



BAGIEU christophe  
**BTS MGMTN**

Fiche n°1

Photogrammétrie aérienne et terrestre  
Levé en zone semie-urbaine  
PIX4D

## De l'image au nuage de points





**1/ Préambule :** nous allons traiter dans ce tutoriel l'exemple relatif à la présentation réalisée lors du séminaire sur la mise en place du BTS MGMTN à Paris. Vous trouverez donc ci-joint la présentation orale sur les principes fondamentaux de l'acquisition des données photogrammétriques (<https://youtu.be/L6HPVtcU1Us>) ainsi que le diaporama correspondant.

J'ai choisi ce support car il vous permettra de réaliser une étude complète (aérienne et terrestre) à une dimension abordable pour tout ordinateur standard.

Nous utiliserons le logiciel **PIX4D** mais vous disposerez de tous les éléments pour que l'étude soit réalisable sur toutes les solutions de photogrammétrie du marché : **Leica, Trimble, Bentley, Metashape, Micmac (IGN gratuit [logiciels.ign.fr/?-Micmac,3-](http://logiciels.ign.fr/?-Micmac,3-)) et autres....**

Ces solutions seront toutes efficaces avec pour chacune des avantages et inconvénients, à vous de vous faire votre avis ! ☺

## 2/ Contexte de l'étude :

### 2.1/ Localisation : Briscous (64)



Le but est réaliser le **nuage de points 3D** du bâtiment (toiture et façades) et du terrain correspondant.

### 2.2/ Matériel employé pour la mission de photogrammétrie :

#### 2.21/ Drone : HELICEO FOX6



#### Caractéristiques du drone

Scenarior de vol	S1, S2, S3
Poids	7.5 kg
Autonomie	25 min
Sécurité	Parachute pyrotechnique
GNSS	PPK, RTK, L1 et L2
Prix	Plusieurs K euros

## 2.22 Capteur APN embarqué :SONY ALPHA 6000



Appareil Photo SONY (ALPHA 6000)	
Distance focale	16-50 mm
Obturbateur	30 s à 1/4000 s
ISO	100 à 25600
Capteur	Capteur numérique APS-C
Taille de capteur	23.5*15.6 = 366.6mm <sup>2</sup>
Pixels	24 Mpx
Définition du capteur	6000/4000
Taille du photosites	0.0039 mm
Etalonnage	L'étalonnage est possible

**Rq1 :** Il est important de déterminer les paramètres d'étalonnage (coefficients de distorsions, PPS, PPA....)de l'APN pour le traitement des données afin d'améliorer la précision de l'étude.

**Rq2 :** il est primordial de même de paramétrer l'APN en fonction des conditions de vols : météorologiques, de lumière et de vitesse : ISO, temps de pose, ouverture, distance focale, profondeur de champ.....**RAW** ou JPEG....

### 3/ Acquisition des données :

A ce stade il vous sera possible de vous référer à la vidéo et au diaporama pour plus amples informations.

#### 3.1/Programmation de vol dans Mission planner (free) :

Cette programmation de vol peut être effectuée dans divers logiciels (free ou payant) nous utiliserons dans un premier temps Mission Planner, il sera possible d'utiliser PIX 4D capture par exemple.....

*Fenêtre Mission Planner*



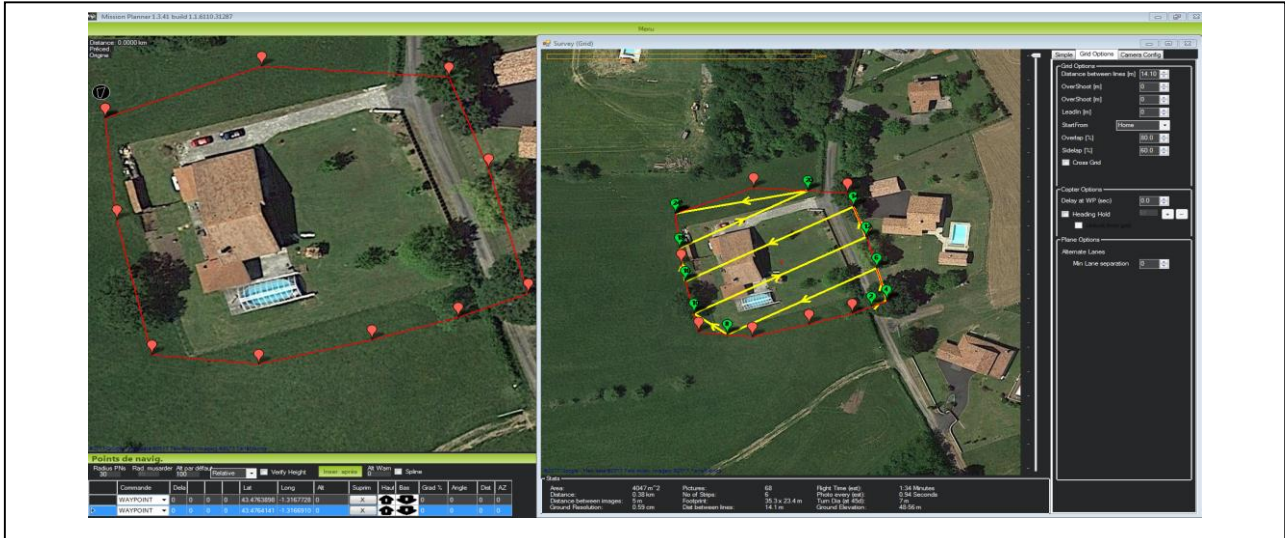
Cette fenêtre va permettre de déterminer le plan de vol, le déclenchement automatique des photographies en fonction de divers paramètres

- Emprise du vol
- **Altitude et GSD**
- Temps de vol
- Vitesse de vol
- Recouvrement
- Capteur APN embarqué
- Paramètres d'étalonnage du capteur APN, dans notre cas nous ne

préciserons pas ces paramètres afin d'analyser les résultats donnés par le logiciel.

Dans la réalité nous aurions utilisé les paramètres d'étalonnage.

En fonction de ces différentes informations MP va proposer au télépilote un plan de vol.



A ce stade, il est **impératif de vérifier** la mission proposée :

- « **Home** » (point de départ et point de retour d'urgence)
- Parcours du drone : il sera possible de lui demander de commencer sa mission à l'opposé de son « home » afin qu'il termine par la zone la plus proche (batterie)
- Vous devrez imposer un sens des profils de **mission perpendiculaire** au vent afin que le drone utilise sa batterie de façon homogène
- Vous veillerez à vérifier que le **GSD\*** soit adapté à la précision du levé.

**Rappel : dans le cas optimum de levé (recouvrement, calibration de l'APN...) la précision planimétrique espérée sera de « deux fois le GSD » et « trois fois le GSD » pour l'altimétrie (méthode empirique).**

- **GSD : Ground Sampling Distance** (cf cours de photogrammétrie)

3.2/ La mission en chiffres :

