

© (Barateiro et al., 2021)

Recourir au BIM pour l'asset management

Un aspect important du *Building Information Modelling* (BIM) consiste à stocker toutes sortes d'informations concernant les infrastructures et à les partager avec les différentes parties qui jouent un rôle au cours de leur cycle de vie. Aujourd'hui, le BIM est de plus en plus utilisé dans la phase de conception et de mise en œuvre lors de la construction ou du renouvellement de grandes infrastructures routières. Parfois, un modèle BIM *as-built* de l'infrastructure est livré. Cependant, les informations contenues dans le modèle BIM peuvent également être intéressantes dans la phase d'exploitation et de maintenance.

Le projet CEDR (Conférence Européenne des Directeurs des Routes) CoDEC (*Connected Data for Effective Collaboration*), qui a duré deux ans, vient de se terminer. Il visait à comprendre de manière très pratique les principaux moyens pour la mise en œuvre réussie de modes de communication et de flux de données entre un environnement BIM et des *Asset Management Systems* (AMS) en vue d'une application au secteur de la construction routière en Europe. Aujourd'hui, les deux mondes ne sont pas encore en phase et la manière de définir et d'échanger les données n'est pas standardisée non plus. En concertation avec la CEDR (<https://www.cedr.eu/>), le champ d'application dans le projet CoDEC (<https://www.codec-project.eu/>) a été limité à trois grands types d'infrastructures, à savoir les revêtements routiers, les ponts et les tunnels. Cependant, l'approche développée dans le projet devait pouvoir être élargie à tous les autres composants de l'infrastructure routière.

Le projet CoDEC se distingue par le fait que toutes les mesures ont été prises pour arriver à une *application programming interface* (API) capable d'interconnecter différents logiciels. La solution informatique proposée par CoDEC est une architecture par couches facile à mettre en œuvre dans tous types de logiciels: dans chaque logiciel BIM ou GIS, il suffit de programmer un petit bout de code supplémentaire. La solution de CoDEC permet aussi d'accéder simplement à un ensemble de données supplémentaires ou à davantage d'informations sur les données disponibles, qui peuvent ensuite être utilisées pour de nouvelles applications. La réalisation de trois projets pilotes a démontré que l'approche était une solution opérationnelle.

Data dictionary

Toutes les données relatives à une infrastructure routière n'ont pas la même utilité pour sa gestion. La première étape du projet CoDEC a été la création d'un *data dictionary*. Ce document rédigé en langage simple et en anglais décrit quels objets et éléments sont importants pour l'*asset management*. Le *data dictionary* est suffisamment simple pour rester synoptique et constitue la spécification de ce qui doit être utilement communiqué entre le modèle BIM et le logiciel AM.

Le *data dictionary* fait une distinction entre les données «statiques» et les données «dynamiques». Les données statiques sont des données relatives à l'infrastructure physiquement présente tandis que les données dynamiques sont les données collectées par des capteurs ou des véhicules de mesure, qui contiennent des informations sur une partie de l'infrastructure.

Le *CoDEC data dictionary* se présente sous la forme d'un fichier Excel. Son contenu est fortement axé sur les tunnels, les ponts et les revêtements routiers, mais d'autres parties du patrimoine routier y sont également mentionnées. Les données dynamiques sont décrites d'une manière qui est indépendante des capteurs spécifiques utilisés à l'heure actuelle. La structure simple peut facilement être étendue le cas échéant.

Lors de l'élaboration du *CoDEC data dictionary* (<https://www.codec-project.eu/Resources/projectreports>), les *data dictionaries* et normes existants ont été pris en compte. Pensons notamment au *data dictionary* élaboré par le projet de recherche européen AM4INFRA (<https://am4infra.eu/>) sur l'*asset management* (mais qui n'était pas destiné à un environnement BIM) et à la représentation des données des inventaires d'infrastructures routières et des OTL (*Object Type Libraries*) existant en Europe. La norme ifcRoad, développée par le consortium international BuildingSMART (<https://www.buildingsmart.org/standards/calls-for-participation/ifcroad/>), a également été utilisée, tout comme le *Data Standard for Road Management and Investment in Australia and New Zealand* (pour la partie sur les tunnels) (Draheim et al, 2019) et l'*Asset Data Management Manual* (ADMM) de Highways England (Highways England, Asset management Development Group, 2020). Ce dernier a également été une source d'inspiration pour la forme et l'utilisation d'un tableur.

