



COMPTE RENDU D'ACTIVITÉ

Benjamin, Ingénieur Docteur R&D

Mission au sein d'un bureau d'études en aéronautique

Rapport de mission

Avril - Septembre 2015 (6 mois)

Lors de ma mission, j'ai pu intégrer l'équipe de recherche & développement d'un projet d'appareil de mesure par lumière structurée.

Cet appareil est destiné à contrôler l'assemblage de sous-ensembles aéronautiques. Le but principal est de détecter, mesurer et caractériser plusieurs types de défauts lors de ces assemblages. La technologie utilisée est la projection, sur la surface à mesurer, de motifs lumineux par un vidéo-projecteur et la capture de ces motifs par une caméra. Connaissant les motifs initiaux et les déformations engendrées par leur projection sur la pièce, plusieurs algorithmes permettent d'apparier les pixels caméra et les pixels projecteur. Par triangulation, il est alors possible de reconstituer un nuage de points représentant la surface cible. Ce nuage de points est ensuite segmenté et analysé pour reconnaître les pièces puis rechercher et, le cas échéant, mesurer des déformations sur et autour de celles-ci.

Ma responsabilité principale s'est rapidement concentrée sur l'obtention du nuage de points. Au delà de la simple mise en oeuvre des algorithmes, les principaux défauts furent la précision et la rapidité du processus. Mon travail s'est articulé autour de trois axes principaux d'égale importance : deux méthodes concurrentes de lumière structurée et la calibration d'un couple stéréoscopique.

Les premiers mois furent consacrés à la mise en place de la méthode de lumière structurée par décalage de phase, dite Moiré. Elle exploite la projection de plusieurs trames sinusoïdales d'intensité lumineuse. Cette méthode fut initialement privilégiée pour sa rapidité et sa précision théorique. La base existante à mon arrivée n'étant pas fonctionnelle, j'ai choisi de ne pas la reprendre. J'ai donc procédé de la manière suivante :

- développement, en langage interprété haut niveau, d'un outil de simulation du procédé de mesure sur des cibles théoriques,
- création, en langage interprété haut niveau, d'un outil personnalisé permettant une visualisation rapide et adaptée des nuages de points,



- prototypage en langage interprété haut niveau d'un code d'analyse de lumière structurée en Moiré,
- test de ce prototype avec les acquisitions synthétiques fournies par l'outil de simulation et validation des nuages de points obtenus avec l'outil de visualisation développé,
- implémentation dans un langage compilé performant de l'algorithme corrigé,
- déploiement de cette solution logicielle dans la carte embarquée du capteur.

Malgré une qualité prometteuse, les nuages de points obtenus présentaient un artefact systématique et le temps nécessaire à son élimination n'était pas prévisible. Compte tenu des contraintes temporelles, cette première méthode fut donc écartée temporairement au profit de la seconde, dont un fonctionnement satisfaisant était déjà prouvé.

À ses débuts, le projet s'était en effet grandement appuyé sur un logiciel libre d'analyse de lumière structurée en code Gray. Ce logiciel, utilisable uniquement au travers d'une interface graphique, avait déjà permis de valider la faisabilité du projet en fournissant les premiers nuages de points sur la base d'acquisitions réalisées avec le capteur, mais dont l'analyse était alors déportée sur un ordinateur. Cette méthode consiste à attribuer, par un nombre minimum d'images, un code binaire à chaque pixel projecteur, code capté et reconstitué à chaque pixel caméra. Afin d'exploiter au mieux la base fonctionnelle préexistante, j'ai procédé d'une manière sensiblement différente de la première :

- réécriture d'une fraction minimale du code source du logiciel afin d'autoriser son interfaçage sous la forme d'une librairie,
- implémentation d'un exécutable exploitant cette librairie,
- validation des résultats à l'aide de l'outil de visualisation développé lors de la première partie de la mission,
- déploiement de la solution sur la carte embarquée du capteur,

Une fois la technique de mesure validée, la bibliothèque d'analyse a été entièrement réécrite et optimisée pour l'adapter aux besoins de l'entreprise, découpler la vitesse de calcul et s'affranchir du logiciel initial. C'est cette méthode qui fut retenue en définitive.



