

**Titre de la thèse : Approche IA pour la caractérisation d'un logement ou d'un bâtiment par rapport à un type de handicap et des contraintes réglementaires associées**

**Laboratoire d'accueil :** LIB - EA 7534, 9 avenue Alain Savary, 21000 Dijon, France - <https://lib.u-bourgogne.fr/>

**Spécialité du doctorat préparé :** Informatique

**Mots-clefs :** Intelligence artificielle (IA), IA symbolique, ontologies, règles logiques, raisonnement, machine learning, data science

**Descriptif détaillé de la thèse :**

**Contexte :** La loi handicap de 2005 a instauré l'obligation de mise en accessibilité des bâtiments recevant du public à l'horizon 2015, échéance repoussée à 2024, dans le cadre des "schémas directeurs d'accessibilité - agenda d'accessibilité programmé". Depuis 2017, le handicap est l'une des priorités du gouvernement français. Le point d'étape publié en mai 2021, fait état de plusieurs actions clés, notamment "Développer des solutions de logement innovantes et inclusives" et "Engager la société vers une accessibilité universelle". C'est par rapport à ces deux actions que s'inscrivent les travaux envisagés dans le cadre de la présente thèse. L'idée est de proposer une caractérisation d'un logement ou d'un bâtiment par rapport à des contraintes réglementaires e.g. présence de douches sans ressaut dans une construction neuve à partir du 1er janvier 2021.

Depuis la dernière décennie, la dématérialisation de l'ensemble des données et des processus concernant les bâtiments est un enjeu mondial. Au niveau national, le dernier plan dans ce domaine est le plan BIM 2022 - ce plan prévoit de généraliser l'utilisation du numérique et des approches BIM (Building Information Modeling) dans la filière construction. La transformation numérique du bâtiment visée induit une généralisation de l'utilisation de la maquette numérique par les maîtres d'ouvrage.

Plusieurs normes internationales existent déjà pour la modélisation numérique des bâtiments et des espaces urbains, notamment l'IDM (Information Delivery Manual (ISO 29481-1:2016)), le MVD (Model View Definition (ISO 29481-3:2010)) et l'IFC (Industry Foundation Classes) (ISO 16739:2018). Cette dernière norme est une norme ouverte, utilisée pour la représentation de l'ensemble des éléments constitutifs du bâtiment physique. La norme IFC permet l'interopérabilité syntaxique des outils et des processus autour de la maquette numérique. Grâce à cette représentation orientée objet, l'IFC permet d'identifier de manière unique chaque élément au sein d'une maquette numérique donnée par un identifiant global (appelé GUID pour Globally Unique Identifier) et d'associer les éléments les uns aux autres sous la forme d'un graphe. Le modèle IFC a l'ambition de couvrir tout le cycle de vie. Par conséquent il est très riche afin de pouvoir s'adapter à l'évolution et permettre l'enrichissement des informations échangées. Il a été adapté en langage ontologie sous la forme d'ifcOWL [1].

Toutefois, les différents processus pouvant être implémentés sur la base de ces normes dépendent encore grandement d'opérateurs humains. De plus, les différentes évolutions subies par le modèle IFC n'ont pas aidé à le rendre plus compréhensible ni à faciliter sa manipulation par les professionnels du domaine. Par rapport à cela, plusieurs publications scientifiques ont démontré les avantages apportés par les technologies dites du "Web sémantique", pour la vérification de maquettes numériques notamment en termes d'accessibilité [2][3].

**Travaux envisagés :** Les recherches menées au sein de cette thèse vont adresser et combiner les deux axes de l'Intelligence Artificielle: d'une part des approches statistiques [4] e.g. apprentissage non-supervisé à partir de corpus de textes réglementaires, et, d'autre part, des approches symboliques [5] e.g. création de règles logiques permettant d'identifier des éventuels non-respects de conformité par rapport à une maquette numérique de logement.

Cette thèse vise à proposer, formaliser, spécifier puis implémenter une approche permettant une interprétation cohérente, complète et sémantique d'un bâtiment et/ou d'un logement par rapport à la réglementation existante en termes d'accessibilité et handicap.

Plus particulièrement, il s'agit d'étudier comment les textes législatifs peuvent être adaptés sous forme de règles logiques pouvant être utilisées pour vérifier si d'éventuelles non-conformités sont présentés dans des maquettes numériques de bâtiments et/ou de logements. Une première étape vise à extraire des textes réglementaires des règles semi-formelles, en utilisant des algorithmes type *machine learning*. Dans un deuxième temps une base de connaissances pour les bâtiments/logements et les contraintes d'accessibilité sera conçue. La troisième étape vise à traduire les règles obtenues dans la 1e étape dans un langage formel (e.g. SHACL) et les appliquer à la base de connaissance de l'étape 2. Ainsi, le contenu de la base pourra être classé selon les règles et les points de non-conformité identifiés. Pour faciliter l'interaction et l'ajout de nouvelles règles, une 4e étape vise à implémenter la base de connaissances sur un magasin de triplets et permettre son interrogation via des requêtes (adaptées à partir des règles). Le traitement de ces requêtes pourra être optimisé. L'approche devra être extensible pour permettre l'ajout de nouvelles contraintes ou de nouvelles connaissances.