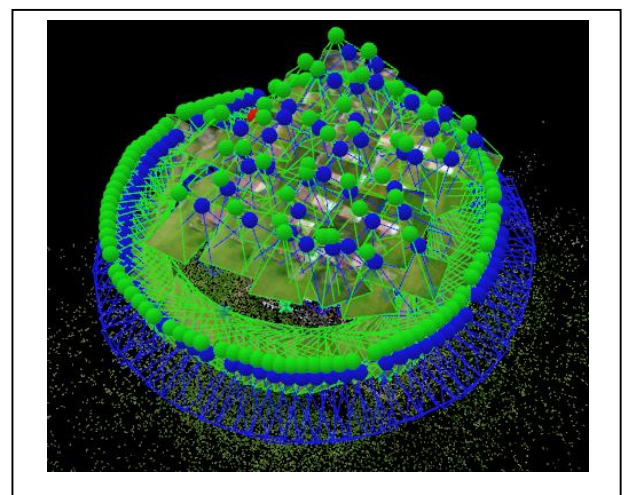
- **Les vols (30mn) :**

Un vol aérien croisé au nadir à 50 m

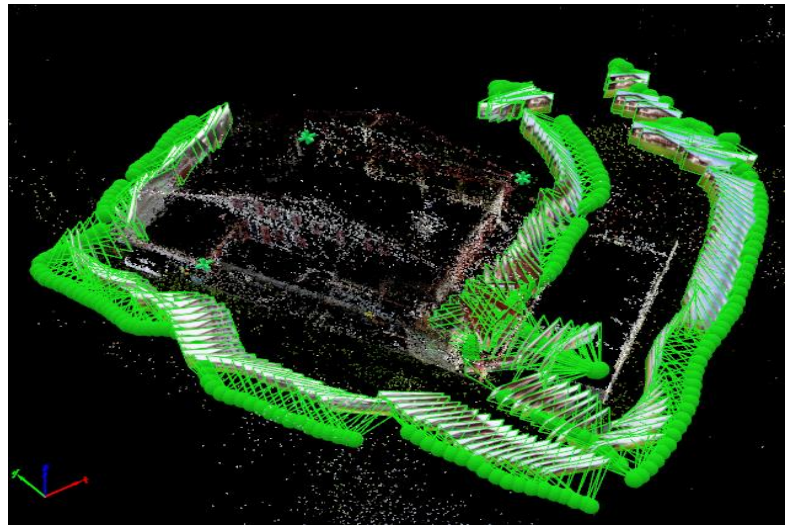
- 40 photos
- 5mn de vol

Un vol circulaire autour de la maison à 50m

- 97 photos
- 3mn de vol

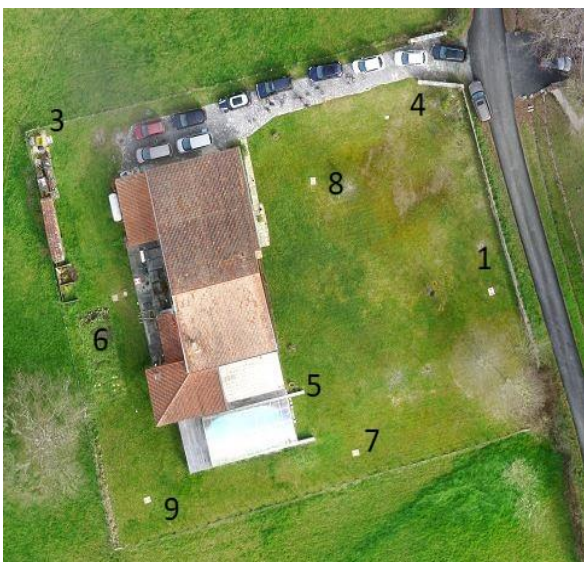


Un complément terrestre de la maison 280 photos (5 mn à pied)



Dans cette étude, nous enregistrons les images au format JPEG. Il sera **préférable** dans les études suivantes de **privilégier le format natif RAW** afin de pouvoir **retravailler les fichiers**. Ce travail préparatoire à l'étude permettra **d'augmenter l'efficacité** de nos études par l'application de filtres qui **amélioreront la corrélation d'images, le temps de traitement** et le **rendu final** (cf cours d'imagerie).

- **8 cibles au sol** : GNSS NRTK multi déterminations en point de contrôle 180 époques.



Voici l'emplacement des 8 cibles géoréférencées.

Ces dernières serviront pour le **géoréférencement** du modèle ainsi que pour le **contrôle** de l'étude (**toujours primordial**).

Voici une répartition des cibles qui seront au choix **GCP** ou **Check Point** (cf page 13).

Préconisation : l'idéal est de disposer les cibles à des altitudes différentes afin que le contrôle soit le plus efficace, dans notre cas la toiture étant inaccessible nous nous sommes contentés de positionner les cibles au sol et réparties sur l'ensemble de la surface.

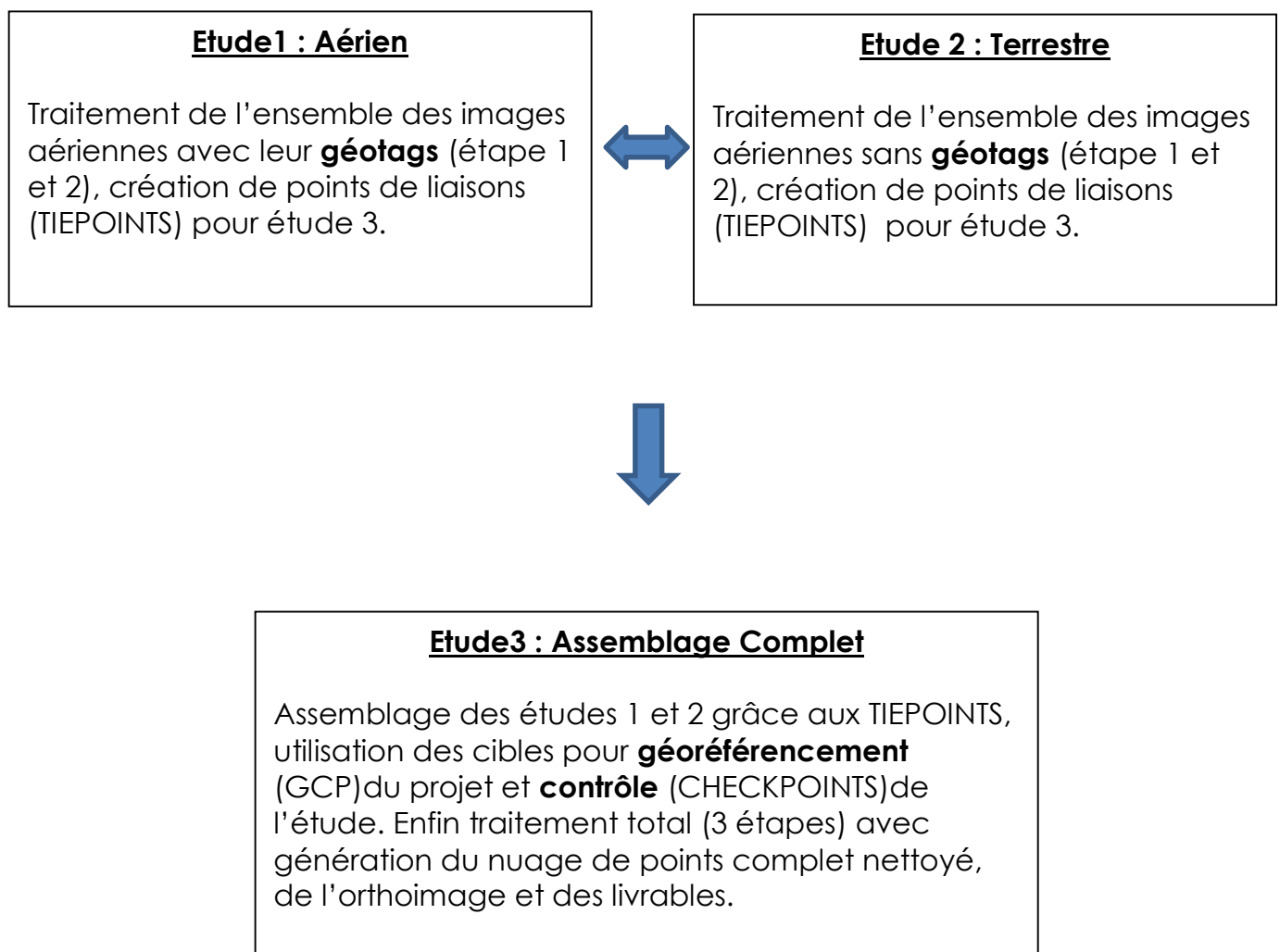


#### **4/ Traitement des données :**

Il est possible de traiter de différentes façons ces données, les paramètres à prendre en compte sont les suivants :

- Vols aériens : altitude identique (distance objet-APN constante), géotags\* des images, recouvrement constant, visibilité des cibles.
- Complément terrestre : pas de géotags, distance objet-APN plus variable, recouvrement manuel donc moins fiable, pas de visibilité des cibles.

