HAL
open science

Caractérisation et Structure 3D de l'environnement urbain pour une position GNSS plus précise

Juliette Marais, Sébastien Ambellouis, Cyril Meurie, Yassine Ruichek

To cite this version:

Juliette Marais, Sébastien Ambellouis, Cyril Meurie, Yassine Ruichek. Caractérisation et Structure 3D de l'environnement urbain pour une position GNSS plus précise. 41ème Congrès ATEC ITS, Jan 2014, France. 6p. hal-00987448

HAL Id: hal-00987448

https://hal.science/hal-00987448v1

Submitted on 6 May 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Caractérisation et Structure 3D de l'environnement urbain pour une position GNSS plus précise

Julliette Marais, Chargée de Recherche, Ifsttar, Sébastien Ambellouis, Chargé de Recherche, Ifsttar, Cyril Meurie, Chargé de Recherche, Ifsttar, Yassine Ruichek, Professeur, UTBM

Introduction

L'information de localisation est une donnée primordiale pour augmenter la capacité des systèmes de transport, améliorer leur qualité de service et proposer de nouveaux services propices à l'amélioration de l'attractivité des transports collectifs. Face à des actes de vandalisme récurrents et toujours plus nombreux, le coût lié à la maintenance des systèmes augmente et les opérateurs de transport souhaitent réduire les équipements attachés à l'infrastructure. Les systèmes GNSS (Global Navigation Satellite System) peuvent constituer une réponse adaptée à cette problématique. Cependant, de nombreuses études ont montré que le service de localisation est sensiblement dégradé en environnement urbain dont les conditions de propagation des signaux sont fortement altérées par la présence et la densité des obstacles situés entre le satellite et l'antenne de réception. La réception des signaux s'effectue parfois après plusieurs réflexions et se manifeste par un allongement du temps de trajet du signal entre le satellite et l'antenne. Le récepteur utilise alors les signaux reçus en leur attribuant des « pseudo-distances » erronées affectant sensiblement l'estimation de la position. Dans ces canyons urbains, EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), normalement utilisé pour améliorer la précision de localisation, présente une disponibilité de service trop faible et s'avère souvent inexploitable.

Cette communication est le second volet de la présentation des résultats obtenus dans le cadre du projet CAPLOC dont les objectifs sont :

- de développer un système capable d'extraire et de modéliser des connaissances sur l'environnement traversé par le mobile à partir d'une perception vidéo afin d'inférer les caractéristiques du canal de propagation entre les satellites et l'antenne du récepteur ;
- de proposer des techniques d'estimation plus précise de la position du mobile à partir de ces nouvelles connaissances.

Dernières améliorations du positionnement

Le premier volet, présenté à l'occasion d'ATEC-ITS 2013, était consacré à l'extraction de la limite de visibilité directe autour du mobile i.e. la limite entre la zone de ciel et zone de non ciel (cf. Figure 1) [DA2011]. Cette limite constitue une ligne en dessous de laquelle les satellites ne peuvent être reçus qu'après une ou plusieurs réflexions ou sont bloqués (satellites NLOS). Un algorithme d'estimation de la position fondé sur le principe d'exclusion des satellites NLOS avait été appliqué sur des données acquises dans la ville de Belfort. Nous avions comparé deux trajectoires, l'une calculée en utilisant tous les satellites et l'autre calculée en excluant les satellites NLOS, avec la trajectoire de référence obtenue grâce à un récepteur GPS RTK. Nous avions montré que si l'exclusion des satellites NLOS permettait d'améliorer globalement la trajectoire du mobile, la précision diminuait localement notamment à cause d'un nombre insuffisant de satellites ou de leur géométrie spatiale (mesuré par le GDOP). Dans la suite de nos travaux, nous avons donc pallié cet inconvénient en conditionnant l'élimination des satellites NLOS à la valeur du DOP, sachant que plus le DOP est élevé, plus la géométrie des satellites sera insuffisante. La Figure 2 présente la trajectoire obtenue avec cette nouvelle stratégie (en violet) à côté des autres trajectoires déjà présentées auparavant [JM2013-1]. Pour ce trajet, nous avons considéré une valeur de DOP égale à 3 au delà de laquelle tous les satellites sont utilisés dans le calcul de la position [JM2013-2]. Une analyse quantitative des résultats a été menée en comparant les positions calculées avec cette nouvelle méthode et les positions de références fournies par le récepteur RTK. Nous avons mis en évidence que la nouvelle méthode offrait une médiane de l'erreur inférieure à 3m (au lieu de 5m sans prise en compte du DOP). Par ailleurs, l'erreur était inférieure à 24m pendant 95 % du temps (au lieu de 70 % du temps sans prise en compte du DOP). La tableau 1 complète cette analyse et en comparant les performances des trois méthodes

développées dans CAPLOC. Il montre bien que la méthode par seuillage du DOP apporte de nettes améliorations.

