# <u>Qualification de la caméra</u> <u>stéréo ZED</u>



Encadrement : Antoine Pinte

# TABLE DES MATIERES

Int	rodu	iction	2
١.	Pr	ise en main de la caméra	3
A	۹.	Installation	3
E	3.	Caractéristiques et fonctionnalités	4
(	2.	Calibration	4
11.	Et	ude des données d'acquisition de la caméra	7
A	۹.	Etude de la qualité métrique des données	7
	1.	Mesures de distance par acquisition statique	7
	2.	Mesure de distance à l'objet	9
	3.	Comparaison avec un nuage laser	10
E	3.	Effets de la rotation	11
(	2.	Limites de la caméra et de la reconstruction 3D	13
	1.	Vitres/Reflets	13
	2.	Surfaces unies et éclairage	14
	3.	Eléments fins et structures répétitives	14
	4.	Mouvements brusques	15
	5.	Rolling shutter	16
III.		Etude de la dérive	17
A	۹.	Principe du test	17
E	3.	Chantier du chemin	17
	1.	Traitement des données avec le logiciel de la camera ZED	17
	2.	Traitement des données avec le logiciel MicMac	19
(	2.	Chantier de la rue Violette	21
	1.	Traitement des données de la camera ZED avec MicMac	21
	2.	Comparaison avec une acquisition photogrammétrique classique	23
IV.		Conclusion	25
V.	An	inexes	26
٦	uto	riel d'installation Windows	26
٦	uto	riel d''utilisation MicMac avec la caméra ZED	26

# **INTRODUCTION**

La caméra ZED est un outil développé par la startup française Stereolabs en 2015, qui permet de réaliser des modèles 3D à partir d'une simple prise de vue en vidéo. L'avantage de cet outil est sa simplicité d'utilisation, ainsi que son coût (499\$). On pourrait le qualifier d'alternative low cost au LASER ou aux appareils photo coûteux utilisés à l'ENSG. En outre, l'atout principal de cet outil est que les nuages 3D générés sont métriques ; ainsi, en théorie, il n'y a pas besoin de points d'appuis connus en coordonnées sur le terrain pour avoir un nuage qui soit à l'échelle.

Durant ces trois semaines, nous avons donc dû tester la caméra ZED, et déterminer ses limites. Il s'agissait de tester la qualité métrique des données, mais également de voir quelles sont les contraintes pour avoir une prise de vue optimale (en termes de mouvement ou de vitesse, par exemple). L'idée était également de confronter les données de la ZED aux données obtenues avec des outils étudiés cette année, allant d'outils topométriques à des outils photogrammétriques (acquisition avec Reflex puis traitement MicMac).

Durant ce projet, nous essaierons d'appréhender les capacités réelles de la caméra ZED, afin de voir si elle est utilisable par des professionnels pour des travaux photogrammétriques.

# I. PRISE EN MAIN DE LA CAMERA

# A. INSTALLATION

# MATERIEL A DISPOSITION

La caméra ZED est livrée dans un boitier avec un mini-tripode et une clé USB contenant :

- Plusieurs versions de firmware
- Des installeurs du kit de développement ZED (ZED SDK) pour chaque plateforme supportée (Windows, Linux, processeurs embarqués Jetson)
- Un module d'intégration à l'outil de création de jeu vidéo Unity
- Un lien vers la documentation en ligne





Le ZED SDK comporte, lui :

- Une application nommée ZEDFu de réalisation en temps réel ou différé et visualisation de modèle 3D texturé (au format .obj)
- Des outils :
  - ZED Calibration, pour calibrer une caméra ZED à l'aide d'un écran d'ordinateur
  - ZED Depth Viewer, pour visualiser et faire des mesures de profondeur à partir d'une prise de vues temps réel ou enregistrée
  - ZED Diagnostic, pour évaluer l'installation du SDK et l'environnement matériel
  - ZED Explorer, pour paramétrer, réaliser et visualiser des prises de vues (enregistrées au format propriétaire SVO)
  - o ZED SVOEditor, un programme en ligne de commande pour scinder des prises de vues SVO
- Des exemples de programmes réalisés avec le SDK avec leur code source en C++
- Des plugins pour MatLab, Unity et la suite logicielle pour la robotique ROS

#### **CONFIGURATION MINIMALE**

La caméra ZED est reconnue par défaut comme un périphérique vidéo. On peut donc récupérer les flux vidéo sans l'aide d'installeurs ou drivers particuliers. Cependant, pour utiliser l'outil d'acquisition de prises de vues fourni avec la ZED, il est nécessaire d'avoir :

- Un port USB3.0 reconnu comme tel
- Le kit de développement ZED SDK (fourni via l'installeur sur la clé)
- La plateforme de calcul CUDA (qui nécessite une carte graphique NVIDIA pour être totalement opérationnelle, mais néanmoins indispensable pour le ZED SDK)

### **CONFIGURATION AVANCEE**

Pour utiliser les outils de calcul de profondeur, de reconstitution 3D et plus généralement pour créer et utiliser tous les outils développés avec le ZED SDK, il est nécessaire d'avoir en plus :

- Une carte graphique NVIDIA
- L'environnement de développement Microsoft Visual Studio 2015
- La librairie OpenCV 3.2 (jusqu'à la version 2.0 du SDK)
- Le moteur de production CMake

# B. <u>CARACTERISTIQUES ET FONCTIONNALITES</u>

## **CARACTERISTIQUES**

- Deux caméras espacées de 12 cm.
- Objectifs d'ouverture f/2.0 et angle de vue horizontal de 110° maximum.
- Capteurs 1/3" de 4 mégapixels, pixels larges de 2 microns, format 16/9.
- Modes vidéo :

2.2K	(2208x1242 pixels/image)	à 15 fps
1080p	(1920x1080 pixels/image)	jusqu'à 30 fps
720p	(1780x720 pixels/image)	jusqu'à 60 fps
WVGA	(672x376 pixels/image)	jusqu'à 100 fps

- Enregistrement en qualité Raw, Lossless ou Lossy.
- Obturateur déroulant (rolling shutter) à synchronisation électronique.

## **FONCTIONNALITES**

- Capture vidéo aux résolutions et fréquences ci-dessus.
- Extraction de photographies corrigées de la distorsion ou brutes.
- Perception de la profondeur à partir de 50 cm jusqu'à 20 m.
- Réalisation de modèle 3D et suivi de la position en temps réel à partir de la vision stéréoscopique et d'algorithmes de localisation et cartographie simultanées (SLAM en anglais).

# C. <u>CALIBRATION</u>

# **CALIBRATION PAR LE LOGICIEL**

Nous avons cherché à effectuer la calibration de la caméra de différentes manières. Tout d'abord, nous avons utilisé l'exécutable fourni par Stereolabs : ZED Calibration. Il s'agit d'un processus guidé qui affiche un damier sur lequel l'utilisateur doit viser différentes cases suivant les indications du logiciel. Cette solution a le mérite d'être simple et facile à appliquer. Nous l'avons effectué sur un seul ordinateur pour la résolution HD720 mais en testant sa répétabilité trois fois de suite.



Nous avons donc obtenu des fichiers de calibration pour ces trois opérations.



On observe de faibles différences, d'environ une unité sur les valeurs de calibration. Il faut noter que le processus n'a pas été effectué dans les conditions optimales préconisées, à savoir dans une pièce la plus sombre possible, pour éviter les perturbations dues aux reflets sur l'écran, ce qui peut expliquer en partie ces variations.

#### **CALIBRATION D'USINE**

D'autre part, on peut récupérer le fichier de calibration propre à notre caméra. En effet, grâce à son numéro de série, il est possible de retrouver le bon fichier en suivant les indications données au lien suivant :

https://www.stereolabs.com/developers/calib/

Avec notre numéro de série propre, il s'agit donc pour nous du fichier SN000012854.conf contenant l'ensemble des informations selon toutes les résolutions disponibles. Malheureusement, nous pensons que ce fichier n'est pas représentatif de l'état actuel de la caméra. C'est pourquoi nous utiliserons plutôt des fichiers de calibration élaborés par nos soins.

Extrait du fichier de calibration de Stereolai	de calibration de Stereolabs
--	------------------------------

[STEREO]
Baseline=120
CV_2K=0.0062903
CV_FHD=0.0062903
CV_HD=0.0062903
CV_VGA=0.0062903
RX_2K=0.0018836
RX_FHD=0.0018836
RX_HD=0.0018836
RX_VGA=0.0018836
RZ_2K=0.00285702
RZ_FHD=0.00285702
RZ_HD=0.00285702
RZ_VGA=0.00285702

#### **CALIBRATION AVEC MICMAC ET LE POLYGONE D'ETALONAGE**

La caméra possède une grande focale (24 mm). La distorsion existe et entre en jeu pour les reconstitutions. On la corrige aussi avec MicMac, bien que le logiciel de la ZED puisse s'en charger. Avec MicMac, après une mise en place, les paramètres de calibration auront été trouvés : le PPA, le PPS et les coefficients du polynôme de distorsion.

Voici une comparaison sur un rendu en nuage de point en ignorant totalement la distorsion avec MicMac puis en la traitant :



Ces paramètres rentrent directement dans les équations de l'orientation. On peut les donner en conditions initiales ou laisser MicMac les déterminer. Reste encore de voir si MicMac détermine des paramètres assez semblables à la calibration intrinsèque à la caméra ZED.

Pour cela, nous nous sommes appuyés sur le polygone d'étalonnage du centre IGN. Nous connaissions donc les coordonnées de chaque ciblette en récupérant le travail des géomètres.

Nous avons tout d'abord réalisé une acquisition vidéo en HD720 de manière stable et lente. Après avoir extrait les images de cette vidéo, nous avons utilisé MicMac pour saisir des points d'appui et effectuer le géoréférencement par compensation par faisceaux. De manière analogue nous nous sommes chargés de l'acquisition 1080p et avons procédé au même traitement.

Les données de calibration de la caméra ZED ont été interprétées dans MicMac avec un traitement test. D'un autre côté nous produisions un traitement sans contrainte. On a pu comparer les photos corrigées de la distorsion estimée dans chacun des cas, et c'était très ressemblant visuellement, mais aussi en regardant les paramètres de plus près.