### Références bibliographiques :

[1] Pieter Pauwels and Walter Terkaj, EXPRESS to OWL for construction industry: towards a recommendable and usable ifcOWL ontology. *Automation in Construction* 63: 100-133 (2016).  
DOI:10.1016/j.autcon.2015.12.003.

[2] Nicolas Bus, Fahad Muhammad, Bruno Fies, Ana Roxin. Semantic topological querying for compliance checking. CRC Press. *eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction*, Taylor & Francis; CRC Press, 2018, *eWork and eBusiness in Architecture*, ECPPM 2018, September 12-14, 2018, Copenhagen, Denmark.

[3] Elio Hbeich, Ana Roxin, Nicolas Bus. Applying PLU Rules on Different BIM/GIS Interoperability Approaches. *Informatica Economică*, 2019, 23 (3/2019), pp.26-38.  
DOI:10.12948/issn14531305/23.3.2019.03

[4] Bishop, C. M. (1995). *Neural Networks for Pattern Recognition*. Oxford University Press

[5] Motik, B., Patel-Schneider, P.F., Grau, B.C. (2012). *OWL 2 Web Ontology Language Direct Semantics (Second Edition) W3C Recommendation*. Available at: <https://www.w3.org/TR/owl-direct-semantics/>.

**Profil demandé :** Les candidats doivent être titulaires d'un Master 2 ou d'un diplôme d'ingénieur en informatique ou en mathématiques appliquées, en rapport avec l'un des domaines suivants: l'intelligence artificielle, l'ingénierie des connaissances, l'apprentissage automatique, le traitement du langage naturel. Les candidats doivent avoir un bon niveau en français et/ou en anglais (niveau min. C1). Les candidats doivent avoir un intérêt pour la recherche, un solide bagage scientifique, des compétences en programmation. Constituent un plus des compétences en ingénierie des connaissances (Web sémantique, ontologies), BIM et/ou data science.

### Financement : Région Bourgogne Franche-Comté (BFC)

Dossier à envoyer pour le 28/05/2022

Période d'auditions: au fil de l'eau

Début du contrat : Septembre-Octobre 2022

Salaire mensuel brut : 1975€

### Direction / codirection de la thèse :

Ana ROXIN MCF-HDR (direction) / Eric LECLERCQ PR (co-directeur)

### Contact:

Ana ROXIN (directrice) : [ana-maria.roxin@u-bourgogne.fr](mailto:ana-maria.roxin@u-bourgogne.fr)

Eric LECLERCQ (co-directeur): [eric.leclercq@u-bourgogne.fr](mailto:eric.leclercq@u-bourgogne.fr)

Les candidats sont invités à soumettre leur candidature aux directeurs de thèse.

La candidature doit contenir les documents suivants :

- CV
- une lettre de motivation
- Au moins 1 lettre de référence

**PhD title:** AI-based approach for characterising dwellings or buildings concerning a type of disability and the associated regulatory constraints

**Host laboratory:** LIB - EA 7534, 9 avenue Alain Savary, 21000 Dijon, FRANCE - <https://lib.u-bourgogne.fr/>

**The speciality of PhD:** Computer science

**Keywords:** Artificial intelligence (AI), symbolic AI, knowledge modelling, logical rules, reasoning, machine learning, data science

**Job description:**

**Context:** The 2005 French disability law introduced the obligation to make buildings open to the public accessible by 2015, a deadline pushed back to 2024, as part of the "accessibility master plans - programmed accessibility agenda". Since 2017, disability has been one of the priorities of the French government. The progress report published in May 2021 reports several vital actions, particularly "Developing innovative and inclusive housing solutions" and "Engaging society towards universal accessibility". The work envisaged in the context of this thesis concerns these two actions. The idea is to characterise a dwelling or a building with regulatory constraints, e.g. presence of showers without projection in new constructions from the 1st of January, 2021.

The dematerialisation of all data and processes concerning buildings has been a global issue in the last decade. At the national level, the latest plan in this area is the BIM 2022 plan - this plan plans to generalise the use of digital and BIM (Building Information Modeling) approaches in the construction sector. The targeted digital transformation of the building induces a generalisation of the use of the digital model by the project owners.

