



Offre n°2024-07786

## Doctorant F/H Formage de tissus de fibres de carbone par asservissement visuel

Type de contrat : CDD

Niveau de diplôme exigé : Bac + 5 ou équivalent

Autre diplôme apprécié : Research Master2

Fonction : Doctorant

### A propos du centre ou de la direction fonctionnelle

Le centre Inria de l'Université de Rennes est l'un des neuf centres d'Inria et compte plus d'une trentaine d'équipes de recherche. Le centre Inria est un acteur majeur et reconnu dans le domaine des sciences numériques. Il est au cœur d'un riche écosystème de R&D et d'innovation : PME fortement innovantes, grands groupes industriels, pôles de compétitivité, acteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur, laboratoires d'excellence, institut de recherche technologique.

### Contexte et atouts du poste

L'IRT Jules Verne associé à l'équipe Rainbow du centre INRIA de l'université de Rennes propose dans le cadre du programme PERFORM l'offre de thèse intitulée « Formage de tissus de fibres de carbone par asservissement visuel ».

**Lieu de la thèse :** Les travaux de thèse se dérouleront à Rennes au sein de l'équipe Rainbow du centre Inria de l'université de Rennes.

**Encadrants :** Alexandre Krupa (Inria, équipe Rainbow), Benyamine Allouche (IRT Jules Verne, équipe ROC)

**Contrat :**

- Le/la candidat(e) retenu(s) sera salarié(e) de l'IRT Jules Verne (CDD de 3 ans)
- La rémunération proposée par l'IRT pour les 3 années de thèse est la suivante :
  - 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> année : 31 125 € annuel soit 2593.75 € / mois
  - 3<sup>ème</sup> année : 32 816 € annuel soit 2734.66 € / mois
  - le/la doctorant(e) bénéficiera en complément des chèques déjeuner d'un montant de 9.8€ / jour travaillé, dont 5.88 € à la charge de l'IRT

### Mission confiée

**Contexte :**

La manipulation d'objets rigides par des dispositifs robotiques a été étudiée depuis de nombreuses décennies et est actuellement couramment réalisée dans des tâches robotiques où l'environnement est maîtrisé tel que sur une chaîne de production automatisée. A l'inverse, peu de travaux de recherche se sont intéressés à la manipulation d'objets déformables constitués de matière souple. Fournir la capacité aux robots d'interagir avec des objets déformables constitue donc un défi important pour la robotique afin de permettre aux robots de manipuler avec précision des objets compliant. Pour répondre à cet enjeu, l'IRT Jules Verne associé à l'équipe Rainbow du centre Inria de l'université de Rennes a lancé dans le cadre du programme PERFORM la thèse intitulée « Formage de tissus de fibres de carbone par asservissement visuel ».

Le contexte applicatif de cette thèse vise plus précisément la robotique manufacturière. L'application ciblée est le positionnement automatique d'un tissu de fibres de carbone dans un moule de forme concave afin de faciliter le processus de fabrication de pièces en matériau composite. Cette étape du processus qui consiste à positionner le tissu de fibres dans le moule est actuellement réalisée manuellement. Elle requiert de mettre en forme le tissu avec une orientation optimale de ses fibres pour s'assurer que la pièce fabriquée obtienne de très bonnes propriétés mécaniques dont une résistance élevée à l'effort dans des directions voulues.

**Description :**

L'objectif principal de cette thèse est d'élaborer une approche de commande robotique permettant de manipuler un objet planaire flexible (un tissu de fibre de carbone) afin de lui appliquer une courbure de forme désirée. L'idée générale est d'utiliser un retour visuel pour estimer et suivre en temps réel les déformations de l'objet d'intérêt et de développer une approche de commande par asservissement

visuel permettant de contrôler plusieurs manipulateurs robotiques afin d'appliquer de manière autonome une déformation désirée à l'objet. Ce contrôle actif de la déformation permettrait ainsi la mise en œuvre de nouvelles applications robotiques tel que le formage automatique d'un tissu de fibre qui est particulièrement visé dans cette thèse.

Pour contrôler la déformation d'un objet compliant, il faut savoir comment les déplacements des manipulateurs robotiques se traduisent en déformation de l'objet manipulé. Cette relation peut être estimée à partir d'observations visuelles antérieures au moyen d'approches de type « data-driven » [1-2] ou exprimée par un modèle physique de l'objet tel que le modèle à éléments finis (FEM) [3] ou le modèle masse-ressort (MSM) [4-5].

Afin de relier les déplacements des manipulateurs robotiques aux déformations de l'objet d'intérêt, nous souhaitons dans ce travail de thèse élaborer une nouvelle stratégie de commande par asservissement visuel qui repose sur un modèle d'interaction approché et ceci en vue de s'affranchir de la nécessité d'une modélisation complexe de l'objet et d'une identification préalable de ses paramètres rhéologiques.

Un autre aspect du travail de thèse concernera le développement d'une méthode de traitement d'images permettant de suivre en temps réel la déformation du tissu de fibre à partir du flux de données fournies par une ou plusieurs caméra(s) RGB-D.

Les méthodes proposées seront développées, testées et validées sur un banc expérimental constitué d'une ou plusieurs caméra(s) de profondeur de type RGB-D, de plusieurs bras robotiques à 6 degrés de liberté, de plusieurs échantillons de tissu de fibres de carbone et d'un moule.

## Références :

[1] D. Navarro-Alarcon, Y. Liu, J.G. Romero, and P. Li. *On the visual deformation servoing of compliant objects: Uncalibrated control methods and experiments. The International Journal of Robotics Research*, 33(11):1462– 1480, September 2014.

