

Christian Schranz | Harald Urban | Simon Fischer  
Christoph Carl Eichler | Tina Krischmann | Markus Hopferwieser

# Manuel BIMcert

Connaissances de base openBIM

Édition 2024

Traduction en français:  
Marco Stäuble, Jörg Meyer





Christian Schranz | Harald Urban  
Simon Fischer | Christoph Carl Eichler  
Tina Krischmann | Markus Hopferwieser

# Manuel BIMcert

## Connaissances de base openBIM

Édition 2024



## **REMERCIEMENTS**

Ce livre a été développé dans le cadre du projet de recherche *BIM-Zert – Standardised Qualification and Certification Modeling for Building Information Modeling in Austria* (*Modèle standardisé de qualification et de certification pour la modélisation des données du bâtiment en Autriche*). Ce projet de recherche a été financé par le Ministère Fédéral Autrichien du Numérique et des Affaires Économiques (BMDW) dans la lignée des réseaux de qualification FFG (4ème appel à propositions) du programme FFG Research Competences for Industry (*Compétences de recherche pour l'industrie*).

## **DROITS**

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, éditée et/ou distribuée sans l'autorisation écrite préalable de l'éditeur/des auteurs. Cette interdiction comprend notamment la réimpression, l'enregistrement et la reproduction dans des services en ligne, sur l'internet et dans des bases de données, ainsi que la reproduction sur des supports de données de toute nature.

## **CLAUSE DE NON-RESPONSABILITÉ**

Cet ouvrage a été écrit avec soin. Néanmoins, les auteurs et l'éditeur ne peuvent être tenus responsables de l'exactitude et de l'exhaustivité des informations ni des éventuelles erreurs d'impression.

## **IMPRESSION**

© 2024

Mironde-Verlag

© Text :

Christian Schranz, Harald Urban, Simon Fischer, Christoph Carl Eichler,

Tina Krischmann, Markus Hopferwieser

Auteurs invités : Paul Curschellas, Léon van Berlo, Artur Tomczak, Jan Morten Loës,  
Thomas Glättli

© Graphiques : Alexander Gerger

Composition : Christian Schranz, Gabriel Pelikan, Leo Gaishofer

Mise en page : Christian Schranz, Alexander Gerger

Fonte : Open Sans, Palatino, Monaco

Éditeur : buildingSMART Austria · Eschenbachgasse 9, 1010 Wien · Austria

Édition française : Marco Stäuble, Jörg Meyer

Fabriqué en Austria

[www.mironde.com](http://www.mironde.com)

DOI :

<https://doi.org/10.34726/9100>



## **Proposition de citation :**

Schranz, Ch., Urban, H., Fischer, S., Eichler, C.C., Krischmann, T., Hopferwieser, M. : *Manuel BIMcert – Connaissances de base openBIM*. Édition 2024. Mironde-Verlag, Niederfrohna, 2025. ISBN : 978-3-96063-066-1 DOI : 10.34726/9100.





### **Christian Schranz**

Est professeur associé à la TU Wien (Université technique de Vienne) où il est également directeur de l'unité de recherche Digital Building Process. Il a commencé ses recherches à l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign (États-Unis) et les a poursuivies à la TU Wien. Ses recherches portent sur la modélisation des structures des bâtiments (avec prise en compte du cycle de vie) et la numérisation dans la construction, en particulier l'utilisation de l'openBIM et de la réalité augmentée (par exemple dans le projet de recherche financé par l'UE « BRISE-Vienna »). En tant que membre du conseil d'administration de buildingSMART Autriche, il est responsable de la gestion de la qualité et de la formation à l'openBIM. Il est membre de la commission d'examen du *Certified Trainer (openBIM Expert)*. Il est aussi membre du comité directeur de la « Certification professionnelle » de buildingSMART International.



### **Harald Urban**

Est professeur adjoint à la TU Wien et directeur adjoint de l'unité de recherche Digital Building Process (TU Wien), maître d'œuvre certifié par l'État et est l'un des premiers *Certified Trainer (openBIM Expert)* de buildingSMART Autriche. Il dirige le groupe de travail national « demande d'autorisation openBIM » qu'il fait évoluer en tant que demande d'autorisation de construire openBIM dans le cadre du projet de recherche financé par l'UE « BRISE-Vienna ». Il supervise de nombreux projets de recherche sur la numérisation dans le secteur de la construction. Il est co-auteur de l'étude « Potentiels de la numérisation dans l'industrie de la construction » commandée par la Chambre Économique Fédérale Autrichienne et le Ministère Fédéral Autrichien des Transports, de l'Innovation et de la Technologie.



### **Simon Fischer**

Est chercheur à l'unité de recherche Digital Building Process (TU Wien) et participe à divers projets et publications openBIM. Ses travaux portent sur l'automatisation des processus à l'aide de modèles de bâtiments numériques et de normes openBIM. Dans le cadre du projet de recherche « BRISE-Vienna », il a travaillé dans le domaine de la vérification automatisée des questions juridiques. Il s'occupe en particulier de la programmation des règles de vérification pour les problèmes complexes.

**Christoph Carl Eichler**

Est responsable de la gestion des données à l'Aéroport International de Vienne et est l'un des directeurs généraux de sa filiale VIE Build GmbH. Il représente également l'aéroport international de Vienne au sein du comité directeur du domaine aéroports de buildingSMART International et est membre du conseil d'administration de buildingSMART Autriche. De 2006 à 2011, il a travaillé en tant qu'architecte. Par la suite, il a travaillé en tant que consultant BIM sur de nombreux projets pilotes pour des clients publics dans le domaine de la construction de bâtiments et d'infrastructures de transport. Il a été impliqué dans les comités ASI 11/09 et ASI 15/11 et au niveau européen dans le CEN/TC442. Depuis 2017, il a participé à plus de 30 projets de recherche sur différents aspects de la numérisation en coopération avec la TU Wien et la TU Graz. En outre, il dirige le programme de formation BIM de l'Überbau Academy depuis 2015 et est membre de la commission d'examen pour le *Certified Trainer (openBIM Expert)*.

**Tina Krischmann**

Est responsable du BIM management chez VIE Build GmbH. Depuis 2016, elle a accompagné de nombreux projets openBIM en tant que coordination BIM globale, pilotage de projet BIM et direction de projet BIM. Avant de travailler à la mise en œuvre de projets openBIM, elle a travaillé en tant qu'architecte. En tant qu'une des premières *Certified Trainer (openBIM Expert)* de buildingSMART Autriche, elle enseigne le contenu de BIMcert à la TU Wien. Elle est également directrice adjointe du groupe de travail national « demande d'autorisation de construire numérique » au sein de buildingSMART Autriche. En tant que directrice du groupe de travail pour la « mise en œuvre des questions juridiques dans la méthode openBIM », elle a été activement impliquée dans le projet de recherche financé par l'UE « BRISE-Vienna » (demande d'autorisation de construire numérique).

**Markus Hopferwieser**

Est titulaire d'une licence d'ingénieur civil dans le domaine de l'architecture depuis 2011 et est propriétaire et directeur général de Hopferwieser Architects ZT GmbH. Ses services vont de la planification de projets (bâtiments résidentiels, hôtels, événements, etc.) à la coordination BIM globale et au conseil BIM. Depuis 2012, il est responsable du Graphisoft Center Graz/Villach, spécialisé dans le BIM. Il est formateur et testeur certifié d'Archicad et est responsable de la mise en œuvre des processus BIM dans divers bureaux d'architectes. En tant qu'un des premiers *Certified Trainer (openBIM Expert)* de buildingSMART Autriche, il est actif dans la formation BIM et au sein de la commission d'examen BIMcert. Il est actif en tant que consultant et conférencier pour le Ziviltechniker-Forum, avec un accent particulier sur le BIM. Depuis 2019, il enseigne également à l'Institut fédéral technique supérieur d'enseignement et de recherche (HTBLVA) Ortweinschule Graz.





### **Paul Curschellas**

Est actuellement responsable des thèmes de la numérisation, de la transformation numérique avec un accent sur le VDC/BIM et de la mise en œuvre de projets en Suisse et en Allemagne chez Burckhardt Architektur AG. Cofondateur et vice-président du comité de direction de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland, ainsi que membre de la Commission centrale pour la gestion de l'information de la Société suisse des ingénieurs et des architectes SIA. Il est responsable du développement de la plate-forme basée sur le web (spin-off de l'EPF de Zurich) pour la numérisation des données sur les matériaux et les composants avec des partenaires commerciaux, industriels et technologiques. Il cumule plusieurs années d'expérience dans la recherche et le développement à l'EPF de Zurich et au Centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction CRB. Il a géré l'élaboration de normes et de standards pour la gestion de l'information et des coûts.



### **Léon van Berlo**

Est le directeur technique de buildingSMART International. Auparavant, Léon a occupé divers postes au National Institute for Innovation (TNO) aux Pays-Bas, notamment ceux de directeur du programme BIMserver et d'Innovateur BIM Senior. Au TNO, le travail de Léon s'est concentré sur la création d'une industrie axée sur les données en introduisant des technologies et en développant de nouveaux concepts. En permettant la création de nouveaux prototypes grâce à la recherche de consensus et à la collaboration, Léon a développé de nouveaux produits pour répondre à la demande du marché, y compris dans le cadre de grands projets financés par l'UE. Au cours de cette période, Léon a également travaillé sur plusieurs standards ouverts et initiatives de normalisation BIM pour des publics internationaux.



### **Artur Tomczak**

Est le chef de produit de la plateforme bSDD chez buildingSMART. Il milite pour l'amélioration de la qualité des données BIM et la cohérence des informations. Il poursuit actuellement un doctorat sur le soutien numérique à la conception de bâtiments circulaires à la NTNU en Norvège. Auparavant, il a occupé différents postes : ingénieur en informatique, technicien et coordinateur BIM, consultant en durabilité et en informatique et conférencier.

**Jan Morten Loës**

Est membre de la buildingSMART Product Room et responsable du département de recherche et développement de VIE Build GmbH. Il participe à plusieurs projets de recherche sur le thème de l'intégrité des données de produits pour les modèles numériques de bâtiments. Un autre de ses domaines de recherche est l'intégration des SIG et du BIM.

**Thomas Glättli**

Est co-directeur général de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland et responsable du service de gestion des cas d'usage chez buildingSMART International. Il possède une solide expérience dans le secteur de la technologie du bâtiment et a précédemment travaillé pour des entreprises internationales à des postes de gestion de produits de premier plan. Outre la gestion de projets multinationaux et la gestion du cycle de vie des données, la numérisation a toujours été au centre de ses intérêts. Il est titulaire d'un diplôme d'ingénieur et d'un Executive MBA de l'Université de Saint-Gall en Suisse. En tant que consultant auprès de l'industrie AEC, il continue de stimuler et de promouvoir la transformation numérique. Il est passionné par le transfert de connaissances et le conseil. En tant que conférencier invité, il enseigne dans plusieurs hautes écoles spécialisées et conseille de nombreuses initiatives dans le secteur de la construction.

**Rasso Steinmann**

Est professeur d'informatique du bâtiment à l'Université des Sciences Appliquées de Munich depuis plus de 28 ans. Auparavant, il a travaillé pendant 10 ans en tant qu'ingénieur logiciel et directeur du développement chez Nemetschek. En 2008, il a fondé l'iabi – Institute for Applied Building Informatics, avec lequel il soutient la normalisation BIM et accompagne l'industrie dans l'introduction du BIM. Il est impliqué dans buildingSMART International depuis ses débuts en 1995. Il a dirigé le groupe d'éditeurs de logiciels mettant en œuvre l'IFC pendant plus de 20 ans. Il a participé à la mise en place du système de certification des logiciels et est aujourd'hui vice-président du conseil d'administration. Il a siégé au conseil d'administration de buildingSMART Allemagne jusqu'en 2023 (8 ans en tant que président) et en est aujourd'hui membre honoraire. Au VDI, il a dirigé le comité technique BIM (responsable de la série de lignes directrices BIM VDI 2552) de 2013 à 2023. Il est membre du département BIM du DIN et délégué au CEN/TC 442 BIM.





### **Marco Stäuble**

Est consultant en facility management stratégique. Par le passé, il a travaillé dans la traduction et l'édition de films en allemand. Il a ensuite étudié l'architecture à Fribourg (Suisse). Il a notamment été planificateur général pour le projet de nouvelle ambassade de Suisse à Moscou. Par la suite, il a travaillé comme consultant en digitalisation et facility management. Il a élaboré des concepts de digitalisation, des concepts de données et dans le domaine du BIM, des stratégies ainsi que des cahiers des charges.



### **Jörg Meyer**

Est titulaire d'un diplôme d'ingénieur HES en systèmes industriels obtenu à la HEIG-VD après avoir effectué deux apprentissages de projeteur en chauffage et en sanitaire. Lors de ses premières années d'expériences en Suisse Allemande il a acquis de nombreuses compétences qui lui ont permis de postuler à des postes à responsabilités. Depuis 2001 en Suisse francophone chez Weinmann-Energies SA, il est responsable du domaine digitalisation depuis 2005. Il s'engage comme expert auprès du Chapter Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland, de la SIA dans la commission centrale pour la gestion de l'information (zi), de la SuisseTec dans la commission centrale des planificateurs ainsi qu'au Maroc auprès de l'association buildingSMART Morocco. Il est enseignant pour divers institutions publiques et privées. Enfin, il est quelqu'un de pratique, pragmatique et axé sur les résultats positifs.

## Coordination de la traduction

Marco Stäuble

 Consultant immobilier, fopro, Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland

## Traduction / rédaction

Sven Amiet

 Responsable Innovation et change management chez Emch+Berger SA Lausanne,  
Spécialiste technologique chez PlaniBIM SA

Nada Baroudi

 Architecte chez NBO architecture, BIM Manager / buildingSMART Morocco

Willy Berthoud

 Chargé de cours à l'Institut de l'économie numérique de la construction et du bois  
IDBH / HES Bernoise, responsable BIM Cadwork Informatique CI SA

Charlie Boon-Bellinaso

 Chargé de stratégie et normalisation BIM Luxembourg – CRTI-B buildingSMART  
Benelux

Ghita El Gueddari

 /  /  Architecte, BIM Manager / buildingSMART Morocco

Jörg Meyer

 Membre du conseil d'administration de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland, Weinmann-Energies SA

Mathieu Robitaille

 Directeur politiques et normes, Groupe BIM du Québec

Ilyas Tafiti

 ing., PMP, LEED AP / Chargé de mission BIM, BIMaccess Canada Inc.

Lionel Toumpsin

 BIM Consultant, Triangulum S.à R.L.

Jean-Paul Trehen

 Consultant, Chargé de normalisation, buildingSMART France

## Rédacteurs

Kurt Battisti

 Conseil d'administration A-NULL Development GmbH

Alexander Joslyn

 BIM manager chez Losinger Marazzi AG

Stefan Kraft

 /  Expert BIM chez Mensch und Maschine Schweiz AG

Timo Kretschmer

 Architecte HTWK Leipzig, Département d'architecture et de sciences sociales

Anica Meins-Becker

 Professeur (Institut BIM) à la Bergischen Universität Wuppertal

Peter Moser

 Membre du conseil d'administration de Swiss Engineering STV / BSIM AG

Christina Ntavela

 Chef de projet BIM de Gruner AG

Ulrich Prestle

 BIM manager / BIM coordinator chez Marti Gesamtleistungen AG

Karolina Sadomska

 Chef de projet Digital Design and Construction d'Implenia Schweiz AG AG

Roman Schneider

 Chef du département Technologie, numérisation et innovation du MA37 Ville de Vienne

Birgitta Schock

 Membre du conseil d'administration de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland

René Sigg

 Membre du conseil d'administration de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland

Sebastian Toszeghi

 Expert LCDM chez beyondBIM AG

Adrian Wildenauer

 Professeur de construction numérique à la Berner Fachhochschule (BFH)

Thomas Wirth

 Responsable BIM/VDC Baumeister Deutschschweiz der Implenia Schweiz AG

Ainsi que les auteurs invités Paul Curschellas, Thomas Glättli, Jörg Meyer



# Table des matières

<b>Prologue</b>	<b>17</b>
<b>1      Introduction : openBIM et buildingSMART</b>	<b>22</b>
1.1    buildingSMART, la maison de l'openBIM . . . . .	23
1.2    L'histoire de l'IFC . . . . .	25
<b>2      Connaissances de base</b>	<b>32</b>
2.1    Les bases de la numérisation . . . . .	34
2.2    Normalisation internationale . . . . .	38
2.2.1    ISO 16739-1 – Classes de base de l'industrie (IFC) . . . . .	38
2.2.2    ISO 12006-3 – Cadre pour l'information orientée objet (pour bSDD) . . . . .	38
2.2.3    Série ISO 19650 – Gestion de l'information avec le BIM . . . . .	39
2.3    Outils . . . . .	44
2.3.1    Applications logicielles BIM . . . . .	44
2.3.2    Plateformes de collaboration / Environnement commun de données CDE	46
2.3.3    Outil de structuration de données . . . . .	47
2.4    Bases techniques d'openBIM . . . . .	49
2.4.1    Schéma de données IFC (Industry Foundation Classes) . . . . .	49
2.4.2    Plateforme bSDD (buildingSMART Data Dictionary) . . . . .	52
2.4.3    Méthodologie de l>IDM (Information Delivery Manual) . . . . .	53
2.4.4    Plateforme UCM (Use Case Management) . . . . .	54
2.4.5    Concept MVD (Model View Definition) . . . . .	55
2.4.6    Format IDS (Information Delivery Specification) . . . . .	56
2.4.7    Certification de logiciels et service de validation IFC . . . . .	57
2.4.8    Commentaires BCF (BIM Collaboration Format) . . . . .	58
2.4.9    DataSheets (Feuilles de données) . . . . .	59
2.5    Organisation . . . . .	61
2.5.1    Rôles et descriptifs de prestations . . . . .	61
2.5.2    Documents de mise en œuvre du BIM . . . . .	63
2.5.3    Collaboration openBIM . . . . .	66
<b>3      Connaissances approfondies</b>	<b>70</b>
3.1    Standardisation et normalisation . . . . .	72
3.1.1    Normes internationales . . . . .	73
3.1.2    Normes européennes . . . . .	75
3.1.3    Normes suisses . . . . .	76
3.1.4    Normes françaises . . . . .	76
3.2    IFC – Industry Foundation Classes . . . . .	78
3.2.1    Vue d'ensemble du schéma de données, du format de fichier et du fichier	78
3.2.2    Notions de base sur le schéma de données IFC . . . . .	82
3.2.3    Contenu d'un fichier IFC . . . . .	92
3.2.4    Épilogue . . . . .	111
3.3    Model View Definition (MVD) . . . . .	112
3.3.1    Avantages de la MVD . . . . .	112

3.3.2	Les MVD établies et leurs objectifs . . . . .	112
3.3.3	Futures MVD . . . . .	113
3.4	Commentaires BCF . . . . .	115
3.5	Common Data Environment (CDE) . . . . .	118
3.5.1	Historique du développement . . . . .	118
3.5.2	Objectifs d'un CDE . . . . .	120
3.5.3	Critères pour le CDE . . . . .	121
3.6	Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI) . . . . .	122
3.6.1	Méthode de l'EN 17412-1 et pratiques établies . . . . .	123
3.6.2	Procédure de détermination du niveau d'information requis . . . . .	123
3.6.3	Traitement dans le projet . . . . .	125
3.6.4	Exemple . . . . .	125
3.6.5	Terminologie . . . . .	128
3.7	IDS – Information Delivery Specification . . . . .	129
3.7.1	Structure des données . . . . .	130
3.7.2	Relation entre l'IDS et l'IFC . . . . .	134
3.7.3	Relation avec le bSDD . . . . .	134
3.7.4	Paramètres des facets . . . . .	135
3.7.5	Valeurs simples et restrictions complexes . . . . .	137
3.7.6	Champ d'application et utilisation des IDS . . . . .	138
3.7.7	Relation avec d'autres initiatives . . . . .	139
3.8	bSDD – buildingSMART Data Dictionaries . . . . .	140
3.8.1	Groupes d'utilisateurs et cas d'usage . . . . .	141
3.8.2	Utilisation pratique . . . . .	144
3.8.3	Contenu du bSDD . . . . .	145
3.8.4	Référencement du bSDD dans les IFC . . . . .	147
3.8.5	Référencement du bSDD dans l'IDS . . . . .	150
3.8.6	Publier du contenu dans le bSDD . . . . .	150
3.9	UCM – buildingSMART Use Case Management Service . . . . .	152
3.9.1	Principes de base . . . . .	152
3.9.2	UCM Service, une offre de buildingSMART International . . . . .	154
3.9.3	Gestion d'information et cas d'usage dans les projets openBIM . . . . .	156
3.9.4	Développement d'un cas d'usage . . . . .	157
3.9.5	Développement du service Use Case Management . . . . .	160
<b>4</b>	<b>Mise en œuvre d'un projet BIM</b>	<b>162</b>
4.1	Phase Initiative . . . . .	171
4.1.1	Définir les objectifs du projet . . . . .	171
4.1.2	Déterminer le modèle de financement . . . . .	172
4.1.3	Définir les indicateurs de performance . . . . .	172
4.2	Phase de Lancement . . . . .	174
4.2.1	Identifier et compiler les exigences liées au projet . . . . .	174
4.2.2	Créer et mettre en place des spécifications de prestations BIM, des règlementations et des contrats . . . . .	175
4.2.3	Gestion des exigences à l'aide d'un modèle (modèle d'exigences) . . . . .	176
4.2.4	Création des bases (modèle de l'existant, modèle de terrain) . . . . .	177
4.2.5	Appel d'offres, adjudication et mise en place de la plateforme de collaboration . . . . .	177
4.2.6	Appel d'offres et adjudication de prestations de conception . . . . .	178

## Table des matières

4.2.7	Études et concours basés sur des modèles . . . . .	181
4.2.8	Constitution de l'équipe de conception / évaluation du concepteur . . . . .	181
4.2.9	Vérification de la qualification de l'équipe de conception . . . . .	184
4.3	Phase Étude de conception . . . . .	185
4.3.1	Remise des modèles de référence aux concepteurs (modèle de l'existant, modèle de terrain, modèle d'exigences) . . . . .	185
4.3.2	Principes s'appliquant aux modèles . . . . .	186
4.3.3	Mise en place de la collaboration . . . . .	190
4.3.4	Gestion des modèles/gestion de la qualité BIM . . . . .	195
4.3.5	Conduite des réunions de coordination . . . . .	200
4.3.6	Livraison de l'information . . . . .	205
4.3.7	Estimation des coûts sur la base d'un modèle . . . . .	205
4.3.8	Mise à jour des spécifications du projet en cours de conception . . . . .	206
4.3.9	Mise à jour des données du modèle . . . . .	207
4.3.10	Processus d'autorisation de construire basé sur un modèle . . . . .	207
4.3.11	Réalisation du test de transfert des données vers les systèmes utilisés durant l'exploitation . . . . .	209
4.4	Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication) . . . . .	211
4.4.1	Modèles d'exécution du projet . . . . .	211
4.4.2	Applications du BIM dans la phase d'approvisionnement . . . . .	215
4.4.3	Collaboration . . . . .	215
4.4.4	Modèle BIM comme élément du dossier d'appel d'offres . . . . .	216
4.4.5	Processus BIM d'appel d'offres . . . . .	217
4.4.6	Soumission BIM des offres . . . . .	218
4.4.7	Evaluation des offres basée sur des modèles . . . . .	219
4.4.8	Passation de marché, conclusion du contrat et commande d'informations	219
4.5	Phase Réalisation des travaux . . . . .	220
4.5.1	Documentation . . . . .	220
4.5.2	Contrôle des coûts . . . . .	221
4.5.3	Réalisation d'une documentation sur les produits basée sur des modèles	221
4.5.4	Compilation et remise de la documentation des ouvrages exécutés (DOE)	222

## Normes relatives au BIM (Liste non exhaustive)

224

## Préface à l'édition française (Édition 2024)

À l'ère de la numérisation, les outils de traduction automatique facilitent certaines tâches, mais la terminologie, le style et la précision conceptuelle exigent une attention humaine minutieuse. Nous avons pu en mesurer l'ampleur au fil des mois de travail consacrés à cette traduction.