Several international standards already exist for the digital modelling of buildings and urban spaces, including IDM (Information Delivery Manual (ISO 29481-1:2016), MVD (Model View Definition (ISO 29481-3:2010) and the (Industry Foundation Classes) (ISO 16739:2018). The latter is an open standard used to represent all the constituent elements of the physical building. The IFC standard allows the syntactic interoperability of tools and processes around. Thanks to this object-oriented representation, the IFC makes it possible to uniquely identify each element within a digital model given by a global identifier (called GUID for Globally Unique Identifier) and associate the elements to each other as a graph. The IFC model has the ambition to cover the entire life cycle. Consequently, it is very complex to adapt to changes and allow the enrichment of information exchanged among stakeholders. It has been adapted as an ontology in the form of ifcOWL [1].

However, the various processes that can be implemented based on these standards are still highly dependent on human operators. Moreover, the various evolutions undergone by the IFC model have not helped to make it more understandable or facilitate its handling by professionals in the field. Concerning this, several scientific publications have demonstrated the advantages provided by so-called "Semantic Web" technologies, for the verification of digital models, particularly in terms of accessibility [2][3].

**Research orientations:** The research carried out within this thesis will address and combine the two axes of Artificial Intelligence: on the one hand, statistical approaches [4], e.g. unsupervised learning from a corpus of regulatory texts, and, on the other hand, symbolic approaches [5], e.g. creation of logical rules to identify possible non-compliance for a digital housing model.

This thesis aims to study and implement an approach that allows a coherent, complete, and semantic interpretation of a building and dwelling about the existing regulations regarding accessibility and disability. More particularly, it is a question of studying how the legislative texts can be adapted in the form of logical rules, which can be used to check whether possible non-conformities are presented in digital models of buildings and housing. A first step aims to extract semi-formal rules from regulatory texts using machine learning algorithms. Secondly, a knowledge base for buildings/housing and accessibility constraints will be designed. The third step aims to translate the rules obtained in the 1st step into a formal language (e.g. SHACL) and apply them to the knowledge base of step 2. Thus, the content of the base can be classified according to

the rules and non-compliance points identified. To facilitate the user interaction and the addition of new rules, a 4th step aims to implement the knowledge base on a store of triples and allow its interrogation via queries (adapted from the rules). The processing of these requests can be optimised. The approach should be extensible to allow the addition of new constraints or new knowledge.

#### References :

[1] Pieter Pauwels and Walter Terkaj, EXPRESS to OWL for construction industry: towards a recommendable and usable ifcOWL ontology. Automation in Construction 63: 100-133 (2016).

DOI:10.1016/j.autcon.2015.12.003.

[2] Nicolas Bus, Fahad Muhammad, Bruno Fies, Ana Roxin. Semantic topological querying for compliance checking. CRC Press. eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction, Taylor & Francis; CRC Press, 2018, eWork and eBusiness in Architecture, ECPPM 2018, September 12-14, 2018, Copenhagen, Denmark.

[3] Elio Hbeich, Ana Roxin, Nicolas Bus. Applying PLU Rules on Different BIM/GIS Interoperability Approaches. Informatica Economică, 2019, 23 (3/2019), pp.26-38.

DOI:10.12948/issn14531305/23.3.2019.03

[4] Bishop, C. M. (1995). Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford University Press

[5] Motik, B., Patel-Schneider, P.F., Grau, B.C. (2012). OWL 2 Web Ontology Language Direct Semantics (Second Edition) W3C Recommendation. Available at: <https://www.w3.org/TR/owl-direct-semantics/>

**Candidate Profile:** Candidates must hold a Master 2 or an engineering degree in computer science or applied mathematics, related to one of the following fields: artificial intelligence, knowledge engineering, machine learning, natural language processing. Candidates must have a good level in French and/or English (minimum level C1). Candidates must have an interest in research, a solid scientific background, programming skills. Skills in knowledge engineering (Semantic Web, ontologies), BIM and/or data science are a plus.

#### Financing Institution: BFC Region

**Application deadline:** 28<sup>th</sup> of May 2022

**Starting date:** September-October 2022

**Monthly salary (rough):** 1975€

#### Supervisor(s):

Ana ROXIN MCF-HDR (lead), Eric LECLERCQ PR (co-lead)

#### Contact:

Ana ROXIN (directrice) : [ana-maria.roxin@u-bourgogne.fr](mailto:ana-maria.roxin@u-bourgogne.fr)

Eric LECLERCQ (co-directeur): [eric.leclercq@u-bourgogne.fr](mailto:eric.leclercq@u-bourgogne.fr)

Applicants are invited to submit their applications to the PhD supervisors.

Applications must contain the following documents:

-CV

-Cover letter

-At least one reference letter