Octobre 2021

26

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

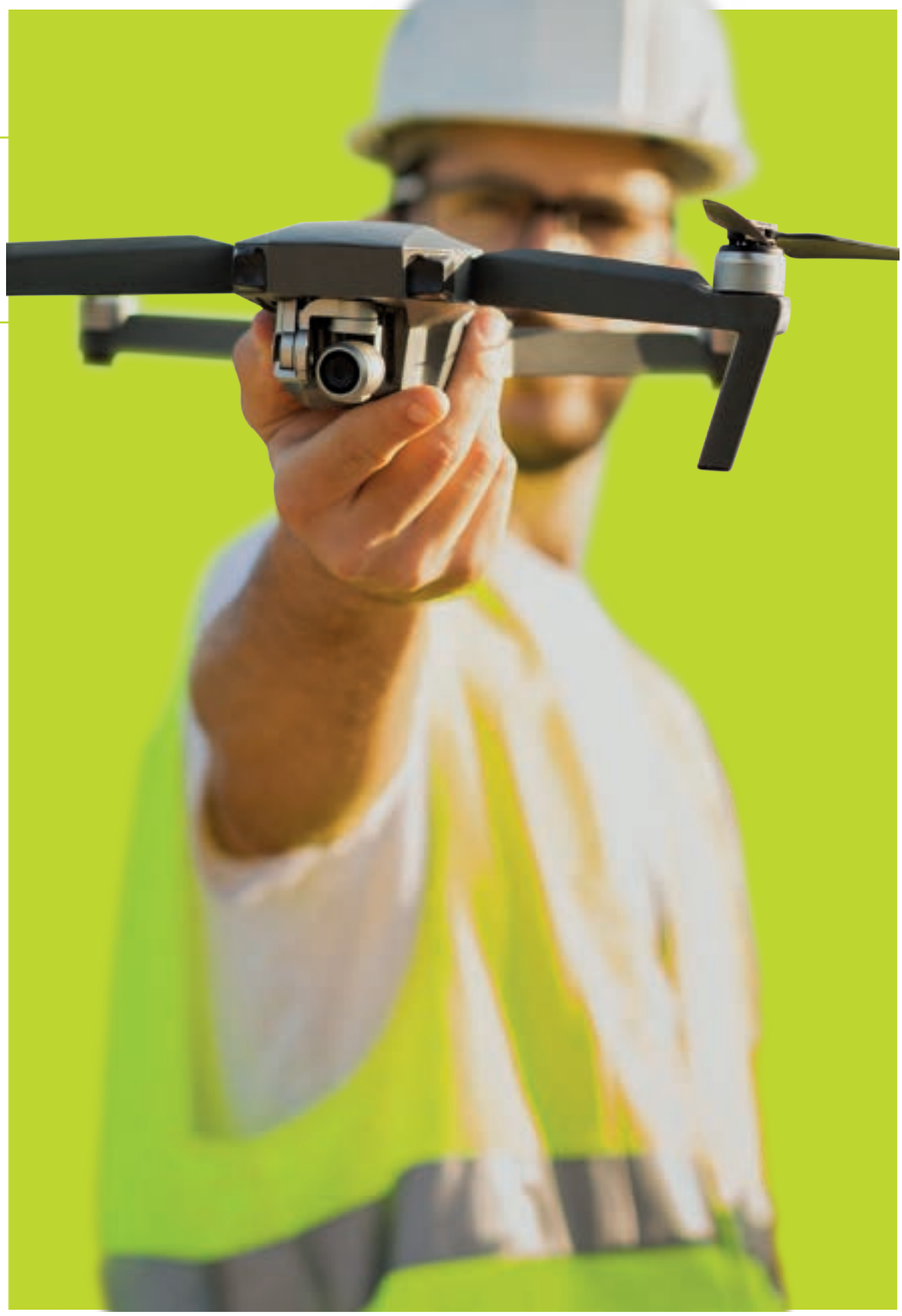
IGSO INGÉNIEURS GÉOMÈTRES DE SUISSE OCCIDENTALE

LA GAZETTE

EDITO
Par le professeur M. Kasser

DOSSIER 1
Cartographier avec des drones
p. 3

DOSSIER 2
As-built scan to BIM
p. 14



Drones, scanners, laser
Outils complexes mais performants

GAZETTE ACTU

DES DEFIS EN PERSPECTIVE

LE CHANTIER DE LA GARE DE LAUSANNE VA COMMENCER

L'approbation des plans de l'agrandissement de la gare de Lausanne qui comprend, notamment, la prolongation et l'élargissement des quais, la réalisation d'un nouveau sous-sol de la gare avec trois passages inférieurs, un hub de transports publics, un nouveau parking en remplacement du parking du Simplon et des travaux préparatoires importants pour la réalisation du futur métro m3 est entré en force. Ainsi, les travaux de la gare de Lausanne, dont le coût total est estimé à 1.3 milliard de francs vont débuter dès cet été 2021 et se poursuivront durant environ 10 ans.

De plus, des projets emblématiques dans le même secteur sont en cours de réalisation comme le pôle muséal cantonal (Plateforme 10) ou de planification comme le futur quartier de la Rasude, la rénovation du complexe immobilier Plaza-Colombo et les espaces publics sous gare.

La complexité et l'ampleur des travaux dans le périmètre du Pôle Gare induiront pour notre profession de relever de nombreux défis techniques, fonciers, organisationnels et de collaboration pluridisciplinaire. Soyons certain que plusieurs technologies et savoir-faire liés aux drones et à la lasergrammétrie présentés dans la présente gazette seront mis en œuvre à la satisfaction des Maîtres d'ouvrages et des entreprises qui œuvreront durant toutes ces années sur ces chantiers exceptionnels

ÉDITO

DRONES, SCANNERS LASER, DES OUTILS COMPLEXES MAIS PERFORMANTS : POUR LES GÉOMÈTRES !

Nous avons le plaisir de présenter ce nouveau numéro de la Gazette IGSO, qui est consacré à des méthodes techniques de plus en plus utilisées dans nos professions : les drones et les scanners laser. Ces outils, quoique de conception ancienne (plus d'un demi-siècle…), ont tiré un parti essentiel de l'évolution récente de la micro-électronique et des outils informatiques. Les drones sont devenus extrêmement faciles à piloter grâce aux MEMS (systèmes de micro-mécanique tirant parti des technologies des circuits intégrés), et les scanners laser extrêmement rapides. Et l'innovation en matière de logiciels a permis d'en faire des outils pouvant être intégrés pleinement dans la boite à outils du géomètre. Mais attention ! Ils peuvent parfois donner l'impression de pouvoir fournir des modèles numériques d'objets, de bâtiments, ou même de terrain, simplement en appuyant sur un bouton. On en est encore bien loin, et tout le savoir-faire du géomètre en matière de géomatique moderne est requis pour que les produits numériques obtenus puissent avoir un label de qualité bien identifié : tout particulièrement précision et complétude des données. Par exemple, dans un nuage de points laser, comment garantir tel ou tel niveau de précision ? Comment associer dans des conditions géométriques correctes tout une série de nuages laser obtenus depuis une série de stations d'un scanner laser ? Comment faire voler un drone photographe en respectant la règlementation aérienne ? Comment garantir que la totalité des données attendues sont bien présentes dans le fichier livré au client ? La facilité de mise en œuvre est généralement acquise, certes, mais sans maitrise de la géomatique technique moderne, et encore à un très haut niveau, on est à peu près certain d'obtenir un peu n'importe quoi.

Nous avons donc souhaité présenter ici quelques articles illustrant ce que notre profession peut produire actuellement, sans essayer de cacher les difficultés qu'il a fallu dépasser, mais sans trop insister dessus non plus, question de pudeur professionnelle… Ce tour d'horizon n'est pas non plus exhaustif, il pourra être complété plus tard, par exemple avec l'usage des scanners laser embarqués dans un sac à dos, qui commencent parfois à être employés dans des bureaux de géomètres. Nous avons encore bien des développements à avaler dans les prochaines années, mais nous sommes confiants dans notre capacité à évoluer.

Bonne lecture !

SOMMAIRE

Édito 2

Cartographier avec des drones 3
Un survol des concepts

HEIG-VD 8
Place des drones et des scanners

2m2c 11
Levé de l'enveloppe extérieure

Carrière de Lessus 13
Réaménagement du site

As-built scan to BIM d'une STEP 14
Retour d'expérience

Technologies 17
Au croisement de géométrie et design

Outils de levés 19
Une comparaison

HES-SO - UNIGE 25
Des nouvelles du nouveau master

Tête de gazette 26
Yves Deillon

RÉDACTION

P. A. Droz
Y. Deillon
R. Durussel
J. Henry
M. Kasser
A. Ueberschlag

CONTACT

Secrétariat IGSO

T. +41 58 796 33 00
E. info@igso.ch

www.igso.ch

CARTOGRAPHIER AVEC DES DRONES ?

UN SURVOL DES CONCEPTS

Cet article présente le rôle des différentes instrumentations embarquées dans des drones utilisés pour des levers, avec leurs particularités métrologiques et les différentes possibilités d'emploi. La fusion de ces différents types de données nécessite des démarches de calcul qui ont bien progressé, mais qui exigent encore beaucoup d'attention de la part de l'ingénieur géomaticien.

Jan Skaloud
Davide A. Cucci
Bertrand Merminod

Quels capteurs de navigation?

Que vaut un drone sans GNSS?

Au final, naviguer sans GNSS oblige à renoncer à des mesures de position et/ou de vitesse absolues, dans un cadre de coordonnées terrestres bien définies (p.ex. WGS-84). Dans de telles situations, les estimations de la position et de l'attitude (orientation dans l'espace) dérivent rapidement par accumulation d'erreurs aléatoires. Avec les micro-capteurs électromécaniques (Micro ElectroMechanical Sensors = MEMS) utilisés à bord de drones commerciaux, la dérive peut atteindre plusieurs centaines de mètres en quelques minutes, ce qui pose de sévères limitations pratiques pour le guidage et la sécurité des opérations.

Pour résoudre ce problème, beaucoup de propositions circulent, que l'on peut diviser en deux approches. La première consiste à obtenir des mesures de position et de vitesse à partir d'autres capteurs. En remplaçant les GNSS par d'autres méthodes de localisation, il faut distinguer si des positions doivent être définies en coordonnées géographiques absolues (p.ex. applications cartographiques) ou si une localisation relative dans l'environnement direct suffit. La seconde approche consiste à réduire la dérive des estimations de la position et de l'attitude avec des modèles plus sophistiqués des capteurs et/ou de leur plate-forme. Actuellement, la vision constitue la principale source de localisation relative, parfois combinée avec une centrale inertielle. Le SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) [12, 46] est un domaine bien établi en robotique. Les images d'une caméra monoculaire ou stéréo sont assemblées en temps réel pour situer la caméra dans son environnement, afin de construire une carte. Plusieurs systèmes [32, 22] sont capables de guider un drone sans recourir aux GNSS [42]. Typiquement, les cartes générées par SLAM ne sont pas géoréférencées et leur échelle est mal définie (à l'exception de systèmes visuels/inertiels dont l'échelle métrique et plus ou moins bien déterminée selon la qualité de la centrale inertielle et la détermination des biais en temps-réel). La présence de caractéristiques visuelles dans les images constitue le principal facteur limitant. Les systèmes de type SLAM peuvent être trompés par la répétition de motifs semblables et sont inopérants durant la nuit ou des périodes de forte variation lumineuse. Des recherches prometteuses ont montré que des caméras d'événement (event cameras) permettent de s'affranchir largement des conditions d'éclairage [50]. La nécessité d'une calibration préalable et minutieuse des caméras limite leur application. Si une carte géoréférencée est disponible a priori, la méthode visuelle peut générer une estimation de la position absolue. Des avances récentes en machine learning ont montré qu'une localisation grossière est possible avec des réseaux neuronaux profonds (deep neural networks) [13]. Alors que les exigences de

précision sont modestes pour diriger un drone dans un espace dégagé (2 à 5 m), la cartographie requiert des positions avec une précision de quelques cm [37, 31, 45].

Le capteur GNSS peut être remplacé ou complété avec des concepts similaires, par exemple l'UWB (Ultra Wide Band), les distancemètres [1], ou encore les pseudolites [3, 41]. Ces systèmes imitent le principe du GNSS, où des récepteurs mesurent les distances à de multiples émetteurs dont la position est connue a priori. Ces derniers sont installés au sol et leur position doit être déterminée auparavant. Donc on doit opérer dans des environnements structurés. Les signaux UWB sont aussi affectés par l'environnement (obstructions, réflexions, réverbérations, etc.). Néanmoins un système UWB permet de naviguer à l'intérieur [48, 35] et de cartographier un environnement dépourvu de GNSS avec une précision de niveau décimétrique [29].

Une autre ligne de recherche vise à réduire la dérive causée par l'intégration de signaux inertiels bruyants en l'absence de mises-à-jour de la position. À nouveau, les systèmes fondés sur la vision jouent un rôle essentiel. En odométrie visuelle (Visual Odometry = VO) [27, 51], les changements de position et d'orientation d'une caméra sont déterminés par le suivi local de caractéristiques visuelles. Une fusion de l'évolution des images avec des signaux inertiels permet de contrôler la dérive de la position et de l'orientation. Alors que VO est nettement plus simple que SLAM et déjà implémentée pour des drones commerciaux, la distinction entre SLAM et VO s'estompe lorsqu'une fermeture de boucle et une optimisation globale de la trajectoire sont ajoutées à un système VO pour réduire la dérive à long terme. Les premières réalisations apparaissent [47].