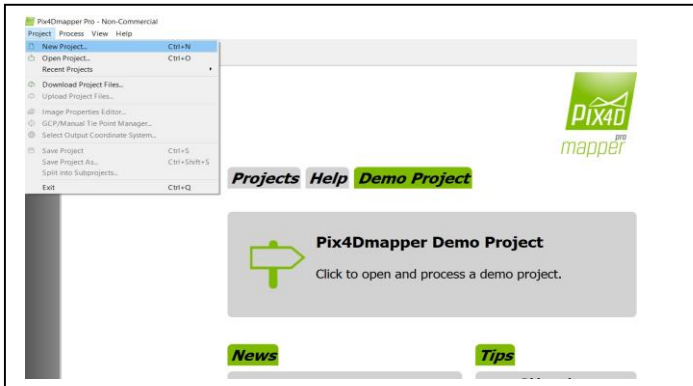
Choix pédagogique :



Remarque : il est possible de même de géoréférencer et contrôler l'Etude 1 puis de l'assembler avec le complément terrestre.

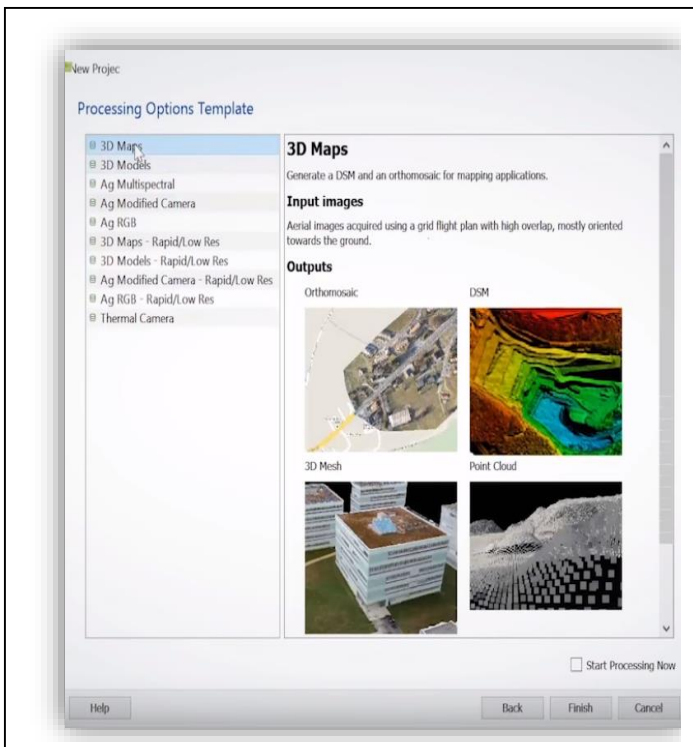
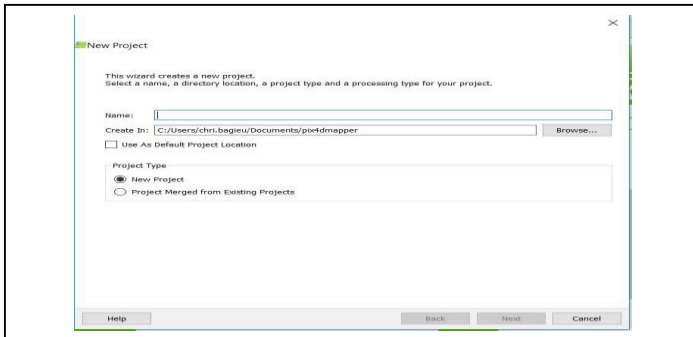
\*Géotag : géoréférencement des images

### 4.1/ Etude 1 Aérien : 4.11/ Création de l'étude



Il est préférable de créer son étude sur le disque dur de l'ordinateur utilisé, **SSD** de préférence, les traitements seront plus rapides.

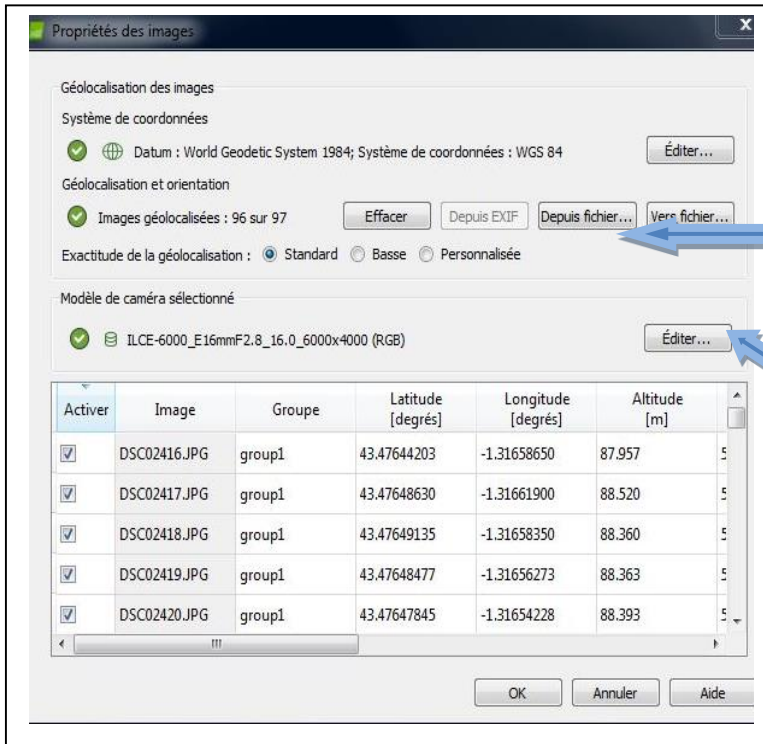
Il faut y copier l'ensemble des données utilisées, PIX4D complètera cette étude dans le même dossier : rapport de calcul, nuage de points, orthoimage, vidéos.....



Il est utile de bien choisir le gabarit d'étude correspondant à votre chantier : TN, zone étendue, statue....

Choisir dans notre cas 3D Map

#### 4.12/ Insertion des données : images et paramètres



Après avoir sélectionné dans « Add images » l'ensemble des images du projet aérien, il convient dans cette fenêtre de positionner les photos grâce au fichier log (géotag).

Dans une étude optimale, il est possible de prendre en compte les paramètres internes d'étalonnage de l'APN. Cf ci-dessous.

Un fichier d'étalonnage détermine dans des conditions optimales de mesure (chambre d'étalonnage) les paramètres internes de l'APN source de déformation des images (cf cours). Voici les paramètres de l'Alfa 6000 :

