

LA GAZETTE

N°30

2025

Du drone aux étoiles !

Le bulletin d'information
de l'association des
Ingénieurs Géomètres de
Suisse Occidentale



GEO
SUISSE

Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
Société suisse de géomatique et de gestion du territoire
Società svizzera di geomatica e di gestione del territorio
Societad svizra da geomatica e da gestiun dal territori

Dans la présente Gazette, le mode masculin inclut indistinctement les personnes de tout genre.

LA GAZETTE IGSO

© 2025

REDACTION

Bertrand **CANNELLE**

Yves **DEILLON**

Jérôme **HENRY**

Michel **KASSER**

CONTACT

Secrétariat IGSO

Route du Lac, 2 - Paudex

Case postale 1215

1001 Lausanne

☎ : 021 796 33 43 / 00

✉ : igso@centrepatronal.ch

🌐 : www.igso.ch

EDITO

Nous avons le plaisir de vous présenter ce nouveau numéro de la Gazette IGSO 2026, riche en actualités et en innovations. Cette édition met en lumière la collaboration étroite entre la HEIG-VD et la profession.

Vous découvrirez dans ce numéro, un retour d'expérience sur l'utilisation de drone LiDAR pour l'inspection de lignes à hautes tensions, ainsi que le système PyDaedalus pour les mesures astro-géodésiques.

Enfin, nous vous invitons à noter dans vos agendas la journée de Veille géomatique 2026, qui promet d'être un rendez-vous incontournable pour échanger et anticiper les évolutions de nos métiers.

Bonne lecture à toutes et tous, et au plaisir de vous retrouver lors de nos prochains événements !

Bertrand CANNELLE

SOMMAIRE

Table des matières

Édito	3
Assemblée Générale de l'IGSO	4
Mise en valeur de la relève	5
PyDaedalus	6
Veille géomatique	15
Retour d'expérience : drone LiDAR pour l'inspection et la modélisation	18

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'IGSO

YVERDON-LES-BAINS - 9 AVRIL 2025

L'assemblée générale de l'IGSO s'est tenue le 9 avril 2025 à 15h30, au Forum, avenue des trois lacs 24, Yverdon-les-Bains. Elle faisait suite à l'AG de l'OVG, le matin sur le même site, avec un repas en commun. Et en prélude dès 14h, nous avons eu une conférence sur le thème de « la sensibilisation à la cyber sécurité, bonnes pratiques ». Cette solution de regroupement sur une journée, déjà expérimentée, est jugée satisfaisante, de même que la date, suffisamment tôt dans l'année pour que le projet de budget prenne tout son sens, et 46 membres ont pu participer à l'AG. Les différents rapports des trois commissions Formation, Marketing et Gazette ont été présentés, les comptes 2024 ont été adoptés, et le budget 2025 approuvé : le comité a été invité à être attentif à la valeur du capital, jugée un peu faible. Le comité a été élu, il se compose de Michel Kasser, Président, Audrey Ueberschlag, Sébastien Monnier, Bertrand Cannelle, Gaëtan

Martin, Etienne Borloz, Rachel Aure et Loïck Hamel.

Les membres ont reçu avant l'assemblée générale les rapports de Messieurs Oribasi et Cannelle pour la HEIG-VD, de Robin Schittli pour le CRAG – AFG, et d'Eduardo Rodrigues pour IGS/ASEGD. Puis trois invités ont pris la parole : Cyril Favre pour présenter quelques points de l'administration cantonale. Marc Nicodet pour quelques éléments en cours à Swisstopo. Pierre-Yves Gillieron pour quelques actualités au sein de l'EPFL, département SIE. Les différents documents présentés sont accessibles sur le site de l'IGSO.

Au final, une assemblée générale qui a pu se dérouler dans de parfaites conditions, avec nos remerciements à notre nouveau secrétaire général Emilio Lado, et au Centre Patronal.

Michel KASSER, Président IGSO

MISE EN VALEUR DE LA RELÈVE : PRIX IGSO

Notre association remet tous les ans, le prix IGSO, aux diplômés des différentes formations en géomatique, qui récompensent les meilleurs travaux de diplôme.

Mme Faye Delacrétaz (cf. figure 1) a reçu le prix IGSO lors de la cérémonie de remise des diplômes du master en Sciences et Ingénierie de l'Environnement (SIE) pour son excellent travail de diplôme intitulé : *"Data-driven mapping of alpine intermittent streams using high-resolution swiss-topo aerial images"*.



Figure 1 – Mme Faye Delacrétaz, lauréate du prix IGSO, et Sébastien Monnier, membre du comité de l'IGSO.

M. Bruno Della Casa (cf. figure 2) a reçu le prix IGSO lors de la cérémonie de remise des diplômes du Master en Développement Territorial (MDT), orientation Ingénierie géomatique (IG) pour son excellent travail de diplôme intitulé : *"Automatiser le photomontage des projets de construction"*. Il a également reçu le prix SIA, section Genève, qui récompense un excellent travail du Master en Développement territorial, par Frédéric Wasser.

Nous adressons nos plus vives félicitations aux élus et nous leur souhaitons une carrière

pleine de plaisir et de réussite !



Figure 2 – M. Bruno Della Casa (au centre), Bertrand Cannelle (à droite), membre du comité IGSO, Frédéric Wasser, membre du comité SIA Genève. ©Mathilde De Laage, 2025.

INGÉNIEURS GÉOMÈTRES BREVETÉS 2025

A la suite des examens pratiques subis avec succès à Macolin, le titre d'ingénieur géomètre breveté a été décerné à :

- Abächerli, Martin, Kerns
- Biderbost, Sebastian, Ritzingen
- Bobillier, Quentin, Moutier
- Burkhard, Raphaël, La Tour-de-Peilz
- Girard, Rémi, Romont
- Kaufmann, Thomas, Bleienbach
- Rizzolli, Jonas, Weinfelden
- Vuadens, Elie, Choex
- Willen, Michael, Morges
- Wüthrich, Bertrand, Vevey

Pour la relève de notre profession, il y a lieu de se réjouir du nombre important de lauréats de la Suisse occidentale en 2025. Nous adressons nos plus vives félicitations aux lauréats et nous leur souhaitons une bonne et belle poursuite de carrière !

PYDAEDALUS : NOUVEAU SYSTÈME DE MESURES ASTRO-GÉODÉSIQUES DE LA HEIG-VD

Objectifs des méthodes astro-géodésiques

L'astro-géodésie est la science qui vise principalement deux objectifs : (1) la détermination de la direction du vecteur de gravité g dans le système de référence ITRS et (2) la détermination d'azimuts astronomiques (Figure 1). La direction du vecteur de gravité g par rapport au système de référence ITRS est généralement donnée sous la forme de longitude et latitude astronomique Λ, Φ . Et bien souvent, lorsqu'elle se réfère à la direction de la normale d'un ellipsoïde de référence, elle est donnée sous forme de déviations de la verticale (DoV).

La connaissance de la direction du vecteur de gravité local, trouve plusieurs applications pratiques :

- la détermination "géométrique" de géoïdes et quasi-géoïdes locaux, indispensables pour la détermination d'altitudes physiques (orthométriques ou normales) avec les systèmes de positionnement par satellites GNSS;
- la correction des observations angulaires dans les réseaux géodésiques de haute précision. Ces corrections sont indispensables si l'on veut exploiter toute la précision des instru-

ments géodésiques modernes qui se réfèrent à la direction de la pesanteur locale (stations totales, niveaux, scanner laser). En effet, la précision de leurs mesures angulaires est souvent largement supérieure aux variations du champ de pesanteur local;

- l'inversion géophysique, qui consiste à déduire des modèles de masses souterraines sur la base d'observables du champ de pesanteur mesurées en surface.

