

## Session 2a : Formations Bac/Bac+3

### Numérisation 3D de masse « indoor and outdoor »



#### Les soutiens d'EduBIM 2019



Ressource publiée sur Culture Sciences de l'Ingénieur : <http://eduscol.education.fr/sti/si-ens-paris-saclay>

# Numérisation 3D de masse « indoor and outdoor »

BAGIEU Christophe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lycée Cantau – ANGLET (64)

## Résumé

Dans le cadre des formations pour les métiers du BTP dispensées au sein du lycée Cantau, l'équipe pédagogique a décidé d'utiliser l'ensemble des infrastructures du lycée comme support de formation.

L'ambition est de disposer à terme d'une **maquette numérique complète** de l'ensemble des bâtiments (**intérieurs et extérieurs**). Cet article présente le premier pas vers la réalisation de cette maquette à savoir la numérisation 3D de l'ensemble des ouvrages du lycée.

Cette numérisation a été réalisée par les étudiants du BTS Géomètre Topographe et de la licence Pro GEO3D à l'aide d'outils de lasergrammétrie statique, dynamique et de photogrammétrie aérienne.

Ce travail, réalisé par les étudiants, se fonde dans les projets réalisés dans leurs formations respectives. Des professionnels sont également intervenus en soutien, notamment sur la partie lasergrammétrie dynamique.

## Mots clefs

Lasergrammétrie, Photogrammétrie, MMS, Slam, acquisition 3D dynamique, nuage de points.

# 1. Contexte général du projet

## 1.1 La maquette numérique : outil de collaborations entre nos formations

Le lycée polyvalent Cantau d'Anglet forme aux métiers du bâtiment et de l'énergie du bac-3 au bac+3. Il propose notamment des CAP, des baccalauréats professionnels, des BTS et des licences professionnelles.

Depuis 2012, le lycée développe ses formations autour de l'acquisition de données en 3D et de la modélisation numérique du bâtiment. Le dynamisme du lycée Cantau sur ces domaines s'est notamment concrétisé par l'intégration du brevet de pilote de drone (ou télépilote) dans la formation de géomètre topographe dès 2015, et par l'ouverture en septembre 2017 de la licence pro GEO3D (formation présentée à l'occasion d'EduBIM 2018).

Afin de disposer d'un nouveau support pédagogique exploitable dans les nombreuses formations du lycée, il a été entrepris cette année de faire numériser puis modéliser l'ensemble du lycée par les étudiants dans leurs différentes formations.



Figure 4-1 - Vue aérienne du lycée Cantau d'Anglet (source : GoogleMap)

L'objectif de cet article est de présenter la première étape du travail réalisé à ce jour, à savoir la numérisation complète du lycée sous forme d'un nuage de points.

## 2. Les formations à l'acquisition de nuages de points

Les programmes pédagogiques des sections BTS MGTMN et Licence GEO 3D concernées contiennent l'acquisition, le traitement et l'exploitation du nuage de points 3D multi vecteur (photogrammétrie terrestre et aérienne, lasergrammétrie statique et dynamique).

Ce projet de numérisation 3D constitue donc un sujet de travaux pratiques et des sujets de projet de fin d'études pour nos étudiants.

Figure 4-2 - Support de présentation de la licence Pro GEO3D (présentée lors d'EduBIM 2018)

La particularité du lycée est que nous sommes exploitant aéronautique, que nous disposons de drones quadricoptères et hexacoptères professionnels. Les étudiants obtiennent le permis « drone » dans le cadre de leur formation au sein du lycée.



Figure 4-3 - Drones du lycée : à gauche HELICEO FOX6 (7.5 kg) ; à droite PHATOM 4 PRO V2 (1.9 kg)

Les sections « géomètre-topographe » disposent également d'appareils photos numériques et de scanners laser statique. En outre nos partenariats professionnels tissés depuis de longues années nous permettent de nous procurer temporairement les matériels optimums du marché, notamment pour la lasergrammétrie dynamique.

## 3. L'emprise du projet

L'emprise foncière du lycée est d'environ une dizaine d'hectares avec vingt bâtiments contenant administration, salles de classe, ateliers et logements de fonction (10 000 m<sup>2</sup> de plancher).

Les bâtiments de type « toiture –terrasse » sont au maximum des R+4.

## 4. L'approche pédagogique

### 4.1 Compétences à acquérir par les étudiants

Dans le cadre de ce projet pédagogique nous avons décidé d'utiliser tous les matériels professionnels possibles afin de numériser, comparer et faire analyser par nos étudiants les résultats obtenus.