C'est avec une grande fierté que nous présentons la première édition en français de ce manuel de référence sur l'openBIM. Grâce à cette traduction, les francophones du monde entier – étudiants, enseignants et professionnels – disposent d'un ouvrage structuré pour approfondir les standards et services développés par buildingSMART.

Aujourd'hui, nous entrons dans une nouvelle phase du développement du BIM. Après de nombreux projets pilotes et expérimentations, nous assistons à une montée en maturité de la gestion des données tout au long du cycle de vie des ouvrages. Une gestion de données efficace repose sur la continuité et l'uniformité de celles-ci, tant dans leur structuration que dans les méthodes employées pour les générer et les administrer. De plus, avec l'essor des projets transfrontaliers et des équipes internationales, une compréhension partagée du BIM est devenue essentielle.

L'objectif de ce manuel est d'uniformiser cette compréhension et de diffuser les meilleures pratiques. Il constitue une base de connaissances précieuse, non seulement pour les professionnels du BIM, mais aussi pour les étudiants, les enseignants et les organismes de formation. Sa traduction en plusieurs langues vise à promouvoir une approche internationale et à faciliter l'adoption du BIM à grande échelle.

Nous avons souhaité aller au-delà d'une simple traduction : cette version a été soigneusement adaptée aux habitudes de lecture francophones et enrichie de références spécifiques aux pays francophones. Ainsi, les spécificités allemandes ou autrichiennes ont été supprimées de cette traduction.

Nous attirons encore l'attention du lecteur sur les points suivants :

- L'original en allemand des [section 4.4](#) Approvisionnement et [section 4.5](#) Réalisation des travaux est en cours de réécriture. Ces parties ont donc été réécrites dans cette version française. Nos remerciements en particulier à tous ceux qui ont contribué à la rédaction de ces sections. Dans ce cadre, nous avons également revu en profondeur la [section 4.2.6](#).
- Lorsque des termes ou des notions proviennent de normes, nous avons utilisé la traduction française de la norme, même si celle-ci est parfois sujette à discussions.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué à cette traduction et à son adaptation. Nous mesurons pleinement l'effort considérable qu'exige une telle entreprise.

Nous espérons que ce manuel vous apportera une lecture enrichissante et restons à l'écoute de vos suggestions pour l'améliorer.

Marco Stäuble  
et tous mes collègues de l'équipe de traduction française

## Prologue de la première édition 2021

La transition numérique du secteur de la construction, marquée par l'intégration du BIM dans les processus collaboratifs de gestion de l'information, constitue une étape majeure pour l'ensemble des parties prenantes. Le BIM occupe aujourd'hui un rôle central tout au long du cycle de vie des ouvrages.

Dans ce contexte, l'intégration des notions liées au BIM dans l'offre de formation existante constitue un enjeu central pour accompagner la transformation de l'industrie. Or, la formation actuelle se concentre souvent sur l'apprentissage de logiciels ou d'outils paramétriques, en négligeant les dimensions managériales et interdisciplinaires essentielles à une mise en œuvre efficace du BIM. Il existe ainsi un manque significatif de transferts de connaissances portant sur les nouveaux modes de gestion des données, ainsi que les transformations organisationnelles que ces évolutions impliquent.

L'encadrement des rôles et responsabilités liés à la donnée numérique, tout comme la mise en place de processus collaboratifs structurés, sont des éléments déterminants pour assurer la réussite d'un projet BIM. Dans le cadre du projet de recherche BIM-Zert, des chercheurs de quatre universités de premier plan (Université des sciences appliquées de Salzbourg-Kuchl, TU Wien, TU Graz, Université des sciences appliquées de Kärnten Spittal/Drau) ont développé un modèle de qualification et de certification standardisé pour le BIM en Autriche, en collaboration avec des praticiens expérimentés dans l'openBIM, l'Überbau Academy et buildingSMART Austria. Les recommandations de ce projet de recherche sont maintenant intégrées au processus de certification BIM-cert, offert par buildingSMART Austria et correspondant au programme « Professional Certification » de buildingSMART International.

Ce livre est dédié à l'openBIM. Il aborde les concepts et les notions qui sont au cœur de la certification BIMcert. Nous tenons à remercier tous les collègues qui ont travaillé sur le projet pour leur soutien tout au long du projet et pour les nombreuses idées qui ont également été intégrées dans ce livre. Nous tenons à remercier Alexander Gerger pour la conception minutieuse des figures utilisées dans le livre. Nous remercions tout particulièrement buildingSMART Austria, et en particulier Alfred Waschl, pour leur soutien dans la production de cette base essentielle pour l'enseignement futur du BIM.

Christoph Carl Eichler, Christian Schranz, Tina Krischmann, Harald Urban,  
Markus Gratzl

Vienne, septembre 2021

## Prologue à la deuxième édition 2023

Deux ans se sont écoulés depuis la première édition du *Manuel BIMcert*. Des corrections et des ajouts ont été faits. Certains auteurs provenant de la communauté internationale buildingSMART ont été invités à collaborer afin de bonifier le contenu du livre. Nous sommes ravis d'avoir des contributions de Léon van Berlo et Simon Fischer (sur IDS), Jan Morten Loës et Frédéric Grand (sur bSDD), et Thomas Glättli (sur UCM). Ces contributions apportent à l'ouvrage une expertise sur des sujets nouveaux et importants.

Nous remercions les auteurs invités pour leurs précieuses contributions ainsi que tous les lecteurs pour leurs commentaires et suggestions. Nous tenons à remercier Alexander Gerger pour la composition du livre et la conception des figures. Nous remercions buildingSMART Austria, et plus particulièrement Alfred Waschl, pour leur soutien à la production de cette ressource essentielle pour l'enseignement du BIM.

Christoph Carl Eichler, Christian Schranz, Tina Krischmann, Harald Urban

Vienne, février 2023

## Prologue à l'édition 2024

Cette édition contient une mise à jour du contenu ainsi qu'une approche normative permettant d'atteindre un auditoire international. Nous avons donc ajouté deux experts à notre équipe d'auteurs principaux : Markus Hopferwieser et Simon Fischer. La mise à jour technique comprend une réécriture complète des sections sur l'IFC4.3, le niveau de besoin d'information (LOIN) et le dictionnaire de données buildingSMART (bSDD). Pour ces deux dernières sections, nous avons pu bénéficier de la participation des experts internationaux Paul Curschellas (LOIN) et Artur Tomczak (buildingSMART International product manager du bSDD) en tant qu'auteurs invités. Ils ont rédigé les sections respectives avec Tina Krischmann (LOIN), Jan Morten Loës et Simon Fischer (bSDD). En outre, nous avons élargi le [chapitre 2](#) (Connaissances de base) pour y introduire les sujets qui sont couverts de manière beaucoup plus détaillée dans le [chapitre 3](#) (Connaissances approfondies).

Dans les [chapitre 2](#) (Connaissances de base) et [chapitre 4](#) (Mise en œuvre d'un projet BIM), nous avons intégré plus largement la série de normes ISO 19650, ainsi que des encadrés d'information sur les particularités nationales de l'Autriche, de l'Allemagne et de la Suisse. Nous avons bénéficié de l'aide de 18 experts BIM de ces trois pays qui nous ont fait part de leurs réactions et commentaires.

Nous tenons à remercier Kurt Battisti, Paul Curschellas, Thomas Glättli, Alexander Joslyn, Stefan Kraft, Timo Kretschmer, Anica Meins-Becker, Jörg Meyer, Peter Moser, Christina Ntavela, Ulrich Prestle, Karolina Sadomska, Roman Schneider, Birgitta Schock, René Sigg, Sebastian Toszeghi, Adrian Wildenauer et Thomas Wirth.

Enfin, nous tenons à remercier une nouvelle fois les auteurs invités pour leurs précieuses contributions, les éditeurs pour leurs commentaires et tous les lecteurs pour leurs réactions positives. Alexander Gerger est à nouveau responsable de la composition du livre et de l'excellente conception de toutes les images (dont beaucoup ont été redessinées). C'est également grâce à l'ouverture à l'international mentionnée ci-dessus que buildingSMART Austria (un grand merci à Alfred Waschl) soutient cette année la publication du *Manuel BIMcert* en coopération avec buildingSMART Allemagne et Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland. Nous tenons également à remercier ces chapitres pour leur excellente coopération.

Christoph Carl Eichler, Christian Schranz, Tina Krischmann,  
Harald Urban, Markus Hopferwieser, Simon Fischer

Vienne, février 2024



# 1 Introduction : openBIM et buildingSMART

La modélisation des données du bâtiment (BIM) représente la prochaine grande étape pour tous les intervenants impliqués dans le secteur de la construction et l'immobilier. Comme à l'introduction de la CAO à la fin du dernier millénaire, le BIM est destiné à jouer un rôle central dans l'optimisation de l'ensemble du cycle de vie des actifs bâtis. À l'avenir, une formation BIM adéquate sera indispensable. La certification des compétences BIM devra répondre à des normes de qualité internationales en matière de connaissances et de compétences personnelles. Ainsi, buildingSMART International a développé une « Certification professionnelle ».

Ce livre traite des thèmes du programme de certification professionnelle building-SMART aux niveaux « Foundation » et « Practitioner » (Coordination openBIM et Gestion openBIM). Les [chapitres 1 et 2](#) abordent les fondements de la numérisation, de la standardisation (notamment l'ISO 19650), des outils, de la technologie et de l'organisation nécessaires au BIM. Ces connaissances sont cruciales pour la formation au niveau « Foundation ».

Le [chapitre 3](#) approfondit les connaissances acquises dans le [chapitre 2](#) et couvre en détail les termes clés de l'openBIM. Il commence par une analyse approfondie des normes openBIM et propose une description détaillée de la structure de données IFC. Ensuite, le chapitre aborde les sujets du MVD, du BCF et du CDE. En outre, des auteurs invités traitent des sujets tels que LOIN, IDS, bSDD et UCM.

Le [chapitre 4](#) est entièrement dédié à l'utilisation de l'openBIM, fournissant un guide étape par étape pour chaque phase du cycle de vie d'un bâtiment, du début du projet jusqu'à la conception et à la construction. Ce chapitre aborde les sujets de la formation « Practitioner » en coordination et gestion openBIM.

Des encadrés sont utilisés pour mettre en évidence certaines informations.

Si les informations ne sont valables que dans un seul pays, le drapeau correspondant à ce pays est indiqué :  pour l'Autriche,  pour la Suisse,  pour la France,  pour le Luxembourg,  pour le Maroc,  pour le Canada.

Les codes QR de ce livre renvoient soit à la source des images, soit à des informations complémentaires. Dans les versions électroniques, les codes QR sont interactifs.

## 1.1 buildingSMART, la maison de l'openBIM

### **openBIM**

buildingSMART reconnaît l'importance des solutions ouvertes et interopérables, c'est-à-dire neutres en termes de logiciels et de fournisseurs, et s'engage en faveur de normes internationales ouvertes et interopérables pour le BIM, en particulier pour l'échange de données. Ces normes offrent un environnement numérique complet pour tout le cycle de vie des actifs, offrant ainsi des avantages considérables. Elles peuvent être utilisées pour la saisie, la conception, la documentation, l'échange et l'accès aux informations sur les bâtiments. L'openBIM améliore l'utilisation, l'accessibilité, la gestion et surtout la durabilité des données numériques grâce à ces normes ouvertes. Les modèles openBIM sont plus durables car les formats de données ouverts ont une longévité supérieure à celle des modèles propriétaires, en raison de leur documentation accessible à tous. Même après plusieurs années, il sera facile de développer des programmes capables d'accéder aux formats ouverts des modèles openBIM. De plus, la collaboration entre les différents participants au projet est facilitée, chacun pouvant utiliser le meilleur programme compatible avec openBIM selon ses besoins spécifiques.



### **buildingSMART International**

buildingSMART International (bSI) est une organisation internationale à but non lucratif, structurée sous forme d'association. Fondée dans les années 1990 sous le nom d'Industry Alliance for Interoperability (IAI), elle a été renommée International Alliance for Interoperability et a adopté le nom de buildingSMART en 2005. Pendant ce temps (2025), 38 organisations nationales (chapitres locaux et/ou nationaux) ont été établies sur quatre continents, telles que buildingSMART Austria (bSAT), buildingSMART Benelux (bSB), buildingSMART Switzerland (bSCH) et buildingSMART Canada (bSC).

L'objectif principal de buildingSMART International (bSI) est d'améliorer l'échange de données et d'informations entre les différents logiciels du secteur de la construction, afin d'optimiser la collaboration et les flux de travail numériques. Ainsi, buildingSMART a réussi à gagner comme membres les principaux éditeurs de logiciels.

buildingSMART vise à atteindre cet objectif à travers trois programmes principaux : Normes, Conformité et Utilisateurs.

### **Programme « Normes »**

En tant qu'association indépendante, buildingSMART International développe ses propres normes pour l'échange de données et la collaboration, notamment l'IFC, le BCF et l'IDS. L'IFC a été publié en tant que norme ISO en 2013 (maintenant ISO 16739-1). De plus, bSI développe le bSDD (buildingSMART Data Dictionary) pour la description des objets et de leurs attributs, le MVD pour la définition des sous-ensembles d'un modèle de données IFC, et l>IDM pour la description des exigences en matière d'information. Avec ces normes, bSI soutient de manière significative l'utilisation de l'openBIM (BIM avec des normes ouvertes, voir code QR).



## 1 Introduction : openBIM et buildingSMART

### 1.1 buildingSMART, la maison de l'openBIM

#### **Programme « Utilisateurs »**

Ce programme de base vise à promouvoir la compréhension et l'utilisation des normes et des solutions openBIM. Il comprend le bSDD, le service de gestion des cas d'utilisation et un service de validation IFC.

#### **Programme « Conformité » – Certification des logiciels**

Les éditeurs de logiciels peuvent faire certifier leurs produits BIM par buildingSMART pour une mise en œuvre correcte de l'IFC. Cette certification garantit une qualité de transfert élevée et constante.



#### **Programme « Conformité » – Certification professionnelle**

buildingSMART International a développé le « Programme de certification professionnelle buildingSMART », un système de qualification et de certification à plusieurs niveaux. Ce programme comprend 4 niveaux en 2024 :

- Entry
- Foundation
- Management
- Practitioner

Les niveaux Foundation et Practitioner existent depuis un certain temps, tandis que les niveaux Entry et Management ont été développés en 2024. Ce livre se concentre sur les niveaux Foundation et Practitioner. La « Certification professionnelle buildingSMART – Foundation » teste les connaissances de base et la compréhension de l'utilisation d'openBIM dans les projets BIM. La « Certification professionnelle buildingSMART – Practitioner » évalue les connaissances pratiques de l'utilisation d'openBIM tout au long du projet BIM, de la conception initiale à la remise du bâtiment au client. Plusieurs domaines de certification au niveau de Practitioner sont disponibles, tels que la Gestion openBIM, la Coordination OpenBIM, et des spécialisations openBIM, etc.

## 1.2 L'histoire de l'IFC

### 1.2 L'histoire de l'IFC

Rasso Steinmann (Auteur invité)

Le modèle de données IFC (Industry Foundation Classes) tel qu'il existe aujourd'hui n'a pas été créé du jour au lendemain, mais est le résultat de décennies de recherche et de développement. L'IFC a connu les versions suivantes :

- IFC4.3 Add2 (2023);
- IFC4.3.RC4 (2021-07) : ajout des aspects spécifiques au ferroviaire et à l'infrastructure;
- IFC4.2 (2019-04) : retiré;
- IFC4.1 (2018-86) : retiré;
- IFC4 Add2 TC1 (2017);
- IFC4 Add2 (2016);
- IFC4 Add1 (2015);
- IFC4 (March 2013);
- ifcXML2x3 (juin 2007);
- IFC2x3 (février 2006);
- ifcXML2 pour IFC2x2 add1 (RC2);
- IFC2x2 Addendum 1 (juillet 2004);
- ifcXML2 for IFC2x2 (RC1);
- IFC2x2IFC2x Addendum 1 ;
- ifcXML1 pour IFC2x et IFC2x Addendum 1 ;
- IFC2xIFC2.0 (mars 1999);
- IFC1.5.1 (septembre 1998);
- IFC1.5 (novembre 1997);
- IFC1.0 (juin 1996).

Les normes IFC2x3 et IFC4 Add2 TC1 sont actuellement utilisées. L'IFC2x3 est conforme à la norme ISO/PAS 16739:2005. IFC4 Add2 TC1 est équivalent à ISO 16739-1:2018. IFC4.3 Add2 est normalisé ISO depuis 2024.

Il existe très peu de documents sur la manière dont l'IFC a vu le jour et sur les influences qui l'ont façonné. L'auteur de cet article a été témoin de cette évolution dans sa vie professionnelle depuis 1985 et en rend compte ici en tant que témoin contemporain.

#### Les racines

Le véritable point de départ de tous les modèles de données que nous connaissons aujourd'hui se situe dans les années 1960 et 1970. À cette époque, il a été reconnu que les ordinateurs pouvaient non seulement calculer, mais aussi traiter de l'information. En appliquant la théorie mathématique des relations au traitement de l'information numérique, il a été possible de définir des structures hiérarchiquement organisées (*Edgar F. Codd et al : IMS system with the DL/1 language*), que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de systèmes de bases de données relationnelles. Une approche totalement différente a été le développement de bases de données en réseau (conférence CODASYL, langage COBOL), que nous connaissons aujourd'hui sous le nom de graphes de connaissances ou de réseaux neuronaux.

## 1 Introduction : openBIM et buildingSMART

### 1.2 L'histoire de l'IFC

Les bases de données relationnelles ont l'avantage d'être relativement faciles à comprendre. Tout ce qu'il faut savoir, c'est que les éléments et les activités sont représentés sous forme de tableaux et que les colonnes des tableaux représentent les propriétés des éléments. Les relations entre les éléments/processus (tables) peuvent être cartographiées à l'aide de références de liens avec des propriétés dédiées (colonnes de la table). Ces relations entre les tableaux sont structurées de manière hiérarchique, les connexions circulaires (=réseaux) doivent être évitées.

Les utilisateurs excellent dans les structures hiérarchiques, où ils tentent d'organiser efficacement le monde sous leur contrôle. En revanche, dans les structures en réseau, comme les réseaux de transport, les individus perdent rapidement leurs repères et nécessitent de l'aide. L'approche relationnelle est facile à comprendre et peut être utilisée pour mettre en œuvre les hiérarchies informatiques courantes, ce qui en fait un choix apprécié.

#### STEP

Il en a été de même pour le développement de spécifications pour l'échange de données de produits dans le cadre de STEP (Standards for the Exchange of Product Data), qui a débuté en 1984 et était basé sur ses prédecesseurs IGESstop, SET et VDA-FS. En raison de sa complexité, le projet initial de développement d'un modèle de produit unique et complet a été abandonné. En 1994/95, STEP a donc été divisé en plusieurs parties et soumis à l'ISO. Le langage de modélisation des données **EXPRESS**, publié sous la référence ISO 10303-11, en est devenu un élément clé. Alors que la partie 11 peut être utilisée pour décrire les structures réelles d'un **modèle de données de produit**, la partie 21 (.spf, STEP Physical File Format, ISO 10303-21) définit les structures d'un **fichier ASCII** pour l'échange des données de produit réelles (instances d'un modèle de données). Quelques années plus tard, la partie 28 (ISO 10303-28) a défini comment ces données de produit pouvaient également être échangées avec des fichiers XML. D'autres formats de base sont désormais disponibles, chacun transmettant le même contenu.