Le troisième axe de mon travail s'est déroulé en parallèle des deux autres. La précision des mesures demande de connaître et prendre en compte au mieux les défauts optiques de la caméra et du projecteur, ainsi que la géométrie du montage. Cette étape, nommée calibration, est une optimisation paramétrique basée sur un grand nombre d'acquisition sur une mire. Mon apport sur cette partie du projet a concerné d'une part la méthodologie et d'autre part l'implémentation d'un outil de calcul automatique. Les calibrations réalisées ont longtemps fourni des résultats décevants. Les mires étaient alors imprimées sur papier. Après m'être aperçu que ces impressions étaient très irrégulières, j'ai proposé l'utilisation d'un afficheur numérique pour présenter les mires au capteur. Grâce à la régularité du réseau de pixels, ce changement a permis une calibration correcte de l'appareil. La procédure de calibration était alors assurée par le logiciel libre d'analyse de code Gray. De la même manière que pour le calcul du nuage de points, j'ai interfacé le logiciel sous la forme d'une librairie et développé un programme automatisant la calibration. Ce calcul n'étant pas réalisé en embarqué sur le capteur et n'étant pas soumis aux mêmes exigences de rapidité que le calcul du nuage de point, mon travail sur la calibration s'est toutefois arrêté à ce stade.

Pour donner une appréciation plus personnelle de cette mission, j'ai ressenti l'expérience comme intensive et exigeante, demandant une implication absolue. Ce furent cependant six mois aussi intéressants qu'enrichissants : à la satisfaction d'accomplir en équipe des progrès sinon continus presque quotidiens s'est joint un apprentissage permanent, et rares étaient les journées n'apportant pas leur lot d'enseignement. Il faut également compter avec le dynamisme d'une équipe jeune et chaleureuse, accueillante et solidaire envers tout ses membres. J'ai apprécié de même la liberté de manoeuvre que m'a accordée la hiérarchie de l'entreprise, ainsi que sa réceptivité aux idées les plus originales.