<u>Remarque</u> : on a bien les façades de la porte non droites sur l'image de gauche qui montrent l'absence de correction. Et sur la droite les corrections MicMac, les deux tests produisant visuellement la même image. On peut donc bien faire confiance à MicMac.

C'est donc avec une capture précise et rigoureuse et en prenant en compte cette contrainte que l'on pouvait parler d'une bonne calibration. Elle nous a permis notamment d'estimer le vecteur de rattachement, c'est-à-dire la translation métrique et la rotation entre les 2 caméras.

La calibration nous donne non seulement un bon modèle mais aussi des paramètre de correction de la distorsion et le vecteur de rattachement qui serviront de référence dans les prochains chantiers photogrammétrique de la ZED.

# II. ETUDE DES DONNEES D'ACQUISITION DE LA CAMERA

# A. ETUDE DE LA QUALITE METRIQUE DES DONNEES

# 1. MESURES DE DISTANCE PAR ACQUISITION STATIQUE



**PROTOCOLE** 

Pour travailler sur la qualité des données métriques fournies par la caméra ZED, on effectue une série d'acquisitions en statique d'un même élément, à différentes distances. L'élément en question est un mur du centre IGN où l'on peut voir les ciblettes 119 et 1119 du polygone d'étalonnage. Celles-ci étant

connues en coordonnées, on peut connaître leur distance réelle et la comparer avec la distance mesurée sur les différents nuages de points acquis. Cela permettra de déterminer l'erreur en fonction de la distance à l'objet.

Une acquisition est faite tous les mètres, entre 2 et 12 m. Pour ce faire, on place un décamètre perpendiculairement au mur. Ensuite, pour chaque mesure, un trépied est centré et bullé exactement au-dessus de la graduation correspondante afin d'avoir la meilleure précision possible. La caméra enregistre pendant approximativement 20 secondes à chaque acquisition.

#### TRAITEMENT DES DONNEES

Les fichiers SVO obtenus sont ensuite traités avec l'application ZEDFu pour obtenir des nuages de points. On cherche à avoir la meilleure résolution possible pour pointer les ciblettes le plus précisément possible dans le nuage. Pour cela, on fait plusieurs traitements en faisant varier les deux paramètres à notre disposition :

- La résolution (distance entre les points du nuage)
- Le range, qui définit la distance maximale des objets à la caméra. Après plusieurs tests, on finit par la fixer au maximum possible, à savoir 20 mètres.

Jusque 7 mètres, on obtient des nuages où les ciblettes sont visibles et pointables, comme sur le nuage ci-contre :



Nuage obtenu à une distance de 5m



Nuage obtenu à une distance de 10m

Mais ensuite, le mur est complètement déformé, sans doute parce que l'absence de mouvement n'a pas permis d'avoir des informations redondantes et donc de bien restituer la forme du mur. Seules les valeurs entre 2 et 7 mètres sont exploitables, ensuite les ciblettes ne sont plus pointables.

#### MESURES DE DISTANCE DANS LE NUAGE

On dispose des données des autres groupes, qui avaient fait des chantiers topométriques sur le polygone d'étalonnage. Les coordonnées des points étant connues, on peut calculer la distance qui les sépare grâce à la formule suivante :

$$d = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2 + (z1 - z2)^2}$$

La distance vraie vaut donc 1,5258 mètre.

Pour chaque nuage de points, on mesure la distance entre les ciblettes. Pour ce faire, on pointe chaque ciblette avec l'outil d'alignement de deux nuages de points de CloudCompare, qui affiche les coordonnées des points sélectionnés. On entre ensuite ces données dans un tableur, qui calcule la distance ainsi que l'écart à la distance vraie.

3 mètres (précision 1 cm)				
Distance vraie	1.525884989			
Coordonnées de A	-0.702456 0.662657 -3.0939			
Coordonnées de B	0.840486	0.585383	-2.9712	
Distance mesurée	1.549744769			
Ecart	-0.02385978			

#### **RESULTATS ET INTERPRETATION**

Ces données sont ensuite stockées dans un tableur, afin de générer un graphique qui rende compte de nos résultats. On utilise ensuite l'outil de modélisation pour générer un modèle théorique qui corresponde le mieux à nos résultats :



L'écart est présent dès l'acquisition à deux mètres, avec 1,6 cm d'erreur, et augmente de manière exponentielle avec la distance à l'objet jusqu'à atteindre 10 cm à 7 mètres de distance. Même si ce résultat reste entaché de l'erreur de pointage sur le nuage de points, il fait ressortir les deux points suivants concernant la caméra ZED :

- En statique, il est impossible de faire un modèle 3D exploitable au-delà de 7 mètres
- L'erreur que l'on vient de mettre en évidence remet en cause le principal atout de la caméra ZED, à savoir le fait qu'elle produise directement des données métriques sans avoir besoin de points connus sur le terrain.

On pourrait arguer que la ZED n'est pas faite pour être utilisé en mode statique, mais après tout c'est le fait d'avoir deux caméras qui la distinguent d'un appareil photo classique et qui fait tout son intérêt. Avec un appareil photo classique, on est obligé de faire au moins deux prises de vue. Avec la ZED, on aurait pu s'attendre à pouvoir s'en passer. Malgré son caractère « stéréoscopique » affirmé par Stereolabs, il semble que la ZED ait besoin de plus de redondance d'informations pour générer un nuage de points d'une précision centimétrique.

### 2. MESURE DE DISTANCE A L'OBJET

#### **PROTOCOLE**

Le test précédent donnait une idée de la précision de la géométrie du nuage de points, il reste à estimer la précision de la distance du nuage par rapport à la caméra. Pour cela, on utilise l'outil Depth Viewer fourni avec la caméra, qui permet de visualiser un fichier vidéo et de pointer à tout moment un détail de l'image pour obtenir la distance qui le sépare de la caméra.



L'interface de Depth Viewer montre ici l'image de la caméra gauche, la carte de profondeur mise à jour en continu (plus la nuance est sombre et plus le pixel de l'image est considéré comme loin de la caméra), et le modèle 3D texturé estimé, lui aussi mis à jour en continu. Le trait vert représente le segment entre le centre de la caméra gauche et le détail pointé dans le nuage, avec la distance estimée inscrite en bas à gauche de la vue. Les pointés successifs nous permettent de comparer la distance réelle et la distance mesurée par la caméra.



#### **RESULTATS**

L'écart entre la distance réelle et la distance mesurée augmente donc avec l'éloignement, allant d'un écart nul à une distance de 2m jusqu'à plus de 2m d'écart à une distance de 12m. Les valeurs sont entourées d'un intervalle : en effet, le logiciel calcule la distance à chaque instant, en mesurant dans l'image extraite de la vidéo. C'est pourquoi le résultat est actualisé plusieurs fois par seconde, et oscille dans un certain intervalle, que nous avons représenté sur le graphique ci-dessus.

# 3. COMPARAISON AVEC UN NUAGE LASER

L'objectif de ce test est de calculer la précision du nuage de points créé par la caméra ZED en comparant un nuage de points créé par la ZED à un nuage de points pris au laser.

# **PROTOCOLE**

- Pose de ciblettes sur le muret
- Acquisition avec la caméra ZED de la zone d'étude
- Mise en place de points de référence pour le laser (sphère LEICA, HDS...)
- Levé laser de la zone d'étude, scan fin sur les ciblettes
- Calcul des coordonnées des ciblettes grâce au Laser
- Création des nuages de points de la caméra ZED et du Laser
- Recalage des deux nuages
- Analyse du recalage et donc de la précision de la caméra ZED



#### **CALCULS ET RESULTATS**

	X	Y	Z	Error		
A7	-1.46944	6.74121	-0.514109	0.000836342	×	
A8	-1.01889	6.7777	-0.130932	0.0112449	×	
A9	-0.654407	6.90811	-0.761284	0.0186833	×	ſ
A10	-0.24971	6.94783	-0.434028	0.0265183	X	
~10						
A11	-1.99407 ow 'reference' X	6.61901 cloud <b>E</b>	-0.196204	0.00682629 Error	*	
A11 A11 A11 A11	-1.99407 ow 'reference'	6.61901	-0.196204	0.00682629 Error		
A11 7 sh  R7	-1.99407 ow 'reference' X -1.73913	6.61901 cloud () Y 4.63912	-0.196204	0.00682629 Error 0.000836342	*	
A11 7 sh  R7 R8	-1.99407 ow 'reference' X -1.73913 -1.30295	6.61901 cloud Y 4.63912 4.71363	-0.196204	0.00682629 Error 0.000836342 0.0112449	*	
A11 A11 Sh R7 R8 R9	-1.99407 ow 'reference' X -1.73913 -1.30295 -0.939872	6.61901	-0.196204	0.00682629 Error 0.000836342 0.0112449 0.0186833	*	
A11 A11 Sh R7 R8 R9 R10	-1.99407 ow 'reference' X -1.73913 -1.30295 -0.939872 -0.545002	6,61901 doud Y 4,63912 4,71363 4,77349 4,84875	-0.196204	0.00682629 Error 0.000836342 0.0112449 0.0186833 0.0265183	*	

Nous avons utilisé le logiciel CloudCompare pour l'ensemble des calculs suivants. Après avoir inséré les nuages de points du laser ainsi que de la caméra ZED dans leur repère respectif, nous avons effectué un recalage du nuage de points de la caméra ZED sur celui du laser.

Les coordonnées des points de calage du laser étant calculées préalablement, nous les avons rentrées manuellement lors de la manipulation. Quant aux points de calage de la caméra ZED, nous les avons pointés directement dans le nuage de points. Pour le premier calcul de calage, nous avons fixé l'ajustement

d'échelle. Les deux nuages étant à la même échelle, il ne devrait pas y avoir de facteur d'échelle.

Nous obtenons donc des erreurs de calage de l'ordre de 2 à 3 cm sur certains points. Cela nous donne une première idée de la précision de la caméra. Nous avons effectué un deuxième calcul avec cette fois-ci la prise en compte de l'ajustement de l'échelle. Le plus grand écart obtenu est de 1,4 cm. Nous obtenons un facteur d'échelle de 0.9921 ce qui n'est pas négligeable (erreur de 1,8%).