Ontologie

Les méthodologies *Linked Data* et *Semantic Web* recourent à des ontologies pour structurer et partager des données. Une ontologie peut se définir comme une «spécification formelle, explicite d'une conceptualisation partagée», ce qui signifie que les concepts, leurs limites et leurs relations sont codés d'une manière qui est structurée systématiquement, explicite et lisible par une machine. C'est ainsi que les ontologies peuvent être utilisées pour intégrer et récupérer des informations, pour obtenir un contenu sémantiquement amélioré et pour soutenir la gestion des connaissances.

Une ontologie CoDEC a été développée à partir du *CoDEC data dictionary*. Dans cette étape également, un usage maximal a été fait des normes déjà existantes et des méthodes acceptées au niveau international. L'approche du projet CEDR INTERLINK (2015-2018) (<https://www.roadotl.eu/>) a servi de base. Dans ce projet, qui a remporté le buildingSMART award en 2018,

l'ontologie EurOTL a été développée. L'ontologie CoDEC est une extension de l'ontologie EurOTL. Pour les données dynamiques, la *Semantic Sensor Network (SSN) Ontology* existante du consortium W3C a été utilisée (<https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/>).

L'architecture de CoDEC

L'approche technique du projet CoDEC consiste en une architecture par couches. Chaque couche de cette architecture est indépendante et peut évoluer individuellement. L'architecture est représentée à la figure 1. Elle recourt autant que possible à des méthodologies existantes, types, du monde informatique.

Le *CoDEC data dictionary* décrit les données à rendre accessibles. L'ontologie est une implémentation de cette description dans un environnement qui permet d'interroger l'ontologie avec SPARQL. Le langage de recherche SPARQL permet de demander des informations pour des applications sur le web sémantique.

L'API CoDEC est un ensemble de services mis en œuvre à l'aide de requêtes SPARQL. Elle garantit l'accès aux informations dans les structures de données qui correspondent à l'ontologie.

Une application qui utilise l'API CoDEC peut ensuite être mise en œuvre dans un logiciel existant. L'utilisateur de l'API n'a pas à savoir quoi que ce soit des informations sous-jacentes sur l'ontologie.