La connaissance des propriétés physiques du drone permet d'obtenir des observations supplémentaires utiles pour naviguer sans capteurs additionnels: les commandes des moteurs et des ailerons, telles que dictées par l'autopilote, alimentent un modèle physique de la plateforme qui génère des pseudo-observations des accélérations angulaires et linéaires qui peuvent être fusionnées avec les données inertielles dans un filtre de Kalman étendu (Extended Kalman Filter = EKF) [25] ou des réseaux dynamiques (Dynamic Networks = DN) [33]. Cette approche est encore embryonnaire, mais dans un environnement dépourvu de signaux GNSS, elle a démontré son aptitude à réduire la dérive de la position de plusieurs ordres de grandeurs [26].

Aujourd'hui la technologie est mûre pour guider un drone dans un environnement dépourvu de signaux GNSS, toutefois l'application de la recherche académique au secteur commercial est délicate, surtout en raison du coût additionnel et de la difficulté d'assurer les performances d'un système visuel dans des conditions arbitraires. D'autre part, aucun système actuel n'atteint la précision d'une localisation GNSS en mode RTK ou PPK à moins d'installer au sol des émetteurs de signaux semblables, appelés pseudolites [41]. De fait, il est très difficile de réaliser des lever précis en environnement inconnu sans réception fiable de signaux GNSS.

Quand utiliser une centrale inertielle (IMU)?

Comme discuté en 3.2, une IMU est requise pour l'orientation directe. Implicitement, c'est le cas pour un LiDAR, de même que pour la suspension stabilisée d'une plate-forme de capteurs. Une IMU contribue également à l'orientation finale d'une caméra (ligne ou matrice de pixels) dans un corridor ou tout autre scénario avec une géométrie défavorable [36].

Sans IMU, un drone multi-rotor ne peut pas voler du tout et, généralement un autopilote requiert une IMU pour stabiliser et guider le drone. Les avantages d'une IMU sont connus depuis plus de vingt ans [18]. En fait, une IMU est presque toujours embarquée, mais ses signaux sont rarement disponibles pour l'orientation, pour des raisons plus historiques que pragmatiques. Le marché professionnel des drones a commencé avec les caméras matricielles et il a utilisé des solutions académiques pour l'usage d'une IMU [8, 40]) en installant des circuits IMU/GNSS séparés (initialement presque exclusivement chez Trimble-Applanix) sur des drones haut-de-gamme pour faire du vol stationnaire, p.ex.[31].

Des fabricants de petits drones à voilure fixe ont identifié l'intérêt plus tardivement et ceux qui produisent leur propre charge utile ont employé une meilleure conception où l'IMU est solidaire de la caméra, sur un châssis isolé des vibrations . Potentiellement, la qualité matérielle de ces nouvelles petites IMU permet d'obtenir une bonne orientation relative [37] et, avec un traitement avancé des données INS/GNSS [14] ou une intégration serrée (tight) [20], même une orientation absolue applicable aux lasers aéroportés [49, 15]. Néanmoins, le potentiel des IMU embarquées demeure sous-exploité par les logiciels photogrammétriques populaires, par exemple Pix4D, AgiSoft Metashape. Ces deux programmes excluent l'usage de données inertielles brutes et l'un d'eux également l'orientation relative et même la définition des poids pour l'orientation absolue. En particulier pour des scénarios difficiles (géométrie, texture), l'usage correct de données inertielles [10, 37, 20] peut améliorer non seulement l'orientation finale et la calibration d'une caméra matricielle, mais aussi le traitement automatique (identification et appariement) des points de liaison.

Finalement, l'ensemble des étapes de traitement réalisées dans ce travail ouvre une nouvelle vision sur les capacités actuelles et futures des outils open source. Les résultats obtenus permettent d'envisager avec optimisme l'utilisation des outils open source pour le traitement d'INTERLIS.

Faut-il des capteurs de navigation plus précis?

Par exemple, ces capteurs sont utilisés couramment dans des systèmes libres (matériel et logiciel) tels que [30]. A l'opposé, naviguer sans GNSS ou avec des signaux intermittents ou peu fiables (par exemple en raison d'obstructions, de réverbérations ou de brouillage), d'autres méthodes doivent assurer la sécurité des opérations. Les capteurs inertiels doivent combler les écarts entre les positions GNSS, cependant ceux qui sont intégrés actuellement dans les auto-pilotes ne permettent pas de combler des interruptions de plus de quelques dizaines de secondes. Ensuite, la dérive de la position empêche un atterrissage sûr. Des capteurs inertiels plus performants existent, mais leur taille, leur poids et leur prix ne sont pas adéquats pour un drone. Le progrès rapide de méthodes alternatives fondées sur un modèle dynamique du véhicule [25] ou sur l'odométrie/SLAM visuelle/inertielle [42], voire leur intégration dans un seul système [33], permet d'envisager une navigation fiable sans GNSS avec des capteurs bon marché. Cependant, l'émergence de telles plate-formes commerciales se fait attendre.

Des capteurs de navigation plus précis, surtout inertiels, seraient très avantageux pour le géoréférencement direct, p.ex. pour un lever LiDAR ou pour la cartographie d'un corridor, mais ceux dont la taille, le poids et le prix sont adéquats pour un drone génèrent un biais instable et un bruit excessif. Pour ces applications, on a proposé des méthodes avancées pour traiter les données de capteurs inertiels de qualité modeste, par exemple [20, 19] pour l'intégration rigoureuse de mesures issues de MEMS dans une compensation par faisceaux (Bundle Block Adjustment = BBA) et [17] pour l'intégration photogrammétrie/LiDAR. Des méthodes plus anciennes et plus simples, telles que [11, 10], dont le potentiel pour l'orientation d'un drone fut démontré, p.ex. [45, 37, 38]) ne sont pas intégrées dans les logiciels photogrammétriques commerciaux (voir sous 1.).

Comment planifier un vol?

RTK ou PPK?

Le lever photogrammétrique par drone avec des positions (et des orientations) précises de la caméra aérienne est très efficace pour des surfaces modestes. Toutefois la qualité cartographique est difficile à prévoir, surtout dans des environnements complexes (terrain raide et segmenté), où la précision de la localisation en temps réel (RTK) ou différé (PPK) varie fortement. Dans ce cas, le processus conventionnel d'acquisition de données, traitement ultérieur et contrôle de qualité à la fin n'est pas idéal car la qualité des positions dépend de l'heure du vol. Avec une connaissance approximative du terrain (telle que nécessaire pour guider le drone) et des lignes de vol prévues à des moments différents, on peut estimer la précision de la localisation GNSS. Comme démontré pour un certain nombre de vols dans [16], cette information peut être combinée avec d'autres éléments décrits dans la Fig. 1, car la nécessité de calibrer les paramètres de l'orientation interne, la texture dominante du terrain et les emplacements prévus des GCPs permettent de simuler le processus d'acquisition de manière réaliste pour obtenir la qualité cartographique requise.

Dans [16], on démontre que l'approche PPK est plus favorable que RTK dans un environnement avec des interruptions fréquentes des signaux des satellites, dues au mouvement du drone ou à des obstacles voisins. Pour naviguer sûrement, prédire la qualité des positions satellitaires est intéressante non seulement pour la caméra lors des prises de vue, mais avec des critères différents pour toute la trajectoire du drone et notamment les zones de décollage et d'atterrissage

Planification idéale d'un lever?

Dans un relief complexe (urbain, industriel ou accidenté), prédire la précision d'un lever est difficile. Concevoir un plan de vol couvrant toute la zone d'intérêt avec une résolution uniforme peut être chronophage. De même, quantifier la précision de la reconstruction 3D avant le vol, donc avant les étapes coûteuses du post-traitement, est un sérieux défi. L'élaboration automatique d'un plan de vol est fondée sur deux types de méthodes: (i) hors ligne, selon la résolution a priori, peut-être faible, d'un MNT ou d'un MNS et (ii) en ligne, avec un contrôle du drone pour explorer un environnement inconnu. Pour un survol assez complet, voir [4].

Alors que des levers aériens ordinaires peuvent être planifiés aisément en 2D, un relief accidenté exige un logiciel spécifique pour définir des trajectoires de vol en 3D [23, 24]. De tels outils génèrent un contrôle détaillé des paramètres du vol et de l'image, tels que les variations de la GSD (Ground Sample Display, taille du pixel au sol), l'échelle, l'emprise des images et leurs recouvrements, selon les MNE disponibles pour la zone. Certaines de ces fonctions sont maintenant implémentées dans des logiciels commerciaux [2]. Mentionnons aussi des propositions récentes qui, de façon itérative, tiennent compte du relief complexe et de la géométrie de la constellation GNSS au moment prévu [16].

Pour les méthodes en ligne, la complexité croît de façon significative car des contraintes locales influencent le plan de vol, par exemple pour éviter des obstacles [43]. Typiquement, des algorithmes de planification tels que Rapidlyexploring Random Tree (RRT) [52], sont couplés avec une information métrique afin que le drone acquière ses prochaines données de manière opportune, par exemple une image selon le champ de vision [6, 34]. De tels critères peuvent aussi être évalués dans un intervalle de temps prédéfini avec des réseaux neuronaux profonds (DNN) entraînés de façon adéquate [5]. Ces systèmes dépendent du matériel et du logiciel embarqués. Des prototypes ont été construits pour la recherche, mais au moment de rédiger les praticiens ne disposent d'aucune solution générale et prête à l'emploi.

Questions de calibration

Les observations des capteurs optiques et de navigation se réfèrent à des systèmes de coordonnées différents (origine et orientation des axes). Pour un lever de niveau centimétrique, le vecteur entre la caméra et l'antenne GNSS doit être déterminé pour chaque exposition.

Comment déterminer un bras de levier?

Bien que les vecteurs (lever-arm) entre les capteurs embarqués à bord d'un drone soient courts, au maximum quelques décimètres, la technologie RTK/PPK requiert leur prise en compte. Le premier biais spatial à examiner est la distance entre le centre de navigation de l'IMU et le centre de phase de l'antenne GNSS. Le second biais sépare le centre de navigation et le capteur optique. Si le BBA n'utilise pas directement les données inertielles brutes (p.ex. [20]), les vecteurs précédents doivent être exprimés selon les axes du boîtier de l'IMU. Ainsi le logiciel INS/GNSS peut tenir compte de la vitesse relative des 2 capteurs. Il faut affronter deux défis pratiques: (i) les axes du boîtier de l'IMU ne peuvent pas être observés directement ; (ii) au contraire de grands systèmes inertiels embarqués, l'imprécision de petits IMU empêche l'auto-alignement statique par rapport au Nord géographique. Bien que des logiciels INS/GNSS permettent d'estimer le vecteur entre les capteurs, la précision obtenue n'est suffisante que pour de grands aéronefs avec une IMU précise. Dès lors, il faut appliquer une méthode indirecte si les erreurs d'axes peuvent générer des incertitudes dépassant 1 cm (par exemple pour une mesure du vecteur réalisée avec un pied à coulisse ou via un modèle 3D du drone [21]). Or cette limite est atteinte déjà pour un vecteur de 30 cm et une erreur d'orientation de 2 degrés. Les méthodes indirectes utilisent la détermination conjointe des vecteurs entre IMU, antenne GNSS et caméra, liés à l'orientation de la caméra. Simultanément, il faut tenir compte du biais d'alignement entre la caméra et l'IMU (bore-sight), déterminé séparément. Pour tous les petits drones, on peut appliquer la méthode indirecte au sol (Fig. 2) comme décrit dans [36]. Cette approche demeure valable sans IMU, donc pour déterminer le vecteur entre l'antenne GNSS et la caméra, selon les axes de la caméra, généralement de façon plus précise que par BBA [38].

Cependant, des incertitudes plus grandes du vecteur entre les capteurs de navigation et le capteur optique sont tolérables si le BBA utilise les positions aériennes relatives dans une ligne (droite) de vol. Voir [11] pour un scénario général et [37, 38] pour des micro-drones. La localisation relative permet d'absorber un biais inconnu entre les capteurs, comme pour des positions GNSS affectée par de fausses ambiguïtés de cycles [45].

Quand vérifier l'alignement?

L'alignement des axes de la centrale inertielle et de la caméra n'est jamais parfait. Un défaut appelé bore-sight, littéralement "vue d'alésage" doit être déterminé en vol. Les méthodes statiques, p.ex. [7], ne sont pas applicables. Comme mentionné auparavant, on ne peut pas "aligner" les petites IMU sans une certaine vitesse 3D (norme et orientation du vecteur) obtenue grâce à des observations GNSS. Les aspects dynamiques de la trajectoire du drone sont nécessaires non seulement pour déterminer l'azimut, mais aussi pour compenser l'influence des biais de l'accéléromètre sur les angles de roulis et de tangage. Lorsque l'IMU est alignée (avec une incertitude compatible avec ses spécifications) on peut entamer la détermination du bore-sight.

