

Titre : *Perception collaborative pour la mise à jour du jumeau numérique à partir d'une approche hiérarchique et d'informations sémantiques*

Domaines scientifiques : *robotique industrielle, apprentissage machine, digitalisation de l'industrie*

Mots clés : *perception collaborative, information sémantique, mise en correspondance de graphes, jumeau numérique, industrie 5.0*

Encadrement

Encadrant: Nicolas RAGOT, Enseignant-Chercheur CESI LINEACT (nragot@cesi.fr)

Présentation du laboratoire

LINEACT CESI (EA 7527), Laboratoire d'Innovation Numérique pour les Entreprises et les Apprentissages au service de la Compétitivité des Territoires, anticipe et accompagne les mutations technologiques des secteurs et des services liés à l'industrie et au BTP. La proximité historique de CESI avec les entreprises est un élément déterminant pour nos activités de recherche, et a conduit à concentrer les efforts sur une recherche appliquée proche de l'entreprise et en partenariat avec elles. Une approche centrée sur l'humain et couplée à l'utilisation des technologies, ainsi que le maillage territorial et les liens avec la formation, ont permis de construire une recherche transversale; elle met l'humain, ses besoins et ses usages, au centre de ses problématiques et aborde l'angle technologique au travers de ces apports.

Sa recherche est organisée selon deux thèmes scientifiques interdisciplinaires et deux domaines applicatifs.

- Le thème 1 "Apprendre et Innover" relève principalement des Sciences cognitives, Sciences sociales et Sciences de gestion, Sciences et techniques de la formation et celles de l'innovation. Les principaux objectifs scientifiques visés par ce thème sont la compréhension des effets de l'environnement, et plus particulièrement des situations instrumentées par des objets techniques (plateformes, ateliers de prototypage, systèmes immersifs...) sur les processus d'apprentissage, de créativité et d'innovation.
- Le thème 2 "Ingénierie et Outils Numériques" relève principalement des Sciences du Numérique et de l'Ingénierie. Les principaux objectifs scientifiques de ce thème portent sur la modélisation, la simulation, l'optimisation et l'analyse de données de systèmes industriels ou urbains. Les travaux de recherche portent également sur les outils d'aide à la décision associés et sur l'étude des jumeaux numériques couplés à des environnements virtuels ou augmentés.

Ces deux thèmes développent et croisent leurs recherches dans les deux domaines applicatifs de l'Industrie du Futur et de la Ville du Futur, soutenues par des plateformes de recherche, principalement celle de Rouen dédiée à l'Usine du Futur et celles de Nanterre dédiée à l'Usine et au Bâtiment du Futur.

Travaux de recherche proposés

Contexte scientifique

La robotique et l'intelligence artificielle connaissent un essor important ces dernières années avec un rôle de plus en plus prépondérant dans de nombreux secteurs d'activité : en médecine, en agriculture, pour des usages domestiques, ou encore pour des explorations spatiales et sous-marines.

C'est le cas également pour l'Industrie du Futur dans laquelle les robots deviennent de véritables auxiliaires pour les opérateurs. Leurs capacités de perception, d'analyse et d'actions leur permettent d'interagir intelligemment avec leur entourage. Les enjeux liés à l'utilisation de la robotique sont nombreux : pour les opérateurs, il s'agit d'améliorer leurs conditions de travail et leur efficacité ; pour le système de production, il s'agit de le rendre plus flexible, plus agile pour répondre plus rapidement aux besoins du marché et à la diversité croissante des produits.

La flexibilité et la reconfigurabilité de l'usine s'appuient également sur la digitalisation de l'outil de production à travers la mise en place d'un jumeau numérique pour optimiser la conception, le pilotage et la surveillance des processus industriels. Un **enjeu essentiel** porte alors sur la **mise à jour de cette représentation virtuelle du système réel** pour fournir aux opérateurs des éléments fiables et objectifs leur permettant de surveiller, superviser et d'agir sur l'outil de production en un minimum de délai (Sundby *et al.*, 2021).

Projet de stage

La **mise en correspondance d'objets** est un élément clé en **perception collaborative** puisqu'elle vise à identifier des objets identiques à partir d'agents dont les points de vue sont différents (J. Ma *et al.*, 2021).