Les azimuts astronomiques sont, quant à eux, utiles pour :

- déterminer l'orientation absolue de réseaux géodésiques. Actuellement l'orientation absolue de la plupart des réseaux géodésiques est déterminée indirectement par des positions de points éloignés déterminées par GNSS. Les systèmes astro-géodésiques permettent de déterminer cette orientation absolue de manière totalement indépendante du GNSS et sans faire intervenir des points d'orientation éloignés;
- calibrer et contrôler des gyroscopes ainsi que des systèmes de navigation inertielle de haute précision.

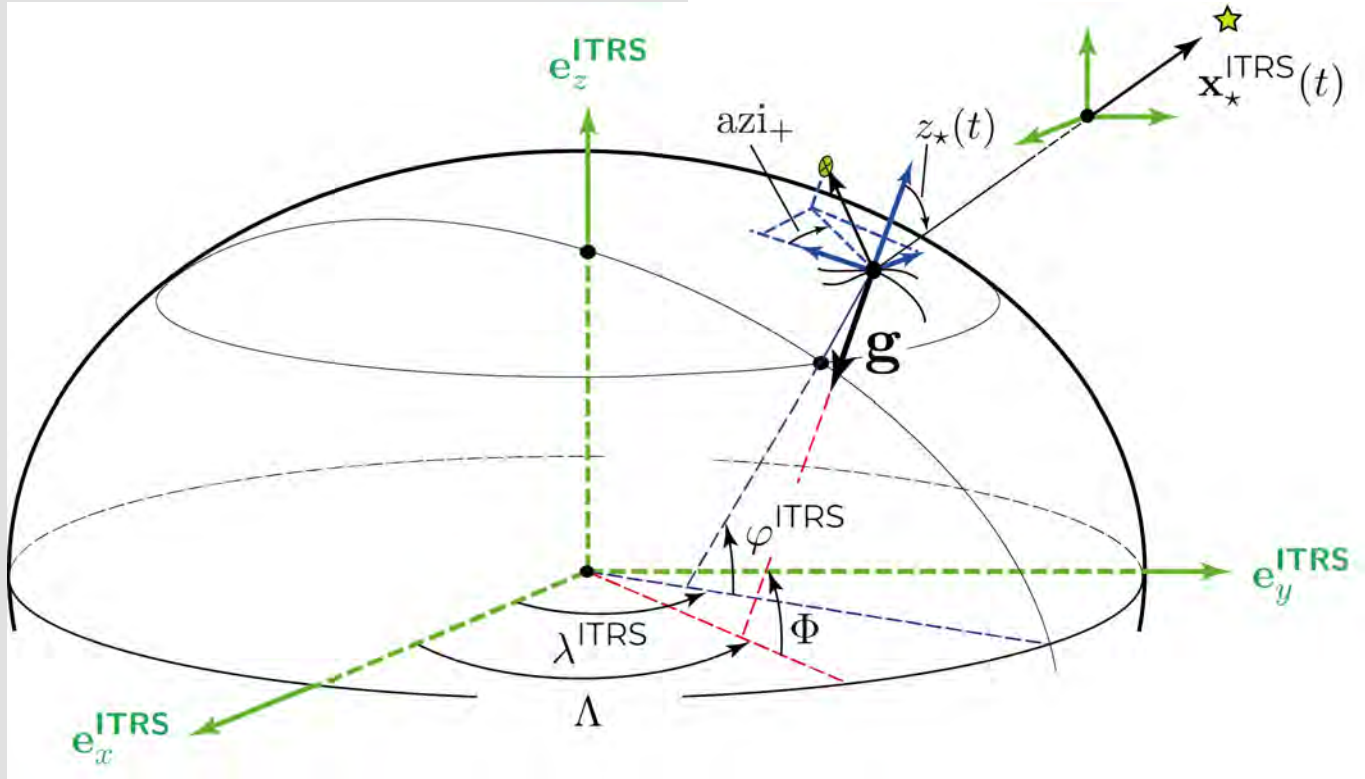


Figure 1 – Représentation schématique de la direction du vecteur de gravité locale et d'un azimut astronomique.

Systèmes astro-géodésiques existants

Actuellement, différents systèmes de mesures astro-géodésiques sont utilisés à travers le monde. Ils se divisent en deux catégories : (1) les caméras zénithales et (2) les systèmes basés sur l'utilisation d'une station totale robotisée.

Il existe plusieurs systèmes de caméras zénithales développés par des institutions universitaires et militaires à travers le monde. Ces systèmes consistent à coupler intimement un télescope astronomique qui pointe approximativement au zénith avec des inclinomètres de haute précision. Les images des étoiles permettent de déterminer la direction du télescope par rapport à ITRS, tandis que les inclinomètres permettent de déterminer la direction du télescope par rapport à la direction de la pesanteur locale. La combinaison de ces deux directions permet

de déterminer précisément la longitude et la latitude astronomique de la caméra zénithale.

Actuellement le système **CODIAC**, créé à l'*ETH Zürich* et continuellement développé et utilisé par les géodésiens de l'*Office Fédérale de Topographie swisstopo*, est probablement l'instrument de détermination des DoVs le plus précis de la planète. Entièrement automatisé, il offre une précision d'environ 0.05 [arcsec] qui correspond à l'angle apparent d'une mouche situé à une distance d'environ 20 km. Les deux systèmes CODIAC existants demeurent néanmoins difficilement reproductibles et leur utilisation est limitée par son utilisation complexe ainsi que par sa transportabilité (Tableau 1).

Il existe également plusieurs systèmes basés sur des stations totales robotisées. Les DoVs sont déterminées grâce aux observations angulaires d'étoiles bien réparties autour de l'horizon et qui ont des angles zéni-

thaux proches de 30 degrés. Ceci afin d’obtenir un bon compromis entre la limitation de la réfraction atmosphérique et la quantité d’étoiles visibles. La détermination d’azimuts astronomiques de cibles au sol nécessite des observations angulaires sur ces cibles ainsi que sur des corps célestes dont le mouvement apparent est faible.

Durant la dernière décennie, les deux systèmes suivants se sont démarqués :

- le système **QDaedalus**, développé à l’*ETH Zürich*. Il se base sur une station totale robotisée Leica dont l’oculaire est remplacé par une caméra CCD possédant un déclenchement électronique couplé à un récepteur GNSS permettant un référencement temporel de haute précision. Ce système est capable de déterminer des DoVs et des azimuts astronomiques avec des précisions d’environ 0.2 [arcsec]

et 1.0 [arcsec], respectivement. Néanmoins, à cause d’un matériel devenu obsolète, son utilisation est aujourd’hui quasiment impossible (Tableau 1).

- Le système **TSACS**, développé au *National Geodetic Survey (NGS, USA)*. Il se base sur une station totale robotisée Leica munie d’une caméra CCD interne utilisée pour la mesure des étoiles. Le référencement temporel de ces images est réalisé par un flash LED horodaté par GNSS et visible dans le flux vidéo. L’avantage ergonomique que procure cette solution est contrebalancé par une précision moindre de l’horodatage affecté par le rolling shutter, la durée du flash et des temps d’expositions incontrôlés (Tableau 1). A notre connaissance, le système n’est pas mis à disposition de tiers.