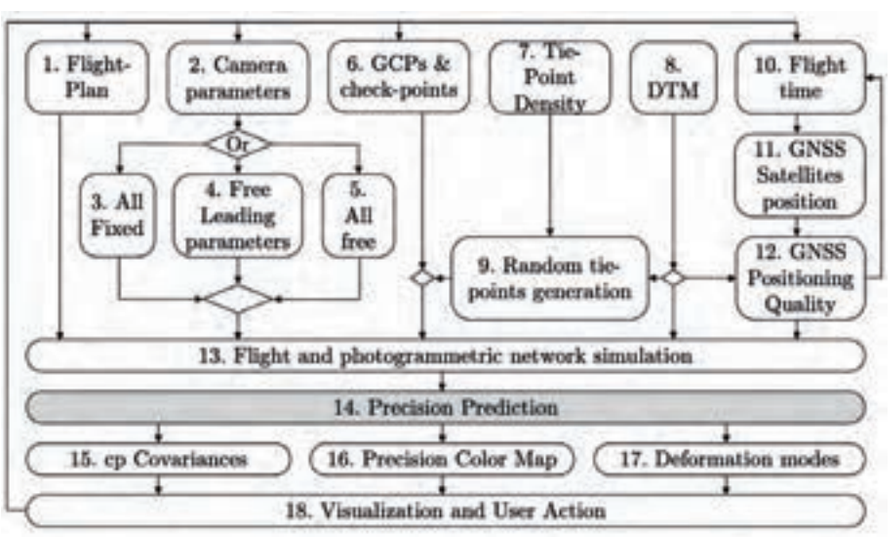


Figure 1: Workflow pour prédire la précision d'un chantier

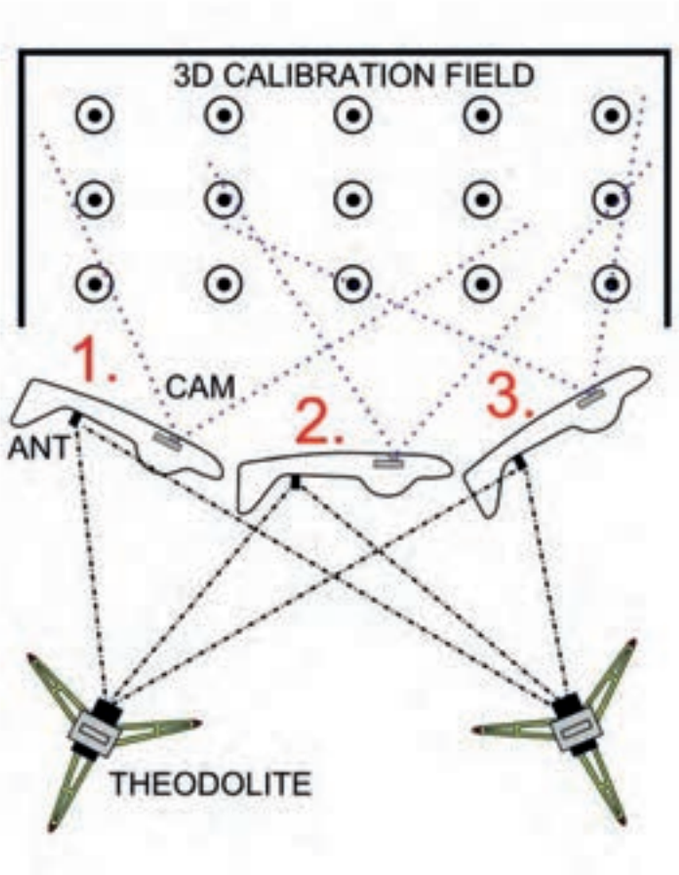


Figure 2: vue en plan de la calibration du bras de levier avant le vol, selon [36].

En aérotriangulation la nécessité de déterminer le bore-sight dépend de la méthode choisie pour l'orientation [18, 10]. L'approche intégrée avec usage simultané des observations de l'image et de la trajectoire INS/GNSS permet de déterminer le bore-sight dans le cadre d'une compensation par faisceaux (BBA). Dans ce cas, on peut tolérer un alignement imprécis de l'IMU car il est absorbé dans les paramètres du bore-sight, dont les effets sont similaires. Cependant une telle absorption ne vaut que pour le vol en cours et pas pour les projets suivants. La calibration correcte du bore-sight (valable pour plusieurs projets) requiert la décorrélation de l'alignement de l'IMU, du bore-sight et d'autres paramètres, p.ex. ceux de l'orientation interne. À cet effet, la stratégie est issue de plateformes plus grandes [28]: la géométrie du bloc doit être forte, avec suffisamment de recouvrement, des images convergentes et des bandes transversales avec des variations (> 15%) de l'AGL et de la profondeur de champ, des positions aériennes et des attitudes précises, ainsi que des points d'appui. Manifestement, le modèle de l'orientation interne influence le bore-sight [15].

Déterminer et maintenir un alignement suffisamment précis de l'IMU est un vrai défi pour certains petits drones, surtout lors de phases de vol surplace. Dans ce cas, mieux vaut associer le bore-sight à l'orientation relative dans la compensation du bloc, ce qui revient à éliminer son existence analytique [45, 37], ou introduire des observations inertielles brutes [20]. Néanmoins, la détermination du bore-sight est requise pour l'orientation directe, incontournable pour un LiDAR. Ici, le concept de détermination peut, par exemple, suivre [44]. La précision obtenue dépend surtout de la qualité de l'IMU. Pour une centrale inertielle donnée, on peut améliorer la qualité de l'attitude avec une configuration redondante (pour limiter les erreurs aléatoires), ou en la calibrant sur place avant le décollage (pour améliorer la précision de l'attitude absolue), comme décrit dans [14].

Comment vérifier la synchronisation des données?

Pour déterminer l'orientation des images, leur horodatage dans l'échelle de temps du capteur de navigation est crucial. Ceci est particulièrement critique avec un drone et une caméra ordinaire, dont la synchronisation avec le système de navigation n'est pas triviale.
Même pour un drone professionnel avec une plateforme d'origine, l'horodatage des images comporte diverses sources d'erreur : résolution limitée du temps du système (autopilote), décalage résiduel avec l'échelle de temps GNSS, enregistrement du début ou de la fin de l'exposition au lieu de son milieu, etc.
L'influence ou la tolérance des erreurs d'horodatage dépend de la résolution des images au sol et de la précision de la trajectoire, ainsi que des mouvements du drone (vitesses linéaires et angulaires, voir p.ex. les graphiques de [39]).
Plusieurs techniques permettent de déterminer si les données optiques sont décalées dans le temps. La méthodologie dépend des observations disponibles et de la connaissance a priori des paramètres de calibration du système et de ses capteurs.
Les modèles classiques d'orientation relative et absolue peuvent être étendus au domaine spatio-temporel, ainsi que la position. Sous certaines conditions, leur détermination dans le cadre d'une compensation par faisceaux est démontrée pour un aéronef avec pilote [9] ou sans [39]. Cette dernière publication confirme qu'un biais constant de l'horodatage peut être déterminé grâce à des observations de vitesse variant dans une gamme suffisamment étendue. Toutefois dans le cadre d'un bloc, l'impact final sur la précision de la cartographie est faible car il est absorbé ou compensé par d'autres paramètres, p.ex. les coordonnées du point principal. Cependant, pour un scénario avec une faible redondance, comme le lever aérien d'une bande, les erreurs induites ne peuvent pas être absorbées et leur impact sur la précision au sol est considérable.

Incidences pratiques

Les systèmes et logiciels commerciaux pour la cartographie par drones sont adéquats pour de nombreuses applications courantes. La redondance élevée des observations masque la faiblesse des modèles qui ignorent ou simplifient certains aspects présentés ci-dessus. Toutefois, si le drone inclut un laser, si l'écartement des divers capteurs ou leur bruit est important, si le vol est instable ou sa géométrie faible, et bien sûr si une grande précision est exigée, les étapes de calibration deviennent cruciales. Dans ce cas, il faut enregistrer et traiter les données avec des outils spécialisés, notamment des logiciels de type académique.

EPFL, jan.skaloud@epfl.ch

N.B. L'article complet avec ses références est consultable sur le site internet d'IGSO sous www.igso.ch.

ENSEIGNEMENTS À LA HEIG-VD

LA PLACE DES DRONES ET DES SCANNERS

Les formations s'adaptent continuellement aux évolutions technologiques, pour former des professionnels compétents et opérationnels dès la sortie des études : c'est bien entendu le cas à la HEIG-VD dans la filière bachelor en géomatique. Dans ce numéro orienté plus particulièrement sur les drones et la lasergrammétrie, nous allons présenter des exemples d'utilisation de ces technologies dans nos enseignements.

Bertrand Cannelle

LES DRONES

Avant l'arrivée des drones et de la photographie numérique, la photogrammétrie était une discipline compliquée à mettre en œuvre et couteuse à produire (aussi bien pour l'acquisition d'images que pour la restitution). Cette discipline était souvent ingrate à enseigner : un grand nombre d'étudiants sortaient des cours les yeux rouges avec un gros mal de tête après les travaux pratiques de restitution analogique…

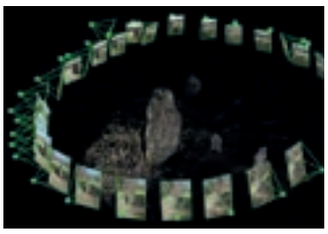
Dès l'arrivée des drones, l'ensemble de la chaine de production a pu être pratiquée dans les enseignements : du calcul des plans de vols jusqu'à la réalisation finale du produit. La diversité des plateformes (aile, multicoptère, …) a également permis de multiplier les usages dans les leçons, comme la photogrammétrie terrestre.

La figure 1 illustre un des travaux pratiques, qui va de la prise en main des drones (a), en passant par la prise de vue (b) jusqu'à la réalisation du modèle 3D (c), sur le site des menhirs de Clendy à Yverdon-les-Bains, à côté de la HEIG-VD.

LA LASERGRAMMÉTRIE

La lasergrammétrie a trouvé sa place dans les enseignements d'instrumentation et topométrie dans les années 2000-2010. Même si les nuages de points sont facilement utilisables et interprétables, il y a un grand nombre de paramètres qui influencent leurs utilisations : notions de précision, de fiabilité, de réflectivités des matériaux, statistiques dans les opérations de recalages, lesquels doivent être connus et maîtrisés par les ingénieurs en géomatique. Les plans d'études ont donc été adaptés et des

a) Vol de drone



b) Mise en place des images

c) Réalisation du modèle 3D texturé

Figure 1 : Travail pratique de photogrammétrie autour de la pratique des drones

enseignements ont été ajoutés sur l'utilisation et le traitement des nuages de points, ainsi que sur les techniques de recalage.

EXERCICE DE LEVÉS ET MODÉLISATION

Une part des travaux géomatiques dans les bureaux consiste à acquérir des données sur le terrain jusqu'à la modélisation. Depuis plusieurs années, un exercice en 2ème année consiste à réaliser un processus complet de modélisation. Les appareils de lever (stations totales, GNSS, scanner laser, drones) sont mis à disposition des étudiants, qui doivent réfléchir aux stratégies de lever pour réaliser une maquette 3D. Dans le cadre de ces exercices, un cahier des charges est fixé en décrivant, certaines zones devant être produites «telles que construites», d'autres devant être texturées avec des photos, ou via des aplats de couleurs, ou d'autres encore devant être modélisées avec un niveau de détails fixé.

Voici deux exemples de réalisation : la figure 3 présente le rendu de la maquette du château de Champs Pittet avec les façades texturées, le toit modélisé par aplat de couleurs et la figure 4 présente la maquette de la HEIG-VD après les travaux d'aménagement de la nouvelle entrée permettant de présenter l'école.

CAMPAGNE DE TERRAIN

Un moment clef de la formation est « la campagne topo » répartie entre une semaine sur le terrain et une semaine de traitements dans nos locaux. Ces lieux peuvent être des barrages, des galeries, des ouvrages caractéristiques ou encore des sites naturels. Le principe est de donner un cahier des charges aux étudiants répartis en groupe. Les travaux peuvent être variés : états de mesures, tests de matériels, mise en place de nouvelles méthodes d'auscultation et autres. Cela permet aux étudiants de se confronter à la réalité du terrain : suivre un protocole établi, gérer la logistique (utilisation partagée de matériel, recharges des batteries…), intégrer les contraintes météorologiques et les contraintes liées au site.

La figure 5 présente un des résultats d'une campagne de terrain sur le barrage de Moiry avec rendu visuel du barrage et de son environnement.

Figure 2 : Utilisation du scanner laser lors d'un exercice de numérisation du canal à la sortie du barrage de Schiffenen

Figure 3 : Modélisation du Château de Champs-Pittet réalisée par les étudiants

Figure 4 : Modélisation de la nouvelle entrée de la HEIG-VD réalisée par les étudiants

PÉDAGOGIE VERSUS PRODUCTION

Le but d'un enseignement ou d'un exercice encadré est de détailler, de comprendre et de maitriser un enchainement de processus en mettant l'accent sur les phases clefs et les paramètres importants. A l'inverse, les constructeurs d'appareils ou les fabricants de logiciels fournissent des solutions « clefs en main » avec les paramètres qu'ils jugent importants, sans forcément décrire les algorithmes utilisés ni détailler/expliciter les paramètres visant à optimiser les processus de production. Il faut donc trouver le logiciel pertinent (au sens pédagogique) qui permettra d'illustrer une notion particulière tout en l'intégrant dans un enseignement complet. C'est d'ailleurs pour cela que nous avons un parc matériel avec différents constructeurs et différentes gammes d'instruments, qui permet de présenter aux étudiants les différentes stratégies de traitements ainsi que les points d'attention lors de l'utilisation de l'un ou l'autre des appareils.

Un autre défi de l'enseignement actuel est l'utilisation d'appareils faisant appel à plusieurs techniques lors de l'acquisition de données, notamment :

- une station totale mesurant sa position par GNSS tout en prenant des images et en mesurant des angles/distances,
- un GNSS prenant des points inclinés compensés via une centrale inertielle intégrée à la canne,
- un drone prenant des images orientées précises via une centrale inertielle et un GPS RTK,
- utilisation du SLAM (algorithmes de recalage de nuages de points 3D), permettant le géoréférencement approximatif en temps réel des stations de laser scanners,
- les dispositifs mobiles d'acquisitions de géodonnées (cf. article d'Adrien Gressin dans ce même numéro).

Lors de l'utilisation de ces dispositifs, il faut cloisonner les différentes disciplines pour expliquer les multiples mesures provenant des différents capteurs ; leurs précisions et les sources d'erreurs tout en parcourant les processus de calibration de chacun des capteurs. Il faut ensuite détailler et analyser la fusion des données : expliquer la calibration relative des capteurs ; analyser la chaine de géoréférencement des données ; détailler et analyser les sources d'erreurs.