1	Final RMS: 0.00738767					
-	Transf	ormatio	n matrix	ĸ		
	0.992	0.006	-0.009	-0.335		
	-0.005	0.986	0.110	-1.960		
	0.009	-0.110	0.986	0.150		
	0.000	0.000	0.000	1.000		
	Scale: (	0.9921 (	already -	integrate	d in above	e matrix!
	Refer t	o Conso	ole (F8) 1	for more	details	
					200	

Grâce aux différentes fonctions du logiciel CloudCompare nous avons pu lancer un calcul de distance entre nos deux nuages de points. Voici un aperçu après le calcul :



On peut voir sur l'échelle ci-dessus que les variations de distance entre les deux nuages de points sont comprises entre +1.5 cm et -3 cm. Les paramètres de la caméra sont censés nous donner une précision au centimètre, ce qui est presque le cas. À noter, le nuage de points acquis avec la ZED compte seulement 80 000 points, alors que celui acquis au laser en compte près d'un million. Cette différence fait que le nuage acquis avec la ZED donne un mur plus « lissé » que celui obtenu avec le laser. On observe ainsi logiquement que les distances les plus grandes se trouvent dans les creux entre les roches (jusqu'à -3 cm) ainsi qu'au niveau des aspérités (jusqu'à +1,5 cm).

# B. EFFETS DE LA ROTATION

# **PROTOCOLE**

Afin de tester les effets de la rotation de la caméra lors d'une acquisition, nous avons réalisé un test sur le mur à l'entrée Sud du centre IGN. Nous avons effectué différents paliers de vitesse en pivotant de plus en plus rapidement la caméra en obtenant à chaque fois l'ensemble du mur.







Page : 11/35

Nous avons testé cinq degrés de vitesse différents, que nous pouvons par la suite chiffrer, sachant que nous avions réglé la caméra ZED en HD720, avec 60 frames par seconde.

DEGRE DE VITESSE	NOMBRE DE FRAMES	TEMPS D'ACQUISITION (S)
Très lent	621	10.35
Lent	337	5.60
Moyen	165	2.75
Rapide	120	2
Très rapide	67	1.10

Nous avons pu approximer la taille du mur grâce à CloudCompare en sélectionnant un point en haut et en bas de ce mur à partir de la reconstruction la plus précise. Nous obtenons ainsi, par différences des coordonnées locales en Y une hauteur de mur d'environ 3,30m.

Nous avons ensuite cherché à mettre en avant le changement de densité en fonction de la vitesse de rotation. Pour cela, nous avons utilisé l'outil « Density » du menu Tools dans CloudCompare, en sélectionnant les sommets de nos mailles.

Cette option permet donc d'estimer la densité d'un nuage de points. Nous avons utilisé la méthode « Precise », c'est-à-dire que la densité est estimée en comptant pour chaque point le nombre de voisins à l'intérieur d'une sphère de rayon précisé. Sur l'échelle commune à l'ensemble des prises de vue, nous avons donc des informations sur le nombre de voisins dans chaque sphère.

Les couleurs représentent donc une concentration plus ou moins grande de points dans une sphère de rayon choisi. Nous avons voulu avoir des sphères avec un volume d'un m<sup>3</sup>. Ainsi, puisque le volume d'une sphère s'obtient avec la formule :  $V = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3$ . On a alors un rayon d'environ 0.6204m.



**RESULTATS** 

Jusqu'à la vitesse de rotation moyenne, on observe peu de variation de la densité sur le pan faisant face à la caméra (avec une valeur d'environ 8 000 points par m<sup>3</sup>). Cependant, on observe de plus en plus des manques dans la reconstruction avec le logiciel de fusion ZEDFu, avec le pan de mur à gauche de moins en moins bien reconstitué jusqu'à disparaître complètement à la vitesse rapide. Lors du balayage très rapide, la reconstruction n'est absolument plus assurée.



Comme nous n'avions pas de reconstruction satisfaisante avec les balayages rapide et très rapide, nous avons réalisé plusieurs reconstructions en réglant la résolution post-traitement (pas de la grille en cm) à des valeurs différentes. À vitesse très rapide, et à une résolution de 10 cm, nous observons donc une répartition homogène des points, bien que la densité soit relativement faible. Malgré cela, il faut ajouter que la texture reste peu exploitable avec une telle résolution.

# C. LIMITES DE LA CAMERA ET DE LA RECONSTRUCTION 3D



1. VITRES/REFLETS

Nous avons observé que les reflets dans les vitres et les surfaces brillantes comme les tableaux blancs mettaient en défaut la reconstruction 3D par le logiciel ZEDFu. Les reflets perçus par la caméra gauche et par la caméra droite n'étant pas exactement vus au même endroit (au contraire d'un détail fixe comme une poignée par exemple), le reflet est compris comme étant sur un plan bien plus éloigné que ce qui l'entoure, ce qui conduit à une déformation grossière « vers l'arrière » (par rapport à la caméra) de la surface réfléchissante. On peut le voir ici, où le pare-brise est étiré jusqu'à l'intérieur de la voiture (la caméra venait de la gauche et se déplaçait vers la droite).

### 2. SURFACES UNIES ET ECLAIRAGE



Parfois, les surfaces planes unies sont elles aussi mal comprises, d'autant plus en présence d'ombres et plus généralement de variations de luminosité. Elles peuvent alors présenter des déformations aberrantes comme ici où le mur est « creusé », et même possède un pan de mur à angle droit de sa vraie orientation dans la reconstitution de l'image gauche. Enfin, les zones transitions entre surface éclairée et surface à l'ombre présentent souvent des trous où la reconstitution 3D n'a pas été possible.

#### 3. Elements fins et structures repetitives



Les structures fines comme les barreaux de la grille ne sont pas bien comprises par la reconstruction 3D ZEDfu. L'espacement et la largeur des barres de la grille étant sensiblement du même ordre de grandeur que la résolution du maillage 3D (quelques centimètres), le logiciel ne parvient pas à différencier efficacement les barres entre elles et les barres par rapport à leur arrière-plan, conduisant à des corrélations erronées ou aucune corrélation.



On observe également des difficultés à reproduire fidèlement le carrelage. Les alternances de joints sombres et clairs créent un effet de « vaguelettes ». Les joints sont reconnus et reproduits en 3D avant les surfaces planes des carreaux. Quand la caméra bouge trop vite, ces derniers n'ont pas le temps d'être reproduits.



# 4. MOUVEMENTS BRUSQUES

Un mouvement trop brusque de la caméra peut faire perdre au logiciel le suivi de la position de celle-ci dans son environnement. Quand il pense l'avoir retrouvée (par rapport au modèle 3D déjà reconstitué), il y a presque toujours un décalage dans une direction et/ou une rotation. Ici, le saut est visible au niveau du volet fermé et de la route, ceux-ci étant placés 20 cm trop haut par rapport à leur position initiale. Malheureusement, ces soubresauts sont fréquents lors d'un déplacement à pied et encore plus sur un support roulant non amorti (comme un caddy). Une sorte de steady-camera serait idéale.

# 5. ROLLING SHUTTER

Les objectifs de la caméra étant dotés d'obturateurs déroulants (rolling shutter), un déplacement de la caméra et/ou du sujet peut entraîner une géométrie déformée, du fait que le haut de l'objet n'est pas perçu par le capteur exactement au même moment que le bas de l'objet. Cette déformation, même si elle est faible, peut poser des problèmes notamment au moment de la calibration sur le polygone d'étalonnage. Un moyen d'y remédier est de veiller à conserver un déplacement lent de la caméra, voire d'extraire des photos aux moments où la caméra est tout à fait statique.



# III. <u>Etude de la derive</u>

# A. PRINCIPE DU TEST

Nous avons jusqu'ici étudié des objets bien délimités et assez petits, avec des acquisitions qui permettaient à la caméra d'avoir des informations assez redondantes. On peut maintenant étudier l'efficacité du traitement de la caméra, et particulièrement de l'exploitation des points de liaisons entre les prises de vue. L'idée est de voir, sur un objet plus ou moins rectiligne comme un chemin ou une route, si la caméra sera capable de rendre exactement son tracé, ou s'il y aura une **dérive**. Une application serait d'utiliser la ZED pour le calcul d'une trajectographie, lors d'absence de signal GPS par exemple : l'idée est donc d'étudier, comme pour une centrale inertielle, la dérive de ce système. Pour cela, on confrontera les données de la ZED à des données acquises par des méthodes topométriques, dans un système de référence arbitraire, en utilisant la chaîne de traitement ZED puis une chaîne de traitement photogrammétrique classique. Enfin, on comparera ces résultats à une acquisition photogrammétrique classique obtenue avec un appareil photo Reflex.

Un axe de questionnement porte sur la qualité des résultats en fonctions des obstacles présents aux bords de la route ou du chemin. Pour cela, nous avons étudié deux lieux distincts :

- Un chemin étroit et encombré de végétation, aux alentours du centre IGN
- La rue Violette dans le centre-ville de Forcalquier, rue étroite bordée des deux côtés par les façades de hautes maisons.

# B. <u>Chantier du chemin</u>

Le chemin étudié est situé à 50 mètres du centre de l'IGN. Il part du chemin de Saint-Marc et descend jusqu'à la route qui mène au lieu-dit « Le Viou ». Il est long de près de 100 mètres, avec un dénivelé de 12 mètres.





C'est un lieu intéressant pour notre étude, car il y a beaucoup de végétation sur les abords. Il s'agit de voir si la caméra est capable de bien représenter le modelé de la végétation, et d'y repérer des petits détails comme une cible Black & White.