Paramètre	CODIAC (ETH)	QDaedalus (ETH)	TSACS (NGS)
Système	Caméra zénithale	Station totale	Station totale
Précision	0.05 [arcsec]	0.20 [arcsec]	0.30 [arcsec]
Budget	Haut de gamme	Bas coût	Bas coût
Matériel	État de l’art	Obsolète	État de l’art
Horodatage	Électronique	Électronique	Mixte
Produits	DoV	DoV & Azimut	DoV
Transport	Voiture	Pédestre	Pédestre

Tableau 1 – Comparaison entre CODIAC, QDaedalus et TSACS

La Suisse a donc eu la chance de disposer de deux systèmes de mesures astro-géodésiques complémentaires : CODIAC, une caméra zénithale, et QDaedalus, basé sur une station totale robotisée. Dans le but de préserver cette complémentarité et d’assurer la continuité technologique des déterminations astro-géodésiques, le développement de **PyDaedalus** (Figure 2) a été entre-

pris à la *HEIG-VD*. Conçu comme une version modernisée de QDaedalus, il en reprend ses principes de base tout en améliorant la modularité, l’ergonomie, la facilité d’utilisation et la reproductibilité, permettant ainsi le déploiement aisé de nouveaux systèmes tout en demeurant pleinement complémentaire à CODIAC.



Figure 2 – PyDaedalus lors de la détermination d'un profil astro-géodésique au CERN

Détermination de DoVs avec une station totale

D'une façon générale, la détermination de DoVs par une méthode astro-géodésique repose sur deux éléments fondamentaux :

1. La capacité à prédire la direction apparente d'étoiles par rapport au système de référence ITRS. Ceci, avec une précision de < 0.01 [arcsec].
2. D'observer la direction de ces étoiles par rapport à un référentiel couplé à la gravité locale. L'époque des observations doit également être mesurée avec une précision < 1 [msec].

La prédiction des directions apparentes d'étoiles par rapport au système de référence ITRS se fait en plusieurs étapes. Les positions des étoiles sont disponibles dans un catalogue astrométrique. Leurs coordonnées sont données dans un système de référence quasi inertiel ICRS (International Ce-

lestial Reference System). À partir de ces coordonnées ICRS, une chaîne de transformations successives, incluant les phénomènes de précession, nutation, aberration de la lumière et déviation relativiste, permet d'obtenir leur direction apparente dans le système ITRS à une époque donnée.

L'observation de la direction des étoiles par rapport à un référentiel couplé à la gravité locale est réalisée de façon différente entre les systèmes de caméra zénithale et ceux basés sur une station totale. Les systèmes basés sur une station totale bénéficient directement de la nature des observations angulaires que produisent les stations totales. En effet, les directions horizontales et les angles zénithaux mesurés avec une station totale se réfèrent naturellement à la direction de la pesanteur locale. Quant à l'époque de ces observations, elle est aujourd'hui mesurée en couplant le système d'imagerie avec un récepteur GNSS.

Estimation des paramètres

A partir des observations de directions horizontales $r_*(t)$ et d'angles zénithaux $\zeta_*(t)$ mesurés par la station totale sur différentes étoiles $*$ bien réparties autour de l'horizon à l'époque t , la longitude et la latitude astronomique $(\hat{\Lambda}, \hat{\Phi})$ de la station totale sont déterminées par une estimation robuste basée sur le modèle de Gauss-Markov dont les équations d'observations sont de la forme :

$$\begin{aligned} r_*(t) &= f_r(\hat{\Lambda}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}_0, \hat{i}, \mathbf{x}_*^{\text{ITRS}}(t)) \\ \zeta_*(t) &= f_z(\hat{\Lambda}, \hat{\Phi}, \hat{\omega}_0, \hat{i}, \mathbf{x}_*^{\text{ITRS}}(t)) \end{aligned} \quad (1)$$

dans lesquels l'inconnue d'orientation $\hat{\omega}_0$ ainsi que l'erreur d'index $\hat{i}$ doivent également être estimées. La direction apparente de l'étoile en ITRS prédite à partir de ses coordonnées ICRS est représentée par $\mathbf{x}_*^{\text{ITRS}}$ (Figure 1). Finalement, la détermination des composantes de la DoV $(\hat{\eta}^{\text{ITRS}}, \hat{\xi}^{\text{ITRS}})$ se déterminent avec les coordonnées ellipsoïdales ITRS $(\lambda^{\text{ITRS}}, \varphi^{\text{ITRS}})$ de la station totale, déterminée par GNSS :

$$\begin{aligned} \hat{\eta}^{\text{ITRS}} &= (\hat{\Lambda} - \lambda^{\text{ITRS}}) \cdot \cos \varphi^{\text{ITRS}} \\ \hat{\xi}^{\text{ITRS}} &= \hat{\Phi} - \varphi^{\text{ITRS}} \end{aligned} \quad (2)$$

Le système PyDaedalus

Le système astro-géodésique PyDaedalus peut être perçu comme le successeur du système QDaedalus. Même si plusieurs concepts matériels, logiciels et algorithmiques sont fortement inspirés de QDaedalus, le système a été revu dans sa totalité. Le système PyDaedalus est bien plus modulaire, ergonomique et l'automatisation de l'acquisition est grandement améliorée.

Composants matériels

L'élément central et de loin le plus coûteux est la station totale robotisée. Le choix s'est porté sur des instruments de la marque *Leica Geosystems*, qui offrent une interface de communication simple basée sur un protocole ASCII. Pour permettre l'observation automatique des étoiles, l'oculaire de la station totale est remplacé par une caméra industrielle déclenchable par une impulsion électrique et fixée sur la lunette de l'instrument. Une lentille divergente est ajoutée à l'extrémité de l'objectif afin de déplacer le plan image d'objets très lointains sur le plan des photosites de la caméra. Ainsi, la combinaison des mesures angulaires délivrées par la station totale et des coordonnées images d'une étoile permettent de déterminer, sans intervention humaine, la direction horizontale et l'angle zénithal de cette étoile.

Un récepteur GNSS programmable de la marque *ublox* complète le dispositif. En plus de délivrer une position approximative, il permet de déterminer la date et l'heure UTC de l'impulsion électrique qu'on lui injecte avec une précision d'environ 20 nanosecondes. Cela permet une synchronisation électronique très précise avec la caméra.

Le pilotage et la récupération des données de la station totale, du récepteur GNSS et de la caméra, sont assurés par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur de type *Raspberry Pi 5*. Ceci permet à l'utilisateur de contrôler tout le système PyDaedalus depuis un ordinateur portable dont la seule connexion au micro-ordinateur se fait par Wifi. Cela permet de bénéficier d'un grand confort d'utilisation. La Figure 3 illustre schématiquement l'architecture générale du système et les interfaces reliant les différents capteurs.