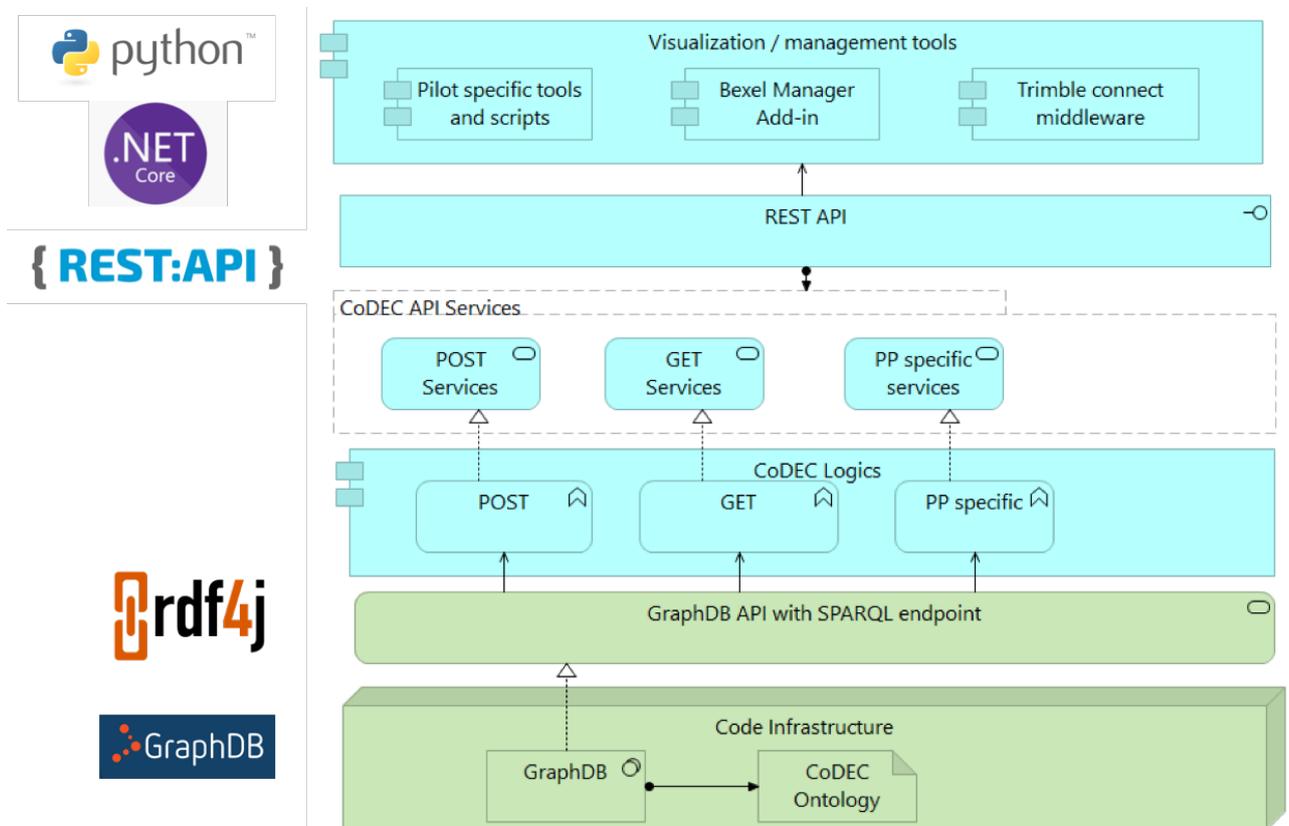


Figure 1 - Layered architecture

Des extensions de l'API CoDEC, de l'ontologie ou du *data dictionary* n'exerceront aucune influence sur les services qui existent dans l'API ni sur des applications déjà implémentées sur la base de l'API.

Dans le cadre de CoDEC, aussi bien .NET que Python ont été utilisés, autre exemple de la flexibilité de la solution proposée. La seule exigence du logiciel est que SPARQL doit être supporté.

Projets pilotes

Pour l'application dans les trois projets pilotes, une partie de l'ontologie CoDEC et de l'API CoDEC ont été implémentées. Chaque projet pilote a été suivi par l'un des gestionnaires réseau de la CEDR.

L'architecture CoDEC a permis de travailler avec différents logiciels BIM (BEXEL Manager [<https://bexelmanager.com/>] et Revit [<https://www.autodesk.be/nl/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>]), ainsi qu'avec le logiciel GIS ArcGIS (<https://www.arcgis.com/index.html>). Dans les projets pilotes avec tunnel et pont, les données statistiques et dynamiques ont été reliées dans l'environnement BIM. Pour le projet pilote sur le revêtement routier, des informations du modèle BIM ont été liées à une carte, qui constitue la base par excellence pour l'AMS.

Projet pilote 1: tunnel

L'Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) (<https://wegenverkeer.be/>) a mis à disposition un modèle tridimensionnel d'un tunnel qui a été importé dans BEXEL Manager comme modèle IFC (IFC open BIM format ISO 16739-1:2018 [International Organization for Standardization, 2018]). L'AWV a également fourni dans un fichier Excel des mesures de la température et de la qualité de l'air (NO₂ et CO) effectuées à l'aide de différents capteurs répartis dans le tunnel et réalisées à différents moments.

Un lien a été établi entre le modèle BIM et les données des capteurs. Pour ce faire, il a bien entendu fallu choisir un élément approprié dans le modèle BIM: les données des capteurs contiennent des informations sur une zone du tunnel, et non sur l'emplacement ponctuel du capteur. On a choisi de relier les données des capteurs aux panneaux muraux.

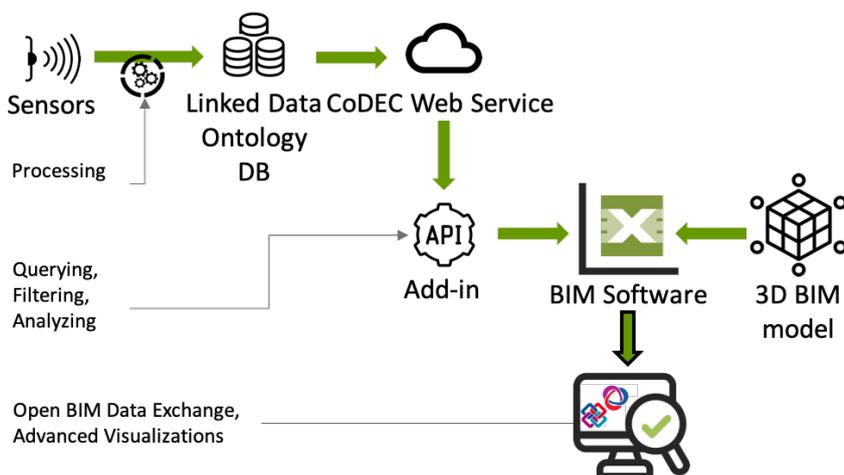


Figure 2 – Architecture réalisée pour le projet pilote 1: tunnel (Biswas et al., 2021b)