EXPRESS-G peut être utilisé pour visualiser les structures essentielles d'un schéma de données EXPRESS dans un graphique très similaire à un diagramme de relations entre entités. La proximité avec le monde des données relationnelles est également évidente ici.

EXPRESS a ensuite été utilisé pour spécifier des protocoles d'application (AP) pour des cas d'utilisation spécifiques, en se concentrant initialement sur l'échange de données géométriques. AP 201 et AP 202 définissent la géométrie de base, principalement en 2D. L'AP 204 définit la géométrie de base des limites en 3D. Des AP ont également été développés pour décrire des composants mécaniques spécifiques. Le focus de l'AP 225 était les composants de construction.

Tous ces AP ont été fortement influencés par les systèmes de CAO disponibles sur le marché à l'époque. L'accent était mis sur la géométrie, à laquelle les classifications et certaines propriétés des produits pouvaient être attachées comme des drapeaux. Dans une certaine mesure, les composants géométriques pouvaient être regroupés en groupes de composants.

## 1.2 L'histoire de l'IFC

### Géométrie et structure du bâtiment

Un grand nombre des fondements des développements de STEP ont été explorés et développés dans le cadre de projets de recherche financés par l'Union Européenne. Il est devenu évident que les modèles de données pour les bâtiments, basés essentiellement sur la géométrie, n'étaient plus suffisants. Un changement radical a été entrepris, et des modèles de données sémantiques pour les bâtiments ont été élaborés, décrivant les composants comme des objets dotés d'attributs et pouvant avoir des relations entre eux. Ce point de vue s'est imposé, plaçant la géométrie dans un rôle important mais subordonné sur le plan structurel.

Avec la norme ISO 10303-22 SDAI (Standard Data Access Interface), une interface standardisée pour les bases de données dont les structures de données sont générées par EXPRESS a déjà été publiée au siècle dernier. En d'autres termes, il y aurait eu un moyen technique standardisé d'échanger des données STEP en connectant des applications logicielles directement à une base de données, au lieu de devoir échanger des données avec des fichiers. Malheureusement, cette méthode a été peu utilisée et est tombée dans l'oubli.

### De la recherche à la maturité du marché

Dans le cadre du projet européen VEGA (Virtual Enterprises using Groupware Applications), une équipe dirigée par le professeur Richard Junge et le docteur Thomas Liebich, a mis au point une approche pour un « modèle de produit sémantique » en coopération avec Nemetschek, où l'auteur travaillait encore à l'époque. Cette approche a été commercialisée dans les années 1990 dans le cadre du projet interne de Nemetschek O.P.E.N. (Object oriented Product Data Engineering Network). Une approche (dite « late binding ») permettant d'étendre le modèle de données du serveur au moment de l'exécution sans avoir à recompiler les programmes a été mise en œuvre. Cette stratégie a permis de répondre rapidement à l'évolution des besoins et aux nouvelles applications. Il s'agissait du premier serveur de modèles industriels pour le secteur de la construction, utilisable également via Internet. Cependant, il s'est avéré pré-maturé pour le marché, car le secteur de la construction était encore trop attaché aux méthodes de travail analogiques. Il a été reconnu que les processus du secteur de la construction devaient changer fondamentalement pour obtenir des gains de productivité avec cette approche, et qu'un éditeur de logiciels ne pouvait pas à lui seul provoquer ce changement de paradigme. Une entreprise n'étant pas un institut de recherche, le projet O.P.E.N. a été abandonné. La suite de l'histoire a montré que l'approche était correcte, mais aussi que le moment était trop précoce. Aujourd'hui encore, un produit comme l'O.P.E.N. représente un risque.

Les avantages de l'approche de modélisation de VEGA et d'O.P.E.N. étaient, outre l'éloignement cohérent d'une vision centrée sur la géométrie, un modèle en couches avec un noyau de composants et de topologies communs et une couche supérieure pour les structures spécifiques à un domaine. Cette architecture, mise en œuvre avec une approche « late binding », a permis une évolution progressive car il était clair que le modèle s'étendrait considérablement, en particulier pour les différents domaines d'application.

## 1 Introduction : openBIM et buildingSMART

### 1.2 L'histoire de l'IFC

#### **Manque d'interopérabilité**

À la même époque, un groupe d'entreprises américaines (dont HOK sous la direction de Patrick MacLeamy) s'est rendu compte que les systèmes de CAO, qui étaient alors essentiellement des outils de dessin, étaient trop limités. Les premiers modules complémentaires d'AutoCAD offraient des fonctionnalités spécifiques aux composants, mais les données requises dépassaient le cadre standard DWG/DXF et étaient incompatibles les unes avec les autres. Le manque d'interopérabilité a été identifié comme un obstacle majeur et a conduit à une collaboration avec Autodesk pour développer une AFC (Autodesk Foundation Class). Les clients du secteur de la construction ont été invités à faire part de leurs besoins pour un modèle de données. Lorsqu'on s'est rendu compte qu'une telle approche nécessiterait non seulement la vue CAO, mais aussi tous les domaines d'application, il a été décidé de lancer ce projet. En 1995, l'IAI (Alliance internationale pour l'interopérabilité, rebaptisée buildingSMART quelques années plus tard) a été créée et a fait l'objet d'une tournée de présentation dans plusieurs pays. L'Allemagne fut approchée lors du salon ACS-95, ce qui a immédiatement conduit à la création d'une association.

#### **Les débuts de l'IFC**

Le développement technique du modèle de données relevait initialement de la responsabilité du personnel d'Autodesk, qui a été libéré de ses fonctions à cette fin. Après quelques faux pas, ils ont pris connaissance des développements de STEP et ont fait appel à des experts de cette communauté. Il a été décidé d'utiliser une approche de modélisation du professeur Frits Tolman, à partir de laquelle l'IFC a été développé, présenté et discuté dans des groupes plus importants dans les versions 0.96 et 0.98. Après plusieurs mises en œuvre de prototypes, la version IFC1.5.1 a été la première à être prise en charge par quelques logiciels. L'échange de données a été démontré (au moyen de disquettes!) lors de l'ACS 1998.

*Anecdote :* Le premier fichier IFC au monde a été exporté à partir d'Allplan, qui à l'époque supportait également STEP AP225, de sorte que le département de développement disposait d'une expertise STEP suffisante.

*Note :* Si les règles STEP étaient strictement respectées, les fichiers IFC échangés dans le STEP Physical File Format devraient avoir l'extension .spf. L'extension .ifc a été créée par les modélisateurs de l'IAI (buildingSMART) et a ensuite été acceptée par l'ISO.

Au fur et à mesure de l'évolution des IFC, il est apparu que l'approche choisie présentait un inconvénient majeur : l'architecture du modèle était trop monolithique. Toute extension fonctionnelle nécessitait des modifications jusqu'au cœur du modèle. Il a été reconnu qu'un tel modèle de données ne pouvait pas constituer la base d'une mise en œuvre globale où chaque société de logiciels avait ses propres cycles de publication. Le seul moyen d'éviter les incompatibilités était que tout le monde mette en œuvre au même rythme et publie les nouvelles versions en même temps. La synchronisation était peut-être possible pour le petit groupe d'éditeurs de logiciels intéressés à l'époque, mais elle était illusoire pour une mise en œuvre globale.

#### **Nouveau départ pour l'IFC**

Entre-temps, il était clair que Nemetschek mettrait fin au projet O.P.E.N. pour les raisons mentionnées ci-dessus. Le professeur Junge a reçu l'autorisation de Nemetschek

## 1.2 L'histoire de l'IFC

de reprendre l'approche de modélisation de l'O.P.E.N., ce qui lui a permis de la sauvegarder et de la développer. Peu après la publication de l'IFC2.0, les discussions critiques sur les difficultés émergentes se sont multipliées. L'approche de modélisation de VEGA et de l'O.P.E.N. a été présentée comme une solution, ce qui signifiait un tout nouveau départ, mais résolvait le problème central du modèle IFC précédent grâce à l'architecture de couches extensibles. Grâce à son expérience en matière de développement, Nemetschek savait que cette nouvelle approche fonctionnerait en principe.

Bien-sûr, ceux qui s'étaient investis corps et âme dans le développement de la SFI jusqu'à la version 2.0 n'étaient pas du tout enthousiastes à l'idée d'un nouveau départ. Mais les responsables de l'IAI ont compris que ce changement était nécessaire. Jeffrey Wix a été nommé chef de projet et le nouveau départ a été mis en œuvre. Thomas Liebich a pris la tête du Model Support Group (MSG) et l'auteur a dirigé le Implementer Support Group (ISG) dès le début et a pu utiliser son expérience pour montrer la voie vers la nouvelle version. Celle-ci devait être poursuivie sous le nom d'IFC 3.0, mais une version 3.0 si peu de temps après la version 2.0 a été jugée trop humiliante. La solution diplomatique a consisté à appeler cette nouvelle approche IFC2x, en laissant le « 2 » visible et le « x » signifiant « extensible », ce que la plupart des gens ont pu accepter.

Bien entendu, les données IFC2x étaient totalement incompatibles avec les données IFC2.0. Cette incompatibilité a été acceptée parce qu'elle se serait de toute façon produite tôt ou tard avec l'IFC2.0 et parce que le groupe d'éditeurs de logiciels était restreint. La majorité a rapidement reconnu les avantages de l'IFC2x et, grâce à l'expertise STEP acquise lors des précédentes mises en œuvre, les développeurs ont été en mesure de passer relativement rapidement à l'IFC2x.

### **IFC2x**

Au cours des années suivantes, IFC2x a continué à évoluer, en ajoutant la prise en charge du format XML (STEP 10303-28) pour les fichiers d'échange. Avec la mise en œuvre croissante de l'IFC dans divers logiciels, il est devenu de plus en plus évident que tous les logiciels ne pouvaient pas mettre en œuvre et prendre en charge le modèle IFC dans son intégralité. Il est également absurde qu'un logiciel pour la statique prenne en charge les services de construction ou qu'un logiciel pour le chauffage, ventilation et climatisation prenne en charge les armatures. C'est pourquoi le concept de MVD (Model View Definition) a été introduit. Un MVD décrit une partie (sous-ensemble) du modèle de données qui est nécessaire à l'échange dans des cas d'utilisation spécifiques. Au cours du développement de l'IFC2x, le MVD « Coordination View » a été établi. Celui-ci permet la coordination technique des disciplines de l'architecture, de l'ingénierie structurelle et des installations du bâtiment dans le domaine de la construction de bâtiments. IFC2x3-CV2.0 marque un état stable et reste la version IFC la plus largement utilisée aujourd'hui.

### **Certification du logiciel IFC**

Tous les fournisseurs de logiciels n'ont pas pris au sérieux la mise en œuvre de l'IFC; pour beaucoup, il s'agissait plutôt d'un aspect marketing. Le manque de soutien a suscité beaucoup de ressentiment chez les utilisateurs, si bien que l'auteur et Thomas Liebich ont été invités à mettre en place un système de certification, que l'auteur dirige depuis 22 ans. Depuis, le système a été développé et renforcé avec un consortium

## 1 Introduction : openBIM et buildingSMART

### 1.2 L'histoire de l'IFC

pour buildingSMART. De nombreux éditeurs de logiciels ont désormais fait certifier leurs interfaces IFC2x3-CV2.0.

#### **IFC4**

L'étape suivante aurait dû être une version IFC « 3x ». Cependant, très peu de gens savaient d'où venait le « x » dans les numéros de version. Cependant, étant donné que le « 3 » était si proéminent avec IFC2x3, et que IFC2x était déjà un IFC 3, ils voulaient une différence visible et ont décidé d'abandonner le « x » et d'indiquer clairement que l'IFC4 introduisait également des changements dans les structures de base. Ces améliorations et ces nouvelles fonctionnalités ont donné lieu à d'autres ajouts et corrections, qui ont abouti à la version IFC4 Add2 TC1. Cette version, désormais associée à la RV (Reference View), est également considérée comme techniquement mature et sert de base à la certification des interfaces logicielles.

La nouvelle plateforme de certification b-Cert a été développée pour l'IFC4, qui a mis en place un niveau d'automatisation plus élevé pour les tests et peut également prendre en charge différentes MVD et versions de l'IFC.

Les versions IFC4.1 à IFC4.3 ne modifient pas le noyau et incluent des extensions de la couche d'application pour les ouvrages d'infrastructure ; l'IFC4.4 suivra et inclura les tunnels.

#### **Et que se passera-t-il ensuite ?**

Ce point fait actuellement l'objet d'une discussion dans le cadre de l'IFC5.

Les réflexions de l'auteur à ce sujet : Les formats STEP sont un domaine d'expertise – relativement peu de spécialistes détiennent les connaissances nécessaires. Le choix des outils d'aide au développement de logiciels est donc limité. On pourrait certainement envisager de remplacer les formats STEP par des alternatives techniques de pointe. Les jeunes développeurs de logiciels pourraient ainsi se lancer plus facilement et il y aurait davantage d'outils de soutien disponibles. D'un autre côté, le nombre considérable de fichiers IFC générés à ce jour signifie que STEP devra continuer à être exporté et importé dans un avenir prévisible. Enfin, la Bibliothèque nationale finlandaise a identifié le format IFC4 comme format d'archivage.

En s'en tenant à des bases techniques qui mettent essentiellement en œuvre le modèle relationnel, leur remplacement par des variantes plus modernes n'aura en fin de compte aucun impact notable sur les utilisateurs. Ce que les utilisateurs remarqueront en interne lorsqu'ils passeront d'une technologie encore relationnelle est marginal.

Cet effet a également été observé, par exemple, lors du passage de l'IFC2x3-CV2.0 à l'IFC4-RV, qui apporte principalement des avantages techniques internes. L'expérience utilisateur avec les deux variantes est très similaire. Par conséquent, il est très difficile de motiver les éditeurs de logiciels à passer à l'IFC4-RV. Il s'agit d'un investissement dans l'avenir, mais sans bénéfice immédiat tangible pour le client. En outre, le support de l'IFC2x3-CV2.0 ne peut pas être simplement désactivé parce qu'il y a trop de ces fichiers dans la pratique – les deux versions doivent donc être supportées, ce qui ne permet pas d'économiser sur le développement.

## 1.2 L'histoire de l'IFC

Cette expérience montre qu'une amélioration technique qui ne fonctionne qu'en interne mais n'est pas visible à l'extérieur n'est pas très motivante pour les éditeurs de logiciels.

### **Les graphiques sont-ils l'avenir des données sur les produits ?**

Il convient de se demander (et certains le font) si le moment n'est pas venu d'abandonner le monde relationnel dans la modélisation des produits et de passer à des structures graphiques de type réseau. Les structures relationnelles atteignent leurs limites lorsqu'il faut modifier les hiérarchies ou ajouter de nouveaux aspects. Bien que cela soit possible en principe, cela prend souvent beaucoup de temps. En outre, d'autres modèles de données sont créés à des fins spécifiques dans les bâtiments et sont utilisés parallèlement à la SFI. Il est peu probable que tous ces modèles soient transférés et intégrés à l'IFC, mais ils devront plutôt être reliés les uns aux autres (mot-clé : « données liées ») pour former un jumeau numérique. Les technologies basées sur les graphes offrent de grands avantages pour la cartographie de ces jumeaux numériques, qui sont également perceptibles dans l'utilisation. Ce n'est pas un hasard si ces technologies sont utilisées pour cartographier les réseaux sociaux, dont la hiérarchie et le contenu sont en constante évolution. Nos projets de construction complexes et nos bâtiments ne ressemblent-ils pas davantage à des réseaux dynamiques qu'à des hiérarchies statiques ? La bonne nouvelle, c'est que les modèles de données STEP peuvent être automatiquement convertis dans les formats requis pour les bases de données graphiques. Cela signifie que les données IFC d'aujourd'hui peuvent être transférées et utilisées dans les futures bases de données graphiques.

## 2 Connaissances de base

Ce chapitre fournit les bases pour ceux qui souhaitent se préparer à la « Professional Certification – Foundation » de buildingSMART International. Il fournit une introduction facile à l'openBIM. Tous les termes de base de l'openBIM sont expliqués. Toutes les personnes impliquées dans un projet openBIM bénéficient ainsi d'un langage et d'une terminologie communes. Ce chapitre constitue la base des [chapitres 3 et 4](#), qui traitent des questions pratiques de mise en œuvre. Les connaissances transmises dans les autres chapitres contribuent également la préparation à l'examen buildingSMART « Professional Certification – Practitioner » (openBIM Management et openBIM Coordination).

Les abréviations importantes sont les suivantes :

ADD	Addendum
MOA	Maitre (maîtrise) d'ouvrage
EIR	Exigence d'Echange d'Information (International : Exchange Information Requirement)
AIM	Asset Information Model (Modèle d'information de l'actif)
AIR	Asset Information Requirements (Exigences d'information de l'actif)
MOE	Maitre (maîtrise) d'œuvre
ARC	Architecte
ASI	Austrian Standards International
BEP	BIM Execution Plan (Plan d'Execution BIM)
BCF	BIM Collaboration Format
BPMN	Business Process Modeling and Notation
bSAT	buildingSMART Austria
bSCH	buildingSMART Switzerland
bSD	buildingSMART Deutschland
bSF	buildingSMART France
bSDD	buildingSMART Data Dictionary
bSI	buildingSMART International
CAD	Computer Aided Design
CDE	Common Data Environment
CEN	Comité Européen de Normalisation
CEN/TC	Comité Européen de Normalisation/Technical Committee
CV	Coordination View (Model View Definition)
DIN	Deutsches Institut für Normung (Institut allemand de normalisation)
DTV	Design Transfer View (Model View Definition)
DWG	Drawing (Extension de fichier)
DXF	Drawing Interchange File Format
EIR	Exchange Information Requirements
EN	European Norm (norme européenne)
FM	Facility Management
GUID	Globally Unique Identifier

IAI	International Alliance for Interoperability (précédemment : Industry Alliance for Interoperability)
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification
IFC	Industry Foundation Classes
IFD	International Framework for Dictionaries
ISO	International Organization for Standardization
LOD	Level of Development (obsoète)
LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
LOIN	Level of Information Need
MEP	Mechanical, electrical, and plumbing (Technique du bâtiment)
MVD	Model View Definition
NF	Norme française
OIR	Organizational Information Requirements (Exigences d'information de l'organisation)
ÖNORM	Normes autrichiennes
PAS	Publicly Available Specification
PDF	Portable Document Format
PIM	Project Information Model (Modèle d'information du projet)
PIR	Project Information Requirements (Exigences d'information du projet)
Pset	Property Set (jeu de propriétés)
QA	Quality Assurance (Assurance qualité)
QC	Quality Control (Contrôle qualité)
RV	Reference View (Model View Definition)
SIA	Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Architecte-ingénieur suisse-ou-hélicoïde)
STEP	Standard for Exchange of Product model data
TC	Technical Corrigendum (Rectificatif technique)
TGA	Equipements technique du bâtiment
TWP	Ingénierie structure
UCM	Use Case Management
XML	Extensible Markup Language

## 2 Connaissances de base

### 2.1 Les bases de la numérisation

#### 2.1.1 Les bases de la numérisation

Pendant longtemps, le secteur de la construction a été l'un des secteurs les moins touchés par la numérisation. Dans de nombreux domaines, les processus ont longtemps été inefficaces, car la réflexion était plutôt axée sur les projets plutôt que sur les processus. Par conséquent, la communication, la gestion des risques et la mise en œuvre des contrats devaient être améliorées. Le potentiel d'optimisation est particulièrement élevé en termes de réduction du gaspillage des ressources. En outre, le secteur de la construction est très artisanal, spécialisé et fragmenté. Les petites entreprises ont souvent du mal à s'adapter à l'innovation. Cela a longtemps ralenti la numérisation du secteur de la construction.

La numérisation ouvre de nouvelles perspectives d'optimisation pour le secteur de la construction. Ce que l'on appelle la quatrième révolution industrielle est en train de gagner du terrain. Les avantages de la numérisation sont progressivement reconnus et devraient contribuer à résoudre les problèmes mentionnés ci-dessus. Les avantages de la numérisation et des modèles numériques peuvent être les suivants :

- Réduction des coûts;
- Mise en réseau;
- Transparence de l'information;
- Assistance technique;
- Efficacité accrue;
- Amélioration de la communication et de la collaboration;
- Meilleure gestion des risques;
- Plus grande flexibilité;
- Gains de temps;
- Contrôle plus facile du respect de la réglementation;
- Mise en place de nouveaux modèles d'affaires;
- Respect de l'environnement (moins de gaspillage de ressources);
- Augmentation de la productivité;
- Avantages concurrentiels;
- Plus grand attrait des employeurs pour les nouveaux employés.

#### Définition du BIM en tant que modèle et processus

La norme ISO 19650-1 définit le BIM comme « *utilisation d'une représentation numérique partagée d'un actif bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation et former une base fiable permettant les prises de décision* » (les actifs bâtis pouvant être des bâtiments, ponts, routes et usines de traitement). Cette norme fait donc référence aux trois aspects essentiels du BIM : le modèle, la technologie et les processus. Le cœur du BIM est le modèle numérique de la construction, qui contient les informations sous forme géométriques et alphanumériques (informations non géométriques sur la fonction, l'emplacement, le matériau, etc.). Ainsi, le BIM fournit une méthode numérique interdisciplinaire et optimisée de création, de partage et de maintenance des informations numériques sur les bâtiments et ouvrages. Le BIM favorise une communication et une collaboration fructueuses entre les parties prenantes d'un projet de construction lors de toutes ses phases. Elle apporte une contribution essentielle à l'assurance qualité.