[2] R. Lageau, A. Krupa, M. Marchal. *Automatic Shape Control of Deformable Wires based on Model-Free Visual Servoing. IEEE Robotics and Automation Letters (also presented at IROS'20)*, 5(4):5252-5259, October 2020.

[3] F. Ficuciello, A. Migliozi, E. Coevoet, A. Petit and C. Duriez, « FEM-Based Deformation Control for Dexterous Manipulation of 3D Soft Objects, » In *IEEE/RSJ Int. Conf.on Intelligent Robots and Systems, IROS'18, Pages 4007-4013, Madrid, Spain.*

[4] F. Makiyeh, F. Chaumette, M. Marchal, A. Krupa. *Shape Servoing of a Soft Object Using Fourier Series and a Physics-based Model. In IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, IROS'23, Pages 6356-6363, Detroit, USA, October 2023.*

[5] F. Makiyeh, M. Marchal, F. Chaumette, A. Krupa. *Indirect Positioning of a 3D Point on a Soft Object Using RGB-D Visual Servoing and a Mass-Spring Model. In Int.Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV'22, Singapore, December 2022.*

## Principales activités

- Réaliser un état de l'art sur la manipulation d'objets déformables.
- Mettre en place une stratégie d'interaction et de manipulation d'objets déformables (conception de l'effecteur / définition du système de perception).
- Modéliser la déformation de l'objet en fonction des déplacements des points de saisie.
- Développer un algorithme de suivi visuel des déformations à partir des données fournies par une caméra RGB-D.
- Elaborer une méthode de commande par asservissement visuel à partir de la modélisation 3) pour appliquer une consigne de déformation à l'objet.
- Définir un protocole expérimental, acquérir les données et reconstruire/modéliser les objets déformables par des maillages.
- Valider les résultats sur un cas d'usage défini par l'IRT Jules Verne.
- Suivre la démarche de capitalisation de l'équipe ROC de l'IRT Jules Verne.
- Présenter l'avancement des travaux lors du séminaire PERFORM annuel organisé par l'IRT Jules Verne.
- Rédiger des articles scientifiques et le manuscrit de thèse.
- Soutenance de thèses.

## Compétences

### Compétences requises :

#### Savoir :

- Connaissances approfondies en contrôle-commande, en robotique et vision par ordinateur.
- Solide expérience en C++, Python et ROS.
- Une expérience en asservissement visuel et sur la perception visuelle 3D avec caméra RGB-D seraient appréciées.
- Maîtrise d'un des outils CAO.
- Anglais niveau B2 parlé et écrit.

#### Savoir-faire :

- Rigueur d'analyse.
- Capacité de synthèse.
- Bonne aptitude à l'écriture scientifique et à la communication avec les différents acteurs de la thèse.

#### Savoir-être :

- La personne recrutée devra être dynamique, curieuse, ouverte, autonome, dotée d'initiative et avoir un esprit d'équipe.
- Une bonne appétence pour l'expérimentation robotique.

## Avantages

- Restauration subventionnée
- Transports publics remboursés partiellement
- Possibilité de télétravail à hauteur de 90 jours annuels
- Prise en charge partielle du coût de la mutuelle

## Rémunération

Salaires mensuels bruts de 2 100 € les deux premières années et 2 190 € la troisième

## Informations générales

- **Thème/Domaine** : Robotique et environnements intelligents
- **Ville** : Rennes
- **Centre Inria** : [Centre Inria de l'Université de Rennes](#)
- **Date de prise de fonction souhaitée** : 2024-10-01
- **Durée de contrat** : 3 ans
- **Date limite pour postuler** : 2024-07-31

## Contacts

- **Équipe Inria** : [RAINBOW](#)
- **Directeur de thèse** :  
Krupa Alexandre / [alexandre.krupa@inria.fr](mailto:alexandre.krupa@inria.fr)

## A propos d'Inria

Inria est l'institut national de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Il emploie 2600 personnes. Ses 215 équipes-projets agiles, en général communes avec des partenaires académiques, impliquent plus de 3900 scientifiques pour relever les défis du numérique, souvent à l'interface d'autres disciplines. L'institut fait appel à de nombreux talents dans plus d'une quarantaine de métiers différents. 900 personnels d'appui à la recherche et à l'innovation contribuent à faire émerger et grandir des projets scientifiques ou entrepreneuriaux qui impactent le monde. Inria travaille avec de nombreuses entreprises et a accompagné la création de plus de 200 start-up. L'institut s'efforce ainsi de répondre aux enjeux de la transformation numérique de la science, de la société et de l'économie.

**Attention:** Les candidatures doivent être déposées en ligne sur le site Inria. Le traitement des candidatures adressées par d'autres canaux n'est pas garanti.

## Consignes pour postuler

Merci de déposer en ligne CV, lettre de motivation et éventuelles recommandations

#### Sécurité défense :

Ce poste est susceptible d'être affecté dans une zone à régime restrictif (ZRR), telle que définie dans le décret n°2011-1425 relatif à la protection du potentiel scientifique et technique de la nation (PPST). L'autorisation d'accès à une zone est délivrée par le chef d'établissement, après avis ministériel favorable, tel que défini dans l'arrêté du 03 juillet 2012, relatif à la PPST. Un avis ministériel défavorable pour un poste affecté dans une ZRR aurait pour conséquence l'annulation du recrutement.

#### Politique de recrutement :

Dans le cadre de sa politique diversité, tous les postes Inria sont accessibles aux personnes en situation de handicap.