# 1. TRAITEMENT DES DONNEES AVEC LE LOGICIEL DE LA CAMERA ZED

# **ACQUISITION DES DONNEES**

D'abord, on réalise un levé topométrique. Il s'agit de réaliser une polygonale, et de viser des éléments identifiés sur le terrain à l'aide de cibles HDS ou de cibles black & white. Depuis chaque station, on vise toutes les autres stations, ainsi que tous les détails visibles. On choisit les emplacements des stations de façon à ce que toutes les stations soient visibles entre elles, comme on peut le voir sur le croquis ci-après :



#### TRAITEMENT DES DONNEES ET RESULTATS

Nos points sont ensuite localisés dans un référentiel local, fixé arbitrairement sur Comp3D, en donnant au point 101 les coordonnées (100, 500, 200). Les autres coordonnées sont calculées par le logiciel.

On réalise ensuite une acquisition avec la caméra ZED. Cette acquisition va nous permettre d'obtenir un nuage de points qu'il faudra ensuite géoréférencer pour comparer les coordonnées des ciblettes dans le nuage avec leurs coordonnées réelles.

Nom	Х	Y	Z
ST1	100.0000	500.0000	200.0000
ST2	100.0000	536.4417	197.1957
ST3	99.9801 5	61.7799 1	95.1805
ST4	100.5174	582.2376	193.8408
100	103.5014	490.3890	201.4621
101	96.5908 4	98.8632 2	02.0793
102	94.8906 5	04.2224 2	01.0068
103	97.6220 5	12.0710 2	01.5859
104	102.5759	509.2930	201.2371
105	102.4519	524.2915	200.0095
107	100.7989	540.5679	198.4350
109	100.4719	553.9629	197.2886
106	97.4769 5	31.3039 1	98.8367
108	97.1882 5	43.7213 1	97.5983
111	100.8856	572.6758	194.8422
113	95.7662 6	01.0130 1	94.4784
112	96.8728 5	88.1106 1	94.3481
110	96.3392 5	59.0403 1	96.7425

Pointer sur le nuage de points présente des défauts évidents : les déformations apportées par l'outil qui « texture » le nuage, la difficulté de pointer un point en 3D (voir l'image ci-dessous). Ceci explique que finalement, beaucoup de ciblettes ne soient pas visibles : notamment, les cibles HDS ne sont pas représentées dans le nuage. Cela limite l'étude aux cibles B&W visibles malgré les problèmes survenus lors de l'acquisition (la caméra a tendance à perdre ses repères quand la végétation a des teintes radiométriques trop proches, par exemple).



Les points 100, 101, 102 et 103 sont utilisés comme points d'appui. On se base sur leurs coordonnées pour géoréférencer le nuage de points dans Cloud Compare. Les autres points sont utilisés comme points de contrôle. On compare leurs coordonnées dans le nuage de points aux coordonnées topométriques, pour évaluer la dérive.



On constate que la dérive est extrêmement importante, puisqu'elle atteint 1,2m à 54m de distance. Ce résultat est néanmoins à nuancer : dans le nuage de points, il y a des « trous », parce que la caméra a perdu ses repères par moments, et a ajouté des points qui n'existaient pas. Cette interpolation crée des déformations importantes.

#### 2. TRAITEMENT DES DONNEES AVEC LE LOGICIEL MICMAC

#### **EXPORT DES IMAGES**

Pour utiliser une chaîne de traitement classique, nous avons tout d'abord extrait les photos de la prise de vues ZED (format 720p, 60 images/seconde, compression Lossy, non corrigées de la déformation de la caméra) utilisée précédemment. Cet export a été possible en utilisant le kit de développement ZED et un programme présent parmi les exemples fournis, appelé ZED SVO Recording. Ce programme est écrit en C++ et pour répondre à nos besoins, il a dû être modifié pour exporter les images non pas en vues côte à côte, mais en deux fichiers séparés. De plus, une option a été ajoutée pour permettre d'extraire les images non rectifiées de la déformation de l'objectif.

Parmi toutes les photos d'origine, seules environ 1 sur 100 ont été retenues (soit 228 au total) pour éviter trop de redondance, sauf aux endroits où le mouvement de la caméra était le plus rapide.

#### **TRAITEMENT**

Le traitement photogrammétrique des photos extraites de la ZED a été réalisé dans le logiciel MicMac, avec autocalibration des caméras. La bascule a été réalisée sur 4 points du canevas au début du chemin (points 101, 102, 103 et 104 utilisés comme points d'appui), pour pouvoir estimer une dérive sur les points restants du canevas, utilisés alors comme points de contrôle. Dans un premier temps, la base entre les caméras gauche et droite de la ZED a été laissée flottante, comme si les deux caméras étaient indépendantes. Ensuite, une nouvelle bascule a été réalisée après avoir spécifié que les deux caméras étaient liées par une base fixe, via la commande Blinis. Celle-ci a été estimée à environ 11,96 cm, ce qui est cohérent avec la valeur de 12 cm spécifiée par le constructeur. La matrice de rotation entre les deux caméras est quasiment une matrice identité, ce qui est également cohérent.

# FICHIER MICMAC-LOCALCHANTIERDESCRIPTEUR.XML DECRIVANT LA CONFIGURATION DE BASE FIXEE

```
<Global>
<ChantierDescripteur>
<KeyedNamesAssociations>
        <IsParametriZED>true</IsParametriZED>
        <Calcs>
                <Arrite>2 1</Arrite>
                <Direct>
                        <PatternTransform>noncorr_([0-9]{2,5})([LR])\.png</PatternTransform>
                        <CalcName>$1</CalcName>
                        <CalcName>$2</CalcName>
                </Direct>
                <Inverse>
                        <PatternTransform>(.*)%(.*)</PatternTransform>
                        <CalcName>noncorr_$1$2.png</CalcName>
                        <Separateur>%</Separateur>
                </Inverse>
        </Calcs>
        <Key>Loc-Assoc-Im2Block</Key>
</KeyedNamesAssociations>
</ChantierDescripteur>
</Global>
```

#### VECTEUR ESTIME DE LA BASE CAMERA GAUCHE - CAMERA DROITE (EN METRE)

x: 0,1213 y: 0,0013 z: 0,0027

MATRICE ROTATION ENTRE LA CAMERA GAUCHE ET LA CAMERA DROITE

0,99998	0,00288	-0,00636
-0,00286	0,99999	0,00312
0,00637	-0,00310	0,99997

DERIVE SUR LES POINTS D'APPUIS AVEC SES DIFFERENTES COMPOSANTES (EN METRE)





VALEURS DE LA DERIVE ET DE SES COMPOSANTES (VALEURS ABSOLUES EN METRE)

Base flott.	D	x	у	z
105	0,017	0,015	0,008	0,004
106	0,096	0,077	0,052	0,023
107	0,737	0,150	0,721	0,000
108	0,327	0,030	0,323	0,035
110	0,960	0,173	0,944	0,009
111	0,562	0,080	0,556	0,016
112	0,399	0,227	0,306	0,116
113	0,285	0,264	0,080	0,069

Base fixe	D	Distance au barycentre
105	0,035	18,79
106	0,013	25,33
107	0,589	34,71
108	0,146	37,82
110	0,591	53,16
111	0,199	66,96
112	0,631	82,31
113	0,725	95,18

#### **ANALYSE DES RESULTATS**

Nous observons que la composante principale de la dérive est la dérive longitudinale, autrement dit la déformation « en accordéon » du modèle, suivie de la dérive transversale, notamment à l'extrémité finale où elle prend le dessus. Ce résultat est assez surprenant par rapport à ce qu'on aurait pu attendre, c'est-à-dire une dérive principalement due à une « torsion » du modèle, en transversal et/ou en vertical. On peut penser que cela provient du fait que la prise de vues n'a pas été tout à fait rectiligne mais comportait des virages marqués de part et d'autre pour mieux observer les cibles, ce qui a pu dégrader les distances. De plus la résolution des photos (720p) et leur compression (Lossy), ainsi qu'une forte présence de végétation, ne pouvait pas permettre une très bonne définition des points de liaison.

Entre les deux bascules, on observe que la fixation de la base a d'abord un effet positif. Ainsi, au point 110 (distance 53 mètres), la dérive est réduite d'un tiers environ, et passe de 96 cm à 59 cm. Mais l'écart augmente significativement avec le dernier point mesuré, si bien qu'à 100 mètres la dérive est moins forte en base libre qu'en base fixe. Toutefois ces résultats sont à interpréter avec prudence : là où on s'attendrait à une dérive qui augmente de manière linéaire ou exponentielle, la dérive finit par diminuer. La faible résolution des photos (720p) y est sans doute pour beaucoup.

# C. <u>Chantier de la rue Violette</u>



nous sommes Nous ensuite intéressés à une rue plus étroite. Nous nous sommes donc rendus dans le centre-ville de Forcalquier à la recherche de ce type d'endroit. Notre choix s'est arrêté sur la rue Violette, qui est une rue plutôt rectiligne et mesurant une centaine de mètres. Il n'était pas évident de trouver cette longueur dans une rue peu large. Nous avons cependant rencontré un léger problème avec la circulation des voitures et piétons durant la prise de vue et le travail topographique.

Pour cette étude nous avons effectué un levé topométrique pour avoir des points de référence fiables, une acquisition avec la caméra ZED ainsi qu'un levé photogrammétrique avec un appareil photo Sony de haute qualité.

# 1. TRAITEMENT DES DONNEES DE LA CAMERA ZED AVEC MICMAC

#### **ACQUISITION DES DONNEES**

Comme pour le chantier précédent, nous avons utilisé des cibles Black&White que nous avons installées sur les canalisations des maisons. Nous nous sommes également appuyés sur quelques plaques de numéros de rue apposées aux murs. Ainsi, nous avons 16 points de repère, sur lesquels nous étudions la dérive de la caméra ZED ainsi que celle de l'appareil photo Sony.

Nous avons effectué une polygonale à l'aide de deux stations topographiques pour pouvoir calculer les coordonnées de celles-ci et de leur points rayonnés (les points de repères).

Après avoir effectué la prise de vue avec la caméra ZED ainsi qu'avec l'appareil photo, nous sommes passés au traitement de l'ensemble des données. Nous avons utilisé le logiciel AutoCad avec son extension Covadis pour le calcul de coordonnées des points.