Au fil des années, nos ingénieurs ont vu arriver les générations successives d'appareils et nous avons pu apprendre au fur et à mesure à les utiliser de manière optimale, tandis que les étudiants actuels doivent apprendre à utiliser les appareils dans leur globalité. Au niveau des enseignements, cela implique, une mise à jour régulière des plans d'études afin de pouvoir enseigner les méthodes actuelles en transmettant les connaissances théoriques au bon moment. Modélisation du barrage de Moiry : le parement a été réalisé par lasergrammétrie et les berges et l'environnement par photogrammétrie.

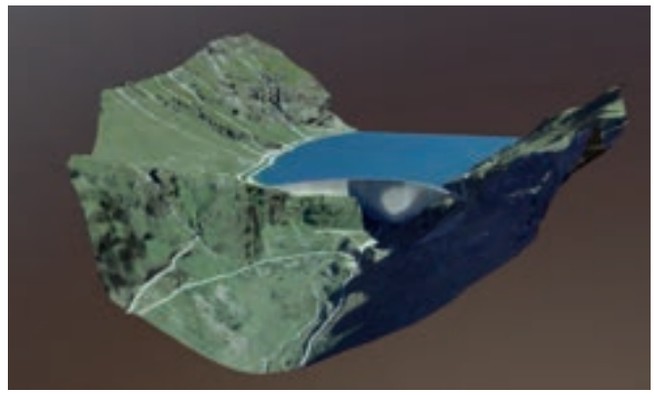


Figure 5 : Modélisation du barrage de Moiry : le parement a été réalisé par lasergrammétrie et les berges et l'environnement par photogrammétrie.

ET DEMAIN ?

Concernant les dispositifs de détermination, la tendance actuelle est à l'intégration de capteurs afin d'avoir « le » dispositif de lever permettant d'acquérir plusieurs types de données (image, laser, tachéométrique, GNSS), en grande quantité, précises et géoréférencées. Au niveau de l'enseignement, il est nécessaire que les étudiants maitrisent chaque capteur individuellement, afin de définir les paramètres et les conditions d'utilisation de ces dispositifs. Il faut alors leur transmettre tous les outils théoriques pour qu'ils puissent s'adapter à la mise en œuvre d'un nouvel équipement.

L'intelligence artificielle prend une place de plus en plus grande dans nos chaînes de traitements géomatiques. Il y a de plus en plus de logiciels de traitements de données (nuages de points, photogrammétrie) qui utilisent des algorithmes de machine learning et de deep learning qui permettent de classifier les nuages de points ou encore d'identifier automatiquement des éléments dans les images. Nous sommes habitués à maîtriser nos données et leur qualité, mais ces nouvelles technologies vont transformer nos façons de faire. Ces innovations sont déjà intégrées dans notre formation, via des travaux de diplômes et des projets individuels ; progressivement elles seront intégrées dans les enseignements de base.

CONCLUSIONS

Cet article a permis de présenter quelques enseignements de la filière de géomatique de la HEIG-VD formant les ingénieurs bachelor HES. L'évolution de la formation est étroitement liée à l'évolution de notre profession et de la technologie. Pour que notre formation reste pertinente et adaptée, nous réalisons

régulièrement des mandats les plus variés de recherche et développement dans le domaine de la géomatique au sein de l'institut d'ingénierie du territoire (insit) de la HEIG-VD et sommes régulièrement en contact avec les associations professionnelles, les bureaux privés et les administrations afin de vérifier que les étudiants que nous formons correspondent aux besoins du marché.

HEIG-VD, bertrand.cannelle@heig-vd.ch

2M2C
LEVÉ DE L'ENVELOPPE EXTÉRIEURE

Dans le cadre d'un projet de sécurisation et de modernisation du centre de congrès et d'exposition, l'architecte en charge du projet a souhaité pouvoir disposer de levés actuels et précis de l'enveloppe extérieure du bâtiment, de la topographie des abords immédiats du bâtiment ainsi que d'altitudes référencées à l'intérieur du bâtiment.

SAISIE DES DONNÉES

Afin de pouvoir disposer d'informations fiables sur la toiture, fort complexe, du bâtiment, il a été décidé de procéder par photogrammétrie.

Les prises de vues ont été effectuées par notre partenaire Corvus Monitoring.

Parallèlement aux prises de vues, un levé tachéométrique d'environ 80 points de calage sur les façades a été réalisé, basé sur un réseau de 10 stations autour du bâtiment.

Simultanément, ces stations ont permis le levé terrestre des éléments non visibles par drone (pied de façade, tronc d'arbres, etc).

Enfin, de ces stations ont été lancées des polygonales à l'intérieur du bâtiment, afin de déterminer des altitudes d'environ 290 points répartis sur les 8 niveaux du bâtiment.

TRAITEMENT DES DONNÉES

À l'aide d'un logiciel de photogrammétrie, ces photos ont ensuite été tout d'abord référencées dans le système de coordonnées par l'intermédiaire de points de calage levés, puis assemblées les unes par rapport aux autres par corrélation sur la base de points homologues reconnus automatiquement par le logiciel. Un modèle numérique de surface, sous forme de nuage de points est ensuite obtenu par calcul.

L'interprétation du nuage a ensuite permis de reconstituer des facettes planes de tous les éléments de façade et de toiture.

ANALYSE

L'avantage principal de confier un tel levé à un bureau de géomètre réside dans la garantie d'une restitution des données dans un seul et unique référentiel, soit celui du système de coordonnées nationales et du nivellement communal.

Les levés ayant été exécutés en juin, ce n'est que du fait d'une planification optimale avec la société d'exploitation du centre de congrès que les délais très serrés ont pu être tenus, en raison de la gêne considérable liée à l'installation de tous les équipements en vue du festival du Jazz.

MO: Commune de Montreux
Lieu: Quai de Verney
Contact: M. Fischer, CCHE
Période: 2017

Photo 1: Drone multi-copter de Corvus Monitoring

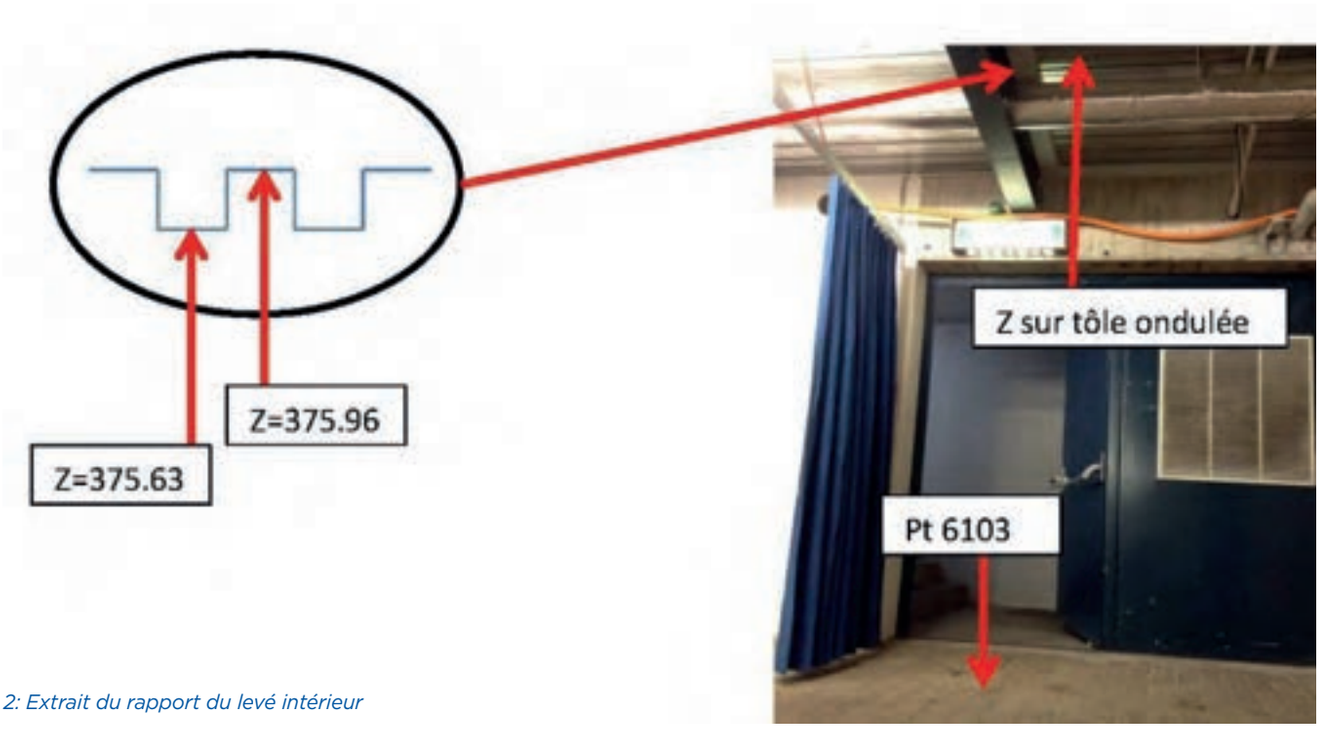


Photo 2: Extrait du rapport du levé intérieur

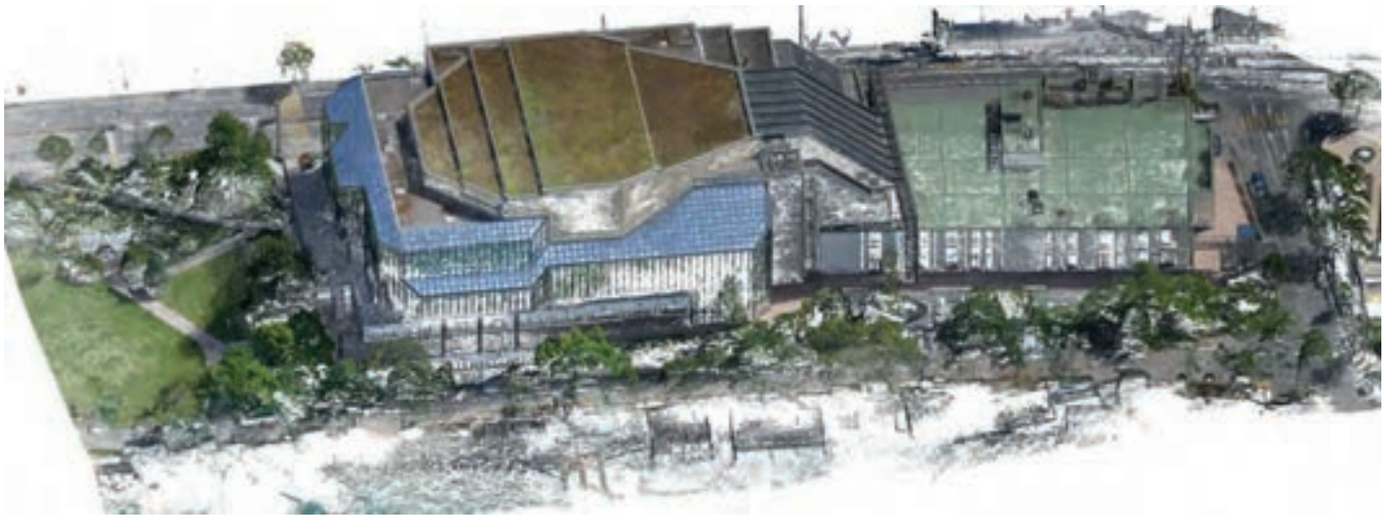


Photo 3: Nuage de points (43 Mio de points)

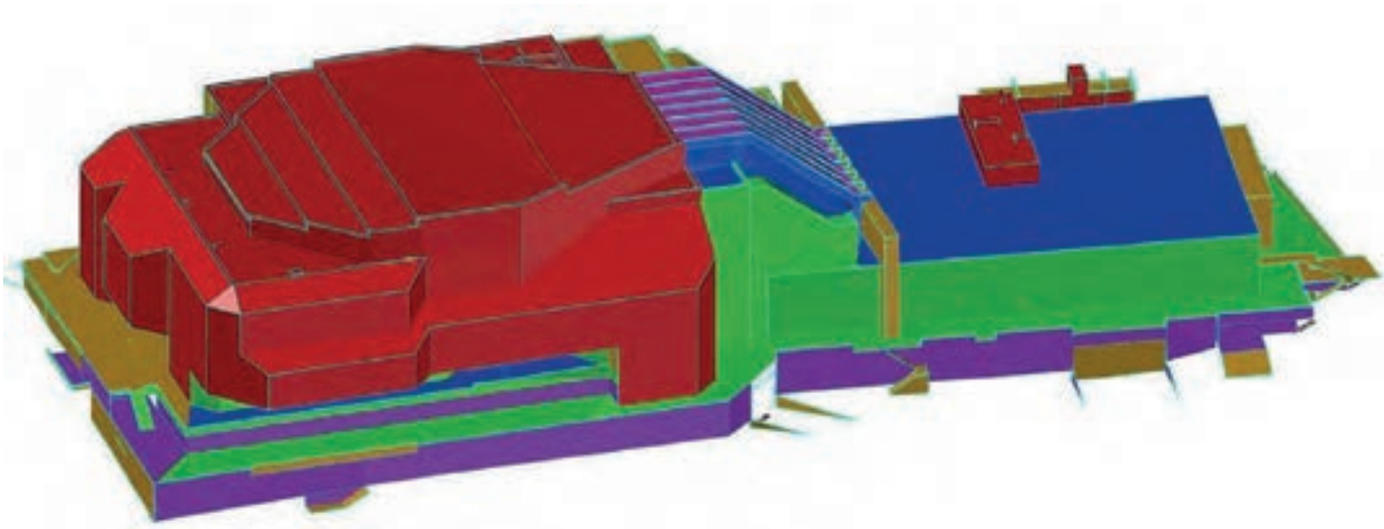


Photo 4: Facettes restituées

CARRIÈRE DE LESSUS

RÉAMÉNAGEMENT DU SITE

Le bureau GÉO SOLUTIONS ingénieurs SA suit depuis 1997 l'exploitation de la Carrière du Lessus à Saint-Triphon (commune d'Ollon). Cette exploitation vise, actuellement, au réaménagement du site, avec une décharge bioactive (scories d'usine d'incinération), une décharge contrôlée pour matériaux inertes ainsi qu'une décharge pour matériaux d'excavation. Dans le cadre de cette exploitation, il est nécessaire de respecter le plan partiel d'affectation qui a été mis en vigueur en 1993 (addenda en 1996).

