

Thèses inter labos Navier-LIGM pour la rentrée 2018

(1) Système de vision et d'apprentissage pour la manipulation robotisée en environnement peu contrôlé

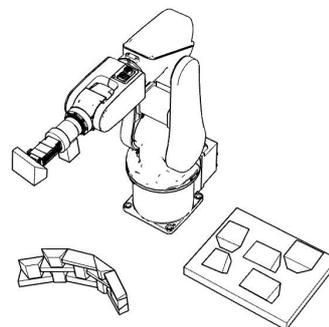
(2) Conception, fabrication robotisée et évaluation mécanique d'un démonstrateur maçonné complexe

Proposées par Jean-François Caron, Olivier Baverel (Navier), Renaud Marlet et Mathieu Aubry (LIGM).

Contexte

L'École des Ponts ParisTech (ENPC) a financé en 2015-2018 une thèse inter labos Navier-LIGM sur une *assistance numérique et robotisée à la conception, au façonnage de pièces et à l'assemblage de maçonnerie*. Le travail du doctorant a permis des avancées dans deux directions :

- Un système de vision artificielle pour l'assemblage avec un bras robotisé a été développé, qui ne nécessite pas de marquage des blocs. Ce système est particulièrement adapté aux conditions peu contrôlées d'un chantier. Il repose notamment sur un robot et des caméras qui ne requièrent pas de calibration entre elles, procédure sinon délicate qui a du sens pour une installation en dur dans une usine où les mouvements sont contrôlés, mais pas dans un chantier où les objets (outils, matériaux) sont fréquemment déplacés, peuvent recevoir des chocs, y compris à l'insu des opérateurs, et peuvent être masqués par d'autres — dans la saleté et les intempéries...
- Un système constructif général de type Abeille a été conçu, constitué de blocs non-parallélépipédiques dont l'assemblage crée un encastrement (ou interblocage). Outre la prouesse architecturale, cela offre une plus grande liberté de forme. De plus, cela confère à la structure la capacité de reprendre des efforts de flexion, ce qu'une maçonnerie classique ne peut pas faire. Cela offre ainsi une excellente tolérance aux chocs (dissipation de l'énergie via des mécanismes et des ruptures locales), ainsi qu'aux séismes.



Ce travail de thèse, s'il pose quelques bases d'une approche modernisée de la stéréotomie et de la construction robotisée, néanmoins ne clôt pas les deux sujets :

- Seuls des exemples numériques de structures ont été conçus, et quelques exemples jouets imprimés en 3D. Le calcul effectif des efforts n'a pas été fait, et aucune structure à taille réelle, même partielle, n'a été construite, ni avec de véritable matériaux.
- Le système robotisé ne fonctionne qu'avec le bras de prototypage (60 cm, capable de porter quelques kilos), pas le bras réel (2,5 m de portée, capable de porter 150 kg). Et le système de vision ne sait que localiser un simple bloc parallélépipédique d'une dizaine de centimètres, si c'est le seul objet dans le champ de vision, et le saisir avec une précision d'un demi-centimètre.

Objectif

L'ambition du nouveau travail que nous proposons est de poursuivre sur cette lancée pour aller jusqu'à un double démonstrateur :

- Nous voulons concevoir et réaliser une structure véritable à l'échelle :1, et l'éprouver.
- Nous voulons automatiser l'assemblage de cette structure.

Travail de thèse

Concrètement, ce travail comprendra à nouveau deux volets, correspondant à deux thèses en parallèle, avec un recouvrement sur quelques tâches.

