

## **Modélisation de l'IA centrée sur l'homme et du jumeau numérique cognitif à l'aide de grappes sémantiques pour les systèmes d'entreprise intelligents**

Le secteur de la logistique est confronté à une complexité croissante dans la gestion de divers flux de données et leur alignement pour la prise de décision, l'efficacité opérationnelle et l'adaptabilité aux demandes du marché. L'introduction de jumeaux numériques cognitifs (CDT), qui combinent l'intégration physique et numérique avec des capacités cognitives, représente une solution prometteuse à ces défis. Toutefois, cette approche nécessite de surmonter des obstacles importants. L'hétérogénéité sémantique, qui résulte de terminologies, de structures de données et d'interprétations incohérentes entre différents systèmes tels que ERP, WMS et CRM, est un problème critique. En outre, la prise de décision dynamique nécessite l'intégration de l'expertise humaine dans les systèmes pilotés par l'IA afin de s'adapter efficacement à l'évolution des conditions du marché et aux facteurs humains imprévisibles. Assurer l'interopérabilité et la cohérence des représentations sémantiques par l'alignement des ontologies est un autre défi essentiel pour optimiser les opérations de stockage et de logistique.

Cette recherche doctorale se concentrera sur la création d'un cadre de jumelage numérique cognitif qui s'appuie sur l'analyse formelle des concepts (FCA) pour identifier, structurer et aligner les groupes sémantiques dans les ensembles de données logistiques. Ces groupes sémantiques seront alignés sur une ontologie adaptée au domaine de la logistique, garantissant ainsi la cohérence et l'interopérabilité sémantique. L'implication humaine sera intégrée dans la boucle de l'IA grâce à des cadres d'interaction homme-IA, permettant une prise de décision collaborative et réduisant les risques associés à l'erreur humaine.

### **Objectifs :**

L'objectif central de cette recherche est de développer un cadre de jumelage numérique cognitif pour la logistique qui intègre la FCA, l'alignement de l'ontologie et la collaboration entre l'homme et l'IA. Ce cadre comblera le fossé entre les opérations physiques et les modèles numériques, enrichis par des capacités cognitives. La recherche portera sur l'application de la FCA pour extraire dynamiquement et formaliser des groupes sémantiques à partir de sources de données hétérogènes. Ces groupes seront alignés sur une ontologie spécifique à la logistique afin d'assurer une représentation sémantique cohérente et l'interopérabilité.

L'intégration de l'expertise humaine dans les processus pilotés par l'IA sera également au centre des préoccupations. En concevant des mécanismes d'interaction entre l'homme et l'IA, la recherche veillera à ce que les connaissances de la machine soient complétées par l'intuition humaine et les connaissances contextuelles. Il s'agira de créer des interfaces et des flux de travail intuitifs qui renforcent la transparence et la confiance dans les décisions prises par l'IA.

Grâce à cette approche, la recherche vise à fournir une solution évolutive et adaptable pour les opérations logistiques, en tenant compte de l'hétérogénéité sémantique et en permettant une prise de décision efficace en temps réel. Le cadre final sera validé par prototypage et appliqué à des scénarios réels au MG-IB, démontrant son impact pratique sur la gestion du stockage et l'optimisation de la logistique.

### **Méthodologie :**

Le développement des jumeaux numériques cognitifs s'appuie sur des avancées dans plusieurs domaines clés. La technologie des jumeaux numériques a évolué pour inclure des capacités

cognitives, permettant l'analyse prédictive et la prise de décision en temps réel dans les environnements industriels. L'analyse formelle des concepts est une méthodologie bien établie pour l'extraction de structures et de relations hiérarchiques à partir de données, ce qui la rend particulièrement utile pour la formalisation sémantique et l'identification de grappes. L'ingénierie ontologique est devenue la pierre angulaire de la cohérence sémantique, en s'appuyant sur des normes telles que OWL et RDF pour représenter et raisonner sur la connaissance du domaine. La collaboration entre l'homme et l'IA, soutenue par des techniques d'IA explicable (XAI), est devenue un facteur essentiel de l'intégration de l'expertise humaine dans les systèmes d'IA.

Cette recherche adoptera une méthodologie systématique pour concevoir et mettre en œuvre le cadre du jumelage numérique cognitif. Le processus commencera par la collecte et la modélisation des données, en se concentrant sur l'identification des sources d'hétérogénéité sémantique au sein des systèmes logistiques de MG-IB. Des algorithmes FCA seront appliqués pour extraire des groupes sémantiques de ces ensembles de données, qui seront ensuite alignés sur une ontologie spécifique à la logistique développée ou adaptée à cet effet. Des mécanismes d'interaction entre l'homme et l'IA seront conçus pour permettre une collaboration efficace entre les connaissances acquises par la machine et l'expertise humaine, en intégrant les principes de l'XAI pour améliorer la transparence et la confiance de l'utilisateur. Un système prototype sera développé pour intégrer ces composants, validé par l'application aux opérations logistiques de MG-IB.

La recherche proposée contribuera de manière significative aux objectifs stratégiques de MG-IB en fournissant un cadre solide pour l'optimisation des opérations logistiques. Le cadre du jumelage numérique cognitif améliorera la prise de décision fondée sur les données et l'efficacité opérationnelle, permettant à l'entreprise de relever les défis liés à l'hétérogénéité sémantique et aux conditions dynamiques du marché. En intégrant l'expertise humaine dans les processus pilotés par l'IA, la recherche favorisera la confiance et l'adaptabilité, ce qui permettra à MG-IB de rester un leader dans l'application des technologies de pointe de l'IA aux défis industriels. Le prototype validé démontrera non seulement l'impact pratique de la recherche, mais servira également de base à de futures innovations dans ce domaine.

## **Conditions de travail**

**Durée du contrat :** Trois ans.

**Employeur :** Université de Lorraine et entreprise MG-IB.

**Salaire :** Entre 1800 et 2000 euros nets par mois.

### **Profil attendu :**

Le candidat idéal devra être titulaire d'un Master (ou équivalent) en informatique, science des données ou domaine connexe. Des compétences analytiques solides et une expertise en Intelligence Artificielle, intégration des données et technologies sémantiques sont essentielles. Une expérience en ingénierie ontologique, en analyse formelle de concepts (FCA) et en cadres d'apprentissage automatique sera particulièrement appréciée.

Compétences requises :

- La maîtrise de l'anglais est obligatoire ; celle du français serait très appréciée.
- Maîtrise des langages de programmation tels que Python ou Java.
- Familiarité avec les systèmes d'entreprise (ERP, MES, CRM).
- Connaissance des technologies du web sémantique et des outils de modélisation de données.
- Excellentes compétences en communication et en travail d'équipe, le projet nécessitant une collaboration étroite avec le département R&D de MG-IB et le laboratoire CRAN de l'Université de Lorraine.

Le candidat sélectionné partagera son temps entre le département Recherche et Développement de MG-IB à Épinal et le laboratoire CRAN à Nancy, en France. Des visites régulières aux clients de MG-IB dans la région des Vosges sont prévues, garantissant l'alignement entre la recherche théorique et les applications pratiques.

**Contact:**

- Mario Lezoche ([mario.lezoche@univ-lorraine.fr](mailto:mario.lezoche@univ-lorraine.fr)) et
- Hervé Panetto ([herve.panetto@univ-lorraine.fr](mailto:herve.panetto@univ-lorraine.fr))