Des contrôles réguliers ont été effectués lors de l'exploitation de cette décharge, de manière traditionnelle (tachéomètre) tout d'abord. Depuis 2014 nous effectuons les différents contrôles de cette carrière de manière photogrammétrique. Ces contrôles consistent à calculer les volumes restants à combler, les volumes comblés annuellement et à contrôler que les profils finaux mis à l'enquête sont bien respectés (voir figure 1).

Afin de pouvoir répondre à ces questions, il a tout d'abord fallu numériser en 3D le modèle numérique de terrain final mis à l'enquête, avec tous les problèmes inhérents à la reprise des données précédant l'utilisation des ordinateurs. Nous avons également dû modéliser les digues et autres éléments ayant pour but d'isoler les déchets des autres éléments naturels (ruissellement, ...).

Sur le terrain, nous relevons quelques points caractéristiques du terrain au GPS (points de contrôle et points de calage), puis faisons voler notre drone pour effectuer toute une série de photos de la zone (environ 215 pour chaque campagne de vol). Après assemblage de ces différentes photos, l'orthomosaïque peut être produite, ainsi que le modèle numérique de surface au jour J. Par différences entre les différents modèles de surface, nous déduisons les volumes demandés par l'exploitant de la décharge et la Direction générale de l'environnement (DGE-GEODE), afin de planifier la suite des opérations de réaménagement du site, résultats transmis ensuite également aux différents machinistes.

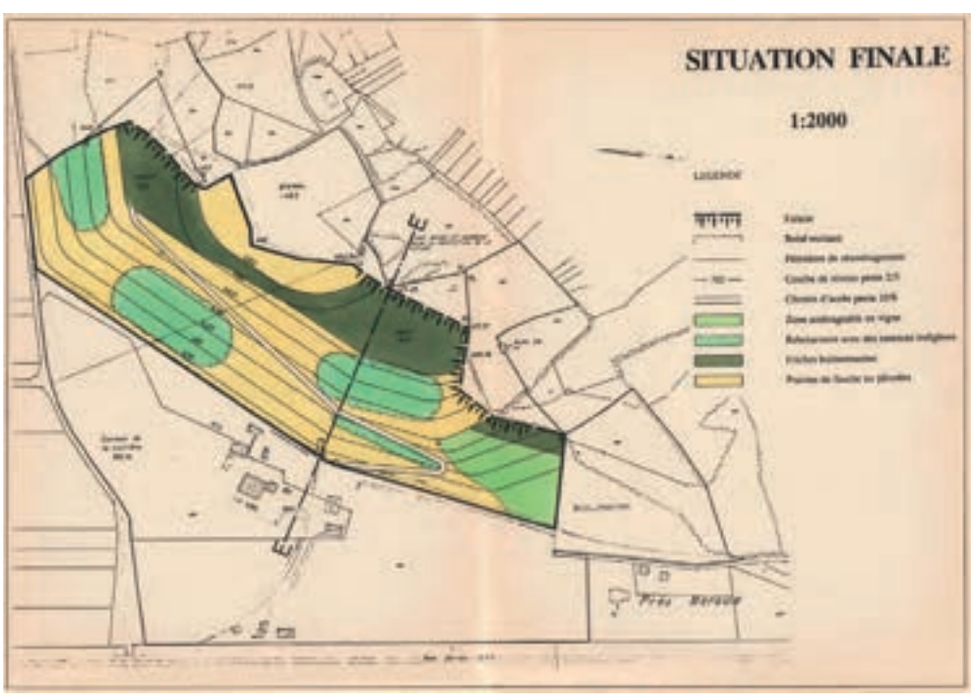


Figure 1 : situation finale de la Carrière du Lessus, extrait de l'annexe I du PPA du 17.12.1993, sans échelle

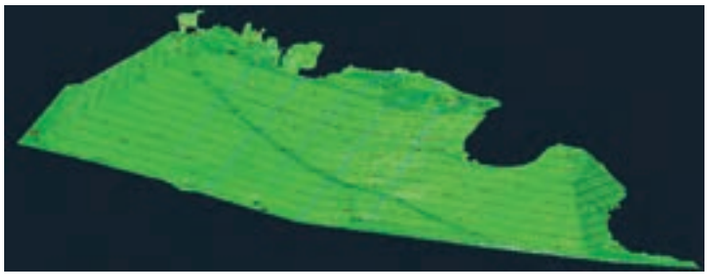


Figure 2 (en haut): MNT issu du vol de drone de novembre 2020, sans échelle

Figure 3 (à droite): Orthomosaïque issue du vol de drone de novembre 2020, sans échelle

MODÉLISATION AS-BUILT SCAN TO BIM D'UNE STEP

RETOUR D'EXPÉRIENCE

La société HKD Géomatique SA a été mandatée pour réaliser la modélisation d'une importante STEP sur le canton de Genève. Ce mandat fait également suite à une première expérience de modélisation réussie pour le même client, sur une STEP de plus faible dimension. La mission s'est déroulée en plusieurs phases, faisant l'objet de différents mandats. Nous avons modélisé la structure extérieure des bâtiments et les aménagements alentours, puis les intérieurs (structures et équipements CVCSE) et enfin les machines.

ACQUISITION

Avant toute chose une polygonale primaire a été matérialisée, mesurée et calculée avec le logiciel de compensation de Swisstopo, LTOP. Cette dernière a été densifiée au besoin à l'avancement des acquisitions 3D.

La totalité du site a été scannée avec notre scanner RTC360 de Leica, outil idéal pour ce mandat du fait de sa rapidité et de la qualité de ses données (images et nuages de points).

Plusieurs centaines de positions de scan ont été nécessaires pour couvrir tout le site et un vol drone a permis de compléter les toitures non accessibles. Au final, ce n'est pas loin de 1 Teraoctets de données pour ce mandat.

Notre savoir-faire de géomètre a été d'une importance capitale pour ce dossier. En effet, compte-tenu du nombre important de stations de scan, l'assemblage n'a pas pu être fait en un seul projet. Plusieurs calculs indépendants ont donc été réalisés en s'appuyant sur des cibles mesurées à partir de la polygonale.

Les nuages de points issus des différents calculs se superposent à la perfection grâce à la robustesse du réseau de points de référence.

MODÉLISATION

La modélisation, réalisée sous Revit, a été divisée en deux parties ; la structure et les techniques. Un modèle partagé a permis aux modeleurs HKD de travailler en simultané sur les deux sujets.

Seule la modélisation géométrique était concernée par notre mandat, notre client s'est occupé de compléter les informations des éléments modélisés.

La modélisation des tuyaux (plus de 30km) s'est effectuée avec un logiciel complémentaire à Revit permettant de la détection semi-automatique. Bien que le travail manuel reste important, cet outil était indispensable en termes de productivité mais également de compréhension du nuage de points, notamment dans les zones de nœuds.

Il est difficile d'illustrer l'envergure du travail accompli avec de simples images, une visite virtuelle a donc également été générée pour faciliter l'utilisation de la maquette par notre client et d'éventuelles personnes non habituées à de telles données (Figure 1).

Les machines ont été modélisées en collaboration avec notre client et selon les besoins (notamment le niveau de détail) identifiés par celui-ci. Certains éléments étaient disponibles dans la bibliothèque métier du client et ont été intégrés dans la maquette aux emplacements ad hoc, les autres ont été modélisés soit de façon basique sous forme d'un parallélépipède, soit avec un niveau de détail plus élevé (voir ci-contre).

RENDUS

Pour une meilleure interprétation et lisibilité de la maquette, des sources d'éclairage (aux mêmes emplacements que sur site), des matériaux, des couleurs par type d'éléments...ont été intégrés au moment de la modélisation.

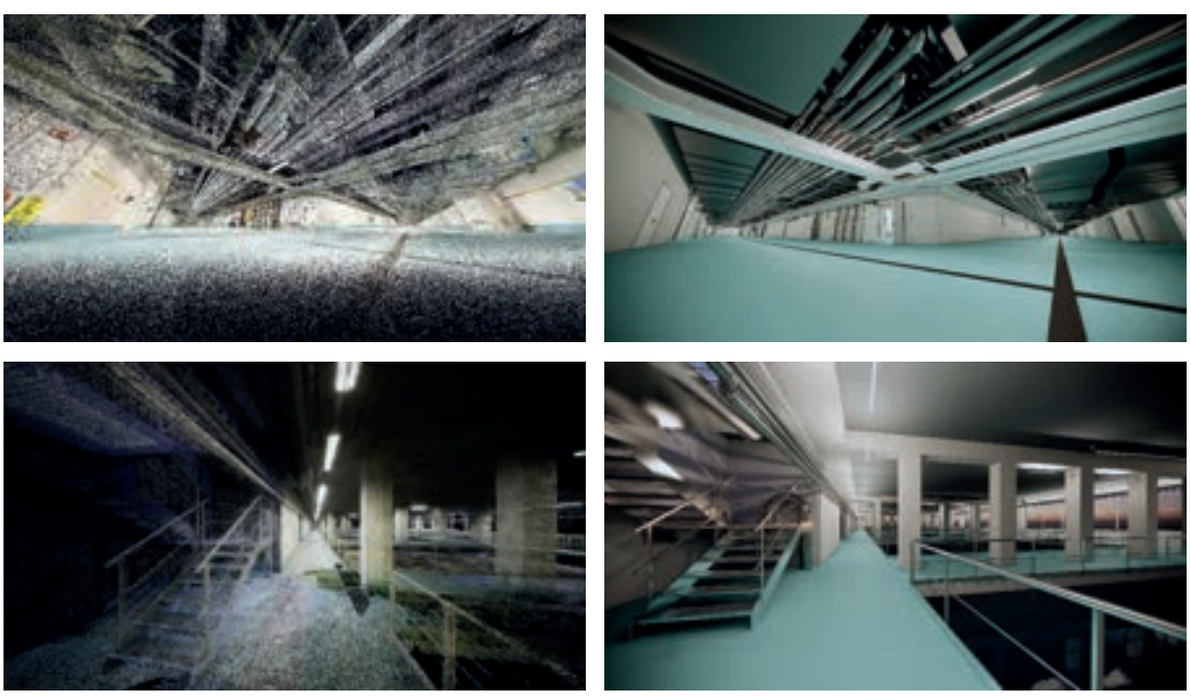
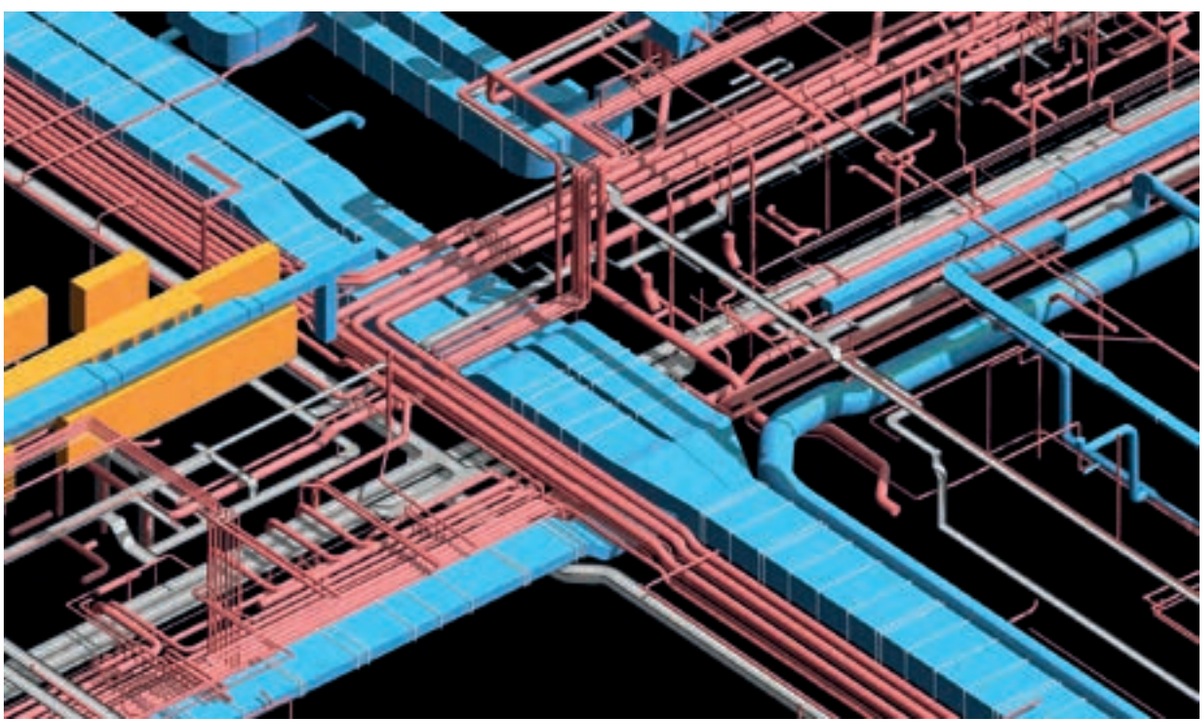


Figure 1 : quelques illustrations de nuages de points et modélisations



AU CROISEMENT DE LA GÉOMÉTRIE ET DESIGN

La nouvelle Jonction Autoroutière du Grand-Saconnex (JAG) est un nœud crucial du périmètre d'étude entre Nyon-Coppet-Vengeron-Meyrin et Vernier. Elle se situe au centre des échanges entre la ville de Genève, l'aéroport international, l'ONU, l'arc lémanique et les régions transfrontalières de la France voisine.

