Plate-forme Intelligence Artificielle

11e conférence nationale sur les Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle (APIA)

Dijon, 30/06/2025

Intégration d'IA neuro-symbolique et de jumeaux numériques pour la gestion autonome de bâtiments

Stéphane REYNAUD *(R&D B27-AI, LIB Université Bourgogne Europe)*
Anthony DUMAS *(R&D B27-AI)*
Ana ROXIN *(LIB Université Bourgogne Europe)*
Ludovic JOURNAUX *(LIB Institut Agro Dijon)*

Introduction

Les défis du secteur du bâtiment :

- Réduire sa **consommation énergétique**
- Répondre à une **réglementation complexe et évolutive**

? Comment concevoir des systèmes capables de gérer un bâtiment **de manière autonome** ?

→ Notre approche : combiner **jumeaux numériques** et **IA neuro-symbolique**

Etat de l'art - Jumeaux numériques

- Modélisation numérique des bâtiments (**BIM**)
  - « **représentation numérique partagée** d'un objet construit (comprenant bâtiments, ponts, routes, usines, etc.) pour faciliter les **processus** de **conception, de construction et d'exploitation** et former une base fiable permettant les **prises de décision** » (ISO 29481-1:2016)
- Du BIM « statique » au Jumeau Numérique « dynamique »
  - « représentation numérique d'un élément [..] observable avec **synchronisation** entre l'élément et sa représentation numérique » (ISO 23247-1:2021)

Etat de l'art - IA neuro-symbolique (IANS)

- IA **symbolique** : modèle composé de **symboles** et de **règles logiques explicites** (Flasiński, 2016)
- IA **statistique** : modèle composé de **données numériques et de probabilités**, traité par **apprentissage automatique** et algorithme d'**optimisation** (Flasiński, 2016)
- IA **neuro-symbolique** : combine les 2 approches symbolique et statistique (Hitzler et al., 2022)

Problématiques

Formaliser les connaissances

Ontologie métier de B27-AI alignée avec ontologies **existantes** i.e. SAREF4BLDG, ifcOWL, SSN/SOSA

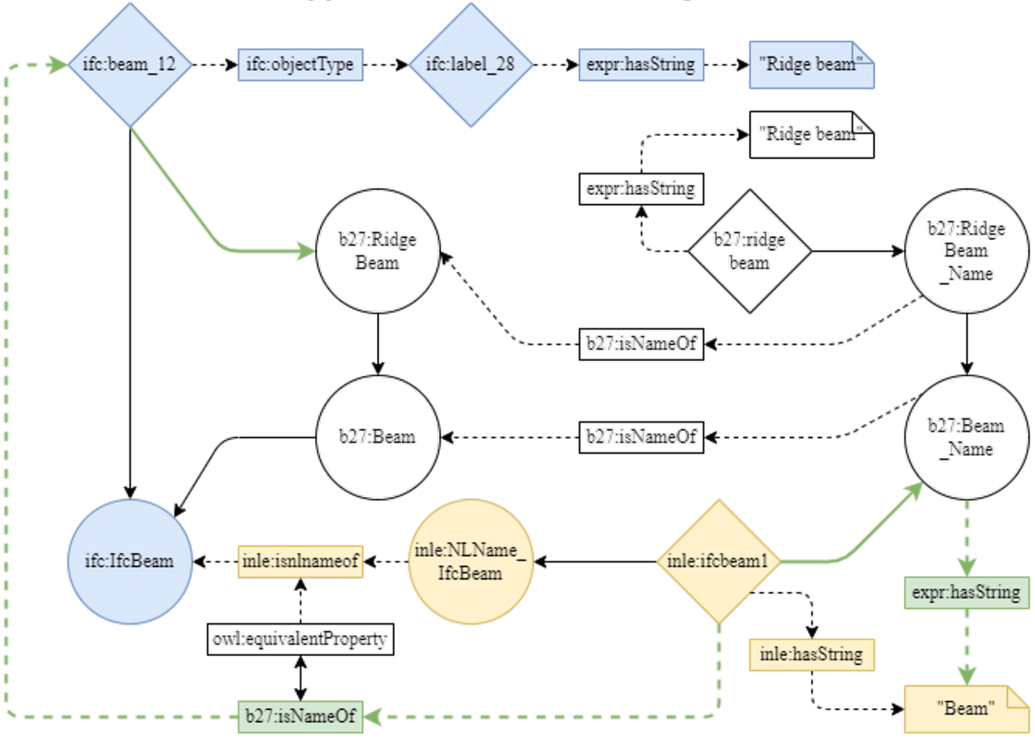
Gérer dynamiquement des règles logiques

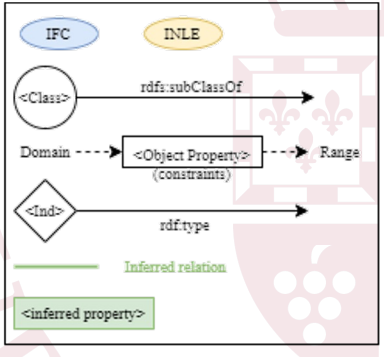
Apprentissage de règles (adaptation, précision, ou transformation)