#### CALCUL DES COORDONNEES TOPOMETRIQUES

Nous avons dans un premier temps calculé les cordonnées des deux stations en « antenne » car il faut au minimum 3 stations pour le calcul d'une polygonation. Une fois les coordonnées des stations calculées nous avons pu lancer celui des points rayonnés. Nous avons défini un repère totalement arbitraire, soit un repère local en définissant les coordonnées de la première station ainsi que son orientation (X=100, Y=500, Z=200 et gisement de ST1 à ST2 = 0 gon).

000012	Station	ST2	HI =	1.617 , VO = 399.28455
000013	Mesure	100	HP =	0.000 , AH = 0.00030 , AV = 95.92190 , DI = 11.4040 Prsm =0.0000
000014	Mesure	101	HP =	0.000 , AH = 30.97210 , AV = 92.95860 , DI = 7.5930 Prsm =0.0000
000015	Mesure	103	HP =	0.000 , AH = 156.58140 , AV = 90.74930 , DI = 3.6510 Prsm =0.0000
000016	Mesure	102	HP =	0.000 , AH = 387.92900 , AV = 103.49500 , DI = 4.5260 Prsm =0.0000
000017	Mesure	104	HP =	0.000 , AH = 247.11810 , AV = 82.47550 , DI = 2.8240 Prsm =0.0000
000018	Mesure	105	HP =	0.000 , AH = 205.57020 , AV = 101.87310 , DI = 18.9310 Prsm =0.0000
000019	Mesure	106	HP =	0.000 , AH = 217.51220 , AV = 95.30460 , DI = 10.1610 Prsm =0.0000
000020	Mesure	ST1	HP =	1.300 , AH = 211.22930 , AV = 100.31340 , DI = 32.2320 Prsm =0.0000
000021	Point	ST1	X =	100.0000 , Y = 500.0000 , Z = 200.000 , CP = 3
000022	CheminAntenne	Chemin	ST1-1	, ST2-1
000023	Point	ST2	X =	105.2990 , Y = 531.7933 , Z = 199.856
000024	Point	108	X =	100.0001 , Y = 506.8028 , Z = 202.088
000025	Point	107	X =	101.6270 , Y = 502.4741 , Z = 202.392
000026	Point	109	X =	100.3719 , Y = 493.0018 , Z = 202.006

#### EXPORT DES IMAGES

Afin d'étudier la possibilité d'exploiter les prises de vue de la ZED via une chaîne de traitement photogrammétrique classique, en tirant parti du caractère stéréoscopique de la caméra, nous avons utilisé un programme fourni avec la suite logicielle ZED pour extraire les photos d'une prise de vues vidéo au format constructeur SVO. Le programme, écrit en C++, a dû être légèrement modifié pour permettre l'export des photos non corrigées de la déformation de la caméra, et séparées en fichiers distincts selon la caméra droite ou gauche.

Comme expliqué précédemment, nous avons extrait les images de la caméra ZED au format 1080p avec 15 images par seconde en compression « Lossless ». Nous avons réduit le nombre d'images par seconde car lors du traitement de l'acquisition précédente nous avions trop d'images à traiter. De plus nous avons fait le choix d'une meilleure qualité d'image avec l'utilisation du format 1080p.

#### TRAITEMENT AVEC MICMAC

De même que pour l'étude du chemin, nous avons utilisé une autocalibration des caméras. Pour ce chantier nous nous sommes appuyés sur 5 points pour la bascule, soit les points 100, 101, 102, 103 et 104. Avec Micmac, quatre traitements alternatifs des données ont été réalisés :

- Utilisation des données de la caméra gauche exclusivement
- Utilisation des données de la caméra droite exclusivement
- Utilisation des données des deux caméras
- Utilisation des données des deux caméras en fixant la base de la caméra avec MicMac pour prendre en



# **Comparaison des dérives**

compte le fait qu'à tout instant, on connaît le vecteur de rattachement entre les deux caméras.

# ANALYSE DES RESULTATS

Plusieurs conclusions peuvent être tirées :

- Le fait de fixer la base améliore significativement la qualité des données
- La caméra droite a une dérive beaucoup plus forte que la caméra gauche. Ce résultat, étonnant, a été une constante durant nos tests, sans que nous puissions en comprendre l'origine.

#### COMPARAISON AVEC L'OUTIL PHOTO DE LA ZED

Afin d'avoir un point de comparaison avec notre programme d'extraction des images à partir d'une vidéo, nous avons réalisé une deuxième acquisition sur le même site en se servant de l'outil de capture photo de la caméra ZED. En la positionnant sur un trépied, nous nous en sommes servis comme d'un appareil photo. L'idée était de voir si la qualité des photos par rapport aux frames extraites de la vidéo a un impact visible sur la qualité des données.



Comme le montre le graphique ci-dessus, le fait d'utiliser le mode photo augmente la dérive en base libre, mais la diminue légèrement d'à peu près 20cm au dernier point. Comme pour l'acquisition avec le mode Vidéo, le fait de fixer la base diminue significativement la dérive.

#### 2. COMPARAISON AVEC UNE ACQUISITION PHOTOGRAMMETRIQUE CLASSIQUE

Nous avons réalisé une acquisition avec l'appareil photo Sony Alpha 850. La longueur de la focale est 24mm, le temps de pose varie entre 1/60s et 1/100s, et la sensibilité ISO varie entre 125 et 320. Le traitement MicMac est le même que pour celui de la caméra ZED. Nous avons obtenu les résultats suivants. Encore une fois, la dérive augmente en fonction de la distance, et ce de manière exponentielle. La dérive maximale observée est de 11,8 cm, pour une distance de 69,6m par rapport au barycentre des points d'appui.





Il apparaît que la dérive de la ZED est beaucoup plus importante, puisqu'elle atteint 1,18m en base libre, et 68cm en base fixe, là où la dérive de l'acquisition photogrammétrique n'atteint que 11,8cm. Sur une rue étroite où la luminosité est plus variable et où il est nécessaire d'adapter le temps de pose au fil de l'acquisition, les faiblesses de la ZED apparaissent très clairement.

# IV. <u>CONCLUSION</u>

Le bilan que nous tirons de nos investigations sur la ZED n'est pas très élogieux : le temps d'adaptation de la ZED aux variations de lumière et de distance des objets est visiblement trop lent (nous l'avions d'ailleurs entrevu dans les tous premiers tests, en remarquant que la caméra était éblouie pendant quelques secondes en passant de la lumière intérieure à la lumière du soleil). Alors que la photogrammétrie classique permet de régler l'appareil photo pour que les paramètres s'adaptent aux conditions de luminosité.

De plus, nous avons réalisés tous nos tests à pieds : on peut imaginer que la dérive aurait été encore plus importante, voire que la prise de vue avec la ZED aurait été impossible si nous l'avions embarquée dans une voiture. La caméra ZED est donc seulement utilisable avec une vitesse d'acquisition lente, ainsi que de faibles variations de luminosité et de distance à l'objet. Et ce contrairement à ce qu'affirme le logiciel : en théorie on devrait pouvoir fixer le rayon de prise de vue de la caméra jusque 20 mètres. Mais les tests (statiques, notamment) ont montré qu'au-delà de 13 mètres, la caméra ne percevait pas les objets.

Ce constat peut toutefois être nuancé : nous n'avons pas pu exploiter pleinement les potentialités de la caméra : en termes de résolution d'image, nous étions limités à 1080p alors qu'il est possible de monter à 2000p, et ce faute d'ordinateurs ayant un processeur assez puissant. Cela permet de pointer un autre défaut de la caméra ZED : le logiciel ZEDfu est très lourd à faire fonctionner, et a tendance à planter en cours de traitement.

# V. <u>Annexes</u>

# TUTORIEL D'INSTALLATION WINDOWS

# **Composants nécessaires**

La caméra ZED peut être utilisée en mode acquisition ou en mode traitement.

#### 1. EN MODE ACQUISITION SEULEMENT

Le branchement de la caméra ZED nécessite un port USB 3.0 reconnu comme tel. Si un message d'erreur s'affiche, remettre à jour le pilote de périphérique correspondant.

Pour utiliser le programme d'acquisition ZED Explorer, il est nécessaire d'installer la librairie CUDA (voir plus bas). Celle-ci nécessite à son tour une carte graphique NVIDIA et Visual Studio version 2015 pour être pleinement opérationnelle, mais elle peut néanmoins être installée sans.

#### 2. EN MODE TRAITEMENT

Pour cela, votre ordinateur doit posséder une carte graphique NVIDIA et la librairie CUDA afin de lancer l'exécutable ZEDFu et les programmes développés avec le kit de développement.

Pour ces derniers, il est indispensable d'avoir Visual Studio 2015 (voir ci-dessous) et CMake.

# **Visual Studio**

Pour le mode traitement, avant de lancer l'installation de la caméra en elle-même, il est nécessaire de télécharger Visual Studio version 2015 avec le lien suivant : <u>https://www.visualstudio.com/fr/vs/older-downloads/</u>

Il vous sera alors demandé de vous inscrire gratuitement, avec votre adresse mail.

Après le téléchargement, lancer l'exécutable.

Nous vous conseillons l'installation personnalisée, en cochant comme la capture d'écran ci-dessous « Visual C++ » et « Visual F# ». L'installation prendra ensuite un certain temps, environ 2 heures selon les capacités de votre ordinateur et de votre connexion internet. L'ordinateur devra être redémarré pour finaliser l'installation.





# **CUDA**

Ensuite, il faut installer la librairie CUDA si celle-ci n'est pas sur votre ordinateur.

Aller sur le site suivant : <u>https://developer.nvidia.com/cuda-downloads</u> et téléchargez la bonne version selon votre système d'exploitation.

CUDA Toolkit Download
Home > ComputeWorks > CUDA Toolkit > CUDA Toolkit Download
Select Target Platform 3
Click on the green buttons that describe your target platform. Only supported platforms will be shown.
Operating System Windows Linux Mac OSX

See the Release Notes for a list of enhancements and bug fixes in the latest version.

Cette installation nécessite deux étapes :

- Tout d'abord, préparer l'installateur en choisissant le dossier où le placer
- Puis l'installation en elle-même qui nécessite un temps d'attente plutôt long

# ZED

Dans la boîte de la caméra se trouve une clé USB. Lancer l'exécutable ZED\_SDK\_WinSetup\_v2.0.1\_CUDA80.exe du dossier Windows.