Construite dans les années 1960, son organisation n'est plus adaptée à la densification actuelle du trafic autoroutier. Actuellement, un important chantier de transformation et rénovation est en cours. Il est conduit par l'Office Fédéral des Routes (OFROU). Ce chantier permettra le raccordement de la route des Nations à l'autoroute A1. Il améliorera en outre la desserte locale, comme celles de l'aéroport, de Palexpo et de l'Arena, tout en soulageant les voiries cantonales et communales du trafic de transit en direction des Organisations Internationales. Ces travaux de la jonction prennent également en compte le développement des futures infrastructures de transports publics ainsi que le tram du Grand-Saconnex.

Le consortium GEVA3, constitué des bureaux de géomètres Haller-Wasser + partner SA et BR PLUS INGENIEURS SA, s'occupe de l'intégralité des prestations de géomètre et géomatique dans le périmètre d'étude. 1)

Un plan état des lieux complet et coordonné était nécessaire dans ce périmètre élargi situé entre l'échangeur du Vengeron jusqu'aux tunnels de Vernier pour permettre de conduire les travaux d'étude et par la suite d'exécution. Celui-ci devait respecter les principales contraintes suivantes :

- ne pas perturber le trafic automobile (y.c. les passages sous la halle de Palexpo) ;
- ne pas désorganiser les cycles de décollage/atterrissage des avions de l'aéroport de Genève
- limiter au maximum les fermetures d'autoroute de jour comme de nuit ;
- minimiser les temps d'intervention et donc les coûts d'acquisition;
- produire une couverture orthophoto de haute résolution et haute qualité de contraste ;
- fournir des documents techniques à une précision uniforme (± 2 cm en XYZ) selon un unique format technique DWG 3D.

En outre, nous avions à disposition un certain nombre de données existantes (MNT, plan état des lieux, orthophotos), parfois incomplètes et géoréférencées grossièrement que le Maître d'ouvrage souhaitait récupérer.

CHOIX DES TECHNOLOGIES

Pour répondre au cahier des charges, le consortium GEVA-3 a adopté 4 technologies complémentaires ;

1) Le lidar héliporté pour la production d'un premier nuage de points 3D et une couverture photographique de haute résolution. Compte-tenu de la précision à respecter pour l'orthophoto, des points de calage tous les 250 mètres ont été matérialisés et déterminés en XYZ, pour chaque sens de circulation ;

2) Le mobile mapping : le passage sous tunnel a imposé de compléter le relevé héliporté. Le point de vigilance de toutes productions lidar est l'imprécision liées aux dérives de la trajectoire, mais également les effets hors-tolérances (doubles lignes) pour des zones où le relevé est mixte. Pour contourner cette difficulté, nos ingénieurs ont imposé des zones de recouvrement importantes entre le lidar héliporté et le mobile mapping.

Trois types de contrôles ont alors été opérés permettant ainsi de s'affranchir de toute dérive et forcer le calage des nuages de points ;

En réalisant des coupes systématiques à pas réguliers (tous les 50 mètres), nous avons pu

effectuer :

- des comparaisons ponctuelles (MNT) avec les états des lieux réalisés de manière traditionnelle
- une comparaison nuage à nuage grâce à l'utilisation de logiciels métiers (3DR) ;
- une comparaison à des points état des lieux, non injectés dans les calculs lidar.

3) Un drone pour un état des lieux isolé de quelques milliers de m2, qui a permis dans un deuxième temps de réaliser une mise à jour de l'orthophoto générale ;

4) Le scanner fixe pour contrôler la bonne implantation du nouveau pont à structure métallique (saut de puce) le long du parking P41.

Données existantes récupérées : Un plan état de lieux avec MNT complet réalisé avant les travaux en 2012, un vol drone réalisé pour des calculs de cubatures en cours de chantier.

POINTS FIXES DE RÉFÉRENCE

Tous ces travaux reposent sur un réseau de points fixes conçu et réalisé pour ces travaux. D'une précision générale : σ3D de 5.2 mm sur l'ensemble du tracé, il constitue la colonne vertébrale sans laquelle nous n'aurions pas pu proposer une telle méthode.

Le réseau de points fixes, mesuré en centrage forcé avec double retournement et compensé en bloc, a intégré le calcul de tous les points de calage pour le passage lidar et mobile mapping.

ANALYSE DES DONNÉES

Les nuages de points bruts ont été contrôlés avant d'être traités. Des relevés ponctuels par zone (x,y,z) ont permis de contrôler le nuage de points, avec l'orthophoto et le modèle numérique de terrain de 2012 (données existantes récupérées sous la forme de polylignes 3D et lignes de rupture).

L'analyse qualitative des données a démontré une dispersion plus importante du nuage de points issu du mobile mapping que le nuage de points issu du lidar héliporté. En effet, la plateforme d'acquisition du lidar héliporté est beaucoup plus stable et le signal moins bruité, la qualité des récepteurs de la centrale d'acquisition sont également de meilleure qualité. Nous avons privilégié l'utilisation directe de ses données brutes.

Après un contrôle réalisé « in situ », le nuage de points (mobile mapping) a été intégré et contraint dans le lidar héliporté, ce qui a permis d'obtenir un nuage bien plus homogène.

PRODUCTION ET CONTRÔLES DES LIVRABLES

La production des documents et plans finaux (orthophoto + polylignes 3D et MNT) est ensuite directement déduite et extraite du nuage de points nettoyé.

Figure 1 : Prise de vue avec intégration des nuages de points : lidar héliporté (bleu-violet) et mobile mapping (rouge-jaune)
L'intégration des deux nuages permet de reconstruire l'extrados et l'intrados de tous les ouvrages/bâtiments.

Avant chaque livraison, le contrôle des livrables est un processus capital. Le Consortium a utilisé une méthode qui consiste principalement à produire à partir des livrables un modèle numérique de terrain pour le comparer aux nuages de points lidar. Ce processus fait ressortir toute discordance de modélisation entre l'état des lieux et son « image virtuelle en 3D ». Ces contrôles automatiques permettent de traiter l'ensemble du périmètre (env. 12 ha) en un temps relativement court.

Le Consortium GEVA-3 a également utilisé l'orthophoto pour vérifier l'exhaustivité d'éléments isolés (murs, pylônes, glissières, signalisation au sol). De plus, un contrôle visuel final complet a été réalisé pour l'ensemble du périmètre. Ces contrôles ponctuels et manuels ont été réalisés par pointage sur des por-tions spécifiques du périmètre d'étude

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les technologies photogrammétriques et le lidar livrent une quantité d'informations qu'il est possible d'exploiter de manière encore plus globale pour une vision à large échelle, utiles dans la communication de nos prestations.

Pour ce faire, le Consortium GEVA-3 a développé des outils annexes qui nous ont permis de calculer l'emprise au sol d'une image aérienne, le centre de prise de vue et l'angle de prise de vue.

Et en cascade de faire le tri dans le flot d'images aériennes à disposition à fort recouvrement (entre 80 et 90%), pour dans un premier temps, définir les images les plus représentatives pour un lieu donné et dans un deuxième temps sélectionner les images obliques permettant un texturage des données du bâti 3D (données 3D de l'ensemble des bâtiments du canton de Genève, disponibles en opendata sur SITG©, dans différents formats)

Les textures ainsi sélectionnées ont donc été plaquées par processus photogrammétrique sur les faces du bâti 3D.

Les métiers du « design » et du « géomètre » ont aujourd'hui de nombreux outils communs. Le premier produit un support géométriquement propre à un format 3D que le second met en scène. Il devient plus aisé de collaborer car nos savoir-faire sont complémentaires et utiles.

Ces outils communs permettront d'améliorer la visibilité du métier de géomètre, peu connu par le grand public tout en garantissant une qualité et une exhaustivité des données que le géomètre peut se prévaloir de maîtriser.

COMPARAISON D' OUTILS DE LEVÉS

Comparaison d'outils de levés en vue de la constitution d'une base de données d'apprentissage pour le relevé automatique de réseaux souterrains

Antoine Carreaud
Franck Schmidt
Adrien Gressin

Les Services Industriels de Genève (SIG) se sont rapprochés de la HEIG-VD afin d'étudier l'avenir des méthodes de relevés pour la mise à jour du cadastre souterrain du canton de Genève. Cela concerne les possibilités d'automatisation ainsi que leurs impacts sur le métier de géomètre. Ce rapprochement a donné naissance à un projet plus large : le projet « Relevé automatique des réseaux» (RAR) financé par l'Infrastructure Nationale de Données Géographiques (INDG) en partenariat avec la ville de Lausanne et l'EPFL. Il cherche en particulier à savoir s'il est possible de reconnaître automatiquement les objets composants le cadastre souterrain (réseaux d'eau, de gaz, etc.) lors des chantiers de fouilles, grâce à des techniques d'apprentissage automatique (apprentissage profond ou intelligence artificielle).

UN PROJET INNOVANT

En amont de ce projet, la HEIG-VD a réalisé une étude préliminaire pour les SIG. Cette étude vise à comparer les méthodes d'acquisition existantes et novatrices afin d'aider au choix d'une solution adéquate pour le relevé de réseaux souterrains. Cette étude, bien qu'orientée vers le levé de fouilles souterraines, donne un bon aperçu des possibilités et des gammes de précision des méthodes d'acquisition à disposition du géomètre dans son travail quotidien.

Aujourd'hui, les SIG disposent d'une méthode efficace pour la mise à jour du cadastre souterrain avec deux opérateurs : le premier détermine la position des objets avec une canne GNSS pendant que le deuxième, à l'aide d'une tablette, renseigne la base de données avec les types d'objets, le diamètre et les caractéristiques nécessaires à la mise à jour. Lorsque le milieu urbain ne permet pas une utilisation du GNSS, le géomètre doit effectuer le relevé à l'aide d'une station totale robotisée. Ces protocoles d'acquisition garantissent une précision absolue de relevé dans les 5 à 10 cm.

Nous garderons ce critère de précision comme valeur seuil à respecter avec les nouvelles méthodes de levés que nous allons présenter dans un premier temps. Puis dans un second temps, nous étudierons également la capacité de ces méthodes à mesurer la forme générale de ces objets, afin de permettre leur reconnaissance par un algorithme. Nous terminerons avec la présentation du choix final de la méthode, une conclusion de cette première partie du projet ainsi qu'une ouverture sur la suite du projet.

EN ROUTE VERS LE TERRAIN

Tout géomètre connaît la réalité du terrain : loin des laboratoires blancs, immaculés et face aux aléas de l'extérieur, un appareil de mesure pourra avoir un comportement bien différent. Trois assistants de la HEIG-VD sont donc partis sur le terrain à la découverte des entrailles de la cité de Calvin afin de mettre à l'épreuve les différents systèmes d'acquisition. Une vingtaine de fouilles ont été acquises, en deux campagnes de terrain, réalisées en janvier et novembre 2020. Ces relevés se sont concentrés sur le réseau d'eau potable. Nous présenterons ici une étude détaillée sur deux de ces fouilles (Rambossons et Mont-Blanc) qui sont illustrées sur la Figure 1.

Figure 1 : Aperçu des deux fouilles tests sur le réseau d'eau potable : Mont-Blanc à gauche et Rambossons à droite.

Sans pouvoir être exhaustif au vu du nombre de fabricants, de familles de systèmes d'acquisition, ainsi que de solutions de traitements existantes, nous nous sommes efforcés de choisir un panel représentatif de l'état du marché en 2020. Nous avons pris tout particulièrement soin d'intégrer les systèmes les plus novateurs. Les systèmes retenus peuvent se classer en deux familles :

- Les méthodes lasergrammétriques (basées sur des données LiDAR),
- Les méthodes photogrammétriques (basées sur des données images).

Tous les systèmes utilisés sont visibles sur la Figure 2 et seront énumérés dans les sections «Des points 3D» et «Et des pixels».

Figure 2 : Aperçu des appareils de levé testés.

DES POINTS 3D

Plusieurs méthodes lasergrammétriques qui permettent d'acquérir des points 3D ont été testées sur le terrain :

- Le RTC360 de Leica Geosystems qui est un scanner laser 3D statique reconnu pour ses caractéristiques techniques : une précision élevée de 2 mm à 10 m, un faible bruit < 1 mm et une densité de points du nuage élevée (1 point tous les 3 mm à 10 m). Ses données seront considérées dans notre étude comme référence. Il a été utilisé sur tous les chantiers visités afin de qualifier la précision des autres méthodes. L'essentiel du traitement se résume à assembler les scans des différentes stations entre eux et de contrôler cet assemblage. Pour se faire, des cibles visibles sur les différents scans ont été utilisées, ce qui permet aussi d'avoir un géoréférencement dans le système de coordonnées global (en renseignant les coordonnées des cibles).
- Le ZebRevo de GeoSLAM et le BLK2GO de Leica Geosystems qui sont deux scanners mobiles à main. Les deux systèmes fonctionnent en fusionnant les données d'une centrale inertielle avec les données LiDAR afin de générer des données 3D géoréférencées de manière relative. Le BLK2GO, de conception plus récente, possède un capteur LiDAR moins bruité et un algorithme de SLAM plus récent que le ZebRevo, ce qui lui permet d'avoir un nuage de points reconstruit plus précis. Le principal avantage de ces systèmes est de pouvoir bouger librement avec le scanner dans la main ce qui facilite l'acquisition d'environnements complexes. En contrepartie la précision relative est plus faible qu'avec des systèmes statiques de la même gamme. Pour avoir un géoréférencement absolu du nuage de points, il est possible d'utiliser des cibles connues en coordonnées, ce qui a été fait ici.
- Le LiDAR de l'IPad Pro 12 qui n'est pas un système conventionnel dans le monde de la géomatique mais qui donne tout de même des résultats surprenants. L'avantage de ce système est le même que pour les systèmes de cartographie mobiles, à savoir la liberté de se déplacer pendant l'acquisition. Cependant les inconvénients sont une précision relative et une vitesse d'acquisition faible. Les traitements pour l'application testée sont entièrement automatiques et ne permettent pas de modification par l'utilisateur, que le levé ait bien fonctionné ou pas. Pour le géoréférencement des données, les cibles mises en place sur le terrain n'étaient pas correctement visibles sur le maillage, nous avons donc fait une ICP (Iterative closest Point) à l'aide de Cloud Compare entre le maillage et le nuage de référence (RTC360).