L'architecture implémentée est représentée à la figure 2. Dans BEXEL Manager, une application qui interroge les données via l'API CoDEC a été mise en œuvre. Seules les données sélectionnées sont importées via cette application, qui permet de visualiser les données des capteurs sur la partie concernée du tunnel. En outre, elle peut interpoler les données pour les sections du tunnel qui ne sont pas équipées de capteurs et dispose d'une fonction permettant de montrer l'évolution des données des capteurs dans le temps. Toutes les données chargées peuvent être montrées et manipulées avec les fonctions ordinaires du logiciel BEXEL Manager. Ainsi, les variations des données de température peuvent être montrées avec un code couleur. Les données combinées de cette manière peuvent éventuellement à nouveau être exportées au format IFC.

Projet pilote 2: pont

Le Rijkswaterstaat (Pays-Bas) (<https://www.rijkswaterstaat.nl/>) a mis à disposition un modèle tridimensionnel d'un pont, qui a lui aussi été importé dans BEXEL Manager. Les possibilités implémentées dans ce projet pilote sont illustrées à la figure 3.

Une application a été programmée dans BEXEL Manager pour importer les résultats des inspections visuelles du pont. L'utilisateur peut sélectionner dans le modèle BIM les éléments inspectés du pont. Les inspections sont ensuite chargées et liées à ces éléments. Les éléments du modèle BIM reçoivent de nouveaux champs de données, qui sont complétés avec les données d'inspection. Les nouveaux champs peuvent à nouveau être exportés au format IFC. Les données externes peuvent également être des photos, liées à un élément du modèle.

Un indice de sécurité a ensuite été ajouté aux éléments du modèle BIM. En visualisant l'indice de sécurité à l'aide d'un code couleur, il est possible de voir rapidement quels éléments n'ont pas été inspectés ou doivent l'être à nouveau sous peu, ceux qui sont en bon état ou ceux qui nécessitent un entretien. De cette manière, les risques pour la sécurité qui découlent des inspections visuelles sont enregistrés et rendus visuellement accessibles dans le modèle BIM, qui est enrichi avec des données externes telles que des photos et des données d'inspection.

Pour relier l'environnement BIM à l'ontologie CoDEC, seules les fonctions de l'API CoDEC ont été utilisées. Ces fonctions API ont bien sûr d'abord été implémentées au moyen de requêtes sur l'ontologie ifcOWL pour les données statiques et sur l'ontologie SSN pour les données dynamiques des inspections visuelles et des risques pour la sécurité.

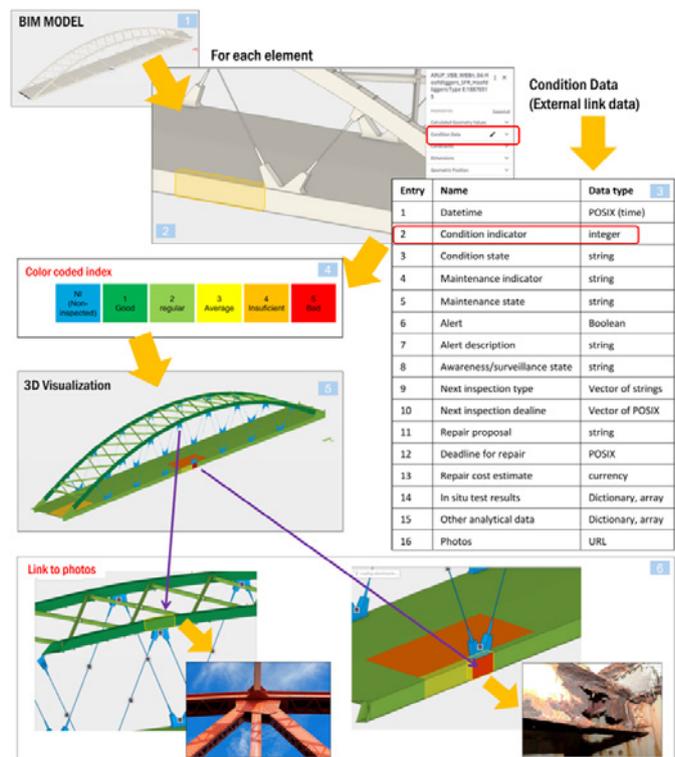


Figure 3 – Illustration du projet pilote 2: pont

Projet pilote 3: revêtement routier

Pour la gestion des routes, on utilise un logiciel GIS et des représentations cartographiques plutôt que des modèles BIM. Dans ce projet pilote, un lien a été établi entre le modèle BIM et l'environnement GIS, qui est ainsi enrichi de données provenant du modèle BIM. Les données de ce projet pilote venaient du réseau routier qui utilise le *Smart Mobility Living Lab* (<https://smartmobility.london/>) à Greenwich, près de Londres.