	Mesures d'erreur (m)		
Stratégie	Moyenne	Maximum	Ecart-type
Tous les satellites	13.13	33.07	12.75
Tri de satellites LOS	10.5	59.23	12.14
Seuillage du DOP	5.73	32.92	7.66

Tableau 1 : Performance des différentes approches de calcul de position proposées

Nous focaliserons la suite de cette communication sur l'extraction d'informations sur la structure de l'environnement situé autour du mobile à partir de l'analyse du contenu des deux images fisheye. L'ambition est de quantifier l'erreur sur la pseudo-distance causée par les phénomènes de réflexion sur les bâtiments et d'en réduire ainsi l'influence lors du calcul de la position. Nous décrivons donc les différentes étapes du processus et nous montrons les premiers nuages de points 3D obtenus à partir des images acquises en environnement réel.

Retrouver la structure 3D des bâtiments autour du mobile

Reconstruire la structure 3D d'un environnement urbain est un thème de recherche très actif au sein de la communauté scientifique. Le plus souvent la reconstruction est obtenue à partir de l'analyse des signaux fournis par des lasers à balayage ou des caméras vidéo. Le laboratoire MATIS de l'IGN a mis en place le Stéréopolis, un véhicule instrumenté de divers capteurs et capable d'acquérir de grandes quantités de données géolocalisées à partir desquelles il produit des modèles 3D de l'environnement avec une précision sub-centimétrique [NP2012]. Cette précision est atteinte grâce à la précision des lasers à balayage du système. Les dix caméras offrent une image panoramique de l'environnement ensuite mappée sur le nuage de points 3D fournis par les lasers. La qualité des résultats est garantie par une procédure de calibrage très performante. Le projet CAPLOC a vocation à extraire des caractéristiques 3D de l'environnement suffisamment précise pour estimer l'erreur de pseudo-distance associée à un signal satellitaire reçu après réflexion. Il est composé de deux caméras fisheye de haute résolution disposées sur le toit du véhicule comme présenté sur la Figure 3. Les axes optiques sont positionnés verticalement en direction du ciel. Elles offrent ainsi un champ de vision proche de celui du Stéréopolis mais avec une résolution très inférieure (cf. Figure 4). Contrairement à ce qui est proposé dans la plupart des travaux antérieurs, CAPLOC propose de retrouver la structure 3D en analysant la distribution spatiale d'un nuage de points 3D calculé à partir de la mise en correspondance du contenu d'une paire d'images stéréoscopiques fisheye.

L'étape de mise en correspondance requière un calibrage fort du stéréoscope qui consiste à estimer la matrice de transformation qui « assure la correspondance » entre les pixels des deux images. Nous avons développé une méthode capable d'estimer cette matrice lors de l'installation du système sur le véhicule (hors ligne) et pendant son déplacement (en ligne). Dans ce dernier cas, il est ainsi possible de corriger l'effet des vibrations mécaniques sur le système. L'objectif fisheye est considéré comme suivant un modèle de projection sphérique « equisolid ». Les paramètres de ce modèle sont estimés à partir des coordonnées d'un ensemble de points SIFT conjugués dans les deux images fisheye. L'estimation est composée d'une première étape d'estimation « grossière » fondée sur l'algorithme RANSAC et d'une deuxième estimation qui l'affine en appliquant l'algorithme de Levenberg-Marquardt [JM2013-3]. A l'issu du calibrage, la matrice de projection obtenue permet de définir, pour une courbe de la première image, sa courbe conjuguée dans l'autre image. Ces deux courbes sont dites « épipolaires conjuguées » et chaque pixel de l'une trouve son homologue sur l'autre. Ces courbes sont sécantes en deux points appelés « épipoles ». Elles sont illustrées en vert sur la Figure 4.