ET DES PIXELS

Plusieurs systèmes photogrammétriques permettant d'acquérir des images aux caractéristiques variées ont été testés sur le terrain :

- Trois appareils photos ont été testés : l'IPhone 11, la GoPro MAX et un appareil photo reflex. Chacun possède des propriétés intéressantes différentes : un GNSS/IMU pour l'IPhone 11, une vision à 360° pour la GoPro MAX et un capteur de taille importante ainsi qu'une optique de haute qualité pour le reflex. L'inconvénient de ces méthodes est de ne pouvoir apprécier la qualité du résultat final qu'après les traitements. Il faut donc s'assurer de posséder un recouvrement important entre les photos avant de terminer l'acquisition. Le géoréférencement résulte d'une aérotriangulation où l'on a utilisé les cibles (appelées GCP) connues en coordonnées. Le résultat final (le nuage de points) est obtenu après avoir effectué une corrélation dense. Nous avons choisi d'utiliser le logiciel Agisoft Metashape parmi d'autres solutions dont PIX4D car d'après l'article des auteurs Gressin et al. [1], les deux solutions fournissent des résultats analogues.
- La nouvelle canne GNSS GS18i de Leica Geosystems munie d'un appareil photo permet de faire de petits projets photogrammétriques (limités à une soixantaine d'images). La centrale inertielle utilisée pour la fonction canne inclinée permet également d'avoir une orientation approchée de la caméra. Cependant, dû à l'orientation de la caméra à l'horizontale, il est difficile de garder un positionnement précis (GNSS - RTK) en inclinant la canne pour acquérir les photos d'un fond de fouille. L'avantage important par rapport à toutes les autres méthodes testées réside dans le géoréférencement direct. Chaque photo est positionnée en mode GNSS - RTK (précision absolue suffisante pour la mise à jour du cadastre souterrain). Le nuage de points géoréférencé est obtenu après aérotriangulation et corrélation dense en utilisant le module imagerie du logiciel Leica Infinity.
- Les Hololens 2 de Microsoft qui sont habituellement plus destinées à la visualisation qu'à l'acquisition propre. Elles possèdent plusieurs petites caméras qui créent un maillage de l'environnement. Cette méthode donne des résultats assez grossiers mais le principe reste intéressant car, contrairement aux autres méthodes photogrammétriques, celle-ci permet de visualiser directement sur le terrain ce qui a été acquis ou non. Les traitements et le géoréférencement ont été fait par V-labs avec leur solution [2] utilisant les Hololens 2.

([1]) A. Gressin, J. Vallet et M. Bron, "About Photogrammetric UAV-Mapping: which accuracy for which application?," 2020.

([2]) https://v-labs.ch/

Aujourd'hui en amont des traitements photogrammétriques, il existe des applications sur smartphone qui aident à l'acquisition comme PIX4Dcatch et KickTheMap. Ces applications utilisent les capteurs internes du smartphone afin de prendre des images aux meilleurs endroits et de manière intelligente. Ces images sont ensuite envoyées sur un cloud où elles seront traitées de manière automatique avant de créer le nuage de points.

PASSAGE AU BANC D'ESSAI

Nous avons effectué des comparaisons sur le critère qualitatif (analyse visuelle) ainsi que sur le critère quantitatif (précisions calculées par comparaison avec une référence).

L'analyse qualitative est accompagnée d'un critère de complétude appelé C2, il représente le taux (en %) de points du nuage de référence présent à moins de 2 cm du nuage de points testé. Plus ce taux est haut, plus nous serons capables de détecter tous les objets car plus le nuage de points sera complet. Afin d'obtenir des précisions sur les nuages de points obtenus, nous avons utilisé le plugin « M3C2 » [3] de CloudCompare qui permet de calculer des distances signées nuage à nuage, en définissant une référence (le nuage du RTC360). L'outil « Mesh to Cloud distances » de CloudCompare a été employé de la même manière, il permet de calculer des distances entre un maillage et un nuage de points.

Ces comparaisons sont présentées dans les paragraphes suivants. Le seul système qui ne sera pas présenté dans ces analyses est le ZebRevo de GeoSLAM. Nous l'avons écarté des candidats potentiels avant même de faire ces analyses car il génère des données avec un niveau de bruit ne permettant pas de distinguer les objets des réseaux souterrains.

On remarque sur la Figure 3 que les résultats de l'Ipad Pro et des Hololens ne sont pas suffisants en termes de complétude (respectivement 32% et moins de 10%) afin de détecter correctement les éléments. Le GS18i, le BLK2GO et la GoPro MAX possèdent un score plus haut mais insuffisant (resp. 53%, 52% et 45%) à cause d'une densité faible pour le GS18i et de la non-détection des tuyaux sombres et brillants pour le BLK2GO (dû à la longueur d'onde utilisée par le scanner laser). Les meilleurs résultats restent pour les systèmes appareil photo reflex et IPhone (resp. 85% et 69%).

(3) https://www.cloudcompare.org/doc/wiki/index.php?title=M3C2_(plugin)

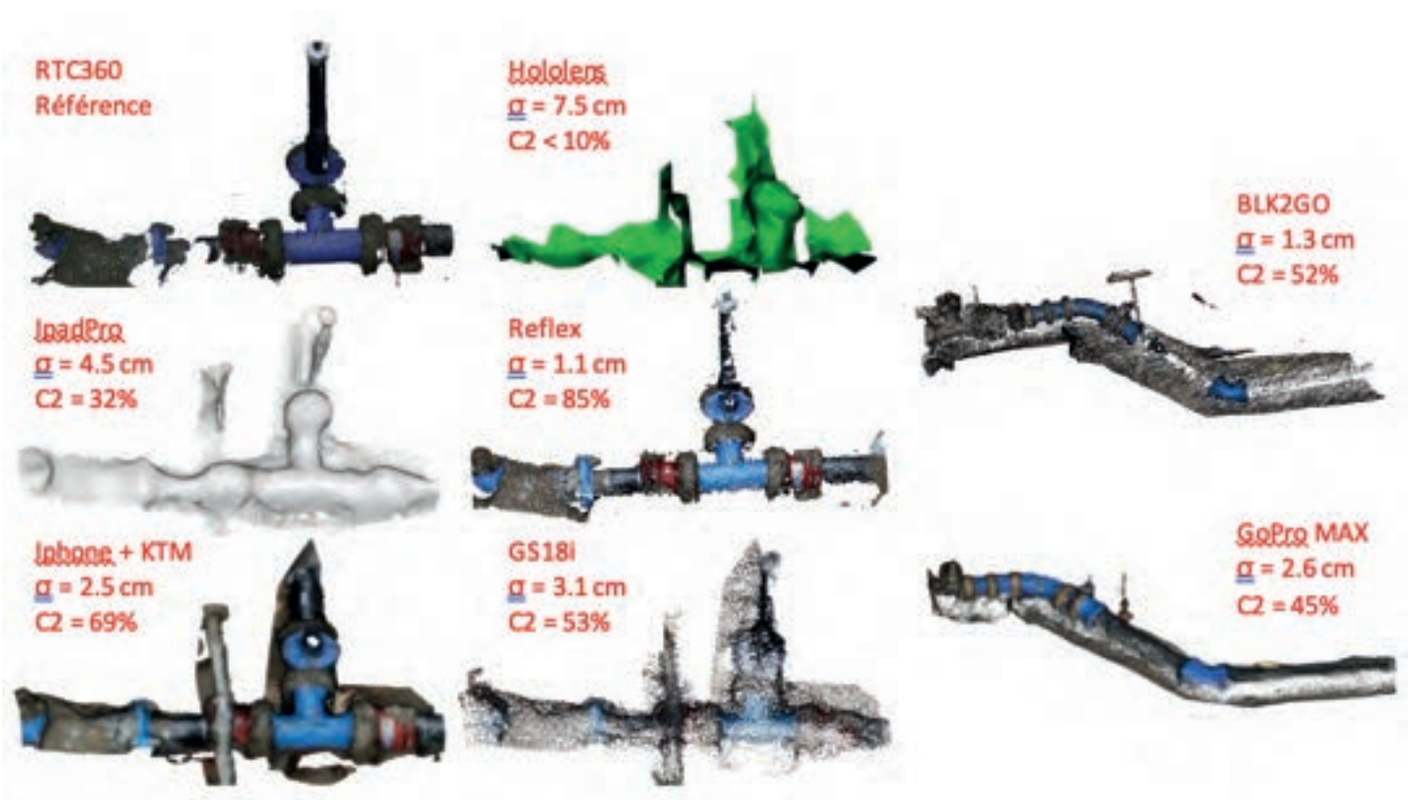


Figure 3 : Comparaison visuelle des différentes méthodes d'acquisition sur les fouilles Rambossons à gauche (RTC360, Hololens, IpadPro, Reflex, Iphone et GS18i) et Mont-Blanc à droite (BLK2Go et GoPro Max).

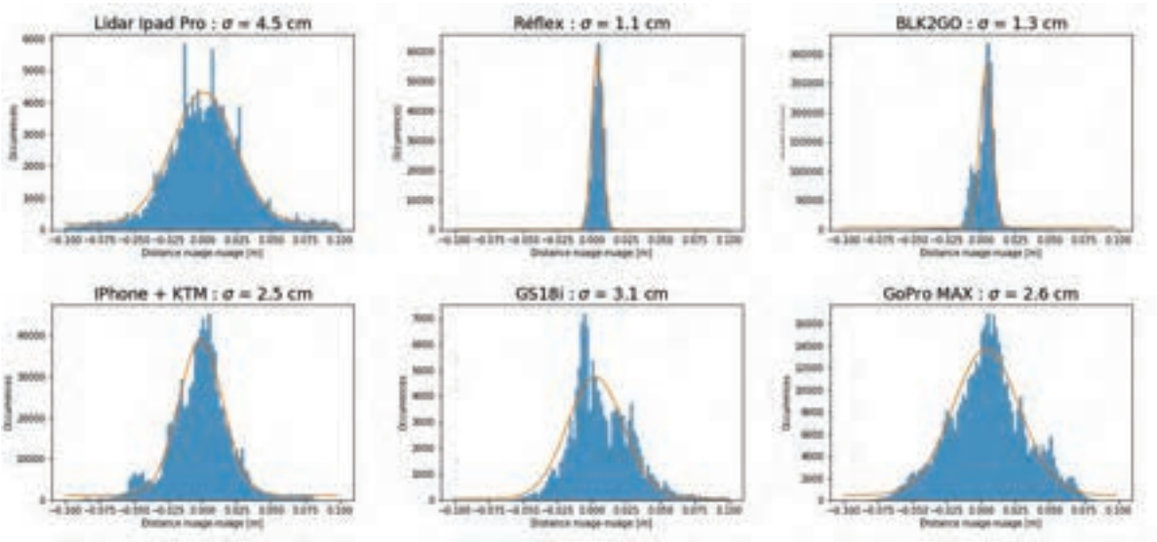


Figure 4 : Analyse de précision : histogrammes des distances au nuage de référence (RTC360) pour chacun des appareils testés (Reflex, IPhone, IpadPro, GS18i, GoPro Max et BLK2GO).

Sur la Figure 4 on remarque que les meilleures précisions sont obtenues avec le BLK2GO et l'appareil photo reflex (resp. 1.3 et 1.1 cm). Ensuite nous avons l'Iphone, la GoPro MAX puis le GS18i (resp. 2.5, 2.6 et 3.1 cm). Puis enfin les systèmes moins conventionnels, l'Ipad Pro et les Hololens 2 qui ont des précisions de 4.5 et 7.5 cm. Ces résultats sont à regarder avec l'analyse visuelle faite ci-dessus car dans le contexte de ce projet une bonne précision ne suffit pas, il faut également une bonne complétude.

Avec les analyses présentées précédemment, les différents systèmes ont été écartés du choix pour différentes raisons :

- Le GeoSLAM ZebRevo était peu précis en relatif, la reconstruction de la scène n'était pas toujours correcte (>10 cm) ;
- Le BLK2GO n'acquiert pas correctement les tuyaux neufs qui sont brillants (dû à la longueur d'onde utilisée) mais il était toujours correct en précision relative ;
- L'Ipad Pro avec son LiDAR, même si ses résultats sont prometteurs, ne permet pas une localisation facile ni une précision adéquate ;
- Les Hololens 2 ne permettaient pas de créer un maillage suffisamment détaillé de la scène ;
- Les méthodes photogrammétriques avec l'utilisation de la GoPro Max ou de l'IPhone nécessitent de placer des GCP autour de la fouille (au moins 3) afin de géo-référencer la scène à la précision attendue, ce qui est très chronophage ;
- Le GS18i de Leica a été écarté à cause de l'orientation de la caméra qui ne permet pas d'acquérir des éléments au fond d'une fouille tout en gardant l'antenne GNSS assez verticale pour avoir des positions RTK.

S'IL FALLAIT N'EN GARDER QU'UN ?

Finalement, nous avons trouvé un compromis grâce à un système permettant d'allier la qualité des photos d'un réflex avec la précision de localisation d'un GNSS – RTK : il s'agit du module 3DImageVector de Redcatch [4] (visible sur la Figure ci-dessous). Cette solution répond aux besoins en termes de précisons, mais également aux autres critères fixés dans cette étude mais non développés ici : temps et facilité d'acquisition, volume de données à stocker, coûts, etc.