Pour ce projet pilote, deux situations ont été identifiées avec FTIA (gestionnaire routier national finlandais) (<https://vayla.fi/en/frontpage>): un modèle BIM peut être créé pendant la phase de développement et de construction d'un projet et fourni comme modèle as-built par un entrepreneur. Il peut aussi s'agir d'un nuage de points mesuré à l'aide d'un LiDAR et converti en modèle BIM. Dans les deux cas, les modèles BIM ne sont pas conçus pour une gestion ultérieure des routes, mais ils contiennent des informations intéressantes pour cette gestion.

Les modèles routiers dans un environnement BIM tridimensionnel sont conçus d'une manière différente que dans un environnement GIS, où les routes sont représentées par des lignes dans un monde bidimensionnel. Par conséquent, le premier défi a consisté à établir une connexion entre un élément routier représentant une section dans le BIM et l'élément routier correspondant dans le modèle GIS.

Dans ce projet pilote, il a été décidé de définir les revêtements routiers comme une succession de formes rectangulaires dans le modèle BIM. Le réseau routier a été représenté dans le modèle BIM comme un réseau de lignes. Chaque forme rectangulaire a été coupée avec la ligne représentant une route et la position de la forme rectangulaire a été stockée dans une base de données liée et exprimée selon un alignement linéaire à l'aide de la norme ISO 19148:2021 (ISO, 2021), utilisée dans EurOTL. Les calculs sur les formes géométriques du modèle BIM ont été implémentés sous la forme d'un script Dynamo dans Revit. La base de données a été mise au point dans GraphDB. Des requêtes SPARQL et des mises à jour ont pu être programmées. Dans EurOTL, l'ontologie GeoSPARQL officielle de l'*Open Geospatial Consortium* (<https://www.ogc.org/>) est utilisée pour représenter l'emplacement géospatial et les relations avec les objets. Dans le développement de l'API CoDEC, cela a été utilisé pour concevoir la *linked database*, avec des données dans un format compris par les applications GIS.

Il a ensuite été démontré comment les informations associées aux formes rectangulaires pouvaient être stockées et utilisées dans un format lisible par GIS. Avec un *GET request* dans une requête SPARQL, les informations ont été traitées sous forme de JSON (ISO, 2017) dans un script Python. Pour chacune des formes rectangulaires du modèle BIM, le JSON a été converti en un objet géométrique lisible par le logiciel commercial GIS ArcGIS.

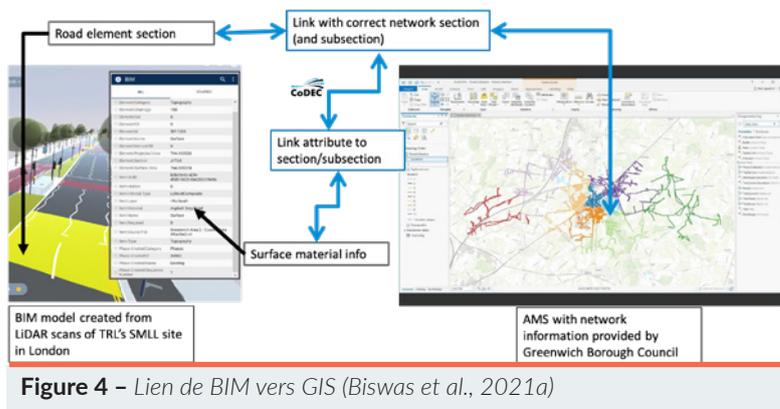


Figure 4 - Lien de BIM vers GIS (Biswas et al., 2021a)

Comme le montre la figure 4, cela a permis de rendre les formes rectangulaires visibles sur une carte et d'associer au modèle GIS les informations spécifiques sur la structure routière disponibles dans le modèle BIM.

Perspectives

Si les trois projets pilotes démontrent clairement que l'approche proposée fonctionne, les résultats du projet ne seront un véritable succès que si l'ensemble du secteur les collectent.