Les compétences recherchées sont :

- Pour les BTS MGTMN, la maîtrise d'acquisition et de traitement de nuages de points simples (un seul bâtiment par exemple).
- Pour les Licences GEO 3D, l'approche générale des technologies du marché, leur maîtrise et analyse.

### 4.2 Méthodes d'évaluation

Les évaluations sont à la fois formatives et sommatives par le biais de travaux pratiques (BTS), comptes rendus et PFE (Licence).

### 4.3 Retour des étudiants

Voici une des conclusions des étudiants :

« On constate que plus on avance dans le temps, plus l'évolution des technologies est grandissante et rapide. Pour ne pas être dépassé par toute ces nouveautés nous avons besoin d'être curieux et de s'informer sur les nouveaux matériels présentés sur les salons spécialisés par exemple. Demain nous devons nous même nous tenir au courant régulièrement en s'informant, participant à des conférences et salons et en regardant ce qui se passe dans les autres pays ».

## 5. Méthodologie d'acquisition, Matériel utilisé et Traitement des données

### 5.1 Numérisation des toitures et parties hautes de bâtiments

La formation des étudiants du lycée Cantau (BTS Géomètre Topographe, Licence Pro GEO3D) laissant une part importante à la photogrammétrie aérienne, une des ambitions du projet était de réaliser l'acquisition des toitures et parties hautes des bâtiments à l'aide de drones.

Usuellement le choix du vecteur (drone) à utiliser est fonction des paramètres suivants :

- Etendue de la zone à lever,
- Précision du lever espérée, elle-même fonction de :

- L'appareil photo numérique pouvant être embarqué ( focale, étalonnage, dimension du capteur... ) ;
- La hauteur de vol autorisée (ici nous sommes limités à 30 m en raison de la proximité de l'aéroport de Biarritz) ;
- Le « Ground Sample Distance » ou GSD qui correspond à la taille de l'objet représenté sur un pixel ;
- La sécurité du vol (le lycée est situé en centre-ville, ici une zone peuplée S3) ;
- La configuration topographique des lieux (ici des ruptures de pentes modérées).

Le drone FOX6 est le plus adapté pour les paramètres de précision et rendu final, néanmoins la sécurité étant primordiale dans ce genre de configuration **S3**, nous avons opté pour le PHANTOM 4 PRO V2.

Après avoir positionné des cibles au sol géoréférencées, les étudiants ont réalisé une vingtaine de vols consécutifs de 6 minutes avec des angles de cameras différents afin de caractériser la zone de façon adéquate.

Certaines cibles sont utilisées pour réaliser le calcul du nuage de points et le reste des cibles est utilisé pour contrôler la précision du résultat.



Figure 4-4 –Programmation du vol sur PIX4D Capture (à gauche) et Relevé GNSS des cibles (à droite)

A l'issue du vol et du traitement des données les étudiants ont comparé les temps de calcul et la qualité des nuages de points obtenus.

	Temps d'acquisition	Précision	Durée du traitement
PIX 4D	1h30	1 à 3 cm	36h
Photoscan	1h30	2 à 3 cm	34h

En conclusion, nous observons que les résultats sont équivalents (à part quelques points spécifiques près).

Le temps de calcul machine est très contraignant. Dans notre cas (4000 images) deux jours de traitement ont été nécessaire à l'aide du logiciel Pix4D pour obtenir le nuage de points avec un ordinateur équipé d'un I7, et 64Go de RAM.



Figure 4-5 –Nuage de points obtenu après traitement des images.

Le résultat obtenu ci-dessus (après validation et contrôle) est issu du logiciel PIX4D, nous pouvons confirmer que les parties hautes et le terrain naturel sont correctement numérisés. Néanmoins les façades et éléments verticaux ne sont pas correctement caractérisés, ce qui est normal compte tenu des paramétrages de nos vols où les photographies ont été essentiellement prises au nadir (à l’aplomb du drone).

Il nous faut donc compléter notre modèle avec de l’acquisition au sol.

## 5.2 Numérisation des façades et extérieurs des bâtiments

La numérisation des façades des bâtiments a été réalisée par les étudiants à l’aide de scanners laser statiques et dynamique. Dans le cadre de leur formation, le contrôle des données acquises et la qualification de la précision, est un élément très important. Afin de travailler avec eux sur cet aspect, nous avons combiné différents matériels. Une partie du travail des étudiants a donc consisté à comparer et analyser les résultats obtenus avec les différents appareils.