## 2.1 Les bases de la numérisation

### Une bonne prise de décision nécessite de bonnes données

Le BIM (Building Information Modelling) est considéré comme un puissant moteur de la numérisation. La possibilité de visualiser les structures et leurs données à l'aide du BIM peut accélérer le processus de prise de décision. Le partage numérique d'informations sur les projets réduit la fragmentation des processus de travail et permet de fournir des informations au bon moment. Cela peut limiter la quantité d'informations non structurées et améliorer le flux d'informations entre les parties prenantes.

C'est un avantage considérable pour les professionnels de la construction. Le modèle numérique rassemble toutes les informations fournies par chaque partie. Les utilisateurs du modèle numérique créent, soignent et utilisent la géométrie et les informations du modèle. La collaboration a lieu dans un environnement de données commun (CDE). Le principal potentiel du CDE est la communication, la documentation et le rapprochement efficaces des informations provenant de différentes sources. Tous les composants ayant des attributs, la détermination des quantités et des coûts se font plus tôt et avec plus de précision.

La qualité d'un modèle numérique est déterminée par le niveau de détail, respectivement la granularité de l'information requise. La granularité de l'information requise est désignée par le terme Level of Information Need (LOIN). Il regroupe les besoins en information du donneur d'ordre concernant les données géométriques et alphanumériques du modèle, ainsi que la documentation associée. En précisant le cadre et le niveau de détail par des cas d'usage, on évite la production de trop ou trop peu d'informations.

Un principe de base du BIM est l'échange cohérent de données et d'informations. Les modèles numériques aident à maintenir la cohérence des données dans la base de données du bâtiment. Il existe des directives de modélisation qui définissent les règles de création de contenu de modèle. Une gestion optimisée de l'information améliore la collaboration, la coordination et la communication basée sur des modèles dans le processus de projet.

### Avantages du BIM pour les donneurs d'ordres et les opérateurs

L'utilisation du BIM offre de nombreux avantages non seulement aux concepteurs, mais aussi aux propriétaires et aux exploitants d'actifs bâtis. Les modèles numériques facilitent le partage d'informations de façon cohérente, de la planification à l'exploitation. Ils aident à gérer les tâches courantes de gestion des actifs. Une bonne gestion du modèle assure la pérennité des données provenant de toutes les phases du projet. Il est ainsi possible de comparer différentes étapes de la réalisation du projet et de comprendre son évolution. L'analyse de projets antérieurs permet d'intégrer plus efficacement les exigences opérationnelles dans la planification des projets en cours. Cela permet d'augmenter considérablement les possibilités d'évaluation de la qualité du projet, de réduire les risques et de diminuer les coûts de développement et d'entretien des systèmes de gestion des installations. Les informations opérationnelles peuvent être introduites dans le modèle à un stade très précoce. Les comparaisons entre les objectifs et la réalité (analyses GAP) sont plus faciles à réaliser. Les exigences opérationnelles peuvent être visualisées et définies avant l'achèvement du projet. Cela permet de mieux prévoir et de réduire les coûts d'exploitation (coûts de maintenance et d'entretien, consommation d'énergie, etc.). Pour la maintenance, les modèles de

## 2 Connaissances de base

### 2.1 Les bases de la numérisation

données permettent de déterminer et anticiper les événements déclencheurs.

L'utilisation de modèles d'information partagés et cohérents réduit le temps et le coût de la production d'informations coordonnées. Les modèles contiennent toutes les informations pertinentes sur les actifs bâtis. Cela permet de stocker toutes les informations importantes sur les actifs bâtis de manière centralisée et numérique, ce qui constitue une meilleure base pour la prise de décision en matière de gestion de ces actifs.

Il est important que la gestion des données soit effectuée consciencieusement. Le stockage non structuré des données collectées dans le cadre d'un projet entraîne une mauvaise gestion des données et augmente le temps de traitement. Les données doivent donc être stockées systématiquement et mises à la disposition des acteurs autorisés du projet qui en ont besoin. Une gestion minutieuse des données, y compris des versions, est donc importante pour une communication et une coordination efficace. Les modèles numériques d'actifs bâtis créés avec le BIM peuvent représenter et décrire toutes les informations à l'aide d'objets et de composants. Cela permet d'intégrer tous les aspects de la chaîne de valeur tout au long du cycle de vie, d'éviter les malentendus et d'améliorer la prise de décision.

#### **Introduction du BIM dans une entreprise**

La mise en œuvre du BIM au sein d'une organisation présente de nombreux avantages. Les modèles d'information numériques peuvent contenir presque tous les ensembles de données nécessaires pour mener à bien un projet de construction et maintenir l'actif bâti. À chaque étape, il est possible d'effectuer des comparaisons et en tirer des conclusions. Si les processus sont judicieusement numérisés, cela conduit à une efficacité accrue et, par conséquent, une réduction des coûts. Une bonne digitalisation nécessite une analyse des processus existants et éventuellement une adaptation de ces processus aux possibilités des outils numériques.

La vérification systématique des erreurs par un logiciel permet d'identifier plus facilement des enjeux de coordination. Les visualisations permettent de mieux les comprendre pour qu'ils soient résolus plus rapidement par les concepteurs. Relever le niveau de compétences BIM d'une entreprise améliore également sa compétitivité.

L'adoption du BIM est une décision globale d'entreprise. C'est pourquoi une stratégie BIM est nécessaire. Celle-ci comprend des considérations fondamentales sur la valeur ajoutée par l'utilisation de nouveaux processus et d'outils numériques. La stratégie est comme un ensemble de spécifications. La valeur ajoutée souhaitée peut être l'amélioration de la gestion du projet, la justesse et la transparence des coûts, le respect des délais, la qualité du projet, la rationalisation des processus internes, une meilleure efficacité, les économies de coûts ou l'amélioration de la communication.

La stratégie BIM doit être alignée sur les objectifs de l'organisation pour que l'investissement soit bien utilisé. Les mesures prennent en compte les performances actuelles de l'entreprise, ainsi que ses objectifs et autres stratégies. Pour ce faire, une analyse de l'écart entre l'objectif et les résultats obtenus est effectuée afin d'identifier les lacunes. Les investissements nécessaires dans le personnel, les processus, l'environnement, les données et la technologie doivent être alignés sur les objectifs. Ce n'est qu'à ce

## 2.1 Les bases de la numérisation

moment-là que la mise en œuvre du BIM peut commencer. La mise en œuvre est un processus stratégique, qui exige souvent une mise à jour des processus et un renforcement des compétences.

Cependant, la mise en œuvre du BIM ne va pas sans poser de problèmes. Il y a souvent une réduction temporaire de la productivité au début, en fonction des exigences et des objectifs initiaux. Le recrutement et la formation de personnel compétent doivent avoir lieu dans les premiers temps de la mise en œuvre. Cela se traduit par un investissement initial plus important dans la formation, le matériel et les logiciels compatibles avec le BIM. Ces investissements sont probablement amortis dans un avenir proche. Les modèles de contrat et de paiement établis devront être redéfinis. Les règles de facturation doivent également être adaptées au logiciel BIM.

Une organisation doit connaître son propre niveau de maturité BIM pour comprendre où elle se situe par rapport à ses concurrents. Les processus internes, les ressources et les performances du personnel et de l'infrastructure informatique, les buts stratégiques et les objectifs déterminent le niveau de maturité BIM (par exemple selon la norme ISO 19650). Au niveau de maturité BIM le plus bas, la mise en œuvre se caractérise par l'absence de stratégie et l'utilisation non systématique de solutions logicielles compatibles. Au niveau de maturité BIM le plus élevé, la stratégie de mise en œuvre et les modèles organisationnels sont continuellement révisés et realignés, les solutions logicielles sont choisies en fonction des usages et les modifications de processus sont introduites de manière proactive par tous les acteurs.

Pour ce faire, l'entreprise examine la gestion de ses processus internes et évalue de manière réaliste les compétences existantes de son personnel. Elle obtient ainsi une base pour définir des objectifs BIM et un plan d'action.

La mise en œuvre du BIM va de pair avec la numérisation de toute l'entreprise. Par conséquent, la sécurité des données prend de plus en plus de place. Les mesures efficaces de sécurité des données comprennent un plan de sécurité des données, le cryptage des données et la mise en place d'une structure efficace de droits d'accès sur les environnements de serveurs ou les plateformes basées sur le cloud. Ces hiérarchies doivent être constamment réexaminées tout au long de leur cycle de vie afin d'éviter les accès non autorisés, la perte ou la corruption d'informations.

La numérisation soulève d'autres questions juridiques – par exemple la question de la responsabilité et des droits d'auteur pour le contenu du modèle numérique ou les droits d'utilisation des données.

Les étapes de la numérisation :

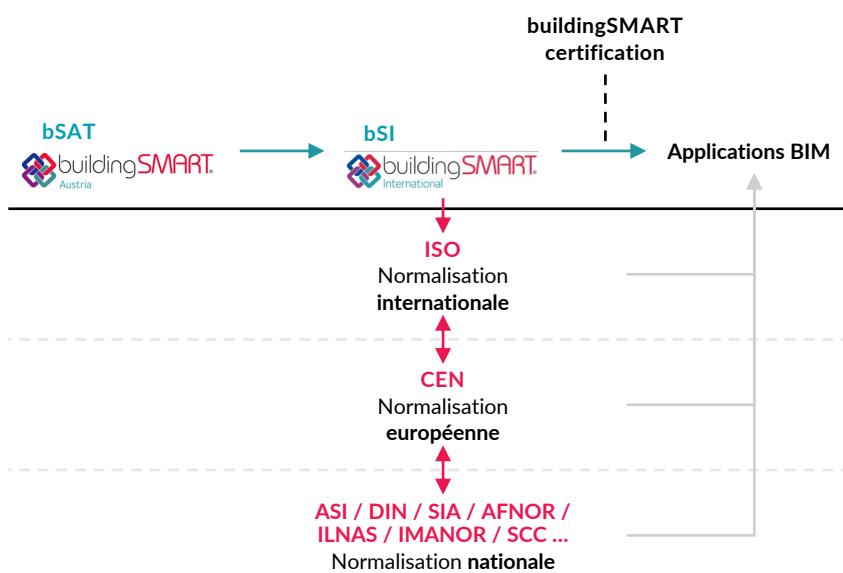
- Faire le point, examiner la situation actuelle, identifier les opportunités;
- Stratégie et plan d'action;
- Sélection des outils;
- Formation du personnel;
- Optimisation et suivi continu des progrès.

## 2 Connaissances de base

### 2.2 Normalisation internationale

## 2.2 Normalisation internationale

Il existe aujourd’hui plus de 6500 langues différentes dans le monde. L’échange d’informations au sein d’une même langue (fermé) est plus facile qu’entre différentes langues (ouvert). Afin d’échanger des informations entre les différentes langues sans perte majeure d’informations, de nombreux pays se sont mis d’accord sur une langue commune à utiliser. La méthode openBIM suppose une plateforme d’échanges d’informations neutre. La mise en œuvre de la méthode openBIM nécessite donc des normes claires et ouvertes afin de minimiser les pertes d’informations lors des échanges. En tant qu’organisation indépendante, bSI développe ses propres standards (par exemple IFC).



**Figure 2.1 :** Relation entre la normalisation (y compris buildingSMART)

### 2.2.1 ISO 16739-1 – Classes de base de l’industrie (IFC)

La spécification orientée objet de l’IFC a été publiée pour la première fois en 1996 sous le nom d’IFC1.0. La version IFC4, a été officiellement publiée en mars 2013 sous le nom d’ISO 16739 et fait l’objet d’un développement continu (depuis 2018 : ISO 16739-1). La version actuelle est IFC4.3 TC1. Cette version inclut de nouveaux éléments et options de localisation pour le génie civil. Elle a été certifiée et publiée ISO 16739-1 en 2024. La certification ISO garantit la possibilité d’utiliser les données du modèle. La certification d’un produit logiciel ne s’applique pas à l’ensemble de la structure de données IFC, mais à une définition de vue de modèle, Model View Definition (MVD) spécifique.

### 2.2.2 ISO 12006-3 – Cadre pour l’information orientée objet (pour bSDD)

Outre la structure de données, bSI développe le serveur de propriétés international bSDD (buildingSMART Data Dictionary), qui permet l’échange international d’informations sur les produits (à proprement parler, il s’agit d’un partage et non d’un échange). Le bSDD est basé sur les normes ISO 12006-2 Cadre pour les classifications et ISO 12006-3 Schéma pour l’information basée sur l’objet. Son principe de base est que tous les

## 2.2 Normalisation internationale

concept doivent avoir un nom et une description unique (quelle que soit la langue). Seul un code d'identification unique est utilisé pour l'identification et l'utilisation des données. En attribuant des étiquettes uniques au même concept en plusieurs langues, on crée un dictionnaire multilingue.

### 2.2.3 Série ISO 19650 – Gestion de l'information avec le BIM

Le titre de la série de normes ISO 19650 est « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction. »

Elle se compose de 6 parties. Elles fournissent des spécifications pour les termes, les concepts et les processus qui définissent les services BIM et leur mise en œuvre. Un travail collaboratif utilisant les principes de l'ISO 19650 par tous les participants au projet améliore la gestion de l'information. Il est recommandé d'utiliser le plus possible des formats de données ouverts. Selon cette norme, le processus de génération d'information dans un projet est appelé cycle de fourniture de l'information.

#### ISO 19650-1 : Concepts et principes

La première partie de la norme décrit les termes et les principes de la gestion de l'information. Dans le processus de désignation, il y a la partie désignante et la partie désignée. La première est généralement le donneur d'ordre ou le maître d'ouvrage et fournit les exigences d'information (OIR, AIR et EIR) à la partie désignée principale. Le rôle de partie désignée est généralement endossé par une équipe qui peut être composée de la partie désignée principale et d'autres parties désignées – il peut s'agir d'une seule personne ou d'équipes de travail complexes à plusieurs niveaux.

Une définition claire des rôles, des responsabilités, de l'autorité et de l'étendue de chaque tâche est importante pour une gestion efficace de l'information. Les responsabilités sont définies à l'aide d'une matrice des responsabilités. Selon la norme ISO 19650-1, une matrice des responsabilités est un tableau qui décrit les fonctions en matière de gestion de l'information et les tâches de gestion du projet ou des actifs bâties, ou l'information à livrer selon le cas. Outre la matrice des responsabilités, le calendrier de livraison d'informations comprend également la définition d'une stratégie de fédération et la structure de répartition des conteneurs d'informations. Selon la norme ISO 19650-1, un conteneur d'information est un ensemble nommé persistant d'informations récupérables au sein d'une hiérarchie de stockage de fichier, de système ou d'application ; il peut s'agir, par exemple d'un sous-répertoire, d'un fichier d'information (y compris un modèle, un document, un tableau, un calendrier). La fédération signifie la création d'un modèle d'information composite à partir de modèles (conteneurs d'information) distincts (dits modèles de discipline). La norme ISO 19650-1 exige que les aspects suivants soient spécifiés dans le plan de livraison de l'information :

- Manière dont les informations répondront aux exigences définies dans les exigences d'informations de l'actif bâti ou les exigences d'échanges d'information;
- Moment où les informations seront fournies (phases du projet, étapes, dates spécifiques);
- Comment et quelles informations sont fournies et par qui;

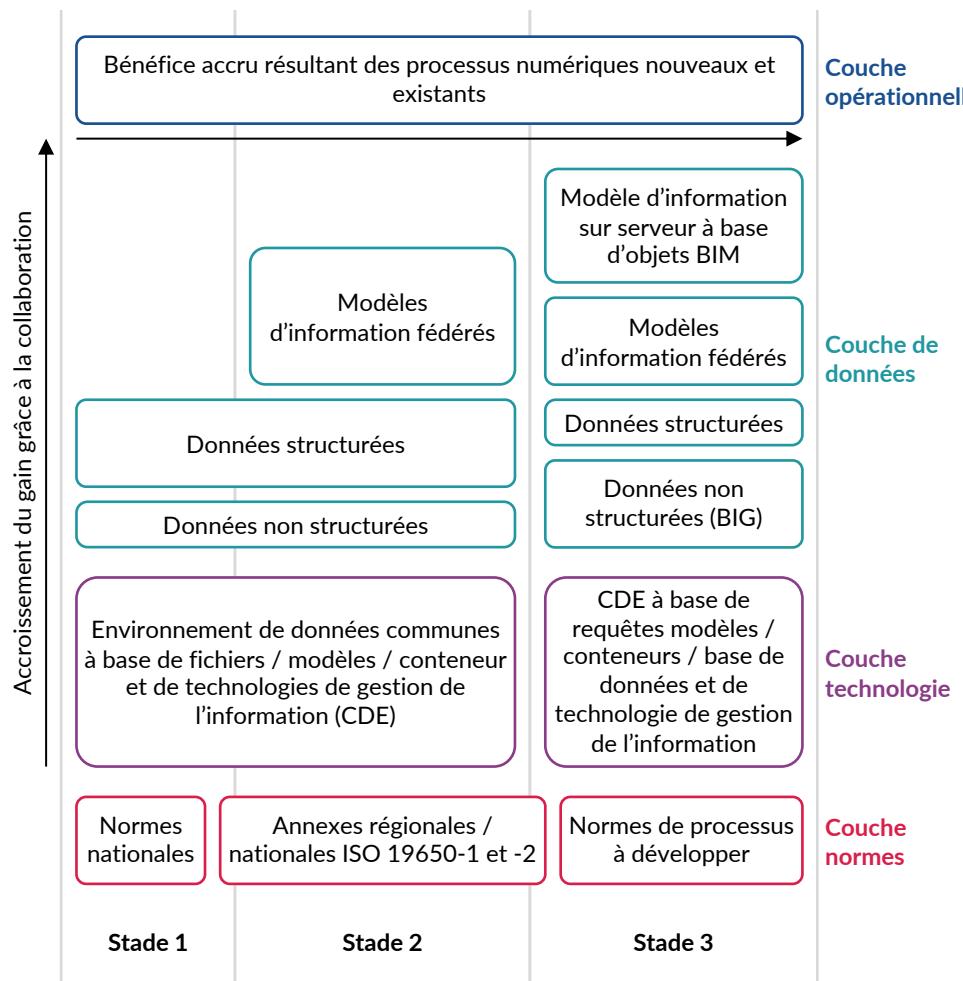
## 2 Connaissances de base

### 2.2 Normalisation internationale

- Manière dont les informations provenant de différents fournisseurs sont coordonnées;
- Qui reçoit l'information.

En matière de gestion de l'information, la norme ISO 19650 définit différents stades de maturité (voir également la [figure 2.2](#)). Plusieurs facteurs peuvent influencer les niveaux de maturité de la gestion informationnelle. Ces facteurs comprennent les normes suivies, les technologies utilisées, les aspects informationnels et commerciaux.

- Stade 1 : Combinaison de la planification CAO 2D et des modèles 3D comme norme de planification des projets de construction et, surtout, utilisation des normes nationales.
- Stade 2 : Application cohérente de la norme ISO 19650 (utilisation des processus de gestion de l'information) et des annexes nationales et régionales, ainsi que de l'utilisation de modèles d'information fédérés (compilation de plusieurs modèles).
- Stade 3 : openBIM en tant que norme pour la planification des projets de construction.

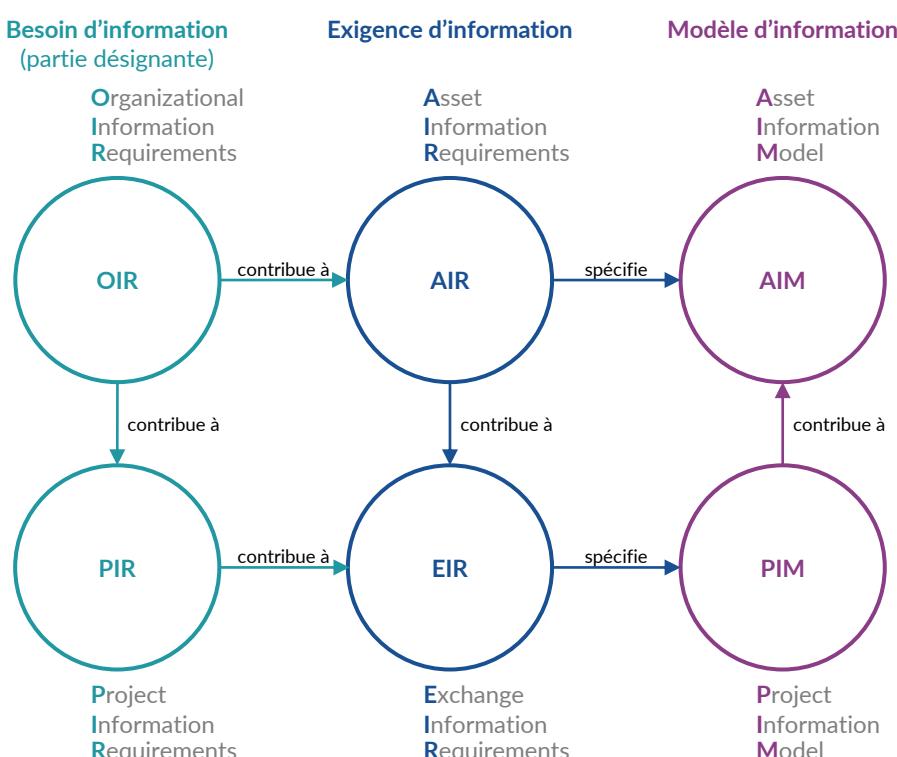


**Figure 2.2 :** Gestion de l'information selon la norme ISO 19650 avec stade de maturité (adapté de la norme ISO 19650-1)

## 2.2 Normalisation internationale

En outre, cette norme définit les perspectives en matière de gestion de l'information. Du point de vue du propriétaire, la raison d'être de l'actif bâti doit être définie et maintenue. Des décisions stratégiques doivent être prises. Cela inclut un business plan, une analyse stratégique du portefeuille d'actifs, une analyse du coût du cycle de vie, etc. Du point de vue des utilisateurs, les véritables exigences des utilisateurs de l'actif bâti doivent être identifiées et garanties. La description du projet, un modèle d'information de l'actif bâti, un modèle d'information du projet, la documentation sur le produit, etc. servent à cette fin. L'exécution du projet ou la gestion de l'actif impliquent la planification et l'organisation du travail, la mobilisation des ressources, ainsi que la coordination et le contrôle de l'évolution du projet ou de l'actif. Cette démarche s'appuie sur des plans (par exemple des plans d'exécution BIM), des organigrammes, des définitions de fonctions, etc. Le point de vue sociétal consiste à s'assurer que les intérêts de la communauté sont pris en compte dans le cycle de vie. Cela comprend les décisions politiques, les plans de zone, les permis de construire, les concessions, etc.