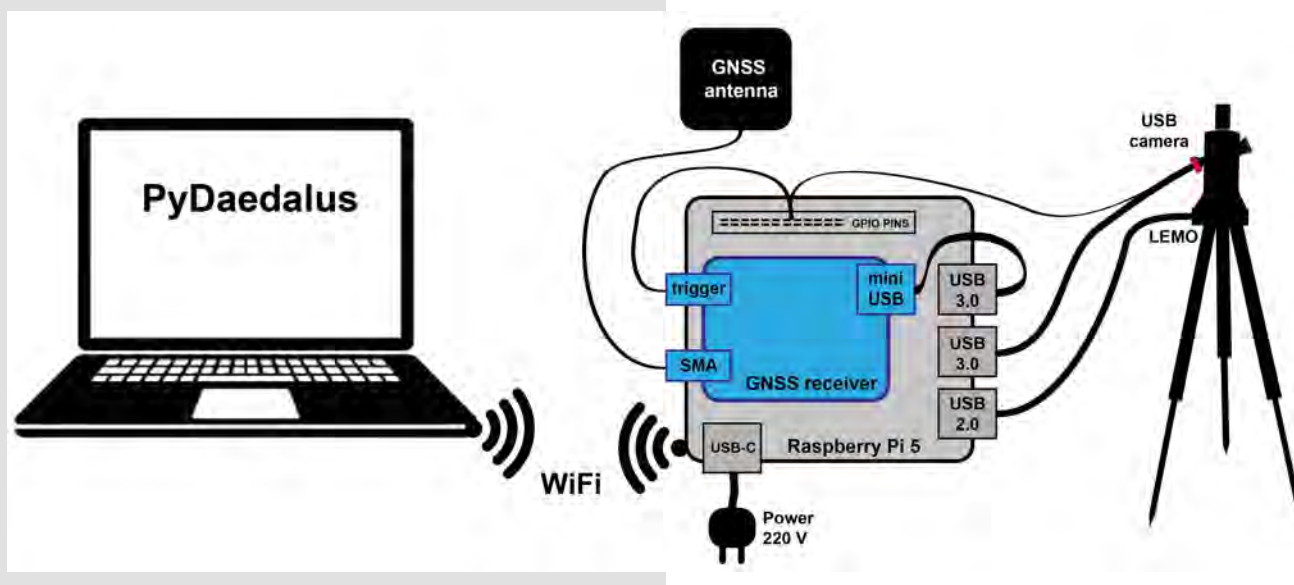


Figure 3 – Architecture générale du système PyDaedalus

Logiciel

Le contrôle de tout le système PyDaedalus ainsi que les calculs d'estimation qui mènent à la détermination des DoVs est assuré par un nouveau logiciel : PyDaedalus. Développé entièrement en Python, son interface graphique permet de contrôler le processus complet allant de la création d'un projet à l'estimation de la déviation de la verticale en passant par la calibration de la caméra et l'acquisition automatisée des étoiles.

Déroulement de la détermination d'une DoV

La première étape consiste à mettre en station la station totale, de fixer la caméra puis de câbler ces capteurs au micro-ordinateur. Ensuite, le logiciel PyDaedalus, exécuté sur l'ordinateur portable, se connecte automatiquement au Raspberry Pi par WiFi. Une fois ces étapes d'installation terminées, le déroulement du processus de détermination d'une DoV se déroule selon les étapes principales suivantes (correspondant aux onglets à suivre sur l'interface graphique) :

- **Création d'un nouveau projet** : la création d'un projet consiste à créer

un unique fichier XML standardisé qui sera utilisé pour stocker les observations ainsi que les résultats des calculs. Les options du logiciel ainsi que les paramètres de calibration de la caméra sont stockés dans des fichiers XML rattachés au logiciel et indépendants d'un projet.

- **Connexion et configuration** : ouverture des liaisons avec les capteurs, contrôle du statut des connexions, réglage des paramètres de la caméra et exécution d'opérations de base sur la station totale (lecture des angles, orientation, mise au point).
- **Calibration de la caméra** : étape essentielle visant à estimer les paramètres de transformation entre coordonnées image et valeurs angulaires dans l'espace de la station totale. La calibration est réalisée par une acquisition en grille dans les deux positions de la lunette avec détection automatique d'un objet lumineux fixe. Elle fournit en sortie un rapport détaillé validant la qualité des paramètres estimés.

- **Stationnements** : définition et gestion des différentes solutions, chaque stationnement correspondant à une solution indépendante de DoV. Lors de cette étape, les coordonnées ellipsoïdales en ITRS/GRS80 de la station totale peuvent être introduites ou récupérées du récepteur GNSS. Les paramètres d'orientation de la Terre (nutation, coordonnées du pôle céleste, etc.) nécessaires pour le calcul final peuvent être téléchargés dans cet onglet.
- **Acquisition** : après avoir déterminé approximativement l'orientation de l'instrument au lieu de stationnement à l'aide d'une mesure sur une étoile connue, celui-ci enchaîne automatiquement les mesures de directions horizontales et d'angles zénithaux d'étoiles bien réparties autour de l'horizon et visibles dans un almucantar d'environ 30 degrés. Après environ 20 minutes d'observations, l'acquisition automatique de mesures est arrêtée si le nombre d'observations avoisine 200 mesures sur au moins 30 étoiles différentes. Ces mesures sont utilisées pour déterminer une solution de DoV.
- **Estimation d'une solution** : les mesures d'une solution sont utilisées dans l'estimation des paramètres décrits dans les équations 1 et 2.
- **Estimation finale** : lorsque plusieurs solutions de DoVs ont été estimées,

une estimation finale de la DoV est calculée à partir de toutes les solutions pré-sélectionnées.

Finalement la procédure complète, de l'installation du système à l'estimation finale de la DoV, formée d'au moins trois solutions individuelles de DoVs, nécessite environ 1 h 10 min.

PyDaedalus en action : premiers résultats

Validation du système

Une première validation expérimentale du système a été réalisée sur le site de la HEIG-VD, en mettant en fonctionnement simultanément trois systèmes PyDaedalus. Les DoVs obtenues ont été confrontées à une DoV de référence déterminée avec CODIAC en 2023. Les résultats sont présentés dans le Tableau 2.

Les trois systèmes PyDaedalus présentent une excellente précision interne, avec des écarts-types de $\sigma_{\eta} = 0.03$ [arcsec] et $\sigma_{\xi} = 0.12$ [arcsec] pour les composantes η et ξ , respectivement. Les biais estimés par rapport à la DoV de référence (CODIAC) sont de $\Delta\hat{\eta} = +0.15$ [arcsec] et $\Delta\hat{\xi} = -0.05$ [arcsec]. En raison de la faible redondance menant à leur estimation, ces biais ne sont pour l'heure pas significatifs. Ces résultats préliminaires sont très satisfaisants et laissent supposer que le nouveau système PyDaedalus est au moins aussi performant que l'ancien système QDaedalus.

	DoV		$DoV_{REF} - DoV_{PyD}$	
	η [arcsec]	ξ [arcsec]	$\Delta\eta$ [arcsec]	$\Delta\xi$ [arcsec]
CODIAC	+3.33	+0.05		
PyD1	+3.53	+0.16	-0.20	-0.11
PyD3	+3.46	-0.02	-0.13	+0.07
PyD4	+3.46	-0.13	-0.13	+0.18

Tableau 2 – Déviations de la verticale déterminées avec trois systèmes PyDaedalus, comparées à CODIAC (référence)

Profil astro-géodésique pour le CERN

Après cette première validation sur le site de la HEIG-VD, une campagne de mesures a été conduite par une équipe de la HEIG-VD et du CERN dans le cadre du projet FCC.

Cette campagne avait pour objectif de déterminer un profil astro-géodésique entre Cruseilles et Annecy (France). Le profil est constitué de 20 points DoV, espacés d'environ 1.5 km. Parmi ces points, cinq avaient déjà été déterminés par le système CODIAC.