Permettre une autonomie au bâtiment

Raisonnement contrôlé par des **stratégies** et encadré par des **contraintes**

Travaux effectués - Ontologie métier de B27-AI





Inference rule

```
c1 <rdfs:subClassOf> r1
r1 <owl:onProperty> <inle:isnlnameof>
r1 <owl:allValuesFrom> c2
i1 <rdf:type> c1
i2 <rdf:type> c2
--------------------------------
i1 <inle:isnlnameof> i2
```

ifc: https://standards.buildingsmart.org/IFC/DEV/IFC2x3/TC1/OWL#

expr: https://w3id.org/express#

inle: http://www.co-ode.org/ontologies/ont.owl/NLnames#

b27: https://github.com/sreynaud-b27/ob27ai#

Contributions

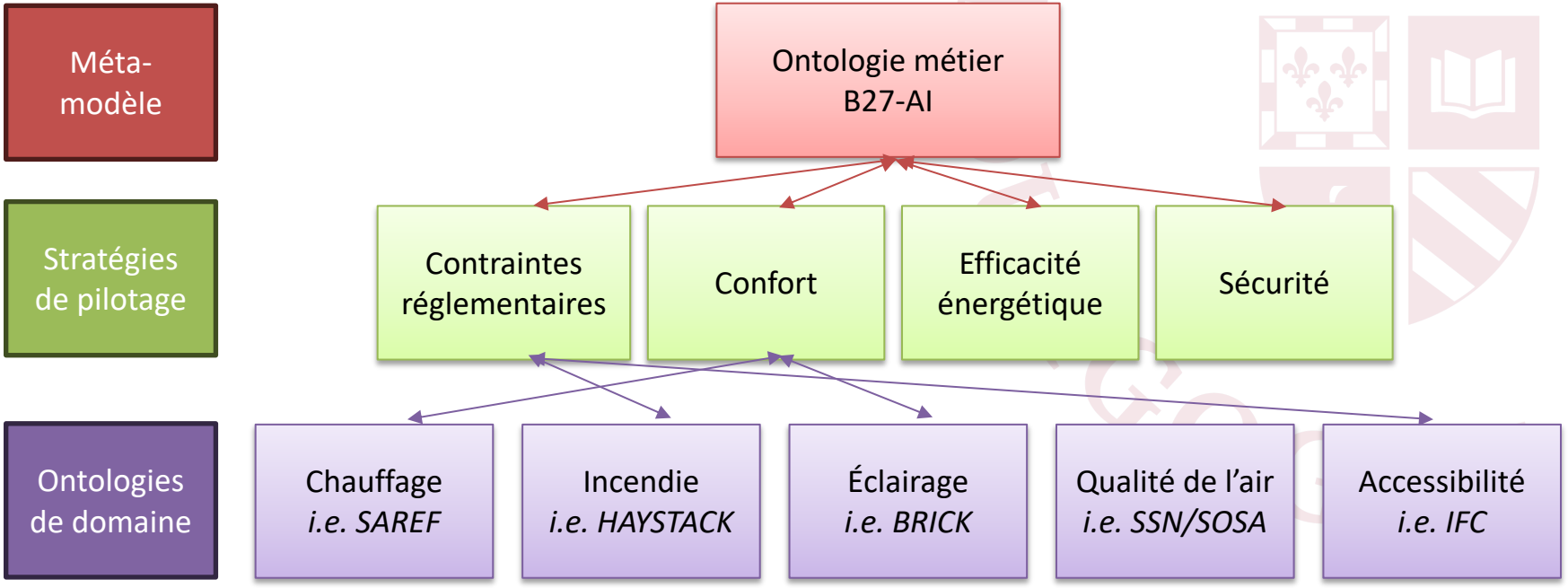
Contributions scientifiques :

- Ontologie métier alignée avec l'existant IFC / BRICK / BOT / SSN /…
- Méthodologie d'intégration sémantique robuste

Contributions métiers :

- Vocabulaire spécifique B27-AI
- Exploitation unifiée des données métier / capteurs / BIM

Vue d'ensemble de l'approche



Travaux Futurs

Base de connaissances interopérable

Ajout des autres alignements

Mise en place d'une bibliothèque structurée et évolutive de **règles métier**

Gestion dynamique et adaptative des règles métier et utilisateurs

IANS pour **l'apprentissage** de règles

Interprétabilité des règles issues de l'apprentissage

Jumeaux numériques neuro-symboliques autonomes

Raisonnement et apprentissage sur les données du bâtiment

Apprentissage avec **contraintes** symboliques **explicites**

Preuve de **concept** selon un scénario **réel**

Conclusion

Une première étape dans la réponse complète aux trois problématiques :

1. Compréhension du bâtiment → ontologies
2. Adaptation aux règles et comportements → IA neuro-symbolique
3. Autonomie du bâtiment → jumeau numérique cognitif

Remerciements

- B27-AI
- Laboratoire Informatique de Bourgogne
- ANRT

Contact : sreynaud@b27.fr