La mise en correspondance est réalisée le long d'une paire de courbes épipolaires conjuguées. Il s'agit d'associer chaque pixel de l'une des courbes à un des pixels de l'autre. Nous exprimons ce problème sous la forme d'un problème d'optimisation globale que nous résolvons par programmation dynamique. La solution finale estimée regroupe alors tous les couples de pixels homologues. En appliquant cette technique à toutes les courbes épipolaires conjuguées des deux images, nous obtenons une carte dense de distances.

Afin de déterminer les performances quantitatives de la méthode, nous l'avons appliquée sur des images de synthèse dont il est possible de connaître la vérité terrain. La Figure 5 présente les résultats de l'évaluation. La dernière colonne représente la différence entre la carte des distances estimée et la vérité terrain. L'erreur est codée de manière croissante entre le vert et le rouge. Il apparaît clairement que l'erreur est faible sur les bâtiments proches du mobile et augmente fortement avec leur distance. Par ailleurs, l'erreur est élevée dans les zones proches des épipoles. Il faut noter que nous parvenons à détecter le ciel avec un taux d'erreur inférieur à 1.8 %.

Des tests complémentaires ont été menés sur des images réelles acquises sur l'agglomération lilloise. A l'heure actuelle, la vérité terrain n'étant pas disponible, l'évaluation ne peut être que qualitative. La Figure 6 présente une image réelle associée à la carte des distances obtenues. Nous constatons que de nombreuses erreurs apparaissent dans le ciel et dans les bâtiments. Ces erreurs sont dues aux discontinuités entre les contours des bâtiments et le ciel. La Figure 7 représente en perspective deux nuages de points 3D obtenus. Les images brutes ont été mappées sur chaque nuage afin d'avoir un meilleur rendu visuel.

Conclusions

Dans cet article, nous avons présenté les derniers résultats de recherche du projet CAPLOC. Nous avons commencé par présenter une nouvelle méthode d'estimation de position plus précise qui tient compte de l'état des satellites reçus et leur configuration géométrique. Ensuite, nous avons décrit en priorité les résultats obtenus en matière de reconstruction de la structure 3D de l'environnement urbain traversé par le mobile. Ce processus est assuré par un système stéréoscopique fisheye positionné sur le toit du véhicule et orienté dans son sens longitudinal. Nous avons proposé une méthode de calibrage en ligne de ce système, étape indispensable avant la procédure de mise en correspondance. Nous avons évalué de manière quantitative notre chaîne à partir d'une séquence d'images de synthèse et nous présentons les premiers nuages de points 3D obtenus dans le cas de scènes réelles.
La dernière année du projet est actuellement consacrée à l'intégration de l'information 3D sur la structure de l'environnement dans le calcul de la position du mobile. Il s'agit notamment de corriger l'erreur sur la pseudo-distance qu'implique la réflexion d'un signal satellite sur un bâtiment. Nous étudions également la possibilité de n'utiliser qu'une seule caméra et de combiner le contenu d'une séquence d'images successives. Dans le même temps, un travail est mené afin de séparer les éléments de bâtiments et des éléments de végétation. Cette dernière tâche complète la recherche sur la segmentation ciel/non ciel qui, in fine, permettra de prendre en compte la constitution de la surface réfléchissante dans le calcul de la position.

Remerciements

Le projet CAPLOC est un projet PREDIT GO2 financé par le MEDDE/CDGG/DRI.

Références

[DA2011] D. Attia, C. Meurie, Y. Ruichek, J. Marais, Classification pixellaire pour la caractérisation de l'état de réception des signaux GNSS dans des images fisheye, *23ème édition du colloque GRETSI*, CD proceedings, Bordeaux, Septembre 2011.
[JM2013-1] J. Marais, C. Meurie, S. Ambellouis, Y. Ruichek, Projet CAPLOC Combinaison de l'Analyse d'images et la connaissance de la Propagation des signaux pour la LOCalisation *Revue Transport Environnement Circulation (TEC)*, sélection lauréats du congrès ATEXPO 2013, Vol. TEC 218, 2013.
[JM2013-2] J. Marais, C. Meurie, D. Attia, Y. Ruichek, A. Flancuquart, Toward accurate localization in guided transport: combining GNSS data and imaging information, *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, à paraître, 2013.
[NP2012] N. Paparoditis, J.-P. Papelard, B. Cannelle, A. Devaux, B. Soheilian, N. David, E. Houzay. Stereopolis II: A multi-purpose and multi-sensor 3D mobile mapping system for street visualisation and 3D metrology. *Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection 200: 69-79*, 2012.
[JM2013-3] J. Moreau, S. Ambellouis, Y. Ruichek, Equisolid Fisheye Stereovision Calibration and Point Cloud Computation, *In Proc. of ISPRS Conference on Serving Society with Geoinformatics (ISPRS-SSG'2013)*, Antalya, Turkey, 2013.