Ci-dessous les étapes de l'installation de la caméra :

Please read the following important information before continuing.	Select Start Menu Folder Where should Setup place the program's shortcuts?
Please read the following License Agreement. You must accept the terms of this agreement before continuing with the installation.	Setup will create the program's shortcuts in the following Start Menu folder.
SOFTWARE LICENSE BY USING YOUR ZED CAMERA YOU AGREE TO THIS SOFTWARE LICENSE. BEFORE SETTING IT UP, PLEASE READ THIS SOFTWARE LICENSE CAREFULLY. IF YOU DO NOT ACCEPT THIS SOFTWARE LICENSE, DO NOT USE YOUR ZED CAMERA. RETURN IT TO UNUSED TO STEREOLABS FOR A REFUND. Contact STEREOLABS at support@stereolabs.com	To continue, click Next. If you would like to select a different folder, click Browse
Definitions     "Authorized Accessory" means a STEREOLABS branded ZED, and a STEREOLABS     licensed, third parts branded, ZED bardware accessory whose parkaging base.     T	
I accept the agreement	
I do not accept the agreement	





L'ordinateur va redémarrer, la caméra ZED est alors installée.

# **Exécutables**

BureauIplatforms18/07/2017 13:49Dossier de fichiersEmplacements récentsSiglew32.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app423 KoTéléchargementsSicud54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app128 KoBibliothèquesSicuu54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app24745 KoBibliothèquesSicuu54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app2507 KoDocumentsSicuu54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app1750 KoImagesSopency_world310.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app522 KoVidéosQt5Core.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app522 KoVidéosQt5Cui.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app528 KoSysteme (C:)Qt5DepGL.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app317 KoSysteme (C:)Qt5Wigdets.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app310 KoDonnees (D:)Qt5M.ldll18/04/2017 17:10Extension de l'app198 KoZED (F:)Sovorw64.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app198 KoZED Calibration.exe18/04/2017 17:10Extension de l'app198 KoZED Depth Viewer.exe18/04/2017 17:10Application1187 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application1136 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application153 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application153 Ko <t< th=""><th>Favoris</th><th>Nom</th><th>Modifié le</th><th>Туре</th><th>Taille</th><th></th><th></th></t<>	Favoris	Nom	Modifié le	Туре	Taille		
Emplacements récents       Souch et material       10/0712/1710       Extension de l'app       423 Ko         Emplacements récents       Souch et de l'app       128 Ko       128 Ko       128 Ko         Bibliothèques       Souch et de l'app       128 Ko       128 Ko         Bibliothèques       Souch et de l'app       128 Ko         Documents       Souch et de l'app       128 Ko         Images       Souch et de l'app       127 Ko         Musique       Souch et de l'app       127 Ko         Vidéos       QtSCore.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       127 Ko         Vidéos       QtSCore.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       128 Ko         Vidéos       QtSCore.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       128 Ko         Ordinateur       QtSOpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       10/44 Ko         Donnees (D:)       QtSSvg.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       10/44 Ko         Donnees (D:)       QtSVgdets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       130 Ko         ZED (F:)       QtSVmidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       130 Ko         Signo	Mureau	Inlatforms	18/07/2017 13:49	Dossier de fichiers			
TeléchargementsSpectrationSpectrationSpectrationSpectrationB heb.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app128 KoBibliothèquesSi icudt54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app24745 KoDocumentsSi icuuc54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app2507 KoImagesSo opency_world310.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app42 450 KoMusiqueSQt5Core.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app5522 KoVidéosSQt5Veuidll18/04/2017 17:10Extension de l'app5986 KoSysteme (C:)SQt5Veyndll18/04/2017 17:10Extension de l'app10 44 KoOrdinateurSQt5Vgudll18/04/2017 17:10Extension de l'app317 KoSysteme (C:)SQ t5Svgudll18/04/2017 17:10Extension de l'app18 04Donnees (D:)SQtSwudl18/04/2017 17:10Extension de l'app18 NoZED (F:)SQ t5Svgudll18/04/2017 17:10Extension de l'app198 KoRéseauZED Calibration.exe18/04/2017 17:10Extension de l'app198 KoZED Depth Viewer.exe18/04/2017 17:10Application1187 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application1187 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application1136 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application1136 Ko	Emplacements récents	Alew32.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'ann	423 Ko		
Bibliothèques       Bibliothèques       Extension de l'app       24 745 Ko         Bibliothèques       Bibliothèques       Bibliothèques       Extension de l'app       2 507 Ko         Documents       Bibliothèques       Bibliothèques       Bibliothèques       2 507 Ko         Images       Gopency_world310.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1750 Ko         Musique       Qt5Core.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 522 Ko         Vidéos       Qt5Core.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 926 Ko         Vidéos       Qt5Network.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 926 Ko         Ordinateur       Qt5OpeGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       10 44 Ko         Donnees (D:)       QtSWidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       317 Ko         ZED (F:)       QtSWidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       310 Ko         ZED (F:)       QtSWidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       189 Ko         ZED (F:)       QtSWidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       198 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Exte	Téléchargements	le je di	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	128 Ko		
Bibliothèquesicuin54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app2 507 KoDocumentsicuuc54.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app1750 KoImagesgopencv_world310.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app42 450 KoMusiqueQt5Core.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app5 522 KoVidéosQt5Gui.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app5 986 KoQt5Network.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app5 986 KoQt5OpenGL.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app10/44 KoOrdinateurQt5Svg.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app317 KoSystem (C.)Qt5Widgets.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app310 KoDonnees (D:)Qt5Muldet.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app1098 KoZED (F:)Qt5Muldet.dll18/04/2017 17:10Extension de l'app1098 KoRéseauzeo ZED Calibration.exe18/04/2017 17:10Application1187 KoZED Depth Viewer.exe18/04/2017 17:10Application991 KoZED Explorer.exe18/04/2017 17:10Application953 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application1136 KoZED SVOEditor.exe18/04/2017 17:10Application755 Ko		icudt54.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	24 745 Ko		
Documents       icuuc54.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 750 Ko         Images       opency_world310.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       42 450 Ko         Musique       Qt5Core.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 522 Ko         Vidéos       Qt5Gui.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 986 Ko         QtSNetwork.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 044 Ko         Ordinateur       Qt5Svg.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       317 Ko         Systeme (C:)       Qt5Widgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       310 Ko         Donnees (D:)       Qt5Widgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 89 Ko         ZED (F:)       Qt5Mel.dull       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 99 Ko         S stromv64.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 99 Ko         R éseau       ZED Calibration.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 99 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       91 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       953 Ko	Bibliothèques	icuin54.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	2 507 Ko		
Images       © opency_world310.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       42.450 Ko         Musique       © Qt5Core.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5.522 Ko         Vidéos       © Qt5Gui.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5.986 Ko         © Ordinateur       © Qt5OpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1.044 Ko         System (C:)       © Qt5Wigets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       317 Ko         © System (C:)       © Qt5Widgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       310 Ko         © Donnees (D:)       © Qt5Midgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1.89 Ko         © sl. syorw64.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1.098 Ko         I Réseau       reo ZED Calibration.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1.098 Ko         reo ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       1.187 Ko         reo ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       9.91 Ko         reo ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       9.95 Ko         reo ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application	Documents	icuuc54.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	1 750 Ko		
Musique       QtSCore.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 522 Ko         Vidéos       QtSGui.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 986 Ko         Ordinateur       QtSOpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 986 Ko         Ordinateur       QtSOpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1044 Ko         Systeme (C:)       QtSVg.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       317 Ko         Donnees (D:)       QtSWidgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 371 Ko         ZED (F:)       QtSXml.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1098 Ko         Réseau       2ED Calibration.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1098 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1098 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       913 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       953 Ko         ZED Diagnostic.exe       18/04/2017 17:10       Application       953 Ko         ZED SVOEditor.exe       18/04/2017 17:10       Application       755 Ko	Images	opency world310.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	42 450 Ko		
Vidéos       Qt5Gui.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 986 Ko         Ordinateur       Qt5OpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 044 Ko         Ordinateur       Qt5OpenGL.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       317 Ko         Systeme (C:)       Qt5Vg.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       310 Ko         Donnees (D:)       Qt5Widgets.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       5 371 Ko         ZED (F:)       Qt5Xml.dll       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 098 Ko         Réseau       ZED Calibration.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 098 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Extension de l'app       1 098 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       1 187 Ko         ZED Depth Viewer.exe       18/04/2017 17:10       Application       953 Ko         ZED Diggnostic.exe       18/04/2017 17:10       Application       953 Ko         ZED SVOEditor.exe       18/04/2017 17:10       Application       136 Ko	🚽 Musique	Ot5Core.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	5 522 Ko		
Image: Constraint of the second sec	Vidéos	S Ot5Gui.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	5 986 Ko		
Ordinateur         & Qt5OpenGL.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         317 Ko           Systeme (C:)         & Qt5Svg.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         310 Ko           Donnees (D:)         © Qt5Widgets.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         5 371 Ko           ZED (F:)         © Qt5Xml.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         189 Ko           I Réseau         zeo ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1998 Ko           ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1988 Ko           Zeo ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1187 Ko           Zeo ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         933 Ko           Zeo ZED Diggnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         933 Ko           Zeo ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         755 Ko		Ot5Network.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	1 044 Ko		
Systeme (C:)         Q t5Svg.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         310 Ko           Donnees (D:)         Q t5Widgets.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         5 371 Ko           ZED (F:)         Q t5Xml.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1898 Ko           I Réseau         ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1098 Ko           ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1098 Ko           ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1187 Ko           ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         991 Ko           ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko	Ordinateur	S Qt5OpenGL.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	317 Ko		
Donnees (D:)         Qt5Widgets.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         5 371 Ko           ZED (F:)         Qt5Xml.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         189 Ko           I Réseau         sl_svorw64.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1098 Ko           ZED (F:)         ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1098 Ko           I Réseau         ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Application         1187 Ko           ZED ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         991 Ko           ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         755 Ko	🏭 Systeme (C:)	S Qt5Svg.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	310 Ko		
ZED (F:)         Q Qt5Xml.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         189 Ko           I Réseau         si svorw64.dll         18/04/2017 17:10         Extension de l'app         1098 Ko           ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Application         1187 Ko           ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Application         991 Ko           ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         993 Ko           ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko	Donnees (D:)	Qt5Widgets.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	5 371 Ko		
Image: Speed of the second s	ZED (F:)	Qt5Xml.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	189 Ko		
I Réseau         zeo         ZED Calibration.exe         18/04/2017 17:10         Application         1 187 Ko           zeo         ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         991 Ko           zeo         ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           zeo         ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1136 Ko           zeo         ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko		sl_svorw64.dll	18/04/2017 17:10	Extension de l'app	1 098 Ko		
ZED Depth Viewer.exe         18/04/2017 17:10         Application         991 Ko           ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           ZED ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko	Réseau	ZED ZED Calibration.exe	18/04/2017 17:10	Application	1 187 Ko		
ZED Diagnostic.exe         18/04/2017 17:10         Application         953 Ko           ZED ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko		ZED ZED Depth Viewer.exe	18/04/2017 17:10	Application	991 Ko		
ZED Explorer.exe         18/04/2017 17:10         Application         1136 Ko           ZED SVOEditor.exe         18/04/2017 17:10         Application         765 Ko		ZED ZED Diagnostic.exe	18/04/2017 17:10	Application	953 Ko		
ZED SVOEditor.exe 18/04/2017 17:10 Application 765 Ko		ZED ZED Explorer.exe	18/04/2017 17:10	Application	1 136 Ko		
		ZED ZED SVOEditor.exe	18/04/2017 17:10	Application	765 Ko		