Illustrations

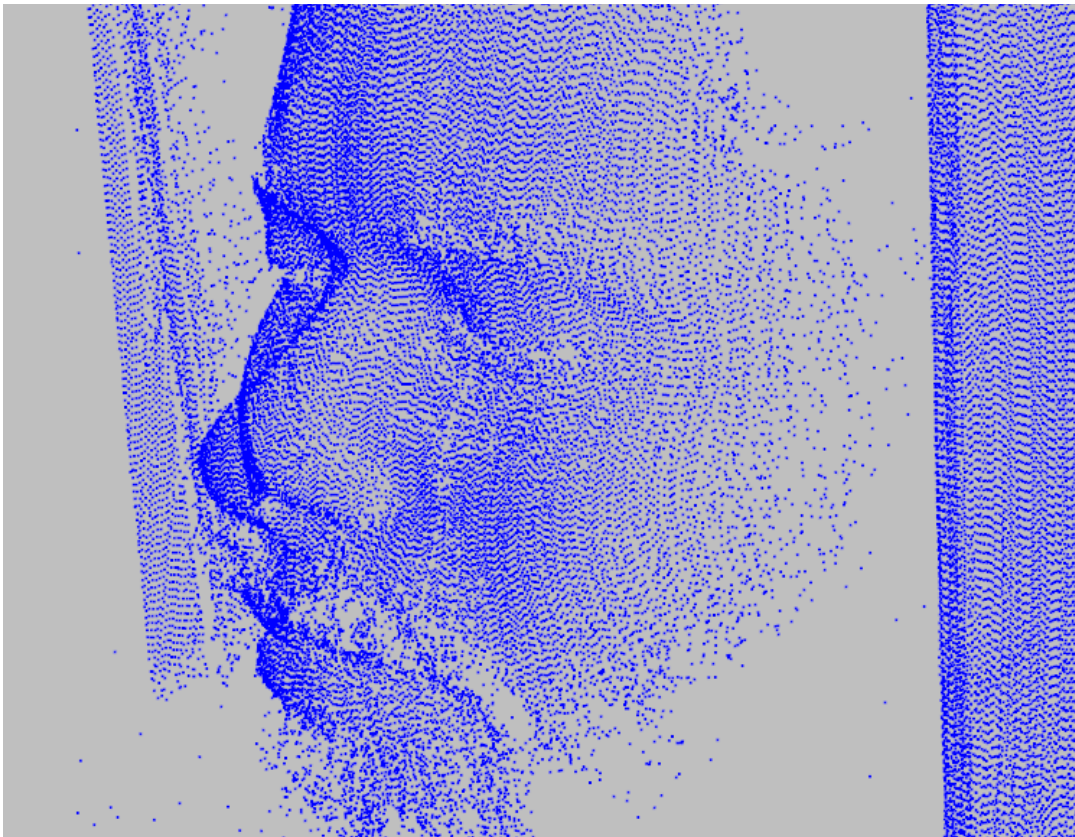


Illustration 1 : Nuage de points, Visage de Benjamin



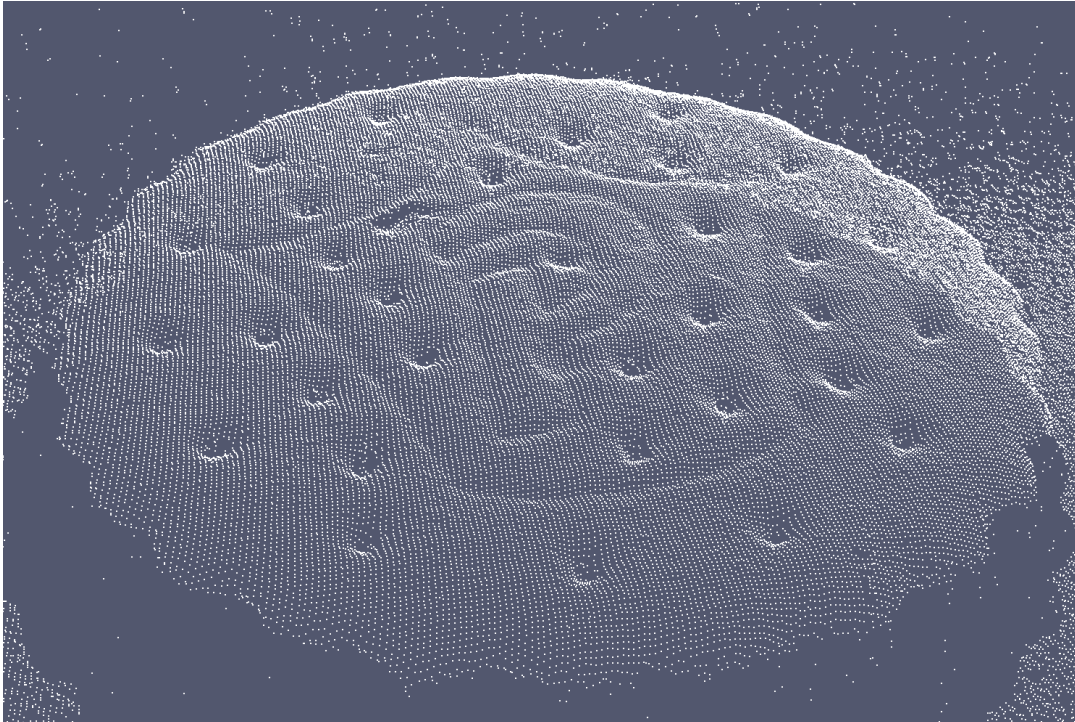


Illustration 2 : Nuage de points, Biscuit