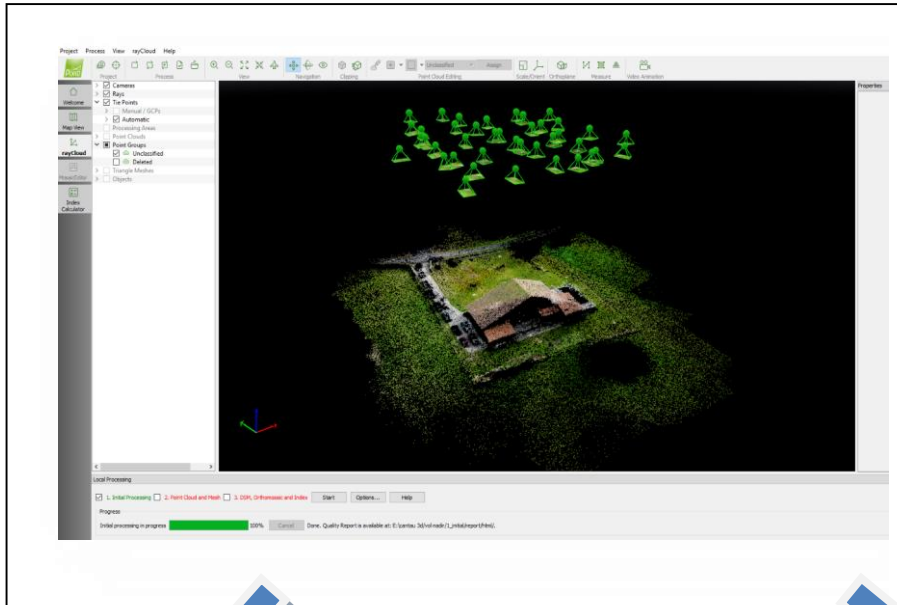
```
<camera cameraId="Alpha6000_3953775" aliasId="ILCE-6000_16.0_6000x4000">
  <imageWidth value="6000"/>
  <imageHeight value="4000"/>
  <pixelSize value="3.91667"/>
  <principalPointXmm value="11.567548"/>
  <principalPointYmm value="7.787476"/>
  <cameraType value="perspective"/>
  <focalLengthmm value="15.836538"/>
  <distortion number="5"/>
  <radialK1 value="-0.0648977"/>
  <radialK2 value="0.0789132"/>
  <radialK3 value="0.0199600"/>
  <tangentialT1 value=" 0.000483207"/>
  <tangentialT2 value="-0.000518500"/>
  <source value="user"/>
  <bandConfig>
    <band name="Red" centralWaveLength="660"
width="0" weight="0.2126"/>
    <band name="Green" centralWaveLength="550"
width="0" weight="0.7152"/>
    <band name="Blue" centralWaveLength="470"
width="0" weight="0.0722"/>
  </bandConfig>
</camera>
<mapping exif="ILCE-6000_E16mmF2.8_16.0_6000x4000"
camera="Alpha6000_3953775"/>
```

Nous pouvons y retrouver l'ensemble des coefficients de distorsions, la position du point principal de symétrie, la distance focale..... Ces paramètres sont ceux du jour de la mesure. Il sera bon de rééditer cet étalonnage tout au long de la vie de l'APN.

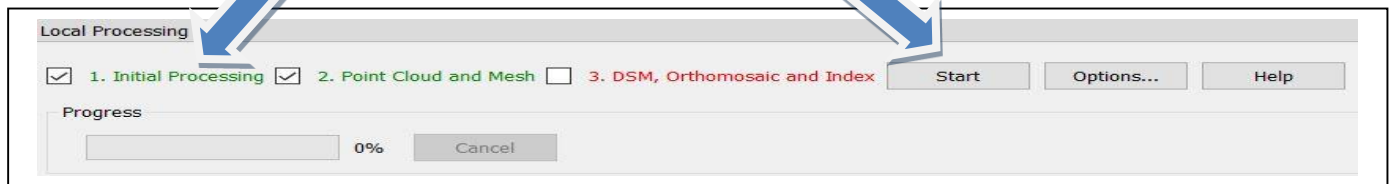




### 4.13/ Traitement préliminaire INITIAL PROCESSING de l'Etude 1:



Il convient dès lors de choisir les étapes de process à lancer. Ici on sélectionne uniquement **1-initial processing**  
Cela permettra de lancer uniquement la phase d'aérotriangulation et de création d'un nuage de points éparsé TIE POINTS (points de corrélation, **SIFT**).  
Puis **Start**



NOTA : la création du nuage « éparsé : TIE POINTS » permet le positionnement de point de support et de calage dans le modèle ainsi que le positionnement des cibles au sol. Une réoptimisation de la phase de calcul de l'étape 1 sera alors nécessaire.

De plus, il n'est pas nécessaire d'aller plus loin dans le processus de traitement car les étapes suivantes pourront se faire après assemblage et fusion de l'ensemble des deux projets. Il en résultera un gain de temps très important.

L'étape 1 terminée, un premier rapport de qualité est généré. Ce rapport est dit évolutif car il est modifié automatiquement au fur et à mesure de l'avancée du projet.

Summary	
Project	briscous au fox
Processed	2019-03-04 08:58:39
Average Ground Sampling Distance (GSD)	1.21 cm / 0.47 in
Area Covered	0.0151 km <sup>2</sup> / 1.5104 ha / 0.0058 sq. mi. / 3.7341 acres

Quality Check

**GSD** du projet par exemple

Il est toujours **important d'étudier** ce « **QUALITY REPORT** », comme seule l'Etape 1 a été lancée les informations contenues sont simples pour l'instant. Au moment de l'assemblage des deux projets ce rapport sera la preuve de la cohérence du projet, nous en reparlerons.

Regardons tout de même les paramètres de calibration de l'ALPHA 6000 que le logiciel vient de calculer grâce aux images aériennes :

### Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	5862737
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1805342
Mean Reprojection Error [pixels]	0.148476

#### Internal Camera Parameters

ILCE-6000\_E16mmF2.8\_16.0\_6000x4000 (RGB). Sensor Dimensions: 23.500 [mm] x 15.667 [mm]

EXIF ID: ILCE-6000\_E16mmF2.8\_16.0\_6000x4000

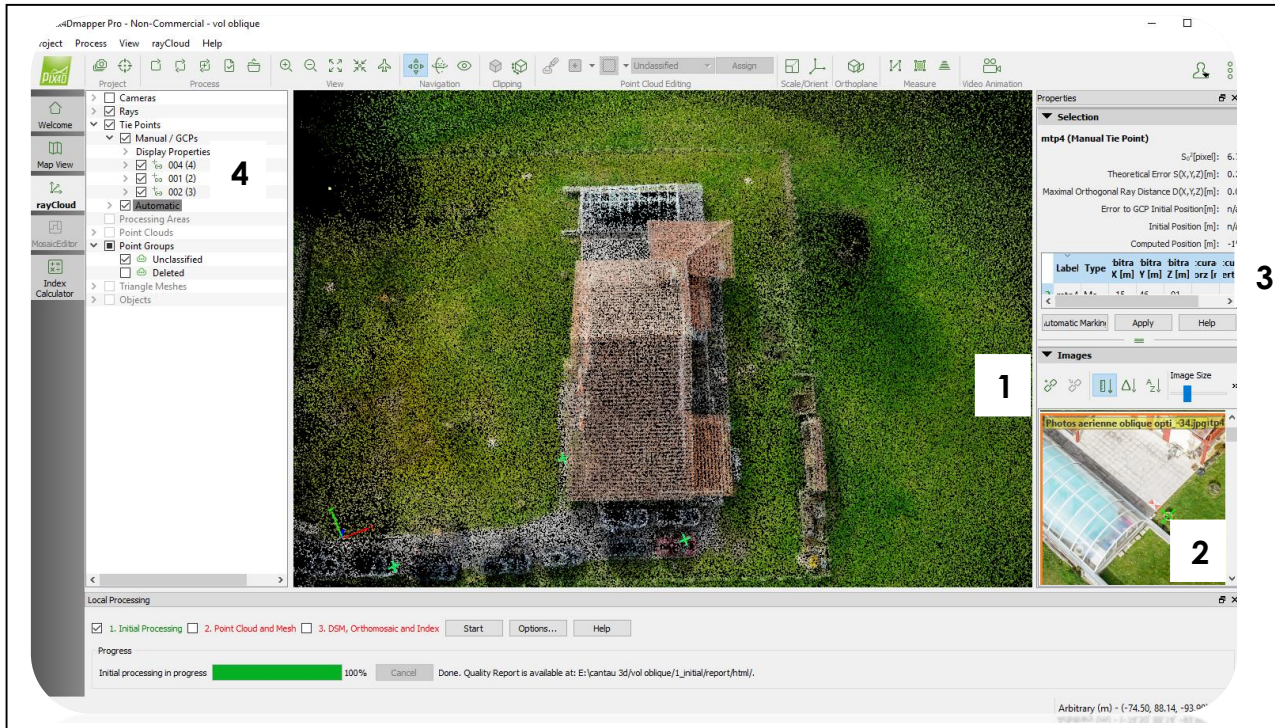
	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4079.128 [pixel] 15.977 [mm]	2999.997 [pixel] 11.750 [mm]	2000.000 [pixel] 7.833 [mm]	-0.066	0.091	0.005	-0.002	-0.002
Optimized Values	4047.408 [pixel] 15.852 [mm]	3058.519 [pixel] 11.979 [mm]	2010.015 [pixel] 7.873 [mm]	-0.068	0.082	0.012	0.000	-0.001

Nous les comparerons avec ceux de l'Etude 2, seront-ils identiques ?