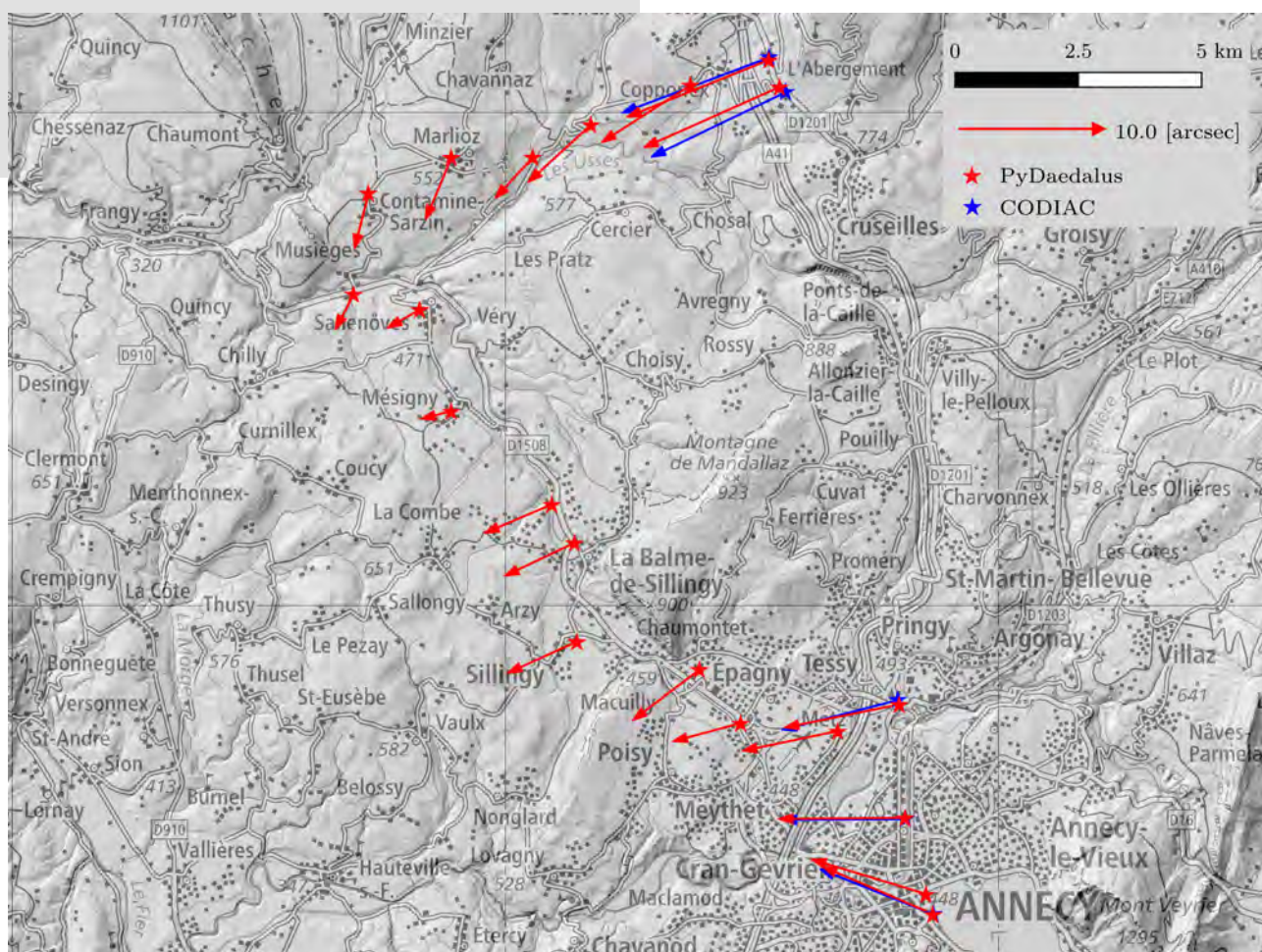


Figure 4 – Profil astro-géodésique pour le projet FCC du CERN

Conclusions et Perspectives

Au-delà de son rôle de continuité vis-à-vis de QDaedalus, PyDaedalus constitue un outil simple, portable et relativement économique à mettre en œuvre. Il représente une solution adaptée aux réseaux géodésiques de haute précision (notamment pour les déterminations de déviations de la verticale à la surface de la topographie et la modélisation de géoïdes locaux) et pourrait également être exploitée pour l'étude de la réfraction anormale, qui demeure aujourd'hui la principale limitation du système CODIAC.

Les perspectives de développement sont multiples. Un retour d'expérience issu de futures campagnes de terrain permettra de consolider la robustesse et l'ergonomie du système. Par ailleurs, une extension des fonctionnalités vers la mesure d'azimuts as-

tronomiques constituerait une évolution naturelle, venant compléter les déterminations de déviations de la verticale et offrant ainsi un système de mesures astro-géodésiques complet, au niveau de QDaedalus.

Ce travail a été réalisé avec le soutien de la Commission géodésique suisse, que les auteurs remercient sincèrement pour le co-financement du projet.

Fabien DÉLÈZE, Ingénieur MSc en géomatique, Collaborateur Ra&D, HEIG-VD

Sébastien GUILLAUME, Professeur en géodésie, méthodes d'estimation et positionnement, HEIG-VD

HEIG^{VD} **HAUTE ÉCOLE
D'INGÉNIERIE
ET DE GESTION
DU CANTON
DE VAUD**

VEILLE GÉOMATIQUE

En 2026, IGSO est fier de fêter avec vous les 20 ans de la Veille géomatique en vous proposant, en étroite collaboration avec la HEIG-VD, une journée qui fera la part belle à la variété des techniques. Ce sera l'occasion de découvrir les dernières évolutions, ainsi que des outils innovants.

Cette journée 2026 vous offre l'opportunité, au travers de 13 présentations, de découvrir des sujets actuels présentés par des professionnels de la géomatique exerçant dans le secteur public, le secteur privé et le monde académique.

Thèmes principaux : Photogrammétrie, SIG-BIM, mensuration officielle et mensuration technique.

Objectifs

Cette journée de veille géomatique s'inscrit dans le programme de formation continue de IGSO et GEOSUISSE. Elle a principalement pour objectif de :

- Présenter des thématiques actuelles et novatrices de la géomatique tout en échangeant entre professionnels;
- Proposer une vitrine des principaux changements que vit et va vivre notre profession;
- Mettre en avant les liens entre la géomatique et les professions voisines;
- Montrer les évolutions des outils, des flux de données et de diffusion de l'information géographique;
- Discuter des perspectives dans le cadre de la formation continue.

Public cible

Ces cours s'adressent à tous les collaborateurs des bureaux d'ingénieurs, sociétés de géoinformation et administrations publiques dont les tâches sont liées à l'acquisition et la représentation de géodonnées, ainsi qu'aux SIG.

Pour les ingénieurs géomètres brevetés, cette journée de formation continue permet de comptabiliser 7 heures dans le cadre de l'obligation professionnelles de l'article 22 OGéom.