La caméra ZED propose différents exécutables. Dans le lecteur C:\, dossier Program Files, vous trouverez l'ensemble du programme ZED. Le dossier tools regroupe des exécutables (C:\Program Files (x86)\ZED SDK\tools), dont ZEDExplorer qui permet les acquisitions et la sauvegarde de fichiers .svo.

Ce type de fichier, propre à la caméra, se traite avec l'exécutable ZEDFu, se trouvant dans le dossier app (C:\Program Files (x86)\ZED SDK\app).

Avec un ordinateur portable basique, il est donc possible d'effectuer les acquisitions sur le terrain. Le traitement se fait sur des ordinateurs fixes après transfert des fichiers .svo.

Stereolabs propose également d'autres exécutables permettant différents outils. Ainsi, ZED Depth Viewer.exe donne une visualisation de la profondeur de chaque pixel au cours de l'acquisition.

# **TUTORIEL**

# Exploitation des données de la caméra ZED avec MicMac

Il peut paraitre intéressant d'exploiter les possibilités de MicMac en photogrammétrie et notamment avec les images récupérées d'une acquisition de la caméra ZED. Avant tout, MicMac étant une sorte d'usine à gaz à commande terminale, nous essayerons d'être le plus précis possible en développant de nombreux points nécessaires à la compréhension du programme.

# **Avantages MicMac**

- Précision des paramètres d'orientation (PPS, PPA, coefficient du polynôme de distorsion)

- Possibilités de se géoréférencer de manière précise, en saisissant des points de contrôle dont on connait les coordonnées

- Possibilité d'intégrer la contrainte stéréoscopique. Nous verrons qu'une base fixe entre les deux objectifs ajoute de la robustesse et de la précision)

# **Composants nécessaires**

Il est nécessaire de se munir de MicMac version Windows. On se focalise sur ce tutoriel sur Windows. On peut le trouver ici :

http://logiciels.ign.fr/spip.php?page=telecharger\_logiciel&id\_document=214

Il faudra veiller à faire une acquisition en 1080p ou 720p avec la ZED pour ne rencontrer aucune difficulté.

# **Préparation des clichés**

#### Etape 0

En ayant mis MicMac64bits sur votre disque dur, il faut inscrire son chemin en tant de variable système, connu sous *PATH*.

Non de Tardinateur	(and the second		Matériel				
aramètres système avancés	Protection du	système	Utilisation à distance	Variables utilisate	ur pour formation	0	
Vous devez ouver une session ces modifications.	n d'edministrate	ur pour effe	ectuer la plupert de	Variable GDAL_DATA	Valeur C:\Program	Files (x86) (20N light	,data\gd =
Performances				SIR DATA	C:\Program	Piles (x86)/UGN/ypn	deta
Effets visuels, planification d ménoire visuelle	u processeur, u	tilisation de	la mémoire et	ТЕМР	NUSERPRO	FILE%\AppDeta/Lo	cal/Temp *
		1	Paramètres		Nouvelle	Nodifier	Supprimer
Profil des utilisateurs				Variables systèm			
Paramètres du Bureau liés à	votre suvrenture	de session		Variable	Valeir		1
		ĺ	Paranètres	AGSDESKTOP3 CLM_HOME	AVA C:\Program C:\Program	Files (x86) (ArcG25) Files (x86) (Leica Ge	Desktop
Démanage et récupération				Conspec	C:Window	s/system32/cmd.ext	THE YEAR
Informatione de démanage d débogage	lu système, de s	Mallance (	du système et de Paramètres		Nouvele	Modifer	Supprimer
		Variables d'	environment			OK	Amuler
				The second se		AND DESCRIPTION OF TAXABLE PARTY.	Section 2.1

- On lance donc les paramètres de Variables d'environnement système dans les Propriétés système.

- Cliquer sur Variables d'Environnement

- Cliquer sur PATH et puis modifier.

- Dans valeur de la variable, renseigner le chemin jusqu'au sous dossier /bin à la suite des éventuels chemins déjà existant. Ne pas oublier le "; " à la fin. Exemple : C:\MicMac64bits\bin.

- Confirmer le chemin.

#### Etape 1

# Si vous vous êtes déjà munis en amont des clichés gauche et droite de la caméra, vous pouvez vous rendre à l'Etape 2.

Sinon, si vous avez le fichier .svo, c'est-à-dire le fichier de sortie de la caméra ZED, il vous faudra l'extraire en plusieurs images grâce à SVO editor.exe qui se trouve ici :

https://www.dropbox.com/s/8y6g6z80fq8rpb6/ZED\_SVO\_Recording.exe?dl=0

Avant tout : être sûr d'avoir installé CUDA et téléchargé OpenCV, les bibliothèques qui sont indispensables à la ZED. Une aide est disponible dans le tutoriel sur la caméra ZED.

Il faut être sûr que le chemin menant à OpenCV soit renseigné comme variable système :

- Dans le logiciel *Modifier les variables d'environnement système* on peut aller dans *Variables d'Environnement* et comme à la manière du chemin MicMac d'auparavant ajouter ces deux lignes suivantes dans PATH :
- -

"Votre\_emplacement"\opencv\build3\lib\Release;"Votre\_emplacement"\opencv\build3\bin\Release;

- Créer un dossier en plaçant le .svo ainsi que le .exe téléchargé juste au-dessus.
- Ouvrir un terminal en se plaçant dans le dossier.
- Puis lancer le programme SVO Recording en tapant cette ligne de code :

#### ZED\_SVO\_Recording.exe -f="votre\_fichier\_svo " -o= "nom\_de\_sortie -u"

On fait -u pour avoir les photos non corrigées géométriquement

#### Attendre la fin du traitement

Mignaraft Mindaux Imancia							
Copyright (c) 2009 Micros	n 6.1.7601] oft Corporation. Tous dro	its réservés.					
D:\Projet_ZED\svo recordi rding.exe -f=HD720_SN1285 'ZED' n'est pas reconnu e ou externe, un programme	ng\Launch me et le svo da 4_10-26-55.svo -o×formicm n tant que commande inter exécutable ou un fichier	<pre>gliaunch me et le svo dans ce dossier&gt;ZED ZED_SVO_Reco la=Z6-55.svo =o=forminmac tant que commande interne vécutable ou un fichier de commandes.</pre>					
D:\Projet_ZED\svo recordi g.exe -f+0720_5HI2854_18 Converting svo file into Press 'q' to exit	ng\Launch me et le svo da -26-55.svo -o+formicmac a sequence of images	ns ce dossier>	ZED_SVO_Recordi				
Ready	NUM	80x25	80:0999 100%				
Ready mammemac_sceng	NUM	80x25 unugarma	80x9999 100%				
Ready mammamac_sc.ang formicmac_6R.png	NUM 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG	80x9999 100% 1 07% Ko				
Ready Chambonic Jos prig Formicmac (SR.png Formicmac 7L.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1 678 Ko 1 679 Ko				
Ready formicmac_GR.png formicmac_7L.png formicmac_7L.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1 678 Ko 1 678 Ko 1 679 Ko 1 678 Ko				
Ready reamana_triang formicmac_fR.png formicmac_TR.png formicmac_fR.png formicmac_fR.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x3999 100% 1678 Ko 1678 Ko 1679 Ko 1678 Ko 1678 Ko 1680 Ko				
Ready remices a compare formices	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1 678 Ko 1 678 Ko 1 679 Ko 1 678 Ko 1 680 Ko 1 677 Ko				
Ready formicmac_SR.png formicmac_TLpng formicmac_TLpng formicmac_BLpng formicmac_BLpng formicmac_BLpng	NUM 25/07/2017 10-48 25/07/2017 10-48 25/07/2017 10-48 25/07/2017 10-48 25/07/2017 10-48 25/07/2017 10-48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1 678 Ko 1 678 Ko 1 678 Ko 1 678 Ko 1 677 Ko 1 677 Ko				
Ready normicmac_Bc.png formicmac_TL.png formicmac_TR.png formicmac_TR.png formicmac_RL.png formicmac_BL.png formicmac_SR.png formicmac_SR.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1678 Ko 1678 Ko 1678 Ko 1678 Ko 1677 Ko 1678 Ko 1677 Ko				
Ready remicrosc_St.png formicrosc_JL.png formicrosc_JL.png formicrosc_JR.png formicrosc_JR.png formicrosc_JR.png formicrosc_JR.png formicrosc_JU.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80,9999 100% 1 678 Ko 1 679 Ko 1 678 Ko 1 678 Ko 1 677 Ko 1 678 Ko 1 677 Ko 1 678 Ko				
Ready formicmac_to_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png formicmac_tD_png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1678 Ko 1678 Ko 1678 Ko 1677 Ko 1677 Ko 1678 Ko 1677 Ko 1678 Ko 1676 Ko				
Ready Formicmac_SR.png Formicmac_SR.png Formicmac_TR.png Formicmac_SR.png Formicmac_SR.png Formicmac_SR.png Formicmac_SR.png Formicmac_JO.png Formicmac_JO.png Formicmac_JO.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80,9999 100% 1678 Ko 1679 Ko 1679 Ko 1678 Ko 1677 Ko 1677 Ko 1678 Ko 1678 Ko 1678 Ko 0 Ko				
Ready comments_Dic.pmg comments_CR.png formicmac_RR.png formicmac_RR.png formicmac_RR.png formicmac_RR.png formicmac_OR.png formicmac_OR.png formicmac_IDR.png formicmac_IDR.png formicmac_IDR.png	NUM 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48 25/07/2017 10:48	80x25 Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG Image PNG	80x9999 100% 1678 Ko 1679 Ko 1678 Ko 1677 Ko 1677 Ko 1677 Ko 1678 Ko 1676 Ko 0 Ko 1676 Ko				