Il faut désormais créer les points de liaisons qui vont nous permettre d'assembler les deux études. Ces points doivent être extrêmement **bien identifiables dans les deux études** et doivent impérativement **être nommés de la même façon**.

Le mieux est de raisonner comme un recalage d'Helmert en disposant ces points sur l'ensemble de la parcelle.





On sélectionne une zone dans le nuage de points. Un lot d'image apparaît à droite. On crée un « MANUAL TIE POINTS TCP » en sélectionnant l'icône modifier **1**. On applique ce point sur un maximum de photos dans le menu déroulant **2** (on applique sur les 6 premières photos et on vérifie le bon alignement automatique sur les suivantes et au besoin on ajuste). Puis on renomme **3** le point et on enregistre **4**.

On répète ces étapes sur les 7 points caractéristiques choisis.

Le traitement initial de l'Etude 1 est terminé, il faut enregistrer les fichiers.

**4.2/ Etude 2 Terrestre :** le principe est identique pour cette nouvelle étude. La seule petite différence réside dans le fait que les images ne sont pas géotaguées, donc pas de log après insertions des photos.

Il faut donc lancer l'INITIAL PROCESSING, analyser le QUALITY REPORT et créer les 7 « MANUAL TIE POINTS TCP » à l'identique de l'Etude 1.

### Bundle Block Adjustment Details

Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	2560314
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	970111
Mean Reprojection Error [pixels]	0.20373

#### Internal Camera Parameters

ILCE-6000\_E16mmF2.8\_16.0\_6000x4000 (RGB), Sensor Dimensions: 23.500 [mm] x 15.667 [mm]

EXIF ID: ILCE-6000\_E16mmF2.8\_16.0\_6000x4000

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	4079.128 [pixel] 15.977 [mm]	2999.997 [pixel] 11.750 [mm]	2000.000 [pixel] 7.833 [mm]	-0.066	0.091	0.005	-0.002	-0.002
Optimized Values	4050.960 [pixel] 15.866 [mm]	3044.158 [pixel] 11.923 [mm]	1995.112 [pixel] 7.814 [mm]	-0.068	0.087	0.007	-0.000	-0.001



A l'analyse des paramètres internes de la caméra des deux études, on s'aperçoit que pour un même APN utilisé à 10 mn d'intervalle, les corrections déterminées et appliquées par le logiciel sont différentes. Ceci est dû au jeu d'images dont dispose l'algorithme dans chacune de ces études, il essaye par le biais de la **Solution BUNDLER** de déterminer au mieux ces paramètres. Cependant les images ne sont pas capturées dans les meilleures conditions et l'objet n'a pas la géométrie optimale, **le résultat est donc approché** et c'est pourquoi il sera **optimum** de préciser les véritables paramètres internes de l'APN à chaque étude et donc pour cela au préalable d'**étalonner ce même APN**.

### 4.3/ Assemblage Complet :

Il s'agit désormais d'assembler les deux études, de géoréférencer l'ensemble et de contrôler les résultats.

New Project

This wizard creates a new project.  
Select a name, a directory location, a project type and a processing type for your project.

Name:

Create In:

Use As Default Project Location

Project Type

New Project

Project Merged from Existing Projects

Même principe que pour les deux premiers projets à quelques différences près puisque nous allons assembler deux projets et non plus des images. Il faut lancer l'INITIAL PROCESSING (étape 1).

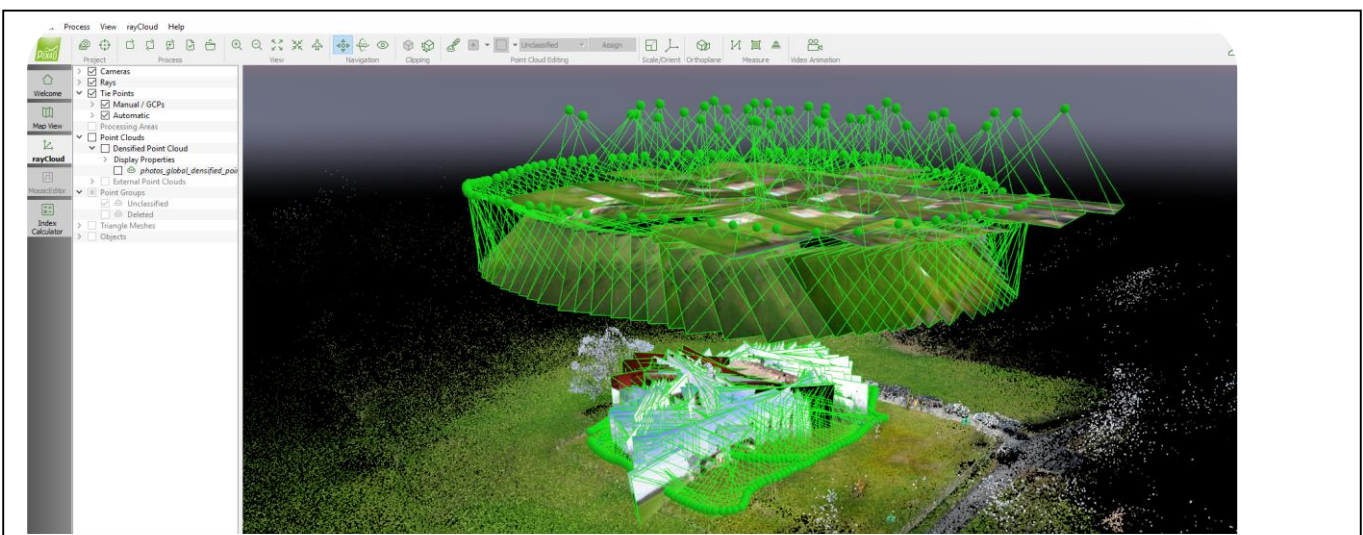
New Project

### Merge Projects

Select at least 2 projects to be merged together.

0 projects selected.

Duplicate Camera Parameters





L'analyse du QUALITY REPORT donne dans ce cas d'assemblage de projets

MTP Name	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
roof corner 1	0.607	13 / 13
roof corner 2	0.990	14 / 14
corner roof 3	0.872	6 / 6
target 8	0.503	12 / 12
target 6	1.366	11 / 11
wall 1	1.049	10 / 10
corner swim 1	1.500	12 / 12
roof corner 3	0.570	4 / 4

Il faut être attentif aux valeurs de la colonne « Projection Error » et vérifier les écarts à la tolérance.

### 4.31/ Géoréférencement et contrôle :

Il nous faut géoréférencer le projet dans un système de coordonnées légal afin de pouvoir exploiter le modèle.

Sur site, 8 damiers ont été installés. Ils ont été placés de façon à englober la totalité de la maison. Chaque damier a été levé au **GNSS NRTK réseau TERIA (180 époques)** en Lambert 93 CC43.