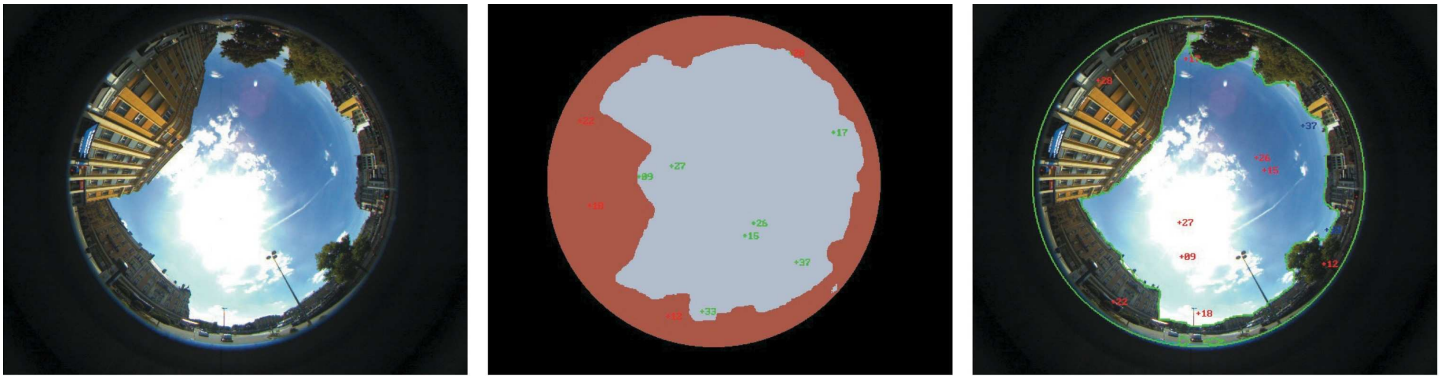

Figure 1: Détection du ciel et de la ligne d'horizon (de gauche à droite : l'image acquise en mobilité, la détection de ciel avec repositionnement des satellites, la détection de la ligne d'horizon).