Cette formation continue pour les ingénieurs géomètres dans le cadre de leurs obligations professionnelles (art. 22, OGéom) est recommandée par la Commission fédérale des ingénieurs géomètres



Programme

8h00	Accueil café	
8h30 - 8h40	Introduction, programme de la journée	
8h40 - 10h00	Photogrammétrie	
		Roxanne Pott (Swisstopo)
	Apport de l'imagerie dans la segmentation de nuage de points	Antoine Carreaud (HEIG-VD)
	Automatiser le photomontage des projets de construction	Bruno Della Casa (Alumi MDT)
10h00 - 10h30	Pause café	
10h30 - 12h15	SIG-BIM	
	Aquaspy : un jumeau numérique des réseaux d'eau potable	Timothée Produit
	Numérisation du contrôle des dossiers PPE dans le canton de Neuchâtel	Léna Faivre (Canton NE)
	SIG & BIM : formats, concepts et interaction entre SIG et BIM	Jens Ingensand (HEIG-VD)
	SmarTer : Des planifications accessibles pour une gestion coordonnée et cohérente du territoire	Yan Michellod (Région Valais Romand)
12h15 - 13h45	Pause de midi	
13h45 - 15h30	Mensuration technique	
	Des mesures au tracé : comment CFF-GEO exploite les données géométriques	Jean-Philippe Eberst (CFF)
	Géodésie physique : astrogéodésie et détermination de géoïde à la HEIG-VD	Fabien Délèze (HEIG-VD)
	Potentiels de l'interférométrie radar satellitaire dans nos métiers	Xavier Muth (HEIG-VD)
	GrandSLAM+ : Comment l'apprentissage automatique et les réseaux géodésiques dynamiques résolvent le talon d'Achille du balayage laser cinématique, des appareils portatifs aux appareils aéroportés	Jan Skaloud (EPFL)
15h30 - 16h00	Pause café	
16h00 - 16h55	Mensuration Officielle	
	Nouveau système altimétrique : résultats des proofs of concept (POC) dans les cantons de Fribourg et Zürich	Elisa Borlat (HEIG-VD)
	Suite logicielle pour la reprise efficace de géodonnées existantes pour les renouvellements de mensuration officielle	Kilian Morel (HEIG-VD)
16h55	Mot de la fin	

Le programme définitif peut être sujet à de légères modifications

Conditions

Date et heure : mardi 10 février 2026, de 8h00 à 17h00.

Lieu : HEIG-VD, Aula, route de Cheseaux, 1, 1401 Yverdon-les-Bains.

Délai d'inscription : 26 janvier 2026.

Lien pour l'inscription : <https://igso.ch/veille-geomatique/>

Prix :

- Pour les membres geosuisse et/ou bureaux affiliés à l'OVG/AGG : Fr. 220.-
- Pour les non-membres geosuisse : Fr. 300.-.
- Les étudiants (avec justificatif) bénéficient d'un tarif préférentiel : Fr. 50.-

Ces tarifs comprennent la documentation (en ligne ou via papier), les repas de midi et les pauses-cafés.

Accès :

<https://heig-vd.ch/campus/mobilite/venir-a-la-heig-vd>

Privilégiez les transports publics.

Parking payant.

Renseignements complémentaires :

Secrétariat IGSO

Route du Lac, 2

1094 Paudex

☎ : 021 796 33 43

✉ : formation@centrepatronal.ch

🌐 : <https://igso.ch/veille-geomatique/>

Vincent Barras, Sébastien Monnier & Bertrand Cannelle, comité d'organisation de l'IGSO

**GEO
SUISSE** Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
Société suisse de géomatique et de gestion du territoire
Società svizzera di geomatica e di gestione del territorio
Societad svizra da geomatica e da gestiun dal territori

**HE^{VD}
IG** HAUTE ÉCOLE
D'INGÉNIERIE
ET DE GESTION
DU CANTON
DE VAUD

RETOUR D'EXPÉRIENCE : DRONE LIDAR POUR L'INSPECTION ET LA MODÉLISATION

Contexte

Observer depuis le ciel, c'est de plus en plus facile ! Le drone devient aujourd'hui un outil incontournable car il est simple d'utilisation, peu coûteux et trouve de nombreuses applications. Suivis de chantier, modélisation du terrain ou inspection sur des ouvrages sensibles, le drone rend accessible ce qui ne l'était pas auparavant. Il est possible de l'équiper avec une grande variété de systèmes d'acquisitions, optique - infrarouge - LiDAR, mais aussi de projecteurs, haut-parleurs et de systèmes personnalisés. Dans le cadre du projet AutoInspect3D sur l'inspection des lignes à hautes tensions, et d'un travail de master au sein de l'INSIT, nous avons utilisé le DJI Matrice 350 RTK (M350) équipé du système LiDAR Zenmuse L2.

Le drone et son équipement

Le M350 fonctionne avec 2 batteries de 263 Wh pour une autonomie maximale de 55 minutes. Il est fourni avec une station de chargement et une télécommande pour piloter, planifier un vol et recevoir le retour vidéo de la caméra FPV. Enfin, ce drone possède un système de détection d'obstacles d'une portée de 30 mètres dans toutes les directions et peut embarquer jusqu'à 3 charges utiles pilotables.

Le LiDAR L2 est un système qui intègre une IMU (centrale inertielle) indépendante de

celle du drone, qu'il faut régulièrement calibrer en vol. Dans le cas de vols définis manuellement, certains paramètres peuvent bloquer cette calibration (cela ajoute une erreur supplémentaire de 5 à 10 cm pour des vols à 50 m). Le L2 possède une caméra optique 4/3 CMOS de 20 Mpx pour coloriser les points LiDAR. Ce dernier a une fréquence d'émission des impulsions de 240 kHz avec une portée maximale de 450 mètres dans les meilleures conditions. La précision annoncée est d'environ 4 cm à 100 m. Il est possible de faire du multi-échos avec jusqu'à 5 retours par impulsion. Ce LiDAR offre plusieurs options comme le paramétrage du mode de balayage. Le mode répétitif permet de balayer la zone en aller-retour avec une amplitude de 70°, cette configuration est idéale pour les lignes électriques. Le mode non-répétitif réalise un balayage elliptique décentré. La précision est améliorée mais le nuage de points qui en résulte n'est pas structuré comme avec un balayage répétitif.

La télécommande intègre un écran tactile 7 pouces pour suivre les opérations en temps réel. Elle permet de planifier des plans de vols avec 5 modes de vols différents ce qui répond à la plupart des cas d'utilisation. Il est possible de faire des prises de vue au nadir ou obliques sur une zone définie. L'utilisateur peut aussi tracer une trajectoire personnalisée, planifier des vols de façade ou importer une trajectoire d'un autre appareil. Une carte intégrée au logiciel rend ce

paramétrage très ergonomique et intuitif. Il y a cependant 2 défauts sur cette télécommande. D'abord, les paramètres liés au drone et ceux liés au LiDAR ne sont pas toujours très clairs. Il s'agit de 2 systèmes distincts, ce qui ne se ressent pas dans l'interface du logiciel. Cette subtilité ne pose pas de problème lors d'une utilisation classique mais peut porter à confusion lors de la prise en main. Ensuite, la télécommande est assez lourde (1,2 kg), sur des vols prolongés, cela devient un peu fatigant à tenir en mains sur la durée.

Les données sont traitées avec DJI Terra qui

reste gratuit pour les données LiDAR mais payant pour du traitement photogrammétrique. C'est un outil très ergonomique et facile à prendre en main. Plusieurs options sont possibles comme le lissage du nuage de points ou la classification du sol et sur-sol. Le nuage de points est exporté aux formats et systèmes de référence choisis. Cependant, il est tout à fait possible d'importer les images ainsi que le nuage de points dans d'autres logiciels comme Agisoft Metashape pour du traitement photogrammétrique classique.



(a) Télécommande



(b) Ensemble de valises

Boîte LiDAR

Boîte drone et télécommande

Station de chargement



(c) Matrice 350 RTK équipé du LiDAR



(d) LiDAR Zenmuse L2

Fixation

Support stabilisé

Vitre du LiDAR

Caméra CMOS

Figure 1 – Le drone Matrice 350 RTK et ses accessoires avec le LiDAR Zenmuse L2.