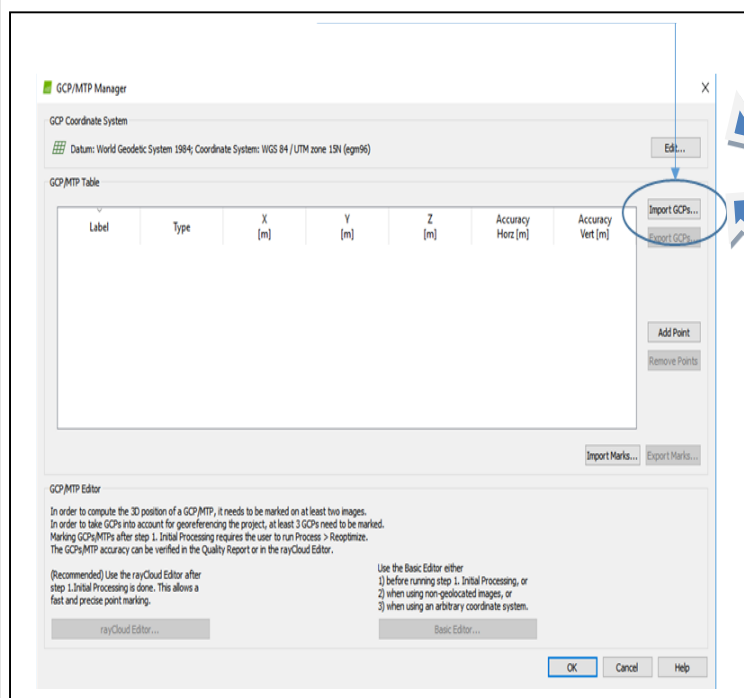
Voici le CSV (Matricule, X, Y, Z).



coordonnées - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

```
1,1350956.391,2261863.764,54.176
7,1350939.871,2261845.668,52.612
5,1350930.760,2261853.135,54.441
9,1350914.431,2261840.385,51.661
6,1350913.229,2261864.934,53.400
3,1350902.548,2261880.807,52.806
8,1350934.676,2261876.192,54.661
4,1350944.637,2261887.991,56.481
```



Ne pas oublier de sélectionner le système de coordonnées correspondant

Importer le .CSV



Ensuite, il est nécessaire d'indiquer pour chaque point sa position dans le projet. Pour cela il faut cliquer manuellement sur les photos (au centre du damier concerné) et désigner le point.

Exemple du Damier n° 5 :

Nous cliquons au centre de la cible sur plusieurs photographies (minimum 3, vérifier l'estimation de position du logiciel).

Attention, plus on s'approche de l'image, plus le logiciel prendra en compte ce zoom et l'assimilera à de la précision.

Ensuite, nous indiquons au logiciel si ce damier servira de GCP (**Ground Control Point = point de géoréférencement**) ou de **Check Point (point de contrôle)**.



Lorsque tous les damiers sont prêts à être exploités, il faut **réoptimiser** le projet pour que le calcul de géoréférencement s'effectue. A la fin du calcul, nous générons le **QUALITY REPORT** pour se contrôler et observer les résultats.

**Geolocation Details**

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
7 (3D)	0.020/0.020	-0.002	0.005	0.001	0.284	3 / 3
9 (3D)	0.020/0.020	0.002	-0.002	-0.000	0.225	4 / 4
3 (3D)	0.020/0.020	-0.004	0.000	-0.001	0.185	4 / 4
8 (3D)	0.020/0.020	-0.002	0.004	0.003	0.152	
4 (3D)	0.020/0.020	0.010	-0.010	-0.011	1.303	3 / 3
<b>Mean [m]</b>		0.000925	-0.000626	-0.001602		
<b>Sigma [m]</b>		0.005071	0.005259	0.005070		
<b>RMS Error [m]</b>		0.005155	0.005296	0.005317		

0 out of 3 check points have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1	0.0200/0.0200	0.0137	-0.0269	-0.0183	0.4499	4 / 4
5	0.0200/0.0200	-0.1168	-0.0709	-0.1634	0.0319	
6	0.0200/0.0200	-0.0160	0.0068	-0.0078	0.2758	4 / 4
<b>Mean [m]</b>		-0.039730	-0.030322	-0.063188		
<b>Sigma [m]</b>		0.055859	0.031828	0.071000		
<b>RMS Error [m]</b>		0.068547	0.043960	0.095046		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Il est donc primordial d'analyser :

- **Le géoréférencement** : les RMS\* planimétriques et altimétriques relatifs aux **GCP**.
- **Le contrôle du modèle** : les RMS\* planimétriques et altimétriques relatifs aux **Check point**.

\*RMS : **Root Mean Square**, « racine carrée de la moyenne des carrés »



BAGIEU christophe  
**BTS MGMTN**

Fiche n°15

# Photogrammétrie aérienne et terrestre

## Levé en zone semie-urbaine

### PIX4D

Nous observons que le géoréférencement est estimé à une « précision » de 0,005mm, ce qui est satisfaisant.

Néanmoins, les RMS de contrôle sont bien supérieurs aux résultats espérés,

RMS Error [m]	X	Y	Z
	0.068547	0.043960	0.095046

Je rappelle qu'il est possible (dans les conditions optimales) d'**espérer** une « **précision** » du modèle en planimétrie de **2 GSD** et en altimétrie de **3 GSD**. Dans notre étude le **GSD** est de **1.21 cm**.

En regardant plus précisément le listing des Check Points, il est clair que le CP 5 dégrade le calcul des RMS, nous avons des doutes sur sa détermination GNSS (multi-trajet et **latence du réseau**.....) et dans le doute abstiens toi.... ☺

Il faut donc écarter la cible 5 des CP, ré-optimiser l'étude et analyser le nouveau QUALITY REPORT !

### Geolocation Details

#### Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
7 (3D)	0.020/0.020	-0.002	0.005	0.001	0.284	3 / 3
9 (3D)	0.020/0.020	0.002	-0.003	-0.000	0.223	4 / 4
3 (3D)	0.020/0.020	-0.004	0.001	-0.001	0.167	4 / 4
8 (3D)	0.020/0.020	-0.002	0.004	0.004	0.162	4 / 4
4 (3D)	0.020/0.020	0.010	-0.010	-0.012	1.304	3 / 3
Mean [m]		0.000955	-0.000639	-0.001681		
Sigma [m]		0.004930	0.005371	0.005403		
RMS Error [m]		0.005021	0.005409	0.005658		

0 out of 2 check pointss have been labeled as inaccurate.

Check Point Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
1	0.0200/0.0200	0.0135	-0.0269	-0.0224	0.4497	4 / 4
6	0.0200/0.0200	-0.0145	0.0059	-0.0083	0.2521	4 / 4
Mean [m]		-0.000478	-0.010494	-0.015366		
Sigma [m]		0.014021	0.016393	0.007060		
RMS Error [m]		0.014029	0.019464	0.016910		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified vs. manually marked.

Cette fois ci nous pouvons valider le modèle et passer à l'exploitation des données.

Rq : il est intéressant aussi **d'externaliser la certification** en faisant calculer le projet sans les points de contrôle 1 et 6, nous viendrons ensuite cliquer dans le nuage pour visualiser les coordonnées de ces cibles. Un tableur reprendra les coordonnées de ces points dans le nuage et GNSS, avec **calcul des résidus** et conclusion sur la cohérence des résultats.

**5/ Finalisation de l'étude et création des livrables :**

**5.1/ Nettoyage du nuage de points et étape 3 de traitement :**

Nous avons lancé les étapes 1 et 2 du traitement PIX4D pour l'instant. Il est important à ce stade de nettoyer le « nuage » des points aberrants.