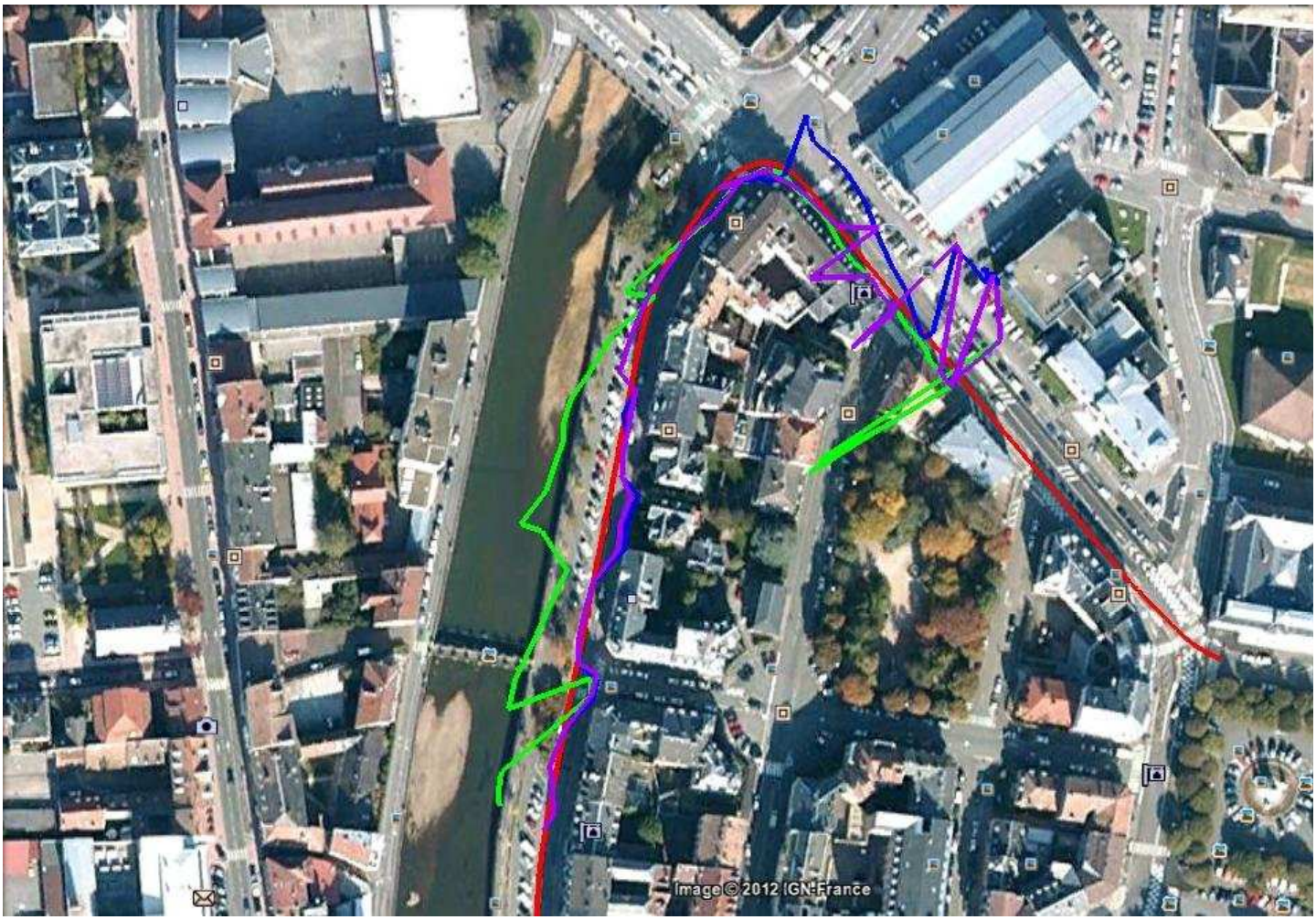

Figure 2: Représentation des trajectoires : trajectoire de référence (rouge), trajectoire tenant compte de tous les satellites (vert), trajectoire sans les satellites NLOS (bleu), trajectoire après seuillage du DOP (violet).

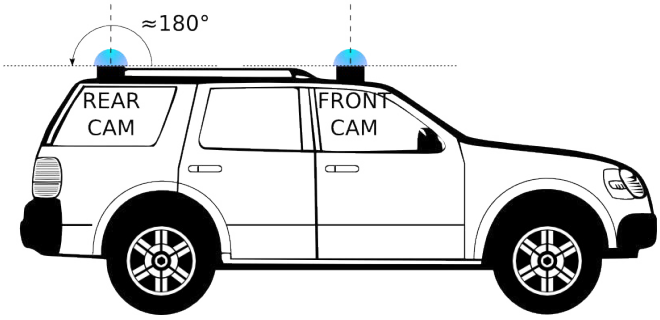

Figure 3: Positionnement des deux caméras fisheye sur le toit du véhicule.