Certaines approches mettant en jeu des points 2D posent le problème d'appariement comme la recherche d'une distance minimale entre des descripteurs (Vijayan and Kp, 2019). Certaines utilisent des représentations par graphes (Sun, Zhou and Fei, 2020) en étendant les contributions au cas multi-vues (Jiang, Wang and Yan, 2021). D'autres approches estiment une relation géométrique par une procédure et un tirage aléatoire (Fischler and Bolles, 1981). D'autres encore exploitent des points 3D (Pomerleau *et al.*, 2013).

L'utilisation des méthodes combinant des approches par graphes et apprentissage machine (G. Ma *et al.*, 2021), exploitant l'information sémantique des pixels de l'image pour la mise en correspondance, ont permis de repousser les limites et les performances des approches classiques basées points et descripteurs, en relâchant notamment la contrainte qui suppose que l'apparence des objets est unique quels que soient les points de vue à partir desquels ils sont observés. Néanmoins, **ces approches ne prennent pas en compte le mouvement des objets**, ce qui fait de cette problématique un champ de recherche à explorer.

L'approche que nous proposons s'intéressera donc aux **problématiques de perception collaborative d'objets en mouvement**, cette **perception** pouvant être **embarquée** sur des robots et **débarquée** dans l'infrastructure. Notre approche sera essentiellement **guidée par la sémantique** pour dissocier les différentes classes d'objets et filtrer l'ensemble pour n'appairer que celles dont les indices de similarité sont les plus élevées. La mise en correspondance se fera ensuite par **graphes** en développant une **approche hiérarchique**, pour ne pas seulement considérer les objets dans leur intégralité, mais rechercher des sous-ensembles permettant de faciliter les appariements. Nous tirerons parti des **a priori fournis par le jumeau numérique** pour renforcer les contraintes de mise en correspondance en générant des images des objets à partir de leur 3D virtuelle.

Nous supposerons dans un premier temps que les localisations des agents sont parfaitement connues (grâce à l'utilisation d'un système de capture de mouvement). Cette hypothèse sera progressivement dégradée afin d'évaluer les performances de notre approche avec celles d'un système de type UWB, fournissant des informations plus grossières, mais dont le déploiement (et le coût) est plus compatible avec des problématiques industrielles. Nous supposerons également que la prise d'information est synchrone, contrainte que nous relâcherons progressivement pour tendre vers les performances du cas d'étude envisagé.

Le domaine applicatif ciblé sera celui de l'Usine du Futur et des ateliers de production flexibles et reconfigurables. Les scénarios porteront sur la réalisation d'une ou plusieurs tâches de production et mettront en jeu une perception embarquée sur différentes typologies de robots (bras articulés, robots mobiles) d'une part et une perception débarquée dans l'atelier de fabrication d'autre part.

Programme de travail

	PERIODE DE STAGE					
Etat de l'art sur la mise en correspondance multi-vues d'objets basée graphes et sémantique						
Implémentation d'une approche hiérarchique intégrant un filtrage par la sémantique						
Expérimentations dans le démonstrateur Usine du Futur						
Rédaction du rapport de stage & préparation de la soutenance						
Livrables						L.A1

Production scientifique/technique attendue

- Production d'un article synthétisant l'approche développée et les résultats expérimentaux obtenus

Organisation du stage

Financement : à préciser

Lieu de travail : CESI Rouen

Date de démarrage : 01/02/2022

Durée : 6 mois

Références

Fischler, M.A. and Bolles, R.C. (1981) 'Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography', *Communications of the ACM*, 24(6), pp. 381–395.

Jiang, Z., Wang, T. and Yan, J. (2021) 'Unifying Offline and Online Multi-Graph Matching via Finding Shortest Paths on Supergraph', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(10), pp. 3648–3663.

Ma, G. *et al.* (2021) 'Deep graph similarity learning: a survey', *Data Mining and Knowledge Discovery*, 35(3), pp. 688–725.

Ma, J. *et al.* (2021) 'Image Matching from Handcrafted to Deep Features: A Survey', *International Journal of Computer Vision*, 129(1), pp. 23–79.

Pomerleau, F. *et al.* (2013) 'Comparing ICP variants on real-world data sets', *Autonomous Robots*, 34(3), pp. 133–148.

Sun, H., Zhou, W. and Fei, M. (2020) 'A Survey On Graph Matching In Computer Vision', in *2020 13th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI). 2020 13th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, pp. 225–230.

Sundby, T. *et al.* (2021) 'Geometric Change Detection in Digital Twins', *Digital*, 1, pp. 111–129.

Vijayan, V. and Kp, P. (2019) 'FLANN Based Matching with SIFT Descriptors for Drowsy Features Extraction', in *2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP). 2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*, pp. 600–605.