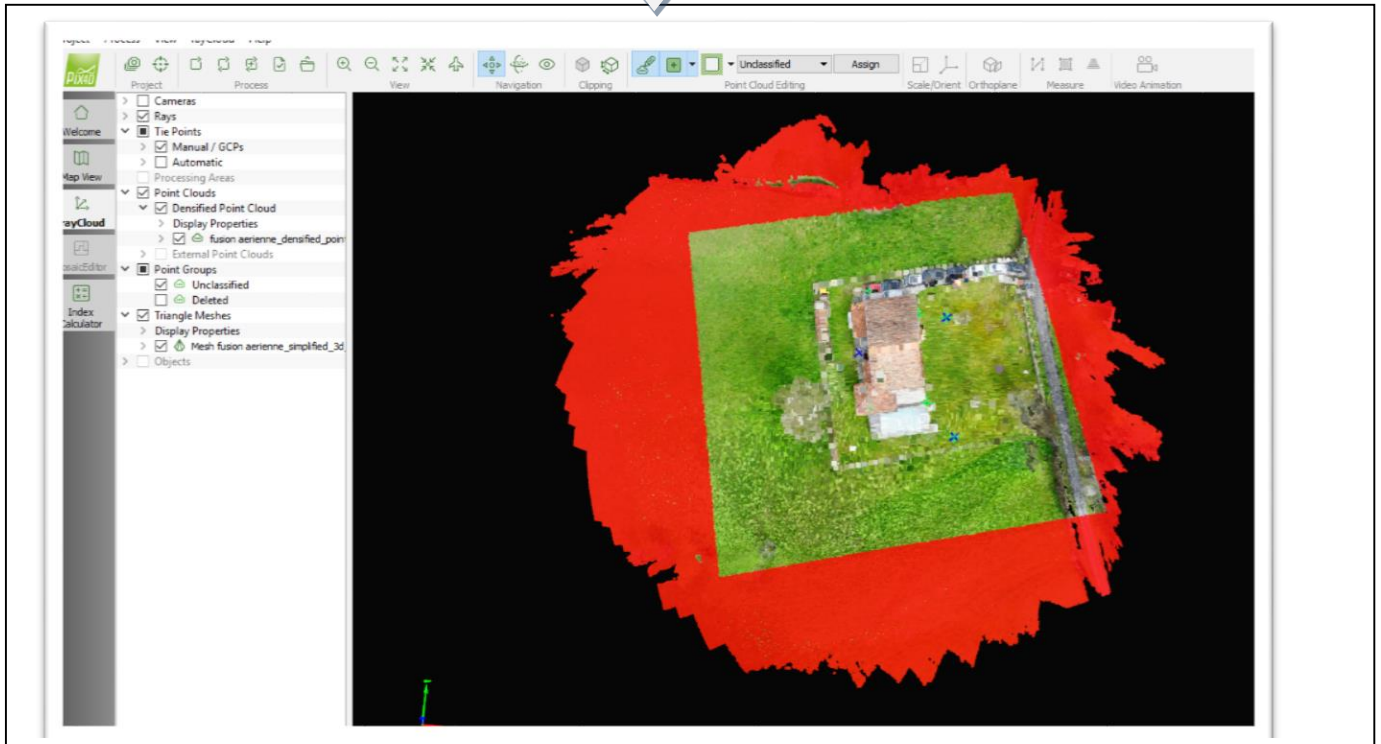
En effet ces points vont obligatoirement dégrader le « MESH » (maillage entre les points par le biais d'interpolation 3D et application du RGB).  
Ces aberrations sont de ce type





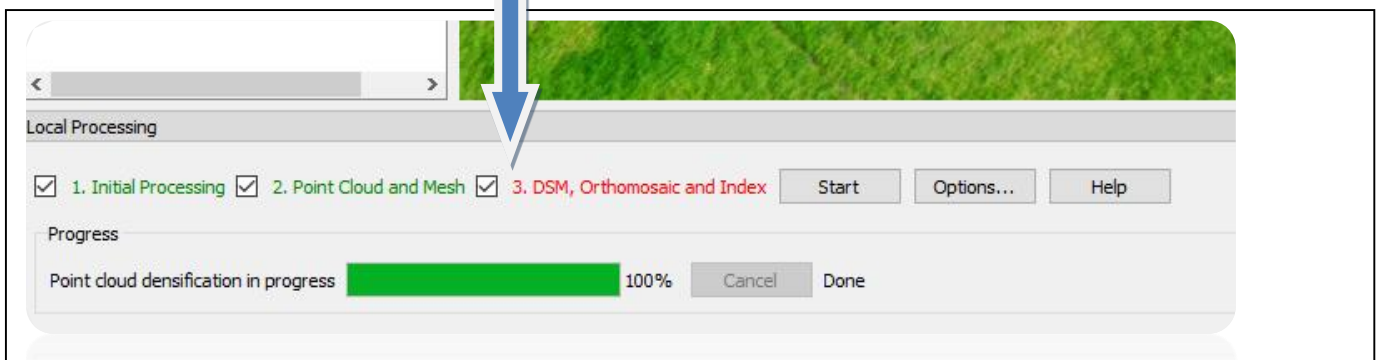
Ces points aberrants sont issus d'erreurs du traitement de l'algorithme de calcul photogrammétrique. Ils se situent généralement autour des arrêtes de bâtiment (effet de pont), dans le ciel et en corole sur la végétation.

Ce nettoyage se réalise à l'aide de l'outil Effacer et ses moyens de sélection :



Cette étape de nettoyage est parfois un peu fastidieuse mais primordiale à la qualité des livrables à venir !! A ne pas négliger !!

Il est possible désormais de lancer l'ultime étape du traitement PIX 4D, avec la création du **DSM (Digital Surface Model)** et de l'**ORTHOMOSAIC**.





BAGIEU christophe  
**BTS MGTMN**

Fiche n°18

Photogrammétrie aérienne et terrestre  
Levé en zone semie-urbaine  
PIX4D

Voici l'orthophoto générée, il sera essentiel de vérifier les options de générations avant calcul. Vous pourrez déterminer les caractéristiques futures de cette orthophoto : poids, extension, qualité..... en fonction de votre cahier des charges.



Le projet ainsi terminé il est possible de l'exporter dans le format souhaité en fonction du besoin client :

- nuage de points pour modélisation : .las, .laz, .xyz, .e57 (<https://youtu.be/3ScTeMmqiH8>)
- OBJ, MTL,....
- fichiers vidéos de visite du site .mp4 .. (<https://youtu.be/DI7u-2PPvQ>)
- autres...

Le nuage de points est pour nos métiers souvent le livrable recherché. En fonction du besoin, il est intéressant parfois de dissocier le « bâti » du « TN » et il est possible de segmenter ou de classifier automatiquement (ou presque ☺).



Cette classification permet (avec un minimum de traitement) de scinder les éléments caractéristiques et ainsi de les séparer en vue d'exploitation :

- maquette .rvt
- MNT et courbes de niveaux Covadis
- voiries, réseaux
- autres.....

Ces dispositifs ne sont pas « parfaits » mais permettent un gain de temps non négligeable.

Dans notre cas et afin de réaliser la maquette numérique totale du bâtiment, nous avons réalisé le levé complémentaire total de l'intérieur de la bâtisse.

Ce levé a été effectué au Laser Scanner FARO 130. Il comprend 80 positions différentes assemblées sur le logiciel TRIMBLE REAL WORKS.

L'ensemble du nuage de points est la base de la modélisation. Voici une visualisation de la création de la maquette dans REVIT

### Travail d'un étudiant de Licence GEO 3D - IMBERT jérémy

Vidéo de communication de sa formation <https://youtu.be/F51Xb2OfcFc>



Nous arrivons au terme de cette étude de cas simple mais complète sur les modes d'acquisition et de traitement. Vous êtes prêts pour des projets de plus grande ampleur ☺ !