Trois ingrédients sont nécessaires à une communication réussie entre les environnements BIM et l'*asset management software*: les normes, l'abstraction et les outils de visualisation. L'approche de CoDEC travaille sur ces trois points. L'ontologie CoDEC s'appuie sur les résultats du projet INTERLINK (la norme RoadOTL). L'API CoDEC est une couche d'abstraction sur l'ontologie CoDEC et, dans les projets pilotes, des outils de visualisation ont été conçus dans des environnements logiciels commerciaux. Quelle que soit la technologie utilisée, la solution de CoDEC est facile à mettre en œuvre et l'ontologie peut être élargie. Le projet CoDEC formule également des recommandations pour l'avenir. Les fournisseurs de logiciels BIM devraient fournir des outils pour des mécanismes de filtrage avancés afin de générer ifcOWL à partir de modèles BIM. Le projet pilote 3 montre l'utilité de modéliser les revêtements en courts segments et d'intégrer un tracé linéaire des routes. Des descriptions des éléments de la route seront probablement développées davantage de manière standardisée dans IFC Road. Compte tenu des mécanismes de visualisation, les développeurs de modèles BIM devraient créer des éléments avec le niveau de détail adéquat. La manière optimale de déployer l'approche du projet CoDEC à l'avenir est d'automatiser complètement toutes les étapes. D'un point de vue technique, cela signifie beaucoup de travail en termes d'instanciation des données et de synchronisation avec diverses sources. La poursuite du développement de l'API CoDEC doit se faire de manière standardisée et centralisée.

Pour de plus amples informations sur le projet CoDEC, consultez le site web du projet (<https://www.codec-project.eu>) ou de la CEDR (<https://www.cedr.eu/peb-research-call-2018-bim>). Au Congrès belge de la Route, l'AWV traitera du projet pilote 1: tunnel lors de la session «Capteurs intelligents et l'internet des objets au service de la construction de routes» du jour 1.

Les partenaires du consortium du projet CoDEC sont: TRL (coordinateur), RHDHV, ZAG, BEXEL, LNEC, CRR, FEHRL. Le CRR a principalement joué un rôle dans l'élaboration du *data dictionary* et la diffusion des résultats.



Bibliographie

- Draheim, A., Martin, T., Davey, S. & Clarke, M. (2019). *Data standard for road management and investment in Australia and New Zealand (Version 3.0)* (Austroads Research Report No AP-R597-19). <https://austroads.com.au/publications/asset-management/ap-r597-19>
- Barateiro, J., Antunes, A., Marecos, V., Kokot, D., Bhusari, S., Wijdeven, S., Clark, J., Proust, J., Biswas, S., Wright, A., Lukovic, F. & Petrovic, J. (2021). *Connected data for effective collaboration (CoDEC). Deliverable D3A: Pilot projects report and consolidated implementation resources*. Conference of European Directors of Roads (CEDR). <https://www.codec-project.eu/Resources/projectreports>
- Biswas, S., Proust, J., Andriejauskas, T., Wright, A., Van Geem, C., Kokot, D., Antunes, A., Marecos, V., Barateiro, J., Bhusari, S. & Jovanovic, U. (2021a, août 22-25). CODEC: Connected data for road infrastructure asset management. In *Proceedings of the 30th international Baltic road conference*, Riga, Latvia. Baltic Road Association (BRA).
- Biswas, S., Proust, J., Andriejauskas, T., Wright, A., Van Geem, C., Kokot, D., Antunes, A., Marecos, V., Barateiro, J., Bhusari, S., Jovanovic, U. & Petrovic, J. (2021b, novembre 7-10). Demonstrating connectivity and exchange of data between BIM and asset management systems in road infrastructure asset management. In *Roads to tomorrow: Proceedings of the 18th IRF world meeting & exhibition, Dubai, UAE*. International Road Federation (IRF).
- Highways England, Asset Management Development Group. (2020). *Asset data management manual (ADMM, version 12.0)*. <https://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/admm/#acceptCookie>
- Organisation Internationale de Normalisation. (2017). *Technologies de l'information: Syntaxe d'échange de données JSON (ISO/IEC 21778)*. <https://www.iso.org/standard/71616.html>
- Organisation Internationale de Normalisation. (2018). *Classes IFC pour le partage des données dans le secteur de la construction et de la gestion de patrimoine. Partie 1 : Schéma de données (ISO 16739-1)*. <https://www.iso.org/standard/70303.html>
- Organisation Internationale de Normalisation. (2021). *Information géographique: Référencement linéaire (ISO 19148)*. <https://www.iso.org/standard/75150.html>