La norme ISO 19650 décrit deux phases : la phase de réalisation couvre les phases de conception, de construction et de mise en service et utilise le modèle d'information du projet (PIM). La phase d'exploitation concerne la période pendant laquelle le bâtiment est utilisé, exploité et entretenu et utilise le modèle d'information d'actif (AIM). Le modèle d'information d'actif correspond toujours à l'état actuel du bâtiment (c'est-à-dire qu'il est constamment mis à jour). Les deux modèles d'information contiennent des informations géométriques et alphanumériques, ainsi que des informations supplémentaires sur les exigences de performance pendant la conception, la construction et l'exploitation du bâtiment à travers la documentation du projet. Selon la norme ISO 19650, ces modèles d'information contiennent donc des conteneurs d'informations



**Figure 2.3 :** Séquence et dépendances des exigences d'information

## 2 Connaissances de base

### 2.2 Normalisation internationale

structurées (par exemple des modèles géométriques, des bases de données, etc.) et des conteneurs d'informations non structurées (par exemple de la documentation, des clips vidéo, des enregistrements audio). Les modèles ont différentes exigences en matière d'information qui s'influencent mutuellement (voir [figure 2.3](#)). Les exigences en matière d'information définissent quelles informations doivent être créées, quand, comment et pour qui.

Les exigences d'information de l'organisation (OIR) définissent le besoin d'information du donneur d'ordre par rapport à ses objectifs organisationnels au sein de l'entreprise. Ces besoins peuvent découler d'activités commerciales stratégiques, de la gestion stratégique des actifs, de la planification du portefeuille, d'exigences réglementaires, etc. Les OIR fournissent des informations pour les exigences d'information de l'actif (AIR) et les exigences d'information du projet (PIR). Les AIR prennent en compte les aspects commerciaux et techniques de la production d'informations relatives à l'exploitation de l'actif. Les PIR se rapportent aux exigences de la phase de livraison d'un bien. Ils doivent répondre aux objectifs stratégiques globaux d'un projet particulier. Les objectifs généraux du projet du donneur d'ordre constituent donc la base des objectifs BIM liés au projet. L'AIR et le PIR fournissent tous deux des informations pour les exigences d'échange d'informations (EIR). Celles-ci concernent les aspects commerciaux et techniques de la production d'informations sur les actifs.

L'AIR et le PIR déterminent donc le contenu, la structure et la méthodologie de l'AIM et du PIM.

#### **ISO 19650-2 : Phase de réalisation des actifs**

Cette partie est destinée à aider une partie désignante (comme un donneur d'ordre, un propriétaire d'actifs, etc.) à définir ses besoins en matière d'information au cours de la phase de réalisation des actifs.

Pour cette phase, la présente norme définit :

- Le plan de livraison de l'information par tache (TIDP) : plan des conteneurs d'informations et des dates de livraison pour une équipe de travail spécifique;
- Le plan directeur de livraison de l'information (MIDP), qui contient tous les plans de livraison de l'information par tâche;
- Les étapes de la livraison d'informations sont des événements planifiés pour un échange d'informations prédéfini.

#### **ISO 19650-3 : Phase d'exploitation des actifs**

Cette partie est destinée à aider une partie désignante (telle qu'un donneur d'ordre, un propriétaire d'actifs, etc.) à établir ses besoins d'information pendant la phase d'exploitation d'un actif. Les processus de gestion de l'information définis peuvent être appliqués à des événements déclencheurs, qui peuvent être prévus (programmés à l'avance) ou imprévus (non planifiés).

#### **ISO 19650-4 : Échange d'informations**

Cette partie fournit le processus et les critères explicites pour l'échange d'informations. L'objectif est de garantir les avantages de la collaboration et de l'interopérabilité en choisissant des schémas, des formats de données et des conventions ouverts.

## 2.2 Normalisation internationale

Cette section introduit les nouveaux termes d'émetteur d'informations, de récepteur d'informations et de réviseur d'informations. Ces termes sont particulièrement importants en ce qui concerne le CDE et le changement de statut des informations. Un réviseur d'informations doit vérifier les informations avant de les faire passer à l'état « partagé » ou, plus tard, à l'état « publié ». Ce faisant, il vérifie que les informations sont conformes aux exigences du CDE en matière de dénomination (et de métadonnées), de conformité, de continuité, de communication (pas de dégradation ou de perte due à la traduction ou à la conversion), de cohérence et d'exhaustivité.

### **ISO 19650-5 : Approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité**

Cette partie fournit un cadre pour aider les organisations à comprendre les principaux problèmes de vulnérabilité et la nature des contrôles nécessaires pour gérer les risques de sécurité qui en résultent à un niveau tolérable pour les parties concernées. Il s'agit de réduire le risque de perte, d'utilisation abusive ou de modification d'informations sensibles. L'objectif est de créer et de cultiver un état d'esprit et une culture de la sécurité appropriés et proportionnés dans toutes les organisations ayant accès à des informations sensibles, y compris la nécessité de contrôler et d'auditer la conformité.

### **ISO 19650-6 : Informations relatives à la santé et à la sécurité**

Cette partie décrit l'obligation d'identifier, d'enregistrer, d'utiliser et de partager les informations sur les risques pour la santé et la sécurité susceptibles d'entraîner des dommages pour toute personne impliquée dans l'actif bâti, tout au long de sa durée de vie; les informations saisies peuvent inclure tous les risques pour la santé et la sécurité à du site, à l'utilisation antérieure ou ses caractéristiques physiques.

## 2.3 Outils

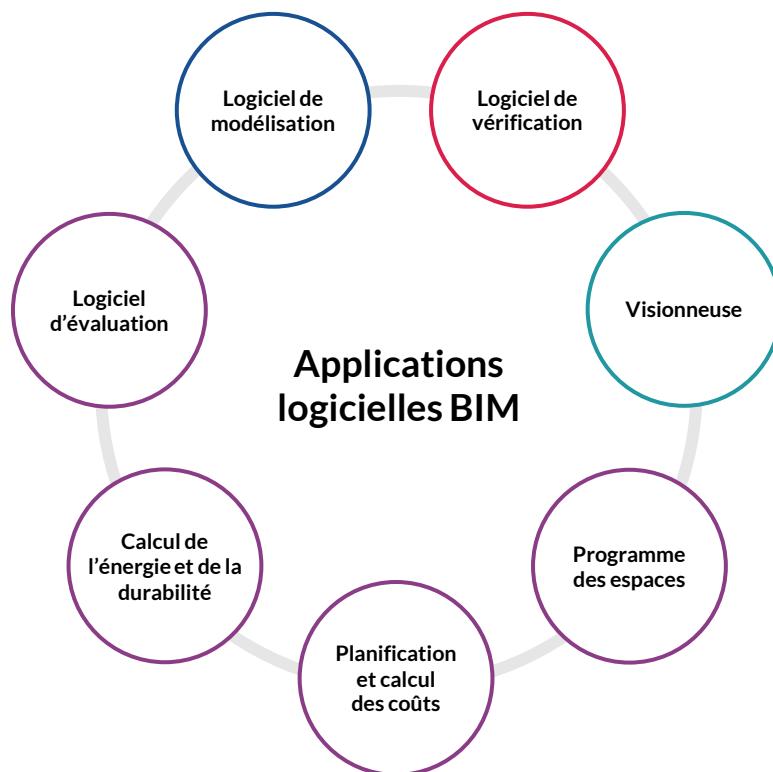
Divers logiciels sont utilisés dans le cadre du BIM. Ils sont désignés collectivement sous le nom d'outils BIM. Cette catégorie comprend les applications logicielles BIM, les plateformes de collaboration (Common Data Environments – CDE) et les outils de structure de données.

### 2.3.1 Applications logicielles BIM



Le terme « applications logicielles BIM » désigne les outils utilisés pour créer, vérifier et évaluer les informations du modèle. Un logiciel BIM doit répondre à des exigences et aux fonctionnalités nécessaires à l'application de la méthode BIM. Pour savoir si une application logicielle BIM déjà utilisée remplit certaines de ces conditions, on peut consulter le statut des certifications délivrées par buildingSMART (voir code QR).

Des applications BIM certifiées devraient être utilisées dans les projets. Si des applications logicielles BIM non certifiées sont utilisées, il y a lieu de s'assurer qu'elles répondent aux exigences définies dans les documents de mise en œuvre du BIM (EIR et BEP, voir [section 2.5.2](#)). La [figure 2.4](#) donne un aperçu des différents types d'applications logicielles BIM.



**Figure 2.4 :** Types d'applications logicielles BIM

Les principales applications logicielles du BIM sont les **logiciels de modélisation**. C'est là que le contenu du modèle est créé en fonction de la conception, de la discipline et de l'unité organisationnelle BIM.

### 2.3 Outils

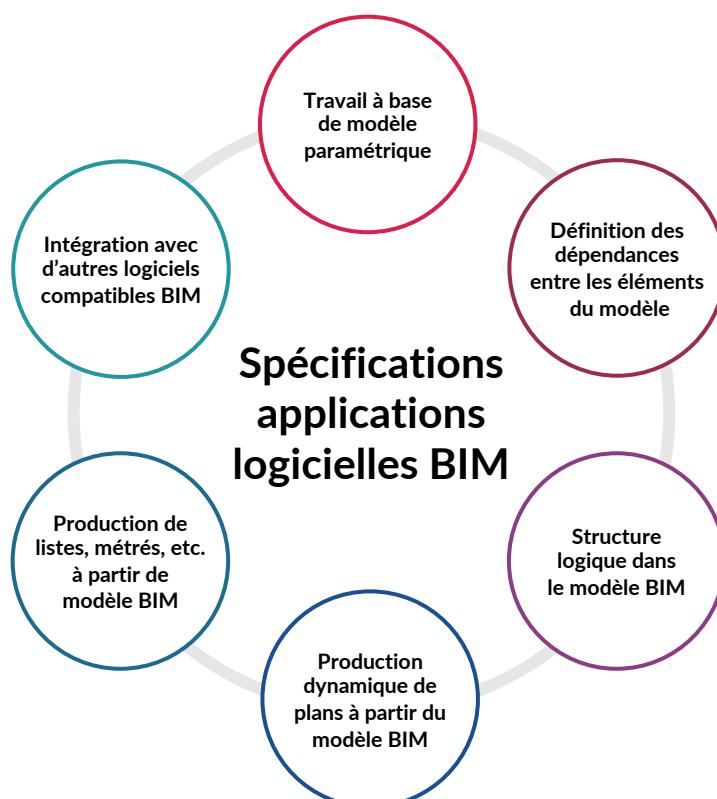
Un **logiciel de vérification** ou de contrôle est une application logicielle qui ne modifie pas le contenu du modèle. Il s'agit de l'application la plus importante pour la gestion de la qualité.

Une **visionneuse** est un logiciel qui affiche uniquement le contenu des modèles; il ne peut ni vérifier ni réutiliser les informations du modèle.

Les **autres applications logicielles** récupèrent les informations du modèle (validées et vérifiées par le logiciel de contrôle) et s'appuient sur ce contenu pour leurs propres utilisations, calculs et analyses.

Le choix d'un logiciel doit toujours être mûrement réfléchi. Outre l'aptitude à l'utilisation en BIM (information contenue dans la certification bSI), l'utilisation prévue – ainsi que les coûts d'acquisition et de maintenance – doivent être pris en compte. Les questions suivantes doivent être traitées : Le fabricant du logiciel offre-t-il une bonne assistance ? Une bonne formation est-elle disponible à proximité des utilisateurs ?

Les exigences les plus importantes pour les applications logicielles (en particulier en ce qui concerne l'interopérabilité) sont résumées dans la [figure 2.5](#).



**Figure 2.5 :** Exigences pour les applications logicielles BIM

## 2 Connaissances de base

### 2.3 Outils

Les applications logicielles BIM doivent donc être capables de :

- Représenter, interpréter et de communiquer le contenu du modèle conformément au schéma IFC (géométrique et alphanumérique);
- Établir les dépendances des éléments du modèle les uns par rapport aux autres (par exemple l'étage auquel appartient un mur ou les fenêtres d'un mur);
- Représenter et lire des éléments de la structure logique (par exemple les systèmes MEP);
- Interpréter et produire dynamiquement des plans (principalement aux formats PDF et DWG/DXF);
- Créer des listes d'évaluation du contenu des modèles;
- S'intégrer à toutes les autres applications logicielles et outils BIM qui n'appartiennent pas au même groupe de logiciels.

#### 2.3.2 Plateformes de collaboration / Environnement commun de données CDE

Les plateformes de collaboration sont des outils BIM qui offrent des services basés sur le web pour gérer la collaboration dans les projets. Elles sont utilisées pour gérer de manière centralisée la communication et l'échange d'information liée au projet. Elles offrent un environnement de données commun (CDE). Leur principal avantage réside dans la structuration uniforme du traitement des projets (si nécessaire, également entre les projets).

Les CDE sont utilisés pour la gestion de l'information des projets et des propriétés. En tant qu'espaces centraux de projet pour le stockage et l'échange de toutes les informations du projet avec tous les participants au projet, ils consolident toutes les connaissances du projet et les rendent rapidement disponibles.

Ils offrent un contrôle d'accès (en fonction de la personne et du rôle) aux informations du projet, des processus d'échange clairement définis et un statut de document et de modèle clairement défini. Les modifications et les révisions sont enregistrées. Cela garantit la transparence de la communication et améliore l'échange d'informations. Toutes les activités de collaboration nécessaires à la création du PIM et de l'AIM se déroulent au sein du CDE.

La norme ISO 19650 décrit le concept de CDE. Selon la norme ISO 19650, un CDE doit prendre en charge trois états différents du conteneur d'information :

- Travail en cours;
- Partagé;
- Publié.

En outre, il devrait y avoir un conteneur d'archivage qui enregistre toutes les opérations des autres conteneurs d'information sous la forme d'un journal (journal des conteneurs d'information libérés et publiés).

En outre, une sécurité complète des données doit être assurée et les échanges d'informations doivent être vérifiés par les organes de contrôle. Lors du transfert d'informations, les données doivent être versionnées et protocolées.

### 2.3 Outils

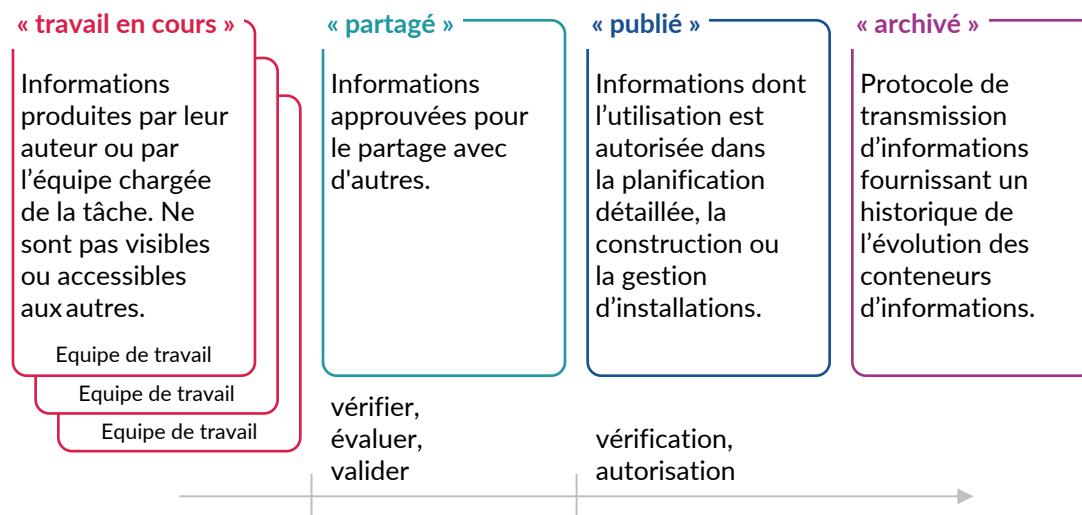


Figure 2.6 : CDE : états du conteneur d'information selon la norme ISO 19650

#### 2.3.3 Outil de structuration de données

Les outils de structuration de données sont un autre type d'outil BIM. Il s'agit de services basés sur le web pour la création et la modification de structures de données individuelles et des niveaux d'information qui en découlent. Ils offrent une modération centrale et une distribution intégrée à différents canaux (applications logicielles BIM, recueils de règles BIM, etc.), minimisant ainsi l'effort d'adaptation individuel. Les outils de structuration de données soutiennent la définition et la mise en œuvre de l'EIR et la création de documents de mise en œuvre du BIM spécifiques au projet. Ils permettent de produire directement les règles de contrôle pour le logiciel de contrôle BIM. Cela améliore la gestion et le contrôle de la qualité des modèles BIM.

Un outil de structuration de données permet notamment :

- La création de structures de données individuelles et l'affectation du contenu aux différentes phases du projet ou aux cas d'utilisation;
- La structuration des mappages associés des structures de données externes (par exemple IFC2x3, IFC4);
- La création des mappages correspondants des structures de données spécifiques au logiciel et la sortie des fichiers de configuration respectifs;
- L'exportation/importation de tout le contenu de la base de données dans des fichiers .csv pour un traitement ultérieur dans d'autres logiciels;
- La création automatique de documents décrivant les spécifications de la structure des données (annexe LOI de l'EIR);
- La création automatique de bases pour les routines de vérification des modèles dans les logiciels de vérification BIM.

## 2 Connaissances de base

### 2.3 Outils

The screenshot shows a software interface for managing building information models. At the top, there's a navigation bar with tabs like 'Projektrichtlinien', 'Übersicht', 'Projektkomponenten', 'Modellkomponenten', 'Konfiguration', 'Anforderungen' (which is highlighted in blue), and 'Dokumentation'. Below the navigation is a search bar and a toolbar with icons for search, refresh, and export.

The main area displays a classification tree under the heading 'Forschungsprojekt metaTGA'. The tree includes categories like 'metaTGA Anforderungsmodell', 'metaTGA Heizung', 'metaTGA Lüftung', and various sub-components such as 'Abzweigung', 'Bogen', 'Brandschutzklappe', etc. Each node in the tree has associated data in columns:

Fachmodell	Code	Beschreibung	Typ	Einheiten	de	en	Revit	IFC 4 Add2	LPH.6-AF_HKLS	LPH.7-AF_HKLS	LPH.8-AF_HKLS
metaTGA Anforderungsmodell	-	-	Modell				Duct Fittings	IfcDuctFitting.*			
metaTGA Heizung	-	-	Modell				Duct Fittings	IfcDuctFitting.*			
metaTGA Heizung Abgabe	-	-	Modell				duct bend	IfcDuctFitting.*			
metaTGA Heizung Erzeugung	-	-	Modell				fire damper	IfcDuctFitting.*			
metaTGA Heizung Verteilung	-	-	Modell				deflector	IfcDuctFitting.*			
metaTGA Lüftung	-	-	Modell				Air Terminals	IfcAirTerminal.*			
Abzweigung	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			duct junction	IfcDuctFitting.*			
Bogen	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			duct bend	IfcDuctFitting.*			
Brandschutzklappe	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			fire damper	IfcDuctFitting.*			
Deflektorhaube	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	Deflektorhaube			deflector	IfcDuctFitting.*			
Draillauslass	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	Draillauslass			twist outlet	IfcDuctFitting.*			
Flexschlauch	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			flexible air duct	IfcDuctFitting.*			
Heizregister	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			water heating coil	IfcDuctFitting.*			
Jalousieklappe	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			Duct Accessories	IfcDuctFitting.*			
Luftfilter	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			Duct Accessories	IfcDuctFitting.*			
Luftkanal	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			rigid air duct	IfcDuctFitting.*			
Mset_Allgemein_IFC_meta	-	Gruppe	-	-			Mset_Allgemein_IFC_metaTGA	IfcDuctSegment.*			
Mset_Allgemein_metaTGA	-	Gruppe	-	-			Mset_Allgemein_metaTGA	-	x	x	x
AKS Nummer	-	Eigenschaft	Identifier	-			AKS Nummer	-			
Anlagennummer	-	Eigenschaft	Identifier	-			Anlagennummer	-			
CE Label	-	Eigenschaft	Identifier	-			CE Label	-			
Konformitätsklärung	-	Eigenschaft	Text	-			Konformitätsklärung	-			
Oberflächenbeschaffenheit	-	Eigenschaft	Label	-			Oberflächenbeschaffenheit	-			
Prüfzertifikate	-	Eigenschaft	Text	-			Prüfzertifikate	-			
Raumnummer	-	Eigenschaft	Identifier	-			Raumnummer	-			
Service Intervall	-	Eigenschaft	Time Measure.d	-			Service Intervall	-			
Service Tätigkeit	-	Eigenschaft	Label	-			Service Tätigkeit	-			
Service Tätigkeit detaillierte Beschreibung	-	Eigenschaft	Text	-			Service Tätigkeit detaillierte Beschreibung	-			
Wartungsintervall	-	Eigenschaft	Time Measure.d	-			Wartungsintervall	-			
Wartungstätigkeiten	-	Eigenschaft	Label	-			Wartungstätigkeiten	-			
Mset_Komponenten_all	-	Gruppe	-	-			Mset_Komponenten_all_IFC_metaTGA	-			
Mset_Komponenten_all	-	Gruppe	-	-			Mset_Komponenten_all_metaTGA	-			
Mset_Luftkanal_metaTGA	-	Gruppe	-	-			Mset_Luftkanal_metaTGA	-			
Mset_Lüftung_IFC_meta	-	Gruppe	-	-			Mset_Lüftung_IFC_metaTGA	-			
Mset_Lüftung_Verteilung	-	Gruppe	-	-			Mset_Lüftung_Verteilung_IFC_metaTGA	-			
Mset_Lüftung_Verteilung	-	Gruppe	-	-			Mset_Lüftung_Verteilung_metaTGA	-			
Lüftungsanlage	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			air handling unit	Mechanical Equipment	IfcUnitaryEquipment.*		
Lüftungsgitter	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			Air Terminals	-			
Hufte	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			duct connector	Duct Accessories	IfcDuctFitting.*		
Rohrschalldämpfer	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			duct silencer round	Duct Accessories	IfcDuctSilencer.*		
Rotationswärmetauscher	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			Mechanical Equipment	-			
Tellerventil	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	Tellerventil			ventilation valve	Air Terminals	IfcAirTerminal.*		
Übergang	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			duct transition	Duct Fittings	IfcDuctFitting.*		
Ventilator	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			Mechanical Equipment	-			
Volumenstromregler	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	-			volume flow controller	Duct Accessories	IfcDampener.*		
Wetterschutzzgitter	-	nicht-abstrakte Klasse	Element	Wetterschutzzgitter			weatherproof grille	Air Terminals	IfcAirTerminal.*		
metaTGA Lüftung Abgabe	-	Modell	-	-							
metaTGA Lüftung Erzeugung	-	Modell	-	-							
metaTGA Lüftung Verteilung	-	Modell	-	-							

At the bottom of the interface, there's a footer with the text 'AEC3 Deutschland GmbH ©2013-2020, BIMQ Version 2.3 - 2020-12-10'.