BAGIEU christophe  
**BTS MGMTN**

Fiche n°21

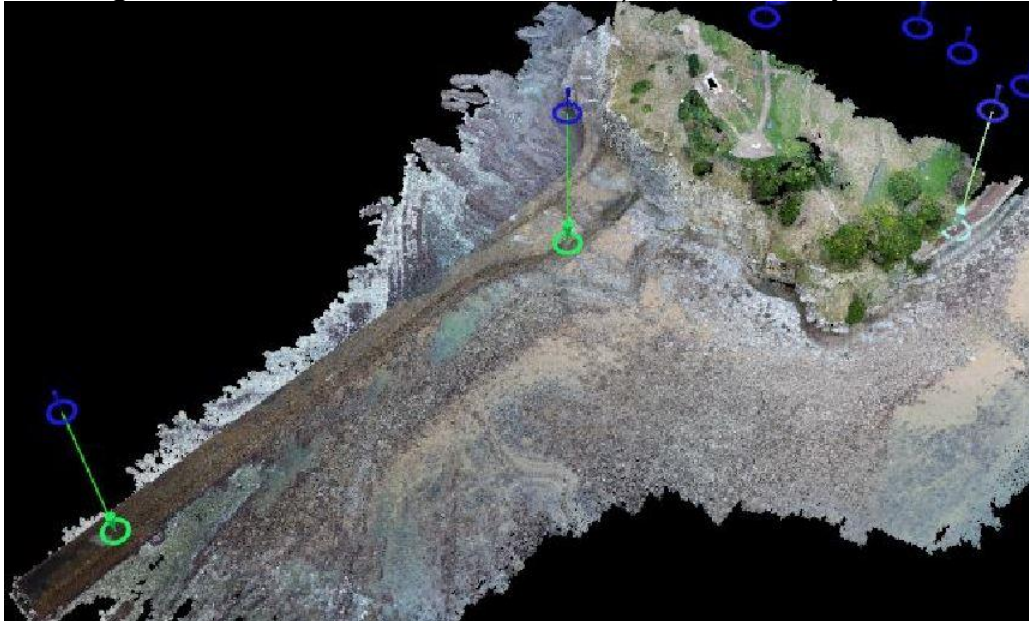
Photogrammétrie aérienne et terrestre  
Levé en zone semie-urbaine  
PIX4D

Voici quelques exemples de chantiers réalisés avec les élèves du BTS MGMTN et de la Licence GEO 3D.

Numérisation **Digue de Saint Jean de Luz - 64500 -**  
(Projet de Recherche sur l'érosion marine) **1000 images**

Visualisation **PIX 4D** <https://youtu.be/YNKDhCq8Pp0>

Un petit bug de modélisation...trouver charly ☺. Il faut toujours contrôler !!!!



Numérisation de **Carrière - 64 -**

Test drones **2500 images**

Visualisation **PIX 4D** ( <https://youtu.be/0hsPMNU6R9c> )



Numérisation du « **Petit Bayonne** » quartier historique de la Ville.

**3500 images** ([https://youtu.be/-IU57yK\\_GVE](https://youtu.be/-IU57yK_GVE))

Complément terrestre au Back Pack – LEICA - <https://youtu.be/FN1gHJnTbj8>

Visualisation **REAL WORKS** terrestre et aérien (<https://youtu.be/KU9boi0hja0>)



Numérisation **INDOOR and OUTDOOR** du lycée CANTAU **4500 images**

Levé terrestre **ROBIN, Back Pack**([https://youtu.be/Av0zYGHLq\\_k](https://youtu.be/Av0zYGHLq_k)) et **Géoslam horizon**

Visualisation drone partielle **PIX 4D** (<https://youtu.be/DWVFb3FqSzg>)

Visualisation intérieure de l'atelier de Maçonnerie (<https://youtu.be/p9OleyxxFLY>)





## **6/ Prospective sur cette technologie :**

La photogrammétrie aérienne rapprochée est fonction de trois paramètres :

- Les logiciels de traitement de la donnée,
- Les vecteurs d'acquisition type drone,
- Les capteurs : APN.

Ces derniers sont en **perpétuelles mutation et progression**.

### **6.1/ Les logiciels de photogrammétrie :**

Vous disposez en fichiers joints des images brutes que vous pourrez traiter avec tous les logiciels du marché ( TRIMBLE, LEICA, BENTLEY, Micmac et autres ).

Chacun a ses spécificités, inconvénients et avantages : traitement plus rapide, nombre d'images utilisables, qualité des rapport de calcul, MESH de meilleure qualité, coût ..Bref il sera très intéressant de vous faire votre avis sur ces solutions !

Vous choisirez ainsi, en fonction de l'étendue de la future mission et de son cahier des charges la solution logicielle adéquate. **N'hésitez pas à nous contacter si nécessaire !! ☺**

### **6.2/ Les drones professionnels :**

A l'instar des logiciels ces matériels sont en perpétuelle évolution, vous devrez veiller à faire correspondre votre besoin au matériel utilisé. Il faudra porter attention aux qualités **l'APN embarqué**, de sa **géolocalisation**, au **comportement en vol**, à son **autonomie** et sa facilité d'utilisation. Nous avons utilisé notre HELICEO FOX6, le marché aujourd'hui propose des drones avec cibles au sol, sans cibles (**RTK**) avec des APN de plus en plus efficaces. Voici quelques exemples du plus simple au plus sophistiqué.

DJI Phantom 4 pro V2



YUNEEC H520



DJI INSPIRE 1 V2 et 2



DJI MATRICE 210



**LEICA Aibot – Base Matrice 600**

<https://leica-geosystems.com/fr-FR/products/uav-systems>



**Microdrones md4-1000**

<https://www.geomesure.fr/Actualités/Actualités>





BAGIEU christophe  
**BTS MGMTN**

Fiche n°24

Photogrammétrie aérienne et terrestre  
Levé en zone semie-urbaine  
PIX4D

Rq1 : il est évident que vous n'obtiendrez pas la même précision en fonction des drones et APN utilisés. A vous de choisir en fonction de votre cahier des charges.

Rq2 : les solutions avec **LIDAR embarqué** sont aussi disponibles et **très intéressantes**, mais ce n'est plus l'objet de notre étude ☺

[eduscol.education.fr/sti/ressources\\_pedagogiques/bim-lasergrammetrie-terrestre](https://eduscol.education.fr/sti/ressources_pedagogiques/bim-lasergrammetrie-terrestre)

Rq3 : nous n'avons pas évoqué la législation des vols professionnels en drone, si questions vous pourrez vous référer aux documents règlementaires situés à l'adresse suivante :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/drones-usages-professionnels>

Rq4 : le lycée CANTAU forme ses étudiants **BTS MGMTN** et **Licence GEO 3D** au « **permis drone** » depuis 2015 (théorique et pratique). Il est évident que cela est contraignant d'organiser un tel rajout au référentiel mais c'est une belle aventure !!! En moyenne les étudiants sont diplômés à **90 %** (à ce jour une centaine de télépilotes) et leur **insertion professionnelle en est accrue !!**

## 7/ CONCLUSION DE L'ETUDE:

Voici donc la façon dont l'équipe pédagogique aborde **dans un premier temps** ce module de formation avec les étudiants du lycée, **pendant les pré requis à cette séquence** sont des séances **essentiels** relatives :

- à l'**imagerie pure** (définition, géométrie et traitement d'image...),
- aux **principes fondamentaux de la photogrammétrie** (corrélation, algorithmes...),
- aux **principes fondamentaux d'acquisitions des images** (recouvrement, GSD, ISO...).

Ces préalables permettent d'insister sur les « éléments clés », les « aliments de base » d'une étude photogrammétrique de qualité. Contrairement aux logiciels et matériels qui sont en perpétuelles évolutions ces points essentiels resteront les **fondamentaux** de la photogrammétrie.

**Cependant il ne faudra pas**, et cela est aisé avec les nouvelles évolutions conviviales des logiciels, perdre notre **esprit de contrôle** du résultat final. En effet le temps de calcul est en majorité un temps machine, il est facile d'avoir rapidement un rendu 3D agréable et « vendeur ». **Notre travail est de le certifier et ce ne sera jamais une perte de temps et souvent une nécessité !!!! ☺**

Cette présentation est succincte, imparfaite et amendable à souhait, nous sommes preneurs de vos remarques et questions.

Dans ce cas, voici le contact : christophe.bagieu@wanadoo.fr

A vous de jouer !! ☺

Fichiers source du projet :

<https://drive.google.com/open?id=1QRGDWEqDmmV88ftoPqyljAvDdxvKT--V>

L'équipe Géomètre Topographe.