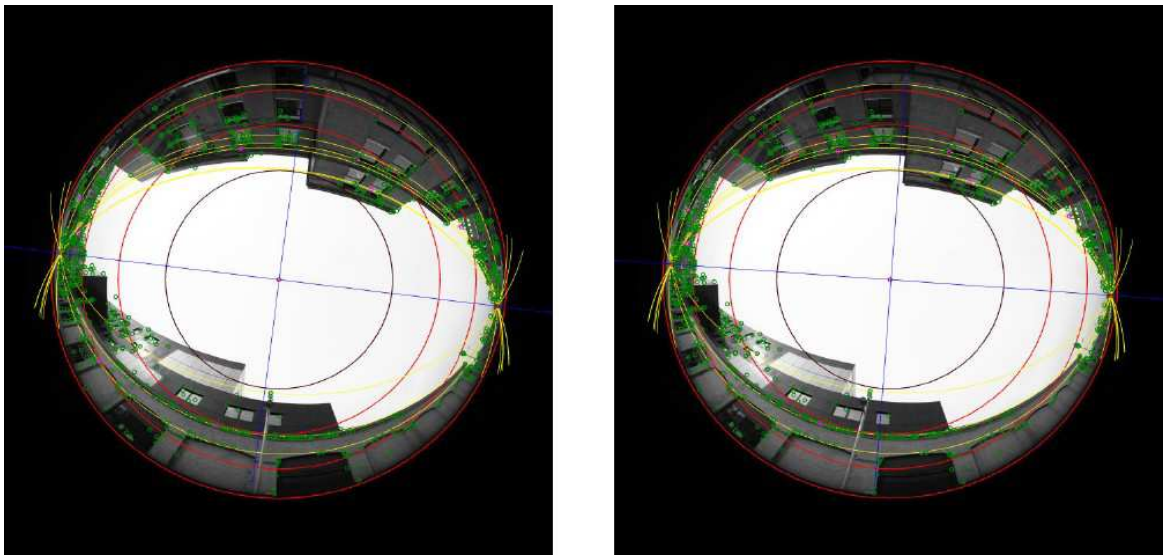

Figure 4: Illustration du résultat du calibrage du système stéréoscopique fisheye. Les cercles verts sont les points de SIFT utilisés lors du calibrage. Les courbes vertes sont les courbes épipolaires conjuguées.

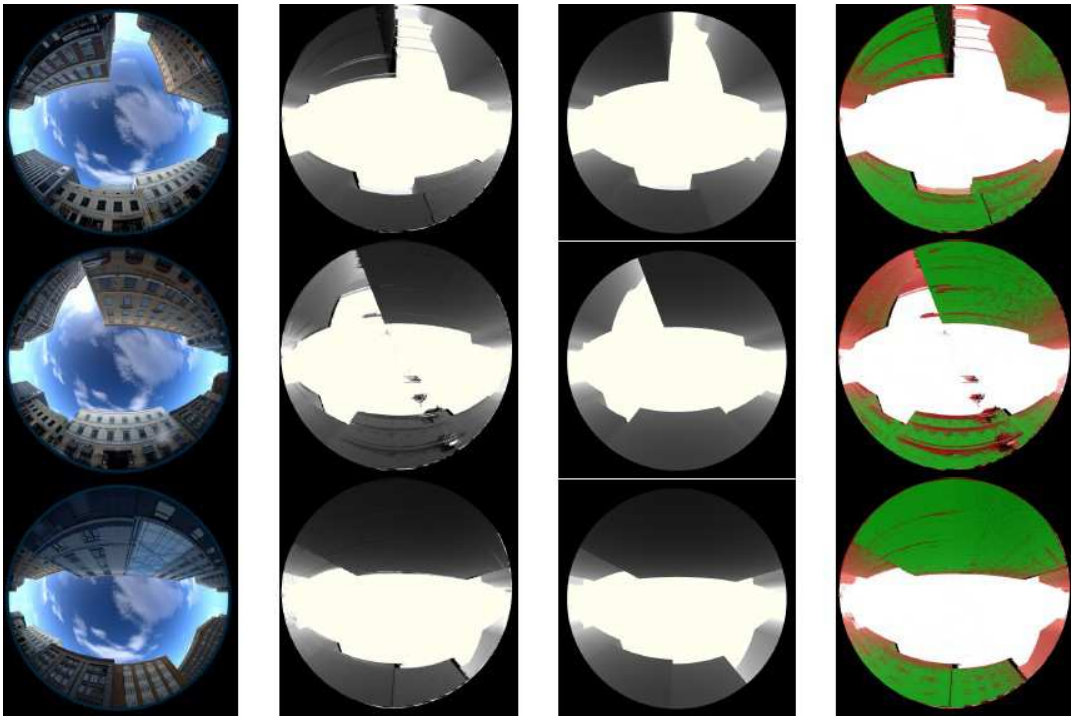

Figure 5: Résultats de la mise en correspondance sur des images de synthèse. (Colonne 1) Image brute. (Colonne 2) Carte de distances calculée. (Colonne 3) Vérité terrain. (Colonne 4) Image des erreurs.