**Figure 2.7 :** Exemple d'un outil de structuration de données (capture d'écran du BIMQ)

## 2.4 Bases techniques d'openBIM

### 2.4 Bases techniques d'openBIM

Cette section présente l'openBIM en termes de formats de données utilisés, de services disponibles et de méthodologies associées. Cela inclut le schéma de données IFC, la plateforme bSDD, l>IDM, MVD, IDS, la certification des logiciels, le service de validation buildingSMART, le standard BCF et les DataSheets (Feuilles de données).

#### 2.4.1 Schéma de données IFC (Industry Foundation Classes)

Il s'agit d'un format ou schéma de données ouvert pour les informations sur les actifs bâtis, basé sur le fichier physique STEP (SPF, STEP = Standard for the Exchange of Product Model Data). Depuis 1995, buildingSMART International développe l'IFC dans le cadre de la norme openBIM. Depuis 2013 (publication de IFC4), IFC est reconnu en tant que norme ISO officielle (ISO 16739 et depuis 2018 ISO 16739-1) et est régulièrement

#### IFC Specifications Database

Official releases of the IFC specification are listed here, as well as their components including HTML, EXPRESS, XSD/XML, and OWL documentation and formats.

[Release Notes and Errata](#) for all versions can be found [here](#).

IFC is licensed under the Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Search:										
Version	Name (HTML Documentation)	ISO publication	Published (yyyy-mm)	Current Status	Full package	EXPRESS	XSD	pSet XSD	OWL HTML	RDF TTL
4.4 - dev	IFC 4.4.x development	not started		Extension of 4.3. Adding additional functionality (mainly for Tunnels).  Currently under development in the Standards & Solutions program						
4.3.2.0	IFC 4.3 ADD2	Official final buildingSMART standard. Basis for IFC Software Certification.	2023-09	ISO approved. Expected to published by ISO in April 2024.	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">XSD</a>	<a href="#">ZIP</a>		
4.2.0.0	IFC4.2	-	2019-04	Withdrawn	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC4x2.xsd</a>	-		
4.1.0.0	IFC4.1	-	2018-06	Withdrawn	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC4x1.xsd</a>	-	<a href="#">ifcOWL IFC4.1</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
4.0.2.1	IFC4 ADD2 TC1	ISO 16739-1:2018	2017-10	Official	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC4.xsd</a>	-	<a href="#">ifcOWL IFC4 ADD2 TC1</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
4.0.2.0	IFC4 ADD2	-	2016-07	Retired	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC4_ADD2.xsd</a>	-	<a href="#">ifcOWL IFC4 ADD2</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
4.0.1.0	IFC4 ADD1	-	2015-06	Retired	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC4_ADD1.xsd</a>	-	<a href="#">ifcOWL IFC4 ADD1</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
4.0.0.0	IFC4	ISO 16739:2013	2013-02	Retired	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">ifcXML4.xsd</a>	<a href="#">PSD_IFC4.xsd</a>	<a href="#">ifcOWL IFC4</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
2.3.0.1	IFC2x3 TC1	ISO/PAS 16739:2005	2007-07	Official	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	<a href="#">IFC2X3.xsd</a>	<a href="#">PSD_R2x3.xls</a>	<a href="#">ifcOWL IFC2x3 TC1</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>
2.3.0.0	IFC2x3	-	2005-12	Retired	<a href="#">ZIP</a>	<a href="#">EXP</a>	-	-	<a href="#">ifcOWL IFC2x3</a>	<a href="#">RDF</a> <a href="#">TTL</a>

Figure 2.8 : Base de données des spécifications IFC de buildingSMART



## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM

mise à jour. buildingSMART recommande l'utilisation de l'IFC pour le référencement et l'archivage des modèles.

Avec la version actuelle de l'IFC, tous les domaines essentiels de la construction peuvent être cartographiés dans la structure de données. La version 4.3 intègre les domaines d'infrastructure (route, rail, pont et tunnel) et des repères associés (IfcAlignment). L'IFC garantit un transfert d'informations de façon neutre. Par conséquent, les normes BIM nationales font souvent référence à l'IFC. La [figure 2.8](#) montre différentes versions de l'IFC.

Le contenu du fichier IFC se compose de différentes classes avec des attributs, permettant de décrire les éléments du modèle numérique de manière sémantique. Ces classes sont structurées en différents groupes.

L'architecture du schéma de données de l'IFC définit quatre couches conceptuelles, chaque schéma individuel étant affecté à exactement une couche conceptuelle. La figure ci-dessous montre l'architecture du schéma de l'architecture en couches de l'IFC.

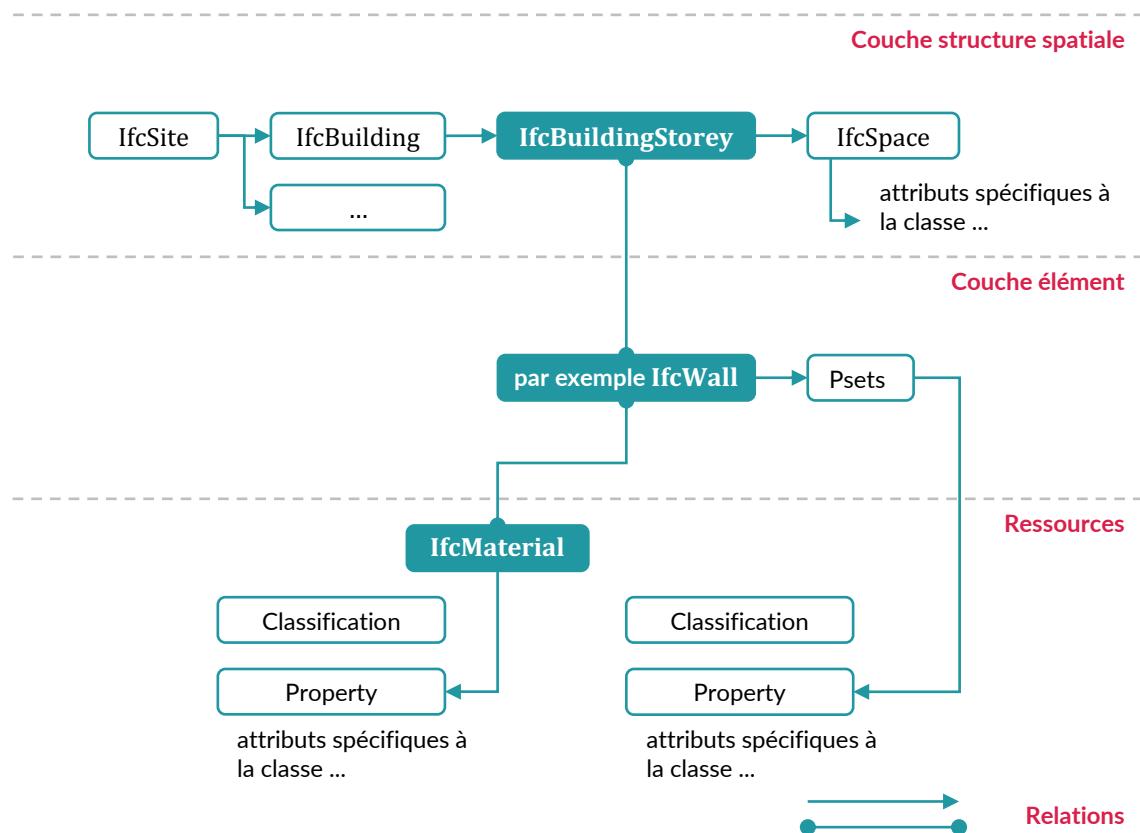
- Couche de ressources : la couche la plus basse comprend tous les schémas individuels contenant des définitions de ressources, ces définitions n'incluent pas d'identifiant unique global et ne doivent pas être utilisées indépendamment d'une définition déclarée à une couche supérieure.
- Couche principale : la couche suivante comprend le schéma du noyau et les schémas d'extension principaux, contenant les définitions d'entités les plus générales, toutes les entités définies à la couche principale ou au-dessus portent un identifiant unique global et éventuellement des informations sur le propriétaire et l'historique.
- Couche d'interopérabilité : la couche suivante comprend des schémas contenant des définitions d'entités spécifiques à un produit général, à un processus ou à une spécialisation de ressources utilisée dans plusieurs disciplines, ces définitions sont généralement utilisées pour l'échange inter-domaines et le partage d'informations de construction.
- Couche de domaine : la couche la plus élevée comprend des schémas contenant des définitions d'entités qui sont des spécialisations de produits, de processus ou de ressources spécifiques à une certaine discipline, ces définitions sont généralement utilisées pour l'échange intra-domaine et le partage d'informations.

Afin de garantir une description claire et compréhensible, ce *manuel BIMcert* divise le contenu du fichier IFC en cinq catégories (voir [figure 3.17](#)). Les principales catégories sont (voir [figure 2.9](#)) :

- Contenu général (en-tête, organisation, unité);
- Niveau spatial;
- Le niveau des éléments;
- Ressources (*Material, Property et Classification*);
- Relations.

Le niveau spatial (par exemple étage) définit la structure spatiale de l'actif bâti. Il reprend les sites de construction, les infrastructures qui y sont situées, et par exemple les étages à l'intérieur des bâtiments et les pièces d'un étage.

## 2.4 Bases techniques d'openBIM



**Figure 2.9 :** Structure de la SFI (illustration simplifiée, pour une illustration plus détaillée, voir la [figure 3.17](#))

Les constructions sont représentées par des éléments (sous-classes d'IfcElement) : par exemple des murs, des plafonds, des colonnes, des portes ou des fenêtres. Chaque élément (respectivement occurrence d'élément) reçoit un identifiant unique (GUID). Les applications logicielles BIM génèrent cet identifiant unique. Chaque occurrence est optimisée pour représenter son domaine d'application. À cette fin, il porte un ensemble standardisé de propriétés de base pour décrire ses caractéristiques et leur géométrie typique. Les propriétés sont organisées en groupes, appelés Psets (property sets). Chaque classe d'éléments possède un Pset typique contenant les propriétés communes les plus importantes. Ce Pset est nommé avec le suffixe « Common » – par exemple Pset\_WallCommon ou Pset\_DoorCommon. Les Pset peuvent également s'appliquer à plusieurs classes d'éléments en même temps – par exemple Pset\_Warranty.

Tous les éléments fonctionnels sont associés à des étages, ou des parties d'actif bâti et donc aussi à un actif bâti. Outre la structure spatiale, les éléments et les propriétés, la structure de données IFC contient également des informations sur les matériaux permettant de déclarer les propriétés liées aux matériaux.

## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM



#### 2.4.2 Plateforme bSDD (buildingSMART Data Dictionary)

Il s'agit d'un service en ligne permettant de publier et d'utiliser des dictionnaires de données. Un dictionnaire de données est un ensemble de définitions de termes et de relations entre ceux-ci. Il peut être utilisé pour définir des objets et leurs attributs, des valeurs autorisées, des matériaux, etc. Les relations entre les différents termes permettent de supporter des systèmes de classification individuels, des ontologies, des structures de données, etc. Par exemple, buildingSMART publie le schéma de données IFC sous forme de dictionnaire de données dans bSDD. Il contient les classes IFC, les propriétés standardisées et les ensembles de propriétés ainsi que la hiérarchie et les relations entre les définitions des termes individuels (voir figure 2.10).

The screenshot shows two main parts of the bSDD interface. On the left, there is a sidebar for the 'Dictionary' titled 'IFC' which includes organization information ('buildingSMART International'), a license ('CC BY-ND 4.0'), and a status message ('Version 4.3 Preview'). On the right, the main content area displays the 'Property Set: Wall Common' with fields for Name (Pset\_WallCommon), Code (Pset\_WallCommon), Identifier (URI) (.../uri/buildingsmart/ifc/4.3/class/Pset\_WallCommon), Definition (Properties common to the definition of all occurrences of Wall.), Description, Synonyms, Related IFC entities, Parent class, and Child classes. Below this, a search bar asks 'What term are you looking for?' and a table lists properties under '^ Pset\_WallCommon'. The table columns include Name, type, OIDS, Definition, Dictionary (URI), and actions. Properties listed include Akustische Bewertung, Combustible, Compartmentation, Extend to Structure, Feuerwiderstandsklasse, Außenliegend, Statisch tragend, Status, Surface Spread of Flame, and Wärmedurchlässigkeit (U-Wert). At the bottom of the table, there are pagination controls for items per page (10), page number (1 - 10 of 10), and navigation arrows.

**Figure 2.10 :** Propriétés normalisées de l'ensemble de propriétés Pset\_WallCommon dans le bSDD

Le bSDD sert de plateforme centrale, accessible au public, pour les dictionnaires de données. Il est ainsi possible de relier le contenu de différents dictionnaires de données. Ainsi, les partenaires d'un projet qui utilisent des systèmes de classification différents peuvent établir une correspondance entre les systèmes et améliorer la collaboration. En outre, la référence à des termes existants permet une interprétation cohérente et

## 2.4 Bases techniques d'openBIM

transparente des données et évite la duplication des termes. La capacité d'organiser le multilinguisme est également considérée comme un avantage du bSDD.

Outre la publication des données, le bSDD est une source pour le traitement automatisé des données. Les fabricants peuvent intégrer le bSDD dans leur logiciel et accéder aux données. Cela permet d'enrichir les modèles avec des informations provenant du bSDD. Par exemple, si une classe du bSDD est attribuée à une paroi, les propriétés et les valeurs autorisées de cette classe peuvent être automatiquement appliquées à cette paroi.

Tout contenu stocké dans le bSDD est la propriété de la personne ou de l'institution qui l'a créé. D'autres personnes/institutions peuvent ajouter leurs traductions respectives à un contenu existant. Le bSDD n'est pas une norme, mais un service appartenant à buildingSMART. Il est basé sur la norme ouverte IFD (International Framework for Dictionaries), ISO 12006-3.

Un exemple de contenu publié dans le bSDD début 2024 est le dictionnaire dataholz de Holzforschung Austria (voir code QR). Toutes les constitutions de toitures, murs et dalles testées et certifiées et répertoriées sur [www.dataholz.eu](http://www.dataholz.eu) sont disponibles sous forme interprétable par un ordinateur et par l'homme.



### 2.4.3 Méthodologie de l'IDM (Information Delivery Manual)

L'échange de modèles et d'informations sur les modèles entre les unités organisationnelles nécessite des descriptions, une terminologie et des interfaces bien définies sur le plan technique. La méthodologie IDM prend en charge la description des exigences en matière d'information en relation avec les processus du cycle de vie (cas d'usages). L'IDM a été développé par buildingSMART et certifié en tant que norme ISO (ISO 29481-1 et -2). Ces normes harmonisent la création et la structuration des cas d'utilisation.



Les IDM sont créés en utilisant BPMN. buildingSMART fournit des modèles pour la création d'IDM (voir code QR).



Business Process Model & Notation : BPMN est développé par la Business Process Management Initiative et maintenue par l'Object Management Group. La version actuelle est BPMN 2.0.2, adoptée comme norme ISO depuis 2013. Elle permet de représenter graphiquement les étapes et les interactions nécessaires à la réalisation d'un processus, rendant les informations accessibles à tous les acteurs impliqués.

Les parties prenantes, tout au long de la chaîne de valeur d'un actif bâti, utilisent les IDM pour décrire leurs besoins d'information. Il convient de répondre aux questions suivantes :

- Qui sont les parties prenantes et quels sont leurs intérêts ?
- Quelles sont les informations nécessaires du modèle ?
- Quels sont les apports supplémentaires nécessaires ?
- Qu'est-ce que l'auteur fournit et qu'est-ce que le destinataire exige ?

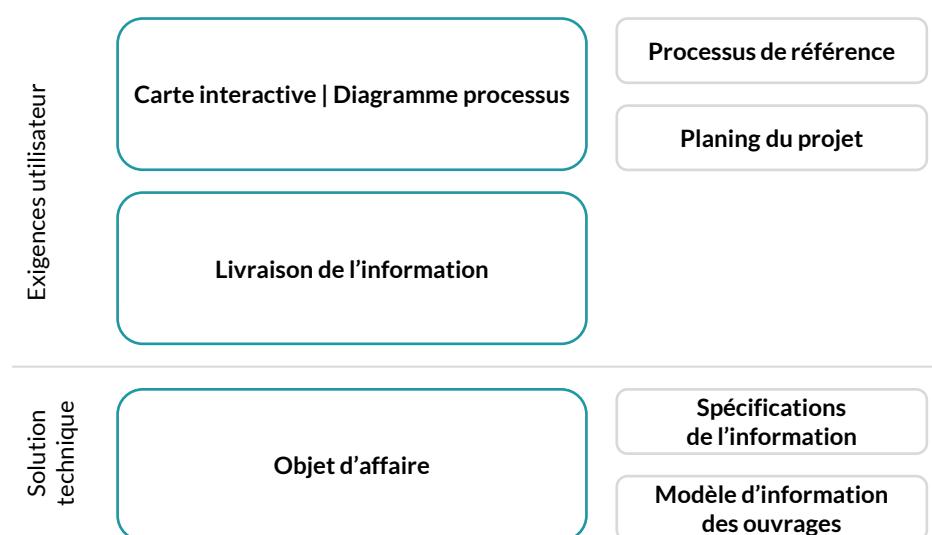
## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM

Le résultat est un document composé d'une carte d'interaction / carte de transaction et/ou d'un diagramme de processus et d'exigences en matière d'échange d'informations (Exchange Information Requirements / EIR). La carte des interactions définit les rôles impliqués et leurs transactions. Le diagramme de processus comprend une séquence chronologique d'activités. Selon la norme ISO 29481-1, chaque composant IDM (carte d'interaction, diagramme de processus, exigences en matière d'échange d'informations) nécessite des données administratives (données d'en-tête) et une brève description du contenu, du cas d'usage, de l'objectif et du champ d'application du composant.

Un IDM définit donc la portée et le type d'informations requises qui doivent être demandées ou fournies par des rôles BIM spécifiques à un moment précis. La description d'un échange efficace sous la forme d'un IDM est très importante, car les données pertinentes transmises doivent être communiquées de manière que le logiciel récepteur puisse également les interpréter correctement.

La norme ISO 29481-2 définit les zones IDM du point de vue des exigences de l'utilisateur et de la solution technique (voir [figure 2.11](#)).



**Figure 2.11 :** Zones IDM du point de vue des besoins des utilisateurs et de la solution technique

Dans l'interaction entre les différentes normes ISO et buildingSMART, l'IDM couvre la description des processus définis pour une MVD ou un IDS à l'aide du bSDD et donc de leur application.

#### 2.4.4 Plateforme UCM (Use Case Management)

UCM est une plateforme créée par buildingSMART pour la mise à disposition publique de cas d'usages, leurs processus et leurs exigences qui ont été développés selon la méthodologie IDM. Elle présente les meilleures pratiques en matière de cas d'usages qui peuvent être adoptées par d'autres utilisateurs dans le cadre de leurs projets. Les utilisateurs bénéficient de processus et d'exigences qui ont déjà été développés et qui ont fait leurs preuves dans la pratique pour un domaine spécifique.



## 2.4 Bases techniques d'openBIM

En plus d'une description générale, les cas d'usage de l'UCM contiennent un schéma et une cartographie du processus ainsi que des exigences en matière d'information (par exemple les propriétés requises). Cela signifie que tous les cas d'usages inclus utilisent une structure standardisée et un langage commun, quelle que soit la phase pour laquelle un cas d'usage a été développé. Les exigences définies en matière d'information constituent la base de leur traduction en exigences techniques spécifiques pour les modèles BIM. Selon le type d'exigence, celles-ci peuvent être formulées en tant que MVD ou IDS.