Acquisition sur des lignes électriques

Les premières acquisitions sont réalisées sur des pylônes à haute tension. Le drone survole une portion de 1 km de ligne électrique avec une hauteur de 20 mètres au-dessus

de celle-ci (soit environ 50-60 m au-dessus du sol). Il réalise un aller-retour avec le LiDAR oblique (50° par rapport à l'horizontale) pour une durée totale de 15 minutes environ.

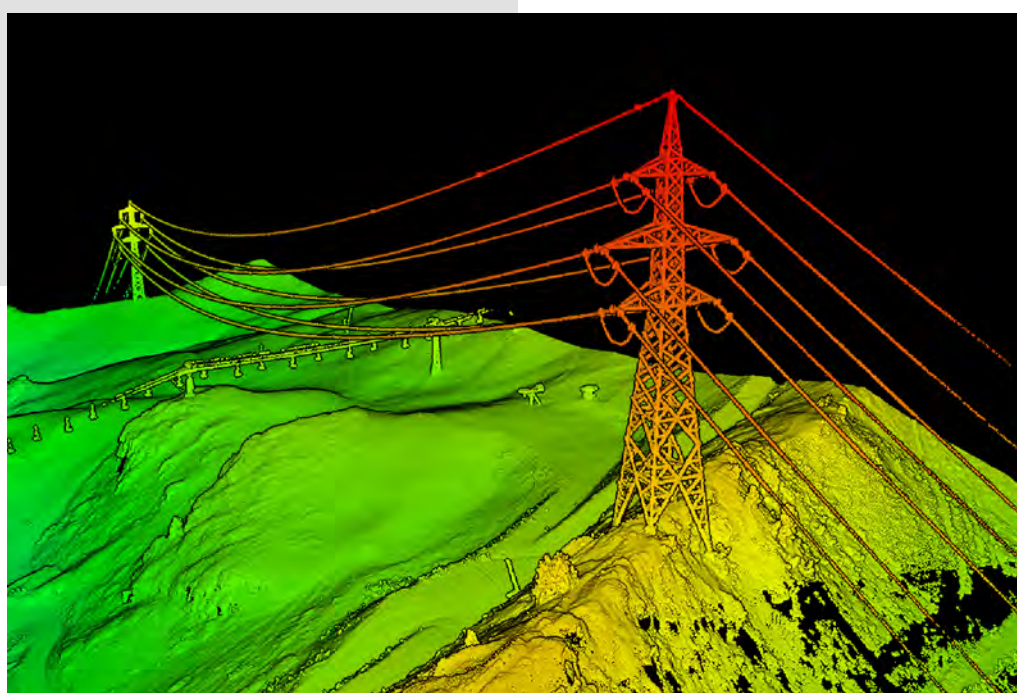
Dans la pratique, l'autonomie du drone équipé du LiDAR est d'environ 30 à 40 minutes et peut être encore réduite suivant la

température ou le vent. Les batteries sont rechargées par paire dans la station de charge et passent de 20 à 100% en 1h. Pour pouvoir faire une journée entière de vol, j'utilise une Ecoflow Delta 2 Max qui fournit une puissance suffisante à la station de charge. Lorsque j'utilise une paire de batteries en vol, la seconde paire est en chargement. La grande capacité de cette Ecoflow permet de faire des rotations pour voler toute une journée sans pause.

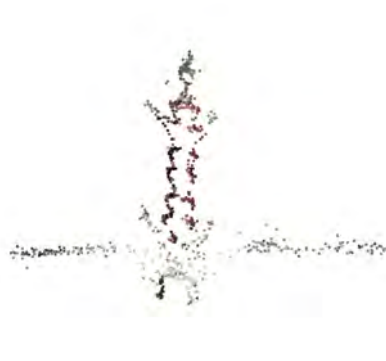
La Figure 2 (haut) montre un résultat sur DJI Terra d'une ligne électrique au-dessus de Verbier et (bas) un zoom sur un isolateur. La

résolution image est d'environ 0.7 mm sur le haut de la ligne pour une densité de 2000 pts/m².

Lors de ce vol, la calibration de l'IMU du LiDAR ne s'est pas effectuée à cause d'une erreur de paramétrage. On peut observer un décalage entre l'aller et le retour d'environ 6 à 8 cm. La calibration devient indispensable dans ce cas. Il faut noter qu'une calibration consiste à réaliser une manœuvre automatique pendant le vol. Cela prend du temps et consomme de la batterie donc c'est un élément à prendre en compte dans la logistique.



(a)



(b)



(c)

Figure 2 – Nuage de points sur DJI Terra, zoom sur un isolateur, (a) en points 3D, (b) vue en coupe pour distinguer les assiettes, (c) et la photo du L2.

Relevés des alluvions

De nouvelles acquisitions sont réalisées au-dessus de la Sarine et la Gérine (Fribourg). Le LiDAR est en configuration nadir à une hauteur de 34 mètres pour un vol de 10 minutes. L'objectif est de relever le cours d'eau et ses berges avec une résolution d'image et une densité de points suffisantes pour étudier les dépôts d'alluvions. J'importe un MNT pour utiliser le suivi du terrain, ce qui permet au drone de rester à la même hauteur par rapport au sol quel que soit le relief.

La figure 3 montre le nuage de points colorisé de la rivière. La densité varie entre 1000 et 2200 pts/m² soit un point tous les 1 à 3 cm. Malgré l'eau, les parties de la rivière peu profondes ont été reconstruites.



Figure 3 – Nuage de points colorisé de la Sarine

La densité de points est suffisante pour pouvoir distinguer les pierres dans les zones d'accumulations d'alluvions. Malgré une bonne calibration d'IMU, on observe toujours un léger décalage dans les zones de recouvrement inter bandes d'environ 3 cm ce qui peut se confondre avec le bruit de la mesure. Concernant le multi-échos, il y a très peu de retour au-delà du 2ème écho pour une végétation dense. Cela montre que la capacité de pénétration du laser dans la végétation n'est pas aussi performante que pour un Li-

DAR haut de gamme. Néanmoins, c'est tout à fait convenable pour beaucoup d'applications.

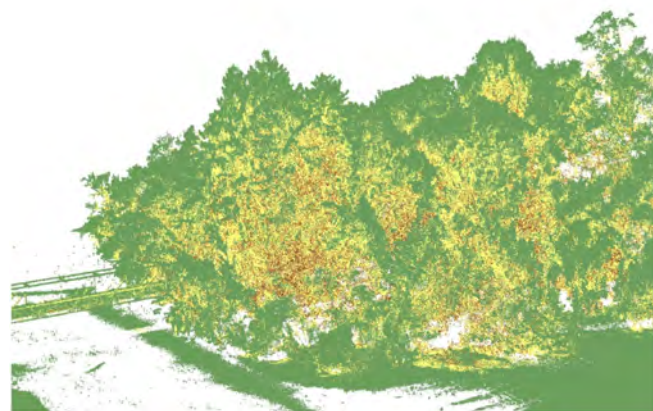


Figure 4 – Zoom sur la végétation en points couleurs (haut) et par échos (bas) (vert : 1ers échos, jaune : 2èmes échos, marron, 3èmes et 4èmes échos).

