

# Poste d'Ingénieur en robotique et en système pour *La Coupole*

Romain Pacanowski  
romain.pacanowski@inria.fr

Vincent Padois  
vincent.padois@inria.fr

August 2, 2021

Thématique: Robotique. Système. Vision 3D.

Mots-clés: ROS, RobotDK, OpenCV.

Durée: 12 mois de CDD renouvelable.

Lieu : INRIA Bordeaux Sud-Ouest.

Prise de poste : A partir du 1 Octobre 2021.

Salaire: Selon grille indiciaire relative à l'expérience du candidat.

## 1 Contexte

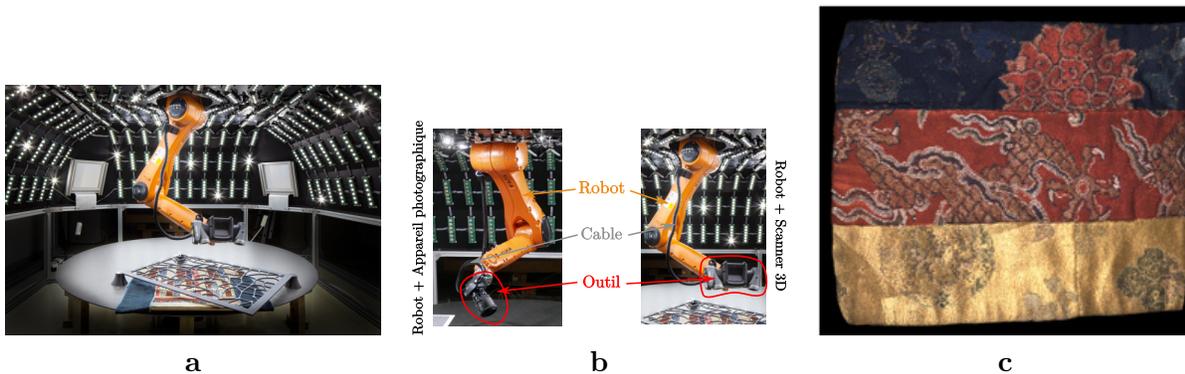


Figure 1: **(a)** Vue générale de la Coupole. **(b)** Outils déplacés par le robot (Kuka). Gauche: appareil photographique (DLSR) composé d'un objectif Sigma de 50mm et d'un capteur CMOS. Droite: scanner 3D (Creaform) permettant l'acquisition de la forme. **(c)** Reconstruction numérique de l'apparence d'un morceau de gilet en soie et coton ( $XIX^{\text{ème}}$  Tibet).

Dans le cadre de l'ANR [Materials](#) un dispositif d'acquisition de l'apparence a été développé (cf. Figure 1). Ce dispositif, nommé *La Coupole*, est capable de mesurer l'apparence des objets avec une précision angulaire moyenne de 0.22 degré. Il génère 4 téraoctets de données par heure de mesure et permet de mesurer des BRDF (reflet) variant spatialement (SV-BRDF) sur une forme non-planaire. La résolution spatiale du dispositif est de 50 microns ce qui correspond approximativement à la résolution du système visuel humain (pour un objet placé à environ 20cm de l'observateur). L'éclairage est contrôlé par 1080 LEDS réparties tout autour de l'objet à numériser. La Coupole a été utilisée pour numériser 10 vêtements des collections (cf. Figure 1c) du Musée d'Ethnographie de Bordeaux.

Le processus de mesure s'effectue en deux temps. D'abord, le robot vient déplacer un scanner laser 3D pour acquérir la forme de l'objet. Puis, (cf. Figure 1b), le scanner laser est remplacé par un appareil photographique numérique (DLSR) à haute cadence (100 fps) qui est lui aussi positionné

par le robot à différents endroits. Pour chaque position du robot, une photographie est prise à chaque fois qu'une LED est allumée. L'ensemble de ces photos permet d'acquérir les propriétés de réflexions, variant spatialement, de l'objet. Ces propriétés sont locales à l'objet et s'expriment donc dans le repère de l'objet. Pour chaque pixel d'une photographie effectuée, on doit donc être capable de retrouver à quelle position 3D sur l'objet.

Dès lors, le déplacement du robot joue un rôle primordial dans le processus de mesure. Le logiciel de pilotage doit générer des trajectoires valides (sans collision avec l'environnement extérieur) et les transmettre au robot.

## 2 Mission

La mission principale de l'ingénieur recruté aura pour principale tâche de refondre et optimiser le système de pilotage du robot ainsi que d'autres éléments plus simples tels que la table de rotation. En fonction des envies et des compétences de la personne recrutée, elle pourra aussi accomplir des tâches liées à la vision 3D par ordinateur qui nécessitent des traitements numériques liées à l'optique (exemple : calibration et traitement des images).

A l'heure actuelle, le logiciel de pilotage de *La Coupole* est complexe et fait appel à différents middleware pour le pilotage du robot. [RobotDK](#) est utilisé pour envoyer les commandes au robot tandis qu'un plugin [Grasshoper](#), [KukaPRC](#), est utilisé pour le calcul des trajectoires sans collision. Un des objectifs de la mission confiée est de réduire au maximum l'utilisation de ces middlewares voire les supprimer pour la gestion des trajectoires.

Plus précisément, les principaux jalons de la mission confiée sont:

1. Etat des lieux et documentation pour l'utilisateur et pour le développeur.
2. Contrôle du robot, réalisations et optimisation de trajectoires
3. Amélioration de la GUI afin de pouvoir spécifier plus facilement le volume de travail d'acquisition. Le volume de travail est défini comme l'espace où le robot peut se déplacer sans entrer en collision avec l'objet à mesurer ou tout autre élément extérieur.
4. Pilotage et calibration de la table de rotation. Ce jalon est lié à la programmation hardware via une API constructeur afin d'intégrer le pilotage de la table de rotation dans le logiciel de contrôle de *La Coupole*.

La jalon 2 est le principal jalon de la mission et il est divisé en trois étapes :

Étape 1 : Modifier en profondeur le code C++ afin de d'intégrer de manière plus efficace [RobotDK](#), ou d'utiliser une solution tierce reposant sur ROS. A l'heure actuelle, la meilleure piste serait l'utilisation de [Fuzzy Logic](#) parce qu'elle réduirait fortement le temps de développement.

Étape 2 : Effectuer le calcul des trajectoires sans dépendre de middleware Rhino. A l'heure actuelle le SDK de [Fuzzy Logic](#) semble aussi être la meilleure piste mais un état de l'art, à jour, sera nécessaire.

Étape 3 : Implémenter des stratégies de mesures en fonction de l'objet à numériser.

L'amplitude des stratégies s'étendra de :

- (i) Une stratégie 100% dynamique, qui après chaque déplacement de robot calcule la prochaine trajectoire en fonction des résultats de la mesure.
- (ii) Une stratégie 100% statique, qui pré-calcule l'ensemble des trajectoires avant de lancer la mesure.

### 3 Compétences recherchées

Compétences principales :

- Architecture de commande et de planification via ROS
- Informatique : C/C++ et Python
- Programmation Hardware via API et SDK

Compétences complémentaires :

- Robotique : modélisation, identification, simulation afin d'améliorer la calibration du robot
- Vision 3D afin d'améliorer le tracking du câble ainsi que la calibration radiométrique
- OpenGL et OpenCL

Compétences générales : Esprit d'équipe, autonome, proactif et rigueur.