## Etape 2

Il va falloir renseigner pour MicMac des données intrinsèques à la caméra ZED, et même pour chacun des deux objectifs de la caméra. On va donc ajouter des informations Exif (des métadonnées) à chaque photo, et déclarer un nouvel appareil dans la base de données MicMac. Comme nous avons filmé en 1080p ou 720p, nous allons notamment définir la taille du capteur de la caméra, qui change selon la définition.

Il faut donc se rendre dans C:\MicMac64bits\include\XML\_MicMac et modifier le fichier DicoCamera.xml en y ajoutant ces lignes suivantes dans la balise MMCameraDataBase :

<CameraEntry> <Name> ZED1080R </Name> <SzCaptMm> 2.16 3.84 </SzCaptMm> <ShortName> ZED1080R </ShortName> </CameraEntry> <CameraEntry> <Name> ZED1080L </Name> <SzCaptMm> 2.16 3.84 </SzCaptMm> <ShortName> ZED1080L </ShortName> </CameraEntry> <CameraEntry> <Name> ZED720R </Name> <SzCaptMm> 2.88 5.12 </SzCaptMm> <ShortName> ZED720R </ShortName> </CameraEntry> <CameraEntry> <Name> ZED720L </Name> <SzCaptMm> 2.88 5.12 </SzCaptMm> <ShortName> ZED720L </ShortName> </CameraEntry>

Nous allons ajouter les informations Exif dans les images (la focale et le nom de la caméra feront le lien avec le fichier *DicoCamera.xml*). On se replace dans le terminal là où nos photos sont extraites puis on va entrer :

#### mm3d SetExif ".\*R .png" F=2.8 Cam= "ZED1080R"

#### mm3d SetExif ".\*L .png" F=2.8 Cam= "ZED1080L"

/!\ si vous avez tourné en 720 il faut changer 1080 en 720 pour bien renseigner votre caméra

Nous allons préparer le passage à la contrainte fixe, c'est-à-dire rajouter une information supplémentaire sur l'espacement entre les deux objectifs de la ZED. Il faut avoir une clé xml qui est téléchargeable à cette adresse : https://www.dropbox.com/s/zn6ybmky2reqxer/MicMac-LocalChantierDescripteur.xml?dl=0

On peut éditer la clé dans la balise *PatternTransform*. En effet, toutes les photos d'un chantier ont un nom avec une partie fixe et des parties variables. La clé joue le rôle de séparer les parties variables en 1 suivie de l'indication de caméra droite ou gauche en 2. On met des parenthèses pour contenir chacune des deux. On place fichier xml contenant cette clé dans le même dossier que le reste du chantier.

	partie variable 1		
	partie fixe partie variable 2		
ype	«uncorr_5896R.png »	auront	une
	uncorr 6162 nng		

Par exemple, sur un chantier où les photos ont des noms de type «uncorr\_5896R.png» clé tel que « uncorr\_([0-9]{2,4})([LR])\.png ». Ainsi, dans CalcName, on aura uncorr\_\$1\$2.png.

Nous téléchargeons le fichier reprenant les valeurs métriques exactes du vecteur de rattachement, c'est-àdire l'écart entre les deux caméras, ici : <u>https://www.dropbox.com/s/eysz9qvkyslwb2x/Out-BlinisSFS.xml?dl=0</u>. On le placera également dans le même dossier.

# **Phase Traitement**

# Calibration

Il est intéressant de détailler ici comment MicMac arrive à mettre en place les photos afin de reconstituer une scène. Il prend chaque photo et cherche des points de liaisons avec les autres. Cela peut être une aspérité sur un mur, le coin d'un volet, etc. Il en résulte la mise en place relative. Les paramètres de calibration auront été trouvés : le PPA, le PPS et les coefficients du polynôme de distorsion. En recomposant les images entre elles, on peut réduire les distorsions car elles entrent en compte dans les équations de mise en place.

Pour information, le logiciel ZEDFu développé par Stéréolabs, peut aussi bien gérer la distorsion en la corrigeant, nous le voyons entre ces images :





<u>Remarque</u> : on a bien les façades de la porte non droites sur l'image de gauche qui montre l'absence de correction. Et sur la droite, les deux corrections : ZedFu en rouge, et MicMac en vert.

Vers la fin du processus nous verrons comment mettre en place la contrainte de la base, c'est donc ce qui ajoute une précision supplémentaire. Cette contrainte a été donnée dans un fichier généré grâce à *Blinis* (commande MicMac) depuis une capture ZED de calibration. Pour expliquer rapidement, voici un schéma de la situation sans contrainte et avec la base fixe :



# Les coordonnées terrain

Les ciblettes et autres détails dont on a déterminé les coordonnées dans un chantier topométrique peuvent servir à référencer notre modèle. MicMac peut par ailleurs aider à la saisie de ces points une fois le modèle mis en place. Il faudra donc mettre dans le même dossier des images un fichier texte *.app* qui reprend le nom du point et les coordonnées X,Y,Z. Rentrer dans le terminal en s'étant placé dans le bon dossier et entrer les commandes suivantes

mm3d Tapioca All ".\*png" -1  $^1$ 

mm3d Tapas RadialStd ".\*png" Out=Bloc<sup>2</sup>

mm3d Apericloud ".\*png" Bloc Out=mep.ply

mm3d GCPConvert AppEgels votre\_fichier.app

mm3d SaisieAppuisInitQT "votre selection d'imges.png" Bloc votre\_fichier\_app\_converti.xml Saisie.xml

mm3d GCPBascule ".\*png" Bloc Bloc\_Bascule votre\_fichier\_app\_converti.xml Saisie-S2D.xml

mm3d SaisieAppuisPredicQT ".\*png" Bloc\_Bascule votre\_fichier\_app\_converti.xml Saisi.xml

mm3d GCPBascule ".\*png" Bloc\_Bascule Bloc\_BasculeFin votre\_fichier\_app\_converti .xml Saisie-S2D-S2D.xml

<sup>1</sup> Pour trouver les points de liaison. Il faut savoir qu'un nombre important de photos viendra allonger le temps de calcul. Il faudra penser à vider une bonne partie des photos extraites de la ZED pour arriver à 2 couples (droite et gauche) d'images par seconde d'acquisition environ.

<sup>2</sup> Pour calibrer le modèle en définissant les paramètres de distorsion et venir faire une mise en place.

<sup>3</sup> Pour rendre un nuage de points de tous nos points de liaison et ensuite visualiser la mise en place du modèle avec un logiciel comme MeshLab ou CloudCompare.

<sup>4</sup> Pour convertir le fichier .app en fichier .xml exploitable par MicMac

<sup>5</sup> Partie importante. On va sélectionner les premiers points pour configurer initialement le modèle. On charge deux à trois photos (alterner droite et gauche) dont le même point d'appui est visible. On sélectionne dans l'onglet de droite le point désiré et on le clique à l'écran ou on fait un glisser pour le remettre à son bon endroit. Quand l'emplacement est correct, le valider avec un clic droit – *validate.* Fermer la fenêtre, l'enregistrement est automatiquement effectué.. On répète l'opération et donc la ligne de commande pour trois autres points d'appuis. **Il faut éviter qu'ils soient alignés dans l'espace et plutôt les prendre de sorte qu'ils soient bien écartés les uns des autres.** 



<sup>6</sup> Partie semblable à SaisieAppuisInitQT, mis à part que l'on charge toutes les images dans la fenêtre et que l'on doit cibler et valider chaque ciblette dans au moins 75% des photos. S'il y a des difficultés à cibler, on devra ignorer le point ou faire un clic droit – *refuted*. On ferme la fenêtre à la toute fin.

#### mm3d Campari ".\*png" Bloc\_BasculeFin Bloc\_Rigide BlocGlob= [Out-BlinisSFS.xml,1e-4,1e-5]

#### mm3d GCPBascule ".\*png" Bloc Rigide Bloc RigideFin votre fichier app converti .xml Saisie-S2D-S2D.xml

#### mm3d GCPCtrl ".\*png" Bloc\_RigideFin votre\_fichier\_app\_converti.xml Saisie-S2D-S2D.xml



GCPCtrl affiche les erreurs de son modèle par rapport à la vérité terrain, autrement dit les points du chantier topométrique que l'on a renseigné. Il sont nommés résidus et sont métriques.

#### Remarque :

Nous pouvons aisément étudier la dérive sur une longue distance, c'est-à-dire la possibilité après reconstruction MicMac du modèle de ne plus suivre la vérité terrain (on parle de résidu) au bout d'une certaine longueur. On va donc préférer se caler sur 4 ciblettes au début qui vont servir de référence, et laisser "se dévier" la bascule.

Donc pour chaque commande GCPBascule, on fournira en argument un *fichier\_app\_converti.xml* légèrement modifié puisqu'il contiendra seulement nos 4 points de référence.