Comparaison du RTK du drone avec du GNSS

Afin de vérifier le positionnement absolu d'un nuage de points, nous avons mesuré plusieurs points à l'aide du GNSS Leica GS18i sur un pont. Ne disposant pas de GCP, je mesure plusieurs points distinctifs alignés sur le pont afin de pouvoir modéliser plusieurs droites (points bleus sur la Figure 5). Les points naturels sont difficiles à retrouver dans le nuage de points notamment à cause

du bruit. En mesurant plusieurs points sur une droite, cela permet de minimiser l'erreur liée à des GCP mal cliqués.

Plusieurs droites sont modélisées avec les GCP cliqués et mesurés puis comparées pour évaluer le décalage planimétrique. La distance perpendiculaire entre les droites varie entre 1 et 3 cm ce qui correspond à la précision annoncée par le constructeur (précision de 5 cm à 150 m). Les points mesurés sur la route permettent de relever un écart altimétrique de 2 à 5 cm. Cependant, le bruit de la mesure est parfois trop important pour pouvoir obtenir ces résultats, c'est le cas pour des éléments avec une faible réflectance. De plus, la calibration de l'IMU est primordiale.



Figure 5 – Vue ortho de la partie Est du pont au dessus de la Sarine, (bleu) points mesuré au gnss, (rouge) points cliqués sur le nuage de points

Conclusion

Le M350 équipé du LiDAR L2 permet de modéliser avec précision l'environnement qu'il survole. La télécommande offre de nombreuses possibilités aussi bien pour la planification que pour le suivi de la mission.

Son ergonomie permet une prise en main facile et rapide.

Deux sujets différents ont été survolés dans des conditions différentes. D'abord, des lignes à hautes tensions ont été acquises avec une trajectoire personnalisée. Les résultats montrent une bonne précision sur les pylônes malgré quelques décalages entre l'aller et le retour. La configuration de trajectoires personnalisées est souvent compliquée par une interface qui n'est pas optimale. L'impact de certains paramètres notamment sur la calibration n'est pas documenté.

De manière générale, c'est un très bon outil qui combine simplicité, rapidité et performance pour permettre des acquisitions avec beaucoup de détails. Cependant, dès lors que vous souhaitez l'utiliser dans une configuration particulière qui n'est pas prise en compte nativement par le système, il peut devenir compliqué de mettre en place votre solution personnalisée. À cause du manque de documentation disponible, il faut parfois faire de nombreux tests pour comprendre certains paramètres ou certaines limites en détail.

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Adrien Gressin et Antoine Carreaud pour leur encadrement lors de ce travail de master dans le cadre du projet AutoInspect3D, ainsi que Samuel Schwyn pour son aide technique.

Malo DE LACOUR, Collaborateur scientifique, HEIG-VD

HEIG-VD

Plateforme de présentation des TB

Tous les TB Proposer un TB À propos des TB Contact

Accueil / Tous les TB

Mots-clés

Étudiant

Enseignant responsable

Années 1901 à 2025

Filières

Economie d'entreprise

Energie et techniques environnementales

Génie électrique

Géomatique

Informatique et systèmes de communication

Ingénierie des médias

Ingénierie et gestion industrielles

Microtechniques

Systèmes industriels

Langues

FR EN DE

Confidentialité

☐ Cacher les travaux confidentiels

Réinitialiser les filtres

816 Résultats

RC 305 Oulens - Eclepens

Robin Riedo Géomatique - 2024

Mesure et analyse de la demande de stationnement par caméra et reconnaissance d'image

Malik Joye Géomatique - 2024

Système de levé et d'implantation intérieur par réalité mixte

Alexis Bart Géomatique - 2024

Construction d'un centre de chirurgie ambulatoire - Projet de géotechnique

Xavier Gérard Géomatique - 2024

RC 401 Concise

Alessandro Carlos Marques Géomatique - 2024

Bâtiment multi-étage avec structure en bois

Marion Seydoux Géomatique - 2024

Plateforme simplifiée de production des assiettes de servitudes

Juliette Glasson Géomatique - 2024

Orientation automatique d'une station totale

Noé Sciaroni Géomatique - 2024

1 2 3 100 >

© HEIG-VD 2025

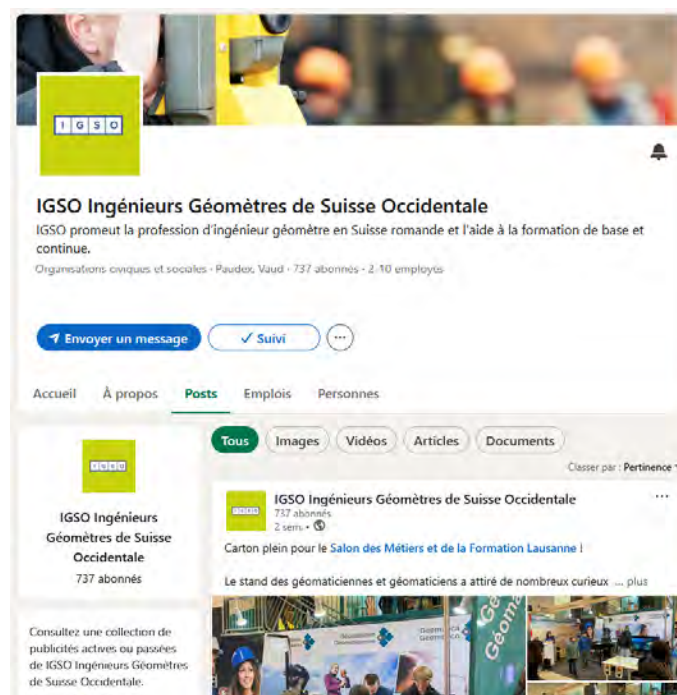
Bertrand CANNELLE, Responsable des filières *Géomatique* et *Génie territorial*

Depuis plusieurs années, la HEIG-VD met à disposition les travaux de diplômés sur la plateforme en ligne <https://tb.heig-vg.ch/search/>. Des recherches peuvent être effectuées par mots clés, par étudiant, ou encore par enseignant responsable. Vous pourrez avoir accès au résumé du travail, à l'affiche, ou encore au mémoire de bachelor si celui-ci n'est pas confidentiel. Ces travaux de diplômés sont l'occasion de tester de nouveaux outils (capteurs, logiciels, méthodologie,...), de chercher des solutions techniques et opérationnelles dans nos domaines. N'hésitez pas à vous rapprocher de nous si vous avez une idée, un projet, une problématique,... afin de définir un sujet qui pourra être exploré par un de nos étudiants.

L'IGSO SUR LES RÉSEAUX

Notre association est également visible sur les réseaux sociaux comme LinkedIn : <https://www.linkedin.com/company/igso/> Cette page nous permet de rester en contact avec nos adhérents ainsi qu'avec des personnes s'intéressant à notre profession. Cela nous permet également de transmettre des informations importantes plus rapidement que la Gazette. Nous pouvons mentionner cette année :

- La sortie vélo d'Echallens,
- Les 20 ans de la Fédération des Géomètres Francophones (FGF) à Abidjan en Côte d'Ivoire,
- Le Tour du Pays de Vaud
- La soirée au Musée du Léman à Nyon
- nos nombreuses participations dans la promotion de nos métiers



N'hésitez pas à vous abonner pour suivre notre actualité en temps réel!



THE ART OF
GUE GUEL
colo: AN/VIA

WE WANT YOU

TRAVAILLER EN EXTÉRIEUR OU AU BUREAU ?

PAS DE CHOIX À FAIRE, TOUT EST POSSIBLE DANS NOTRE PROFESSION !