Dans le cadre de ce projet, nous avons utilisé le matériel suivant :

### A. En lasergrammétrie statique (pour des besoins de détails et de précision)

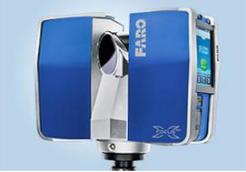
			
<b>FARO X130</b>	<b>LEICA P40</b>	<b>TRIMBLE SX10</b>	<b>TRIMBLE TX8</b>

Figure 4-6 – Scanner 3D statiques exploités dans le cadre du projet

*B. En lasergrammétrie dynamique ou MMS (pour l'efficacité, le rendement d'acquisition et comparaison)*



Figure 4-7 –ROBIN Mobile-mapping-système (à gauche) et LEICA Pegasus BackPack (à droite)

A l'issue de l'acquisition et du traitement des données issues du ROBIN Mobile-mapping-système et du LEICA Pegasus BackPack, les étudiants ont pu obtenir le nuage de point ci-dessous. La densité de points est plus faible qu'en lasergrammétrie statique mais la rapidité d'acquisition est sans commune mesure avec les scanners statiques. Ce dernier point se révèle essentiel étant donnée l'étendue du lycée.



Figure 4-8 - Acquisition : 55 mn – traitement :3 h

Contrairement à la photogrammétrie par drone, les façades sont bien caractérisées mais les parties hautes sont inexistantes car invisibles. Les deux techniques sont complémentaires.

Afin de permettre d'autres projets pédagogiques sur des bâtiments emblématiques du lycée (exemple « le château ») nous avons besoin d'une précision accrue dans le nuage de points au voisinage et sur les façades de ce bâtiment. Pour cela les étudiants ont circulé autour de ce dernier avec un scanner statique afin de compléter les informations et augmenter la densité de points et la précision. Bien évidemment le temps d'acquisition et de traitement est plus conséquent.



Figure 4-9 - Acquisition : 2 h – traitement :4 h

La concaténation des nuages de points réalisés à l'extérieur du lycée a été réalisée à l'aide du logiciel TRIMBLE REAL WORKS.

### 5.3 Numérisation des intérieurs de bâtiments

La numérisation des intérieurs des bâtiments a été réalisée en combinant des outils de lasergrammétrie statique (présentés ci-dessus) et des matériels dynamiques utilisant l'algorithme de lasergrammétrie « SLAM ».



Figure 4-10 - ZEB-HORIZON GEOSLAM (à gauche) et IMMS VIAMETRIS (à droite)

Ce travail est long compte tenu de la surface de plancher, mais optimisé grâce aux techniques employées, à ce jour nous disposons de la moitié des bâtiments du lycée.

Voici en exemple un des nuages de points, issu du Back Pack indoor.



Figure 4-11 – Nuage de points réalisé dans l’atelier de maçonnerie (<https://youtu.be/p9OIeyxxFLY>)

## 6. Assemblage total et analyse.

Cette phase est ardue et doit être menée de façon rigoureuse et appliquée. Elle est donc très formatrice pour nos étudiants. Elle nous permet de valider les résultats obtenus, de quantifier les écarts entre technologies et enfin d’analyser les avantages et inconvénients de chacune d’entre elles.

Une fois cette démarche menée à son terme nous pouvons valider le nuage de points qui sera l’étalon de la modélisation future.



Figure 4-12 - Visualisation du nuage de points final dans Trimble REAL WORKS

## 7. Conclusion

Ce projet extrêmement ambitieux n’a pu être mené qu’avec l’assentiment de tous : étudiants, partenaires et équipe pédagogique. Nous les remercions chaleureusement.

Les étudiants ont pu, par cette approche exhaustive des matériels, des acquisitions et des traitements, se forger une vision globale très représentative des technologies d’aujourd’hui et de demain. Ils seront en charge de porter et de réaliser les numérisations de demain, ils savent désormais que ces technologies sont en perpétuel changement et qu’il faudra rester **curieux** sous peine se trouver “sur le bord de la route”.

Ils devront garder cependant leur **esprit d’analyse et de contrôle** pour certifier leur travail et dominer ces technologies : “ils utiliseront de l’intelligence embarquée mais ils devront embarquer de l’intelligence”.

Nous terminons la première étape essentielle à la réalisation de la maquette “tel que construit” et allons maintenant débiter la modélisation des bâtiments avec les autres étudiants du lycée.