En effet nous avons réalisé une calibration du système sur un polygone d'étalonnage à l'HEIG-VD. Puis nous avons utilisé cette calibration sur une acquisition de contrôle sur laquelle nous avons constaté des résidus inférieurs à 4 cm sur des points de contrôles mesurés de manière indépendantes au tachéomètre. Ainsi, ce module 3DImageVector permet de coupler la qualité de géoréférencement d'un système GNSS – RTK, avec la qualité d'image d'un appareil photo reflex.

(4) https://www.redcatch.at/3dimagevector/

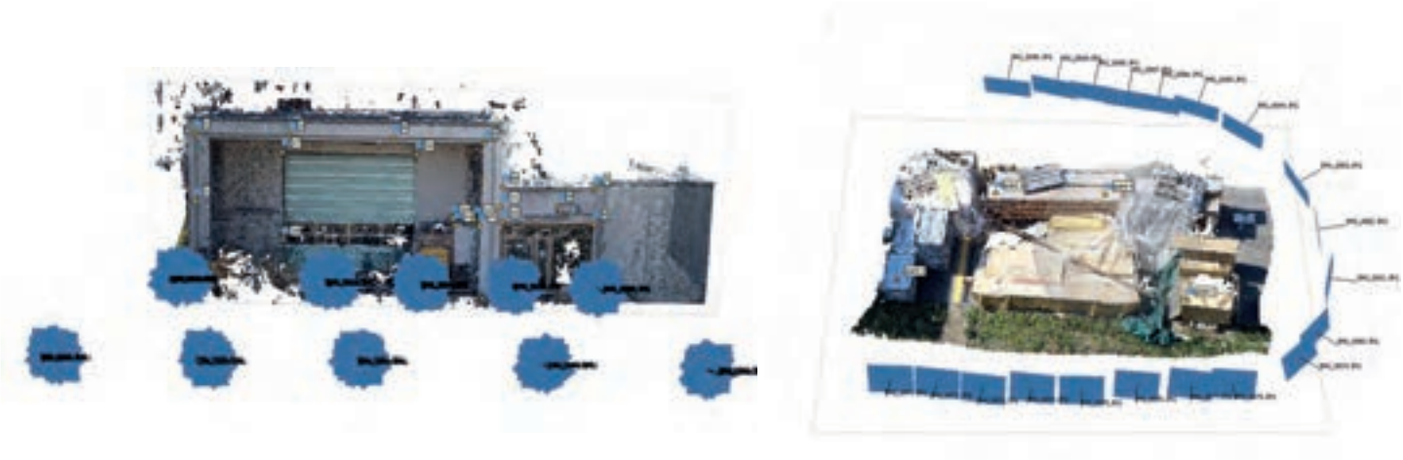


Figure 5 :Qualification de la précision du module 3DImageVector de RedCatch (à gauche : site de calibration, à droite : une fouille de contrôle).

EN CONCLUSION

Cette étude nous a permis d'étudier de nouveaux systèmes venant du monde de la géomatique ainsi que d'autres moins conventionnels comme les Hololens 2 et le LiDAR de l'Ipad Pro. Nous avons eu une bonne surprise avec ce dernier bien qu'il ne rivalise pas encore avec des systèmes conventionnels. La cartographie mobile portable (scanner laser à main) a de beaux jours devant elle si les algorithmes évoluent aussi vite. Les méthodes photogrammétriques ont prouvé leur force lors de cette étude puisqu'elles montrent des précisions et des complétudes supérieures à toutes les autres bien que leur inconvénient majeur soit le manque de visualisation des données lors de l'acquisition (impossibilité de valider une acquisition avant de faire les traitements au bureau).

Suite à cette étude préliminaire, le choix s'est porté sur une méthode photogrammétrique facilitant également l'utilisation de méthodes d'extraction automatique d'objets qui est l'objectif du projet RAR (Relevé Automatique de Réseaux).

En effet, le second objectif des acquisitions faites sur les 19 fouilles était d'acquérir de la donnée d'entraînement qui nous a permis d'obtenir des premiers résultats encourageants grâce à la librairie Detectron2 [5], (visibles sur la Figure 5). Pour la suite du projet, une campagne d'acquisition massive va être lancée en collaboration avec les Services Industriels de Genève et la ville de Lausanne. Cela permettra de constituer une base de données d'apprentissage de plus grande envergure permettant d'améliorer les résultats de l'intelligence artificielle.

Figure 6 : Premiers résultats de reconnaissance automatique

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les Services Industriels de Genève qui nous ont permis de réaliser cette étude, en particulier Fabio Mariani qui est la personne moteur de ce projet. Un grand merci également à vLabs, Leica Geosystem, et KickTheMap pour la mise à disposition d'une partie du matériel et/ou des logiciels utilisés dans cette étude. Et finalement merci à Maximin Bron et Benjamin Mignot, assistants à la HEIG-VD pour la réalisation des relevés sur le terrain.

HEIG-VD, antoine.carreaud@heig-vd.ch

(5) https://www.redcatch.at/3dimagevector/

DES NOUVELLES DU NOUVEAU MASTER HES-SO - UNIGE

Dans la gazette N° 25 de l'IGSO le prof. Jens Ingensand, professeur responsable de l'orientation géomatique du Master en Développement Territorial (MDT), offert conjointement, depuis 2019, par l'UNIGE et la HES-SO nous présentait cette orientation. Celle-ci prenait la suite du MIT (Master en Ingénierie du Territoire de la HES-SO) afin de continuer proposer une voie directe pour l'accès au Brevet fédéral de géomètre.

Michel Kasser

Le 1er février 2021, une séance d'information était organisée afin de faire le point sur le fonctionnement de cette formation. Séance en visio-conférence, faute de la Covid, et dont l'organisation bien pensée a même permis de discuter directement avec deux étudiants hors de la présence des organisateurs. Nous avons ainsi pu nous faire aussi une idée de leur ressenti sur leur formation.

Voici quelques éléments que nous pouvons en retenir :

- Les effectifs en cours de formation (15 pour les deux premières volées) semblent satisfaisants vis-à-vis des minima requis, car il ne s'agit que d'une des 6 orientations du MDT, et apparemment c'est seulement l'effectif global du Master (70) qui est appelé à servir d'indicateur.
- Sur les 4 semestres de cours pour les étudiants à temps partiel (auxquels s'ajoute le travail de fin d'études), environ 15% ont lieu à Genève, le reste se répartit entre Lausanne et Yverdon, ce qui ne crée pas de difficultés majeures de déplacements.
- Pour ces étudiants, seul le premier semestre a exigé plus de 2 journées de cours par semaine. Pour les autres, c'est 2 jours voire 1. Ceci rend l'emploi du temps assez acceptable, tant pour les étudiants que pour leurs employeurs.
- Le ressenti des étudiants est fortement marqué par l'organisation actuelle, qui est totalement exceptionnelle à cause de la Covid. Modulo cette situation assez néfaste, il semble satisfaisant.
- Pour ces premières volées, seuls 2 étudiants ne sont pas issus d'un Bachelor en géomatique ou équivalent. L'idée de former à la géomatique approfondie des étudiants issus d'autres domaines n'est donc pas encore vraiment mise en œuvre.

Au final, cette séance a été très intéressante et instructive, nous remercions ses organisateurs, et nous en retenons que ce Master remplit bien nos attentes jusqu'à présent.

INGÉNIEURS GÉOMÈTRES BREVETÉS EN 2020

8 nouveaux ingénieurs peuvent désormais proter le titre d'ingénieurs géomètres brevetés. Ils ont reçu leur brevet le 11 septembre 2020 à Berne, après avoir passé leurs examens avec succès. Ils sont donc dès à présent - à condition qu'ils s'inscrivent au registre des géomètres - habilités à réaliser des mensuration officielles dans toute la Suisse.

Baumann Martin, Gstaad

Filli Romedi, Zürich

Gaillet Mayeul, Carouge

Gerber Johannes, Meiringen

Januth Timon, Fribourg

Rohr Nico, Bern

Salzgeber Roman, Winterthur

Saner Marco, Basel

TÊTE DE GAZETTE

YVES DEILLON

Maître d'enseignement du domaine de la Mensuration Officielle, HEIG-VD

En quoi votre formation d'Ingénieur du génie rural et géomètre EPFL et votre Brevet vous ont-ils été utiles dans votre carrière ?

Cette formation constituait un terreau fertile avec un large spectre de compétences diverses. Mon rôle à la Ville de Lausanne m'a permis d'exploiter complétement cette formation généraliste reçue à l'Ecole polytechnique.

Alors, le géomètre, noyau central des collaborations ?

Effectivement, grâce à sa maîtrise de la gestion foncière. Le positionnement dans la parcelle et les diverses règles du droit civil et public (dont bien sûr la propriété) qui lui sont rattachées doivent être maîtrisés pour concevoir et gérer des projets. La capacité du géomètre à opérer cette synthèse tout en comprenant les impératifs de l'architecture et de la construction en font un acteur incontournable pour l'aboutissement des projets

Un autre souvenir marquant de votre carrière ?

Mon passage à Swisstopo a été l'occasion d'une collaboration d'une qualité exceptionnelle avec la direction de l'époque, Christian Just, Fridolin Wicky et naturellement, le chef, Jean- Philippe Amstein. J'ai rarement vécu une complicité pareille avec 3 collègues quasiment réunis dans quelques mètres carrés.

Quel avenir pour la mensuration oficielle?

La Mensuration Officielle et le registre foncier, par leurs qualités reconnues (précision, sécurité juridique, actualité, etc.) forment un noyau dur indispensable pour une gestion efficace du sol.

Dix sept ans à la Ville de Lausanne, pas de regrets de quitter ce poste passionnant ?

D'un côté, j'ai fait le choix, avec ma famille, de renoncer à la tâche harrassante à la Ville, et ainsi préserver ma santé, et, d'un autre côté, j'ai voulu faire profiter notre profession de la large expérience que j'ai pu acquérir dans ma carrière. De plus, cela permet à des ingénieurs-géomètres confirmés de prendre des responsabilités et d'assurer ainsi une transition efficiente.

FICHE TECHNIQUE

Son âge?
61 ans

Son parcours?
Ingénieur du Génie rural et géomètre de l'EPFL 1985, Ingénieur géomètre breveté 1989, Assistant IGM / EPFL 1985-86 puis stagiaire (Jaquier - Pointet 1986-87), Chef de projet SGRF Vaud 1988-91 Géomètre cantonal adjoint Neuchâtel 1991-99, Chef de processus D+M swisstopo 1999-2003, Géomètre Officiel et secrétaire général du département logement, environnement et architecture, Ville de Lausanne 2003-20

Et aujourd'hui?
Maître d'enseignement MO HEIG-VD dès 2020

et ... membre IGSO depuis 1984 !

Maître d'enseignement en HES, un nouvau défi professionnel ?

Mettre à jour et compléter en 2020 le travail de synthèse que Jean-Robert Schneider avait mené dans les années 2000 est une tâche utile et intéressante. Je compte d'ailleurs continuer à m'appuyer sur l'expertise de collègues externes à

l'école.

Quels objectifs de formation pour les géomaticiens de l'avenir ?

On peut dire, sans trop se tromper, que la page de l'EPFL se tourne petit à petit. Le défi pour les HES est grand. Le bassin de recrutement de la filière actuelle est très hétérogène. La formation professionnelle apporte le principal des candidats et candidates dont beaucoup accèderont au niveau du Bachelor, mais seulement une partie au niveau du Master nécessaire pour solliciter le Brevet d'ingénieur géomètre.

Assez de candidats ?

D'autre filières, comme les diplômés de domaines avec des difficultés à trouver des emplois, permettent alors d'avoir des candidats déjà en possession d'un Master, mais dont la base professionnelle est à compléter. Enfin, les candidats étrangers (principalement des grandes écoles françaises) sont importants mais ils doivent assimiler le droit et les pratiques techniques suisses.

Quel niveau doit-il être requis ?

La culture générale indispensable dans les rapports avec des notaires, avocats et autres architectes, nécessite des compétences larges et maitrisées.

Nous avons donc besoin clairement d'une formation certifiée de haut niveau équivalente à celle des collègues qui arrivent actuellement à l'âge de la retraite.

Quelle solution pour cet objectif élevé ?

La collaboration avec l'UNI Genève est à ce propos enrichissante. Certes, elle provoque le choc de deux cultures, celle d'une école d'ingénieur et celle d'une académie. Mais elle constitue un apport non négligeable.

Merci pour ces quelques considérations et bon succès dans cette entreprise fondamentale pour l'avenir de notre profession.

Propos recueillis par
Raymond Durussel

L'ACTUALITÉ D'IGSO
SUIVEZ IGSO
SUR LES RÉSEAUX
SOCIAUX
SCANNEZ LE QR CODE

heig-vd

IGSO INGÉNIEURS GÉOMÈTRES DE SUISSE OCCIDENTALE

geosuisse

GEO-AT

Certificate of Advanced Studies HES-SO (CAS)
GÉOMATIQUE & AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE

www.igso.ch/formation-CAS

www.cas-geoat.ch

Hes·so
Haute Ecole Spécialisée de Suisse occidentale

PRIX DES COURS (CHF)

Cours de 2 jours:	900.-
Module de 4 cours:	2800.-
Inscription au CAS	7800.-

(inclus finance d'inscription 500.-)

CONDITIONS GÉNÉRALES

Nombre de participants max. 24

Les admissions seront traitées dans l'ordre d'arrivée des demandes et les places seront attribuées dans la limite fixée du quota d'inscriptions.

www.igso.ch/formation-CAS

RÉDACTION

P. A. Droz
Y. Deillon
R. Durussel
J. Henry
M. Kasser
A. Ueberschlag

CONTACT

Secrétariat IGSO

2, route du Lac - Paudex
Case postale 1215
1001 Lausanne

T. +41 58 796 33 00
E. info@igso.ch

www.igso.ch

IGSO INGÉNIEURS GÉOMÈTRES DE SUISSE OCCIDENTALE