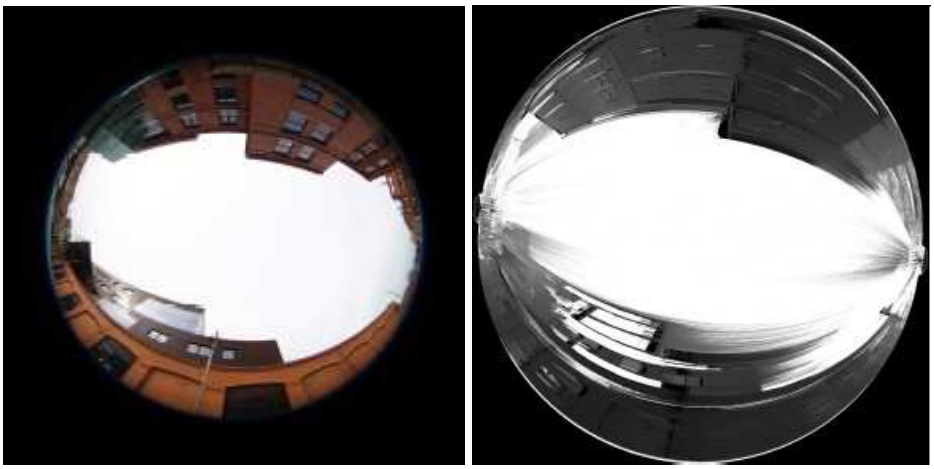

Figure 6 : Résultats de la mise en correspondance sur des images réelles : (gauche) Image brute (droite) carte de distances

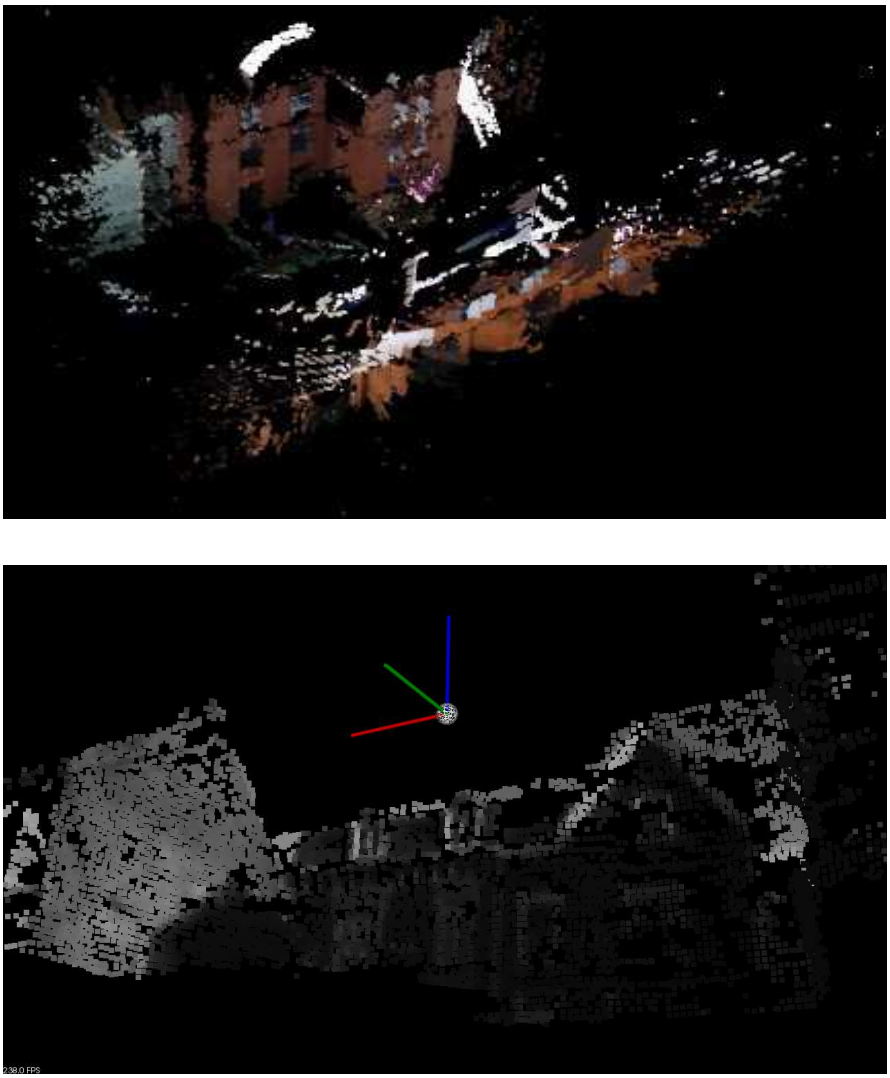

Figure 7: Représentation en perspective de deux nuages de points.