### 2.4.5 Concept MVD (Model View Definition)

Les processus et les informations définis dans un IDM sont traduits en exigences techniques précises (interprétable par un ordinateur) dans ce que l'on appelle les MVD. Elles représentent un sous-ensemble de l'ensemble du schéma IFC lié aux processus. Le schéma IFC définit des classes pour une grande variété d'objets et de concepts dans le secteur de la construction qui sont nécessaires pour différents cas d'usages.



Un cas d'usage classique est la coordination de la conception entre les domaines de l'architecture, de l'ingénierie structurelle et des installations du bâtiment. Cette coordination nécessite des classes pour les objets des trois domaines (par exemple les murs, les colonnes, les tuyaux). Les classes décrivant les contraintes sur la structure ne sont pas nécessaires. En outre, la norme IFC offre différentes options (classes) pour le mappage de la géométrie, par exemple uniquement en tant que surface ou en fonction de la création (extrusion d'un profil). Pour les logiciels de coordination de la conception, les informations sur la surface d'un objet sont suffisantes. Les MVD peuvent définir de telles restrictions. Elles décrivent un échange de données pour une application ou un flux de travail spécifique (exigences en matière d'échange de données spécifiques à une application) et précisent les exigences logicielles.

Les MVD peuvent

- être très larges pour la quasi-totalité du schéma de données IFC (par exemple pour l'archivage d'un projet) ou
- spécifiques pour seulement quelques types d'objets et les données associées (par exemple l'estimation du prix d'une façade).

Elles fournissent des instructions pour toutes les propriétés IFC possibles (entités, relations, attributs et propriétés, ensembles de propriétés, définitions d'ensembles, etc.).

Une MVD peut définir une vue spécifique pour chaque discipline et, par conséquent, spécifier un sous-ensemble ou une vue filtrée d'un fichier IFC (par exemple un élément ou un ensemble de données limité). Cela permet de définir « ce qui » et « comment » doit être transmis. Comme pour un IFC en XML, une MVD est lisible par un logiciel via mvdXML.

Documenter une MVD permet de répéter l'échange de ces données et d'assurer la cohérence et la prévisibilité dans une variété de projets et de plateformes logicielles. Étant donné que des MVD différentes nécessitent également des implémentations logicielles différentes, les donneurs d'ordres ne doivent pas développer leurs propres MVD, mais se référer aux MVD officielles à utiliser dans les projets. Les documents

## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM

de mise en œuvre du BIM (EIR et BEP) font référence aux MVD dans les formats de données à utiliser et dans les spécifications de configuration de transfert.

Les MVD les plus courantes sont les suivantes :

**IFC2x3 – Vue de coordination (Coordination View) CV2.0** : Composants spatiaux et physiques pour la coordination spatiale entre les disciplines de l'architecture, de l'ingénierie structurelle et des installations techniques du bâtiment.

**IFC4 – Vue de référence (Reference View) RV** : Représentation géométrique et relationnelle simplifiée des composants spatiaux et physiques afin de référencer les informations du modèle pour la coordination de la conception entre les disciplines de l'architecture, de l'ingénierie structurelle et des services de construction.

**IFC4 – Design Transfer View DTV** : Représentation géométrique et relationnelle avancée des composants spatiaux et physiques pour permettre le transfert des informations du modèle d'un outil à l'autre. Il ne s'agit pas d'un transfert « aller-retour », mais d'un transfert unidirectionnel plus précis de données et de responsabilités.

La MVD, en interaction avec les autres normes ISO et buildingSMART, permet d'appliquer les spécifications de processus d'un IDM en utilisant des sous-ensembles de la structure de données IFC pour transporter les données requises à l'aide du bSDD.



#### 2.4.6 Format IDS (Information Delivery Specification)

L'IDS est une autre option pour la spécification des besoins en informations à partir des cas d'usages. L'IDS est une nouvelle norme de buildingSMART permettant une définition interprétable par ordinateur des exigences en matière d'échange d'informations (EIR). La différence avec la MVD est que l'IDS se concentre sur les exigences alphanumériques (données). Une MVD joue principalement un rôle dans le développement de logiciels pour garantir que les classes peuvent être traitées dans le logiciel, par exemple pour le traitement de la géométrie, la localisation ou les propriétés. Pour les propriétés alphanumériques, la MVD doit donc définir que les propriétés peuvent être créées et attribuées. Cependant, l'IDS peut spécifier quelles propriétés avec quel contenu (valeurs et unités) et quel format (numérique, texte, liste de valeurs, etc.) doivent finalement être attribuées à quels objets dans un projet. Il est donc parfaitement adapté à la spécification du contenu de l'information alphanumérique (niveau d'information – LOI) dans un projet.

Traditionnellement, le niveau de détail/information est souvent fourni sous forme de tableau Excel. Avec l'IDS, il existe désormais un format standardisé et interprétable par ordinateur pour intégrer ces informations dans le processus BIM automatisé. Cette intégration peut se faire à deux endroits :

- En tant que fichier de configuration pour le logiciel de modélisation afin de créer automatiquement la structure d'information requise, et
- Comme fichier de configuration pour le logiciel de vérification afin de remplir automatiquement les règles de vérification.

Il y a ainsi une cohérence entre la définition et le test du contenu du modèle.

L'IDS offre également de nouveaux moyens de définir plus précisément les exigences s'appliquant au modèle. Auparavant, les informations alphanumériques étaient généralement spécifiées au niveau de la classe (par exemple les propriétés requises pour

## 2.4 Bases techniques d'openBIM

IfcWall). Avec l'IDS, les exigences peuvent également dépendre d'attributs, de propriétés, de classes externes, de relations et de matériaux spécifiques. Par exemple, une propriété de qualité du béton n'est requise que si le matériau d'un objet est le béton. Ou encore, les valeurs de classement au feu d'un mur ne peuvent commencer par « R » que s'il est porteur (par exemple REI90). Cela correspond à un filtrage spécifique des éléments concernés et permet aux utilisateurs de définir leurs exigences de manière plus précise.

Techniquement parlant, l'IDS est un fichier XML avec un schéma spécifié par buildingSMART. Ce schéma ouvert et simple permet à l'IDS d'être facilement interprété par les ordinateurs et les humains. Il aide à définir avec précision les exigences en matière d'information (EIR) et, en combinaison avec d'autres projets buildingSMART (bSDD et UCM), garantit l'absence d'ambiguïté et la clarté.

### 2.4.7 Certification de logiciels et service de validation IFC

La possibilité de traiter des IFC est intégrée dans tous les logiciels BIM courants. La certification des logiciels par buildingSMART International garantit une qualité de transfert élevée et constante. La certification des logiciels par buildingSMART est en cours de d'évolution. La certification est actuellement effectuée pour les Model View Definitions (implémentations techniques des cas d'usages) qui sont officiellement définies par buildingSMART. Cette certification logicielle basée sur les MVD est un service payant fourni par buildingSMART qui peut être utilisé par les fournisseurs de logiciels. Elle garantit que le logiciel certifié peut créer et traiter des fichiers IFC conformément à ces cas d'usages très généraux.



Le service de validation buildingSMART est un nouveau moyen, accessible au public, de vérifier la qualité des fichiers IFC créés à partir de n'importe quel logiciel. Les fichiers IFC peuvent être téléchargés sur cette plateforme pour en vérifier la forme. Le service de validation vérifie tout d'abord qu'un fichier IFC est conforme à la norme IFC. Il vérifie notamment la syntaxe (fichier physique STEP), le schéma IFC utilisé (par exemple IFC4) et d'autres règles de la spécification IFC (par exemple une polyligne ne doit pas contenir de points en double). En plus de la conformité à la norme IFC, la conformité aux classifications référencées du bSDD peut être vérifiée, si elles sont disponibles dans le fichier IFC. La figure 2.12 montre l'interface du service de validation avec les résultats d'un modèle de test Archicad. Ce modèle est accessible au public sur la plateforme de données de recherche de la TU Wien. Outre le contenu du bSDD, le service de validation ne vérifie pas le contenu réel d'un fichier IFC, tel que la présence de propriétés spéciales. Il ne peut pas non plus vérifier les fichiers IFC par rapport aux exigences de l'IDS. Le service de validation est utilisé pour la validation technique d'un fichier IFC et non pour la validation du contenu.

Les éditeurs de logiciels peuvent utiliser le service de validation pour valider leur implémentation IFC (actuellement limitée aux fichiers IFC exportés). Pour les utilisateurs IFC, le service de validation leur permet de vérifier la qualité des fichiers IFC qu'ils reçoivent. Dans l'ensemble, cela peut améliorer la qualité technique des fichiers IFC et donc accroître l'interopérabilité entre les différentes applications logicielles BIM.

## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM

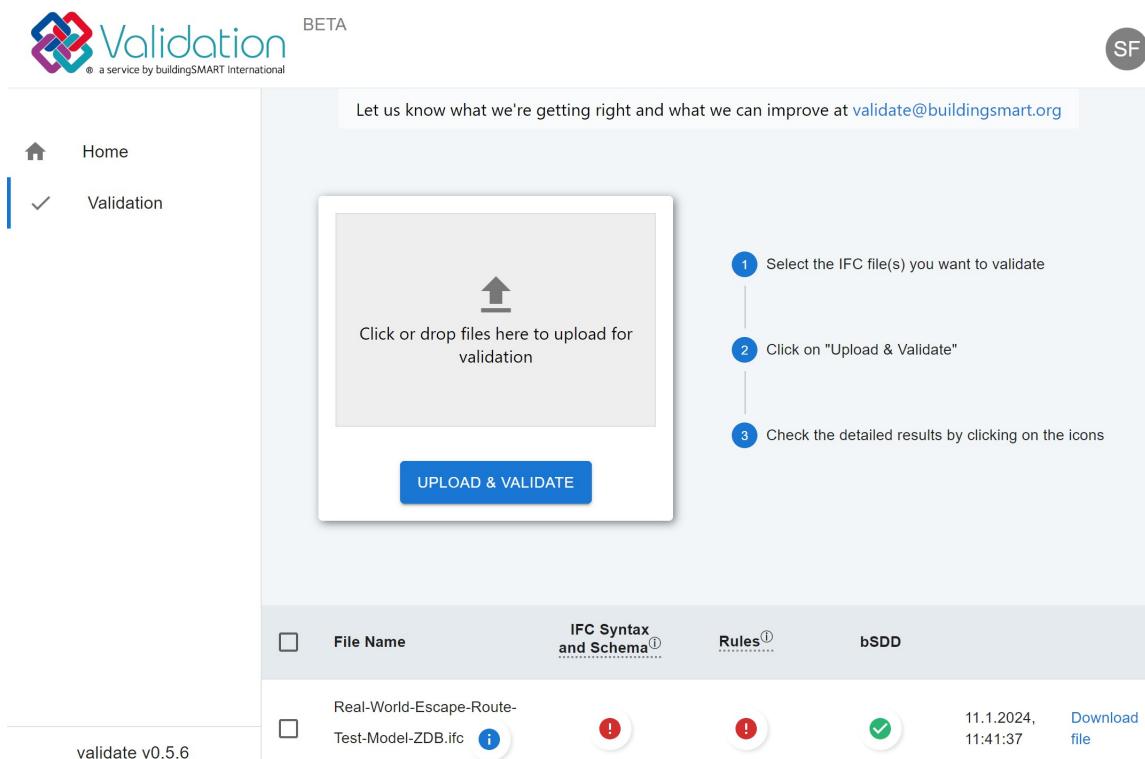


Figure 2.12 : Interface web du service de validation buildingSMART



#### 2.4.8 Commentaires BCF (BIM Collaboration Format)

BCF est un format de données ouvert pour la communication basée sur des modèles. Introduit en 2009 par Solibri Inc. et Tekla Corporation, il a ensuite été repris par buildingSMART International dans le cadre de la norme openBIM.

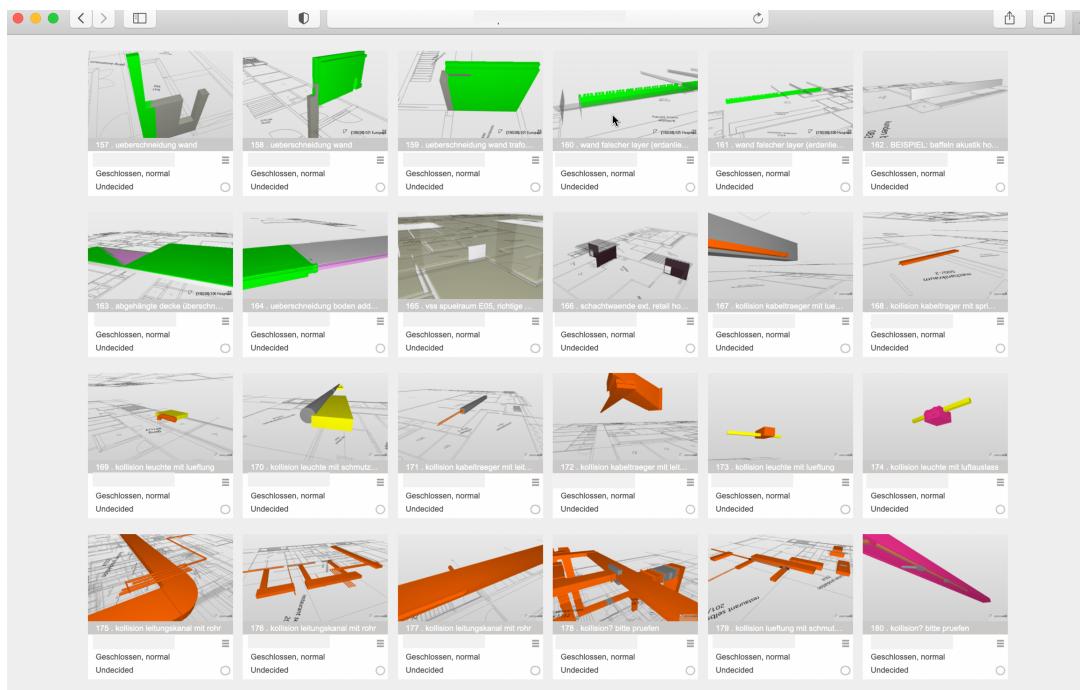
BCF est utilisé pour simplifier l'échange d'informations au sein du processus de travail entre différents logiciels (basé sur le format d'échange IFC), permettant ainsi une communication traçable des problèmes ou des changements. La version actuelle BCF 3.0 permet le transfert de :

- Commentaires relatifs au modèle (questions);
- Éléments concernés dans le modèle (via les GUID des objets);
- Captures d'écran reproductibles.

Ces données sont transmises sous forme de fichier XML entre différentes applications logicielles BIM. Cette communication basée sur le modèle améliore la coordination. Ainsi, il est possible d'échanger de manière ciblée des informations sur les problèmes du modèle (rapport de problème et état), leur emplacement, la direction de vue, le composant, les remarques, l'utilisateur, l'heure, ou même les changements dans le modèle de données IFC. L'objectif est de transférer les informations pertinentes et non l'ensemble du modèle. L'étendue des fonctions de transfert de propriétés entre différents modèles sera élargie dans les prochaines versions de BCF.

BCF est intégré dans toutes les applications logicielles BIM courantes. Dans certains cas, des modules additionnels spéciaux (AddOns) sont nécessaires pour étendre l'éventail des fonctions.

## 2.4 Bases techniques d'openBIM



**Figure 2.13 :** Exemple d'utilisation du BCF dans un projet

### 2.4.9 DataSheets (Feuilles de données)

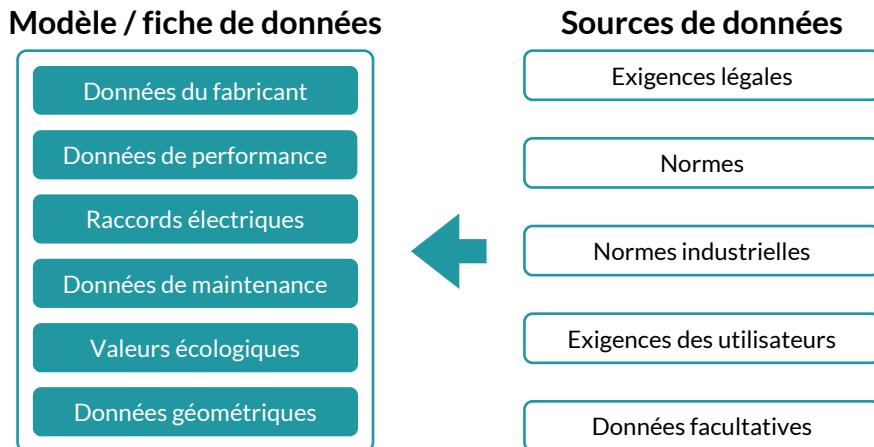
DataSheet est un terme symbolique désignant les produits de construction numériques. Il s'agit d'une technologie basée sur des conteneurs pour la représentation numérique de l'interaction entre les normes de produits européennes harmonisées (CPR – Construction Products Regulation) et les déclarations environnementales de produits (EPD – Environmental Product Declaration), qui sont réglementées par la norme ISO 23386 depuis 2020.

La structure, la composition et le contenu des fiches de données sont basés sur les spécifications des normes de produits harmonisées. Cette conformité est essentielle car tous les processus d'approbation de l'industrie sont basés sur ces spécifications. C'est le seul moyen de garantir l'exhaustivité des informations contenues dans les fiches de données en vue d'une utilisation productive. Il est également prévu d'intégrer dans les fiches de données les informations relatives à la durabilité d'un produit de construction (EPD) conformément à la norme ISO 22057.

Une distinction est faite entre les DataTemplates génériques (neutres par rapport au produit) et les DataSheets spécifiques (liées au produit). Cela permet d'appliquer des processus conformes à la législation sur les marchés publics. Dans la phase de planification, les modèles de données génériques peuvent être utilisés pour décrire précisément les exigences relatives aux matériaux ou aux produits, qui peuvent ensuite être interprétés sans ambiguïté par un soumissionnaire au cours de la procédure d'appel d'offres et auxquels il peut être répondu par des fiches de données contenant des informations sur des produits spécifiques. Le traitement de ces informations peut être largement automatisé puisque les fiches de données sont entièrement interprétables par un ordinateur. Cet avantage, combiné à la collecte automatisée des métrés et des quantités à partir des modèles numériques, modifiera l'interaction entre

## 2 Connaissances de base

### 2.4 Bases techniques d'openBIM



**Figure 2.14 :** Sources de données dans les modèles de données / feuilles de données

la planification, la construction, l'industrie et la logistique – la construction d'une chaîne de données continue pour les produits de construction deviendra une réalité.

L'interaction entre les DataTemplates/DataSheets et les modèles numériques basés sur l'IFC est régie par la norme ISO 23387. Cette norme fait référence au bSDD lors de la déclaration des caractéristiques d'un DataTemplate/DataSheet. De cette manière, les caractéristiques de différents produits sont coordonnées et ne sont pas créées de manière redondante. Le transfert d'un DataTemplate/DataSheet, ainsi que de ses caractéristiques basées sur la bSDD, peut se faire par fichier (via un fichier IFC) ou par service web (via une connexion API). Comme il s'agit d'un développement récent, l'intégration des DataTemplates/DataSheets dans les applications BIM est encore en préparation.

## 2.5 Organisation

### 2.5 Organisation

Cette section couvre les thèmes organisationnels liés au BIM, à savoir les rôles et les descriptifs de prestations, les documents de mise en œuvre du BIM et la collaboration dans le cadre de l'openBIM.

#### 2.5.1 Rôles et descriptifs de prestations

Les cahiers des charges traditionnels ne traitent pas des prestations nécessaires à la bonne exécution du contrat de projet en relation avec le BIM. Il est donc nécessaire de définir des rôles et des cahiers des charges (= modèles de prestations BIM) distincts pour les projets BIM. Les rôles (ou unités organisationnelles BIM) dans le projet doivent toutefois se référer directement aux tâches BIM et aux services BIM pour pouvoir les appeler. L'utilisation de descriptifs de prestations BIM n'est pas obligatoire mais recommandée.

 Bâtir Digital Suisse publie une fiche d'information sur les rôles et les services (voir code QR).



Le principal objectif du cahier des charges BIM est de créer une compréhension commune entre le donneur d'ordre et le prestataire sur l'étendue des prestations à fournir. Les aspects suivants sont à couvrir :

- Cohérence générale des prestations et des tâches;
- Attribution de prestations aux différentes unités organisationnelles (rôles) BIM ;
- Prestations à fournir par chaque unité organisationnelle BIM (rôles);
- Différenciation générale par rapport aux prestations traditionnelles.

L'objectif à moyen terme des descriptifs de prestations BIM unifiés est la création de conditions de rémunération standard.

Les descriptifs de prestations BIM sont intégrées dans le plan d'exécution BIM (BEP) par le biais des exigences en matière d'échange d'informations (EIR). Elles constituent la base des contenus sur les thèmes de la gestion de projet et de la mise en œuvre dans les différentes phases du projet (prestations du donneur d'ordre et du prestataire). Une spécification de service comprend toujours le rôle de l'unité organisationnelle BIM concernée dans la structure globale, la description des prestations générales et inter-phases de projet, ainsi que les prestations spécifiques liés aux phases de projet.

Les descriptifs de prestations BIM peuvent être adaptées pour chaque projet. Cela permet de :

- Augmenter le nombre de soumissionnaires potentiels en réduisant les exigences ;
- Réduire le prix des offres par une réduction de l'étendue des prestations à fournir ;
- Adapter les responsabilités lors d'une modification de l'organisation de projets.

