres instruments géodésiques (GNSS, niveau, inclinomètre, ...). Ce type de système d'auscultation continu permet d'observer des déformations de quelques millimètres, typiquement 3 à 10 mm en 3D, sur des intervalles de temps de quelques dizaines de minutes à quelques heures.

La finesse des déplacements observables est bien entendue liée à la géométrie du réseau de points mis en œuvre et à la qualité des mesures réalisées, mais également aux conditions environnementales de l'objet ausculté. En atmosphère non contrôlée, s'il est possible aujourd'hui de concevoir des réseaux d'auscultation capables en théorie d'observer des déformations de 1 à 2 mm voir mieux, ce niveau de précision est difficile à atteindre en pratique. Pourtant, pour de nombreuses applications de surveillance d'ouvrages ou de suivi de déformation de zones naturelles, atteindre ce niveau de précision serait essentiel. L'une des limitations principales aujourd'hui est la présence de gradients de température horizontaux qui dégradent la précision des mesures réalisées par les stations totales.

L'entreprise Cementys, spécialisée dans l'auscultation et la surveillance d'ouvrages, rencontre régulièrement ce type de problèmes lors de chantiers d'auscultation en continu, par exemple dans le cadre de chantier dans des tunnels en tunnel ou de chantiers actuels liés aux travaux du Grand Paris, où des réseaux longitudinaux au linéaire important (quelques km) sont observés avec des cadences d'une mesure par demi-heure et des précisions demandées de 2-3 mm en 3D.

Depuis plusieurs années, l'équipe EAU de Géosciences Rennes et le laboratoire Géomatique et Foncier du Cnam s'intéressent à cette problématique d'amélioration de la précision de mesure de déformation par correction des effets atmosphériques sur les mesures des stations totales., avec des applications au suivi de déformation en surface de réservoirs hydrogéologiques.

Les expériences menées en atmosphère contrôlée et en milieu naturel dans le cadre du PFE de Julien Assemat en 2015 (cf. [Assemat 2015]) et du stage de fin d'études de Kévin Gobron en 2017 (cf. [Gobron 2017]) nous ont permis d'identifier les gradients locaux de température le long de la ligne de visée comme la perturbation ayant le plus d'incidence sur la précision de la mesure de déformation. Nous avons ainsi montré que l'influence de ce phénomène se traduisait par une perte de précision sur les déformations observées typiquement de 3 à 5 mm. Afin de modéliser l'erreur causée par le phénomène de gradient de température nous avons utilisé des capteurs de température le long de la visée commencé à exploiter des méthodes de Fast Marching, qui semblent prometteuses mais doivent être adaptés à notre contexte particulier.

L'objectif du stage proposé est de poursuivre nos travaux sur l'étude et la correction des effets de gradients de température.

Il s'agira de poursuivre la mise en œuvre des méthodes de type Fast Marching pour la modélisation du phénomène et la correction des mesures angulaires et de distances fournies par les stations totales. On s'intéressera en particulier à optimiser les méthodes actuelles pour notre contexte particulier, à étudier plus en détail l'influence des méthodes d'interpolation des données issues des capteurs de température pour produire les cartes de vitesses, élément de base pour la mise en œuvre des méthodes de Fast Marching.

Les derniers travaux que nous avons menés nous ont conduit à mettre en place temporairement un petit réseau expérimental d'auscultation sur le toit du bâtiment de l'ESGT, complété par des capteurs de température disséminés le long des lignes de visées. L'intérêt était d'exploiter la redondance de mesures apportées par un tel réseau pour identifier, analyser et tenter d'éliminer l'influence des gradients de température sur les mesures des stations totales et les mesures de déformation du réseau. Les premiers résultats issus de l'exploitation des données de ce réseau nous ont convaincus de l'intérêt de cette approche.

Il s'agira durant ce stage de mettre en place une ou plusieurs campagnes de test du même type. L'analyse des données de la campagne de 2017, même si elle doit être complétée durant le stage, nous a d'ores et déjà permis de tirer plusieurs enseignements pour la mise en place des campagnes à venir : mise en place systématique de mesures réciproques simultanées, mesures en atmosphère contrôlée et/ou environnement naturel en assurant la stabilité des monumentations, soin particulier à apporter aux capteurs de température, ... Pour information, l'objectif des différents partenaires sur ce sujet de stage est de lancer dès la rentrée 2019 une thèse de doctorat sur cette thématique, dans le cadre d'une convention Cifre entre l'entreprise Cementys et le laboratoire GeF, en partenariat avec Géosciences Rennes.

Organisation pratique

Le stage envisagé se déroulera en deux parties et sur deux lieux de stage distincts. La première partie du stage entre février et avril, sera réalisée au sein de l'entreprise Cementys. Elle permettra surtout à l'étudiant de se familiariser avec le contexte de la surveillance automatisée sur des réseaux linéaires, mais également d'appréhender et de caractériser sur des données réelles l'effet de la réfraction horizontale sur les séries temporelles de positions. Elle permettra également de prendre en main le sujet et de réaliser la recherche bibliographique nécessaire.

La seconde partie du stage, entre mai et juillet, sera consacrée à la recherche de solutions opérationnels pour la prise en compte de cette réfraction horizontale et des tests en environnement contrôlé : mise en œuvre des méthodes de fast marching, mise en œuvre de mesures réciproques simultanées, estimation directe de l'erreur de réfraction dans un réseau. Cette seconde partie sera effectuée au sein du laboratoire GeF au Mans.

Références

[Assemat 2015] Assemat, Julien, Évaluation des performances de capteurs topographiques pour la mesure de déformation, INSA Strasbourg, Mémoire de fin d'études, 2015

[Gobron 2017] Gobron, Kevin, Étude de la correction des effets de la réfraction atmosphérique sur les mesures tachéométriques, Mémoire de fin d'études, ENSG/ESGT, 2017

Gratification / prise en charge financière

Indemnité légale (1/3 du SMIC)

Partenaires

Cnam / GeF - Le Mans
Cémentys
Géosciences Rennes UMR 6118 Equipe EAU

Contacts

Stephane Durand
Cnam / GeF
1 Boulevard Pythagore
Campus Universitaire
72000 Le Mans

Tel: 02 43 43 31 58

- ✉ [Courriel](#)
Laurent Longuevergne
- ✉ [Courriel](#)

Maxime Tatin

- ✉ [Courriel](#)

Durée

Du 11 février au 19 juillet 2019

Lieux de stage

Cementys

9 rue Léon Blum
91120 Palaiseau

Cnam / ESGT / GeF

1 Boulevard Pythagore
Campus Universitaire
72000 Le Mans