La thèse « vision artificielle et robotique » comportera les tâches suivantes :

- reconnaissance de blocs avec les contraintes imposées par le système constructif : distinction de formes peu différentes, robuste à de possibles occultations, dans un environnement comportant plusieurs blocs simultanément, fournis de manière semi-contrôlée (ex. à plat sur palette) ou libre (tas), avec une éventuelle présentation par le robot du bloc à une caméra pour lever les ambiguïtés, voire l'utilisation d'une caméra mobile additionnelle,
- étude de la modularité de l'apprentissage pour rendre indépendant la reconnaissance des formes du robot (socle, bras, outils) et celles des objets à saisir (blocs de construction), qui aujourd'hui nécessite un long apprentissage conjoint,
- étude d'architectures de réseaux de neurones permettant l'apprentissage de systèmes asynchrones, plus robustes et plus modulaires, où les données d'entrée (issues de caméras, de capteurs de force, etc.) sont pas nécessairement fournies au même moment ni à une fréquence régulière,
- saisie précise d'un objet avec asservissement visuel (correction dynamique des estimations de position et correction du modèle géométrique sous-jacent), soit avec une boucle de contrôle-commande classique écrite à la main (exploitant des indices visuels innovants), soit avec une boucle de contrôle-commande acquise automatiquement par un apprentissage de bout en bout,
- pose précise d'un objet sur une construction en évolution continue avec asservissement visuel (correction dynamique et contrôle de la structure effectivement assemblée), avec là aussi contrôle-commande classique écrit à la main ou apprentissage « end-to-end ».

La thèse « structure et robotique » comportera les tâches suivantes :

- conception d'une structure suffisamment complexe pour être une vitrine du savoir-faire de l'ENPC tout en étant réalisable en 3 ans,
- calcul des efforts de la structure retenue et optimisation des formes (ex. choix des angles des tétraèdres tronqués),
- développement (par assemblage de composants existants) d'un système de capteur de forces et d'un système de préhension adapté à l'assemblage par bras robotisé,
- conception d'un mode de fabrication des blocs de construction à l'échelle :1 et leur réalisation,
- vérification expérimentale des calculs théoriques par mise à l'épreuve de la structure construite avec des tests mécaniques.

Outre le fait que les deux doctorants travailleraient ensemble à un même but (le démonstrateur automatisé à l'échelle :1), ils auraient également des tâches communes :

- étude de compromis entre des formes de blocs suffisamment séparables visuellement et les propriétés mécaniques de la structure construite avec ces blocs,
- planification de la saisie d'un objet selon sa forme (contraintes géométriques, mécaniques, et apprentissage grâce à un simulateur physique),

- saisie précise d'un objet avec asservissement visuel *et* mécanique (prise en compte du retour d'effort en plus de l'image, notamment pour une estimation des points de contact et une correction de trajectoire),
- pose précise d'un objet sur une construction en évolution avec asservissement visuel *et* mécanique (idem).

Laboratoires et lieu des thèses

Le doctorant sur la thèse « vision artificielle et robotique » sera rattaché à l'équipe IMAGINE du laboratoire d'informatique LIGM. Le doctorant sur la thèse « structure et robotique » sera rattaché à l'équipe MAS du laboratoire Navier. Les deux thèses auront lieu à l'École des Ponts ParisTech (ENPC), à Champs-sur-Marne (15-20 min de Paris par la RER A).

Profil

Nous recherchons deux doctorants pour travailler sur ce projet, l'un avec une compétence vision et apprentissage, l'autre avec une compétence structure et mécanique.

Plus précisément, pour le volet « vision artificielle et robotique », nous recherchons un(e) candidat(e) ayant des connaissances approfondies en informatique, programmation et traitement de données, avec une spécialisation en vision par ordinateur, apprentissage statistique, et computer graphics.

Des compétences en robotique sont un net avantage, mais ne sont pas strictement indispensables car nous bénéficierons du soutien de la société HAL Robotics sur ces questions.

Candidater

Pour candidater, envoyez par mail :

- votre CV,
- une lettre expliquant votre intérêt et vos compétences pour ce sujet,
- un relevé de notes de M1 et M2 ou équivalent en école d'ingénieur, même si c'est incomplet,
- un lien vers 1 ou 2 rapports que vous avez eu à écrire à l'occasion d'un stage ou d'un projet,
- des lettres de recommandation ou des noms de personnes pouvant en fournir

à

- Renaud Marlet <renaud.marlet@enpc.fr>
- Mathieu Aubry <mathieu.aubry@enpc.fr>
- Jean-François Caron <jean-francois.caron@enpc.fr>
- Olivier Baverel <olivier.baverel@enpc.fr>