Les descriptifs de prestations BIM décrivent les rôles et les services des unités organisationnelles BIM. En voici quelques exemples :

## 2 Connaissances de base

### 2.5 Organisation

**Management BIM (côté donneur d'ordre) :** Dans certains projets, le Management BIM est divisé en *direction de projet BIM* et *pilotage BIM*. Cela implique que toutes les tâches de ces deux unités organisationnelles font partie la responsabilité du Management BIM.

Remarque : Dans ce *Manuel BIMcert*, nous utilisons les unités organisationnelles *direction de projet BIM* et *pilotage BIM*. Si le *Management BIM* n'est pas divisé en ces unités, le *Management BIM* couvre les responsabilités et les tâches de ces deux unités.

- *Direction de projet BIM* : Qualification au niveau du donneur d'ordre. Il s'agit de l'organe responsable de la définition générale du cadre d'un projet et des prestations des acteurs respectifs. Il est aussi responsable de la mise en œuvre des exigences du donneur d'ordre en ce qui concerne la structure de données utilisée dans le projet. Le Management BIM est responsable de la création de l'EIR. Le Management BIM crée souvent le pré-BEP sur la base de l'EIR.
- *Pilotage BIM* : Qualification au niveau du contrôle de projet. Elle représente les intérêts du donneur d'ordre dans la spécification concrète et la mise en œuvre opérationnelle d'un projet BIM dans le cadre des spécifications du Management BIM. Le pilotage BIM surveille la création et la maintenance du BEP et l'approuve lorsque les spécifications et les objectifs du donneur d'ordre sont respectés conformément à l'EIR.

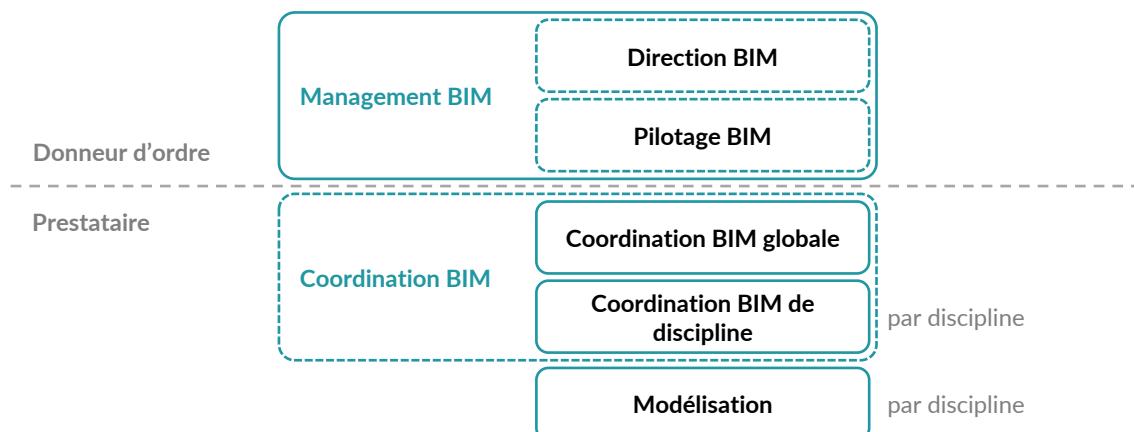


Figure 2.15 : Exemple de structure organisationnelle du BIM

**Coordination BIM globale (côté prestataire) :** Coordonne et vérifie le contenu interdisciplinaire openBIM produit par les planificateurs sur la base des spécifications du pilotage BIM. Elle est responsable du modèle de coordination et surveille la mise en œuvre des tâches de la coordination de domaine. La coordination BIM globale est responsable de la préparation du BEP. En termes de coordination, la coordination BIM globale est plus proche des prestataires et a donc une meilleure connaissance de leurs besoins. Par conséquent, la coordination BIM globale est responsable de la création et de la mise à jour du BEP en cours de projet. La coordination BIM globale est le principal point de contact pour la conception numérique du pilotage de projet BIM. Elle surveille et approuve le BEP pendant sa création et son adaptation continue. En résumé, la coordination BIM globale est donc responsable de la mise en œuvre opérationnelle des objectifs BIM.

## 2.5 Organisation

**Coordination BIM de discipline (côté prestataire) :** Elle vérifie le contenu openBIM spécifique à son domaine en coordination proactive avec les autres coordinations BIM de discipline. Elle est notamment chargée de fournir à la coordination BIM globale le modèle de discipline vérifié (y compris les rapports de vérification), de gérer les commentaires BCF la concernant, de garantir la conformité du modèle de discipline et des documents de conception, et d'effectuer des évaluations basées sur le modèle (par exemple pour l'estimation des coûts) à partir de son propre modèle de domaine.

Les unités organisationnelles BIM correspondantes sont coordonnées entre elles (voir figure 2.15).

L'objectif de la structure organisationnelle est de définir des points de contact clairs, des lignes de décision claires (responsabilité) et une répartition claire des tâches (rôles, autorité et portée de chaque tâche). Ces éléments sont importants pour une bonne gestion de l'information.

La collaboration nécessite une évaluation de la compétence BIM de tous les participants au projet. Le donneur d'ordre doit analyser la compétence BIM des parties prenantes du projet. La norme ISO 19650-1 nomme cela l'examen des aptitudes et des capacités de l'équipe de réalisation. Le terme aptitude fait référence à l'aptitude à réaliser une activité donnée (par exemple grâce à l'expérience, aux compétences ou aux ressources techniques nécessaires) et la capacité fait référence à l'aptitude à réaliser une activité dans les délais requis.

La compétence BIM des unités organisationnelles doit être vérifiée en début du projet en vérifiant leurs compétences. Le pilotage BIM détermine ceci par :

- Des questionnaires;
- La preuve de la participation à une formation (formation de l'organisation et formations sur des logiciels);
- La spécification de l'expérience BIM (sur plusieurs phases de projet), c'est-à-dire des évaluations spécifiques au projet.

Cela permet d'identifier les déficits de compétences potentiels et de définir les besoins de formation. Ce n'est qu'ensuite que les responsabilités du projet peuvent être définies.

### 2.5.2 Documents de mise en œuvre du BIM

Ils constituent la base des projets BIM. Les documents de mise en œuvre du BIM expliquent les objectifs pertinents du donneur d'ordre, les exigences pour les participants au projet et les procédures pour mettre en œuvre ces exigences avec succès. Ils précisent également les éventuels compléments aux manuels communs du projet, par exemple le manuel d'organisation ou le manuel du projet.

L'utilisation de documents de mise en œuvre BIM est fortement recommandée, bien qu'elle ne soit pas (encore) obligatoire, pour les projets de toute taille et de toute complexité. Les documents de mise en œuvre BIM fournissent une réglementation claire de l'organisation du projet, des objectifs du projet, des spécifications d'exécution du projet, de la gestion du projet, de la définition de la collaboration et de l'assurance qualité pour les projets BIM. Ces dispositions sont souvent absentes des manuels

## 2 Connaissances de base

### 2.5 Organisation

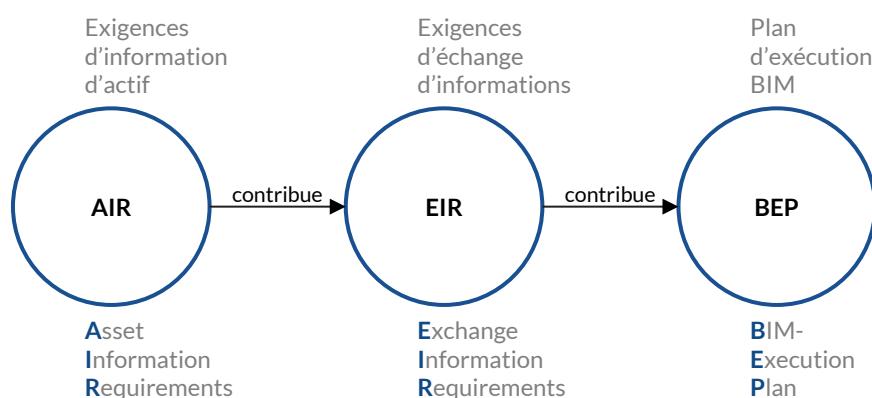
de projet standard. Les documents de mise en œuvre du BIM aident également les donneurs d'ordres à identifier les informations nécessaires pour atteindre les objectifs de leur projet.

Les différents documents BIM (mise en œuvre) sont les suivants :

- **Exigences en matière d'informations sur les actifs AIR** : L'AIR définit les exigences à long terme en matière de structure des données et de niveau de détail pour l'exploitation du bâtiment (actif) sur la base de la gestion des données. Il identifie les sources d'information valables pour l'étude de faisabilité. L'AIR est créé indépendamment du projet par le BIM Management de l'exploitant et sert de base à l'échelle de l'entreprise pour la création des exigences d'échange d'informations spécifiques aux projets.
- **Exigences en matière d'information sur les projets PIR** : Les PIR comprennent les exigences concernant la phase de réalisation (conception et construction). Ils doivent répondre aux objectifs stratégiques globaux d'un projet spécifique.

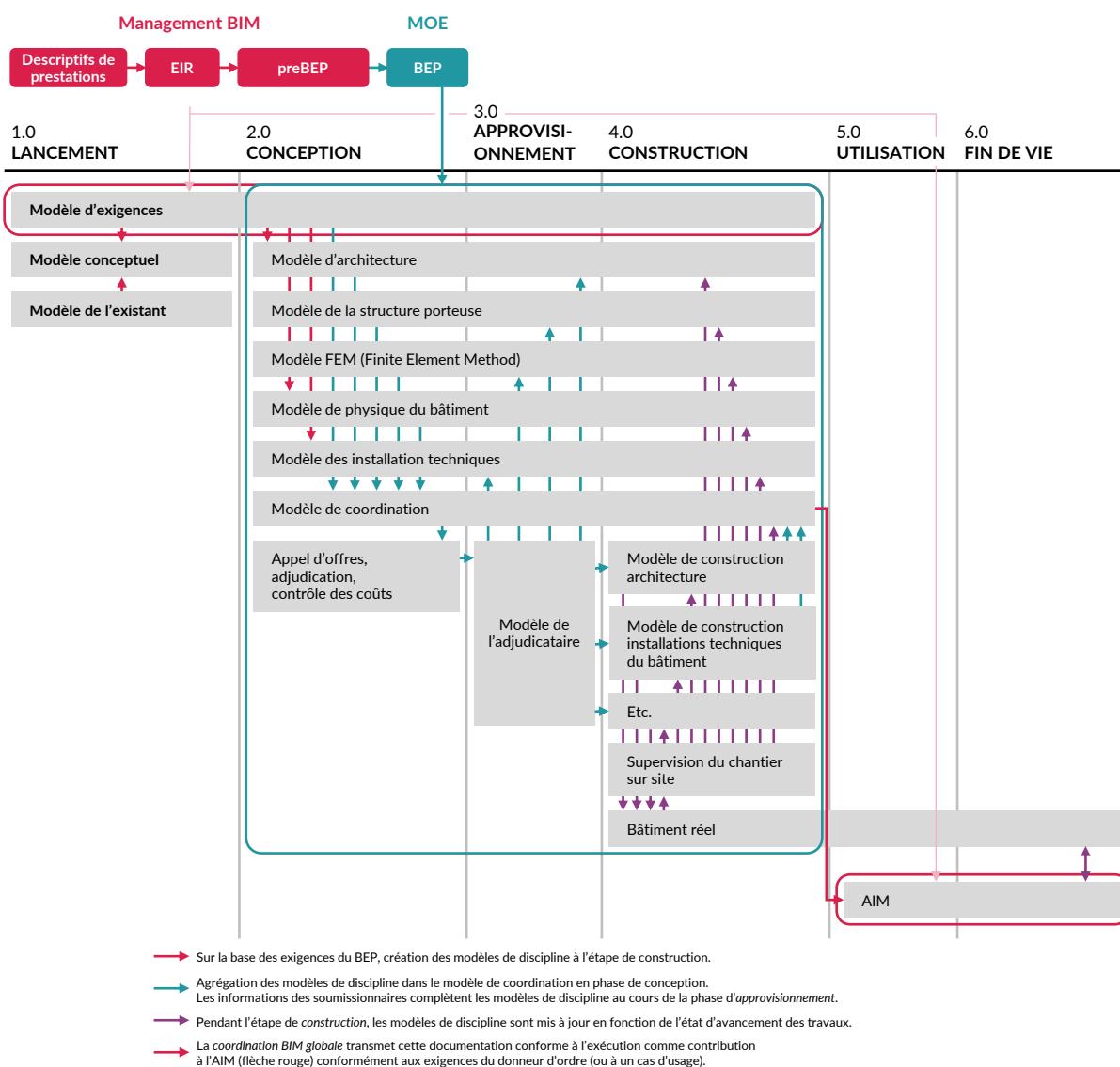
L'AIR et le PIR déterminent donc le contenu, la structure et la méthodologie de l'AIM et du PIM. L'AIR et le PIR contribuent tous deux à l'élaboration du EIR.

- **Exigences en matière d'échange d'informations EIR (Exchange Information Requirements)** : L'EIR est la description concrète des besoins d'information du donneur d'ordre et a donc le statut d'une exigence pour un prestataire. Conformément à la norme ISO 19650, il définit les aspects commerciaux et techniques de la production d'informations sur le projet. Les aspects techniques du EIR doivent contenir les informations détaillées nécessaires à la réalisation du PIR. Il sert de base au BEP du projet concerné. En particulier, L'EIR contient les exigences BIM, les processus BIM, les descriptifs de prestations BIM, les normes à respecter et les applications BIM pour remplir les objectifs BIM du donneur d'ordre.
- **Plan d'exécution BIM BEP** : Selon la norme ISO 19650-2, le BEP explique comment les exigences du donneur d'ordre sont exécutées par les prestataires. Le BEP est donc un document d'orientation qui définit les bases d'une collaboration basée sur le BIM. Il définit les structures organisationnelles et les responsabilités. Les rôles et les responsabilités peuvent être attribués dans une matrice de responsabilités. Le BEP fournit le cadre des services BIM et définit les processus/flux de travail et les exigences de collaboration pour chaque participant (par exemple les responsabilités).



**Figure 2.16 :** Influence de l'AIR sur le EIR et sur la BEP

## 2.5 Organisation



**Figure 2.17 :** Développement des modèles au cours des phases de construction (phases selon EN 16310)

Les modèles et les processus sont normalisés en termes de structures (par exemple structure spatiale ou structure du modèle), d'éléments et d'informations. Le BEP précise également les caractéristiques liées au projet et définit le niveau d'information et de détail ainsi que leur qualité. Il est préparé par l'équipe de projet et mis à jour au cours du projet (la responsabilité incombe à la coordination BIM globale). Les modifications doivent être approuvées par l'équipe de projet (par exemple par l'intermédiaire de la coordination BIM de discipline). Un BEP bien rédigé améliore le processus de conception et la communication au sein de l'équipe de projet. Il est recommandé que le BEP fasse partie du contrat entre le donneur d'ordre et les participants au projet. Les spécifications du donneur d'ordre pour le BEP sont l'EIR et tout pré-BEP fourni, qui correspond à un modèle de BEP spécifique au projet, spécifiant les exigences de l'EIR du donneur d'ordre et contenant la structure spécifiée.

## 2 Connaissances de base

### 2.5 Organisation

Les AIR se situent hiérarchiquement au-dessus des EIR – leurs exigences alimentent l'EIR. À l'aide de l'AIR, le EIR spécifie les exigences du donneur d'ordre en matière d'information. Basé sur le EIR, le BEP intègre également les exigences de l'AIR et sert d'ensemble de règles opérationnelles pour le projet. Les BEP doivent être appliquées aux projets BIM depuis le début de la conception jusqu'à l'achèvement de la construction ou la mise en service, et doivent être mise à jour au fur et à mesure de l'avancement du projet.

Les thèmes du EIR et du BEP sont les suivants :

- **Informations sur le projet** : résumé des exigences du donneur d'ordre en matière de contenu (par exemple dates/étapes du transfert d'informations).
- **Spécifications générales** : résumé des spécifications normatives du donneur d'ordre (par exemple normes et lignes directrices à respecter, formats de fichiers requis, y compris les versions).
- **Spécifications spécifiques au modèle** : définition de la structure du modèle et des étapes de développement prévues.
- **Organisation du projet** : définition des niveaux d'organisation et des prestations associées (responsabilités).
- **Cas d'usage** : spécifications pour l'utilisation des données du modèle, telles que la vérification uniforme du modèle ou la détermination des coûts.
- **Annexes** : description approfondie de certains aspects (par exemple lignes directrices techniques telles que les définitions de LOG et LOI).

Important : le EIR définit le contenu fourni par les disciplines, et le BEP formule ces spécifications. Par exemple, le BEP (conformément à la norme ISO 19650) contient également l'attribution de noms/compétences aux différents rôles et la stratégie de fourniture d'informations pour le processus et la conformité avec les informations d'échange requises. Le BEP définit également le contrôle de la qualité. Au début du projet, il convient d'examiner le EIR et le BEP avec tous les principaux participants au projet. À ce moment, le contenu et l'étendue des tâches sont expliqués et acceptés. Une telle réunion d'examen favorise une coopération fructueuse dans le cadre du projet. *La direction de projet BIM* peut utiliser cette revue pour vérifier le niveau de connaissance des participants sur les sujets d'un projet openBIM.

#### 2.5.3 Collaboration openBIM

Les étapes de développement du BIM permettent une classification claire à cet égard (voir [figure 2.18](#)). Le libre choix du logiciel favorise l'utilisation du logiciel le mieux adapté à la tâche concernée. Les avantages de la méthode BIM doivent être pleinement exploités, non seulement sur le plan technique, mais aussi sur le plan structurel. C'est pourquoi l'utilisation de la méthode openBIM est recommandée pour tous les projets. En termes de mise en œuvre et de collaboration, les avantages suivants se présentent :

- Indépendance logicielle et liberté de choix pour les applications de tous les participants au projet; par conséquent, pas de désavantage concurrentiel dû aux logiciels;
- Facilité d'utilisation à long terme des données du modèle (fichiers texte lisibles, durabilité grâce à la certification ISO de l'IFC et de l>IDM);
- Indépendance des informations des modèles par rapport aux logiciels (transparence).

## 2.5 Organisation

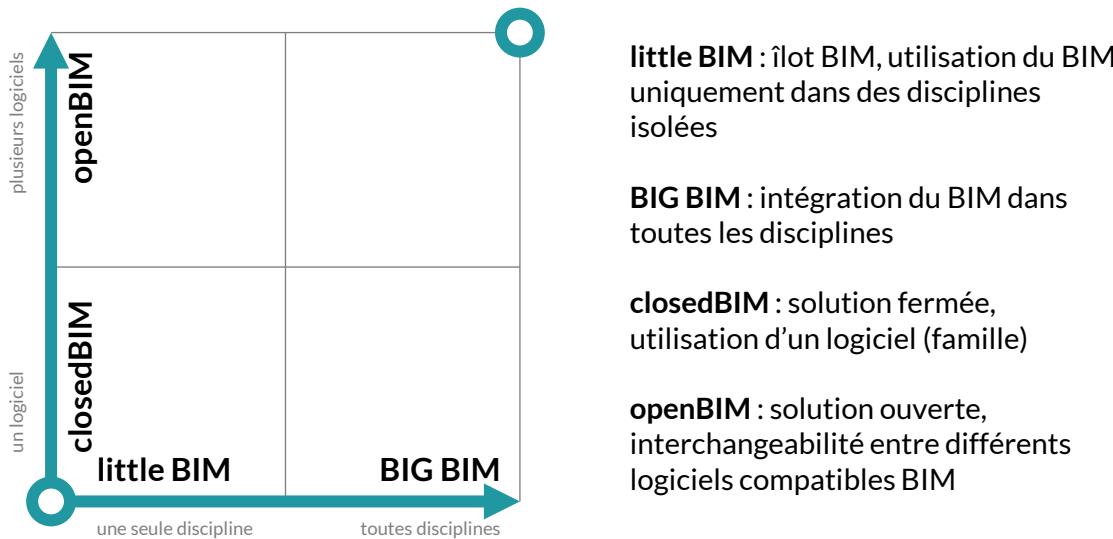


Figure 2.18 : Les étapes du développement du BIM

L'application de la méthode openBIM est également favorisée par la normalisation. Les normes nationales créent des bases supplémentaires pour un échange complet, uniforme, neutre en termes de produits et systématisé de données graphiques et de données techniques associées sur la base de l'IFC et du bSDD.

Le BEP réglemente la forme de coopération structurée en spécifiant les interfaces, y compris le MVD. L'utilisation d'un logiciel certifié buildingsMART est une condition préalable. L'interopérabilité est un aspect essentiel de l'échange de données : le transfert sécurisé des informations relatives aux objets des modèles doit être garanti.

Les modèles BIM doivent être

- lisibles** pour tous ;
- commentables** pour beaucoup ;
- modifiables** pour peu.

Figure 2.19 : Exigences pour les modèles BIM

La collaboration basée sur le modèle ne concerne pas seulement la gestion de la qualité dans le modèle global, mais avant tout la collaboration au niveau du modèle. Selon **openBIM**, chaque planificateur de discipline qui fournit des données de modèle les crée dans son propre logiciel-auteur en tant que modèle de discipline. En raison de la taille des données, il peut s'agir de sous-modèles, tous créés dans le même logiciel. L'échange de modèles de discipline s'effectue via l'interface IFC. Tous les modèles de discipline sont réunis ensuite dans le modèle global.

En revanche, il existe un système de modèle central dans lequel tous les planificateurs de discipline travaillent ensemble à l'aide du même logiciel (ou d'une même famille de logiciels). On parle alors de **BIM fermé (closed BIM)**. Des formes mixtes sont également possibles. Un planificateur de discipline peut collaborer avec ses partenaires en closedBIM, mais exploiter le modèle global pour la coordination sur la base d'openBIM via IFC.

## 2 Connaissances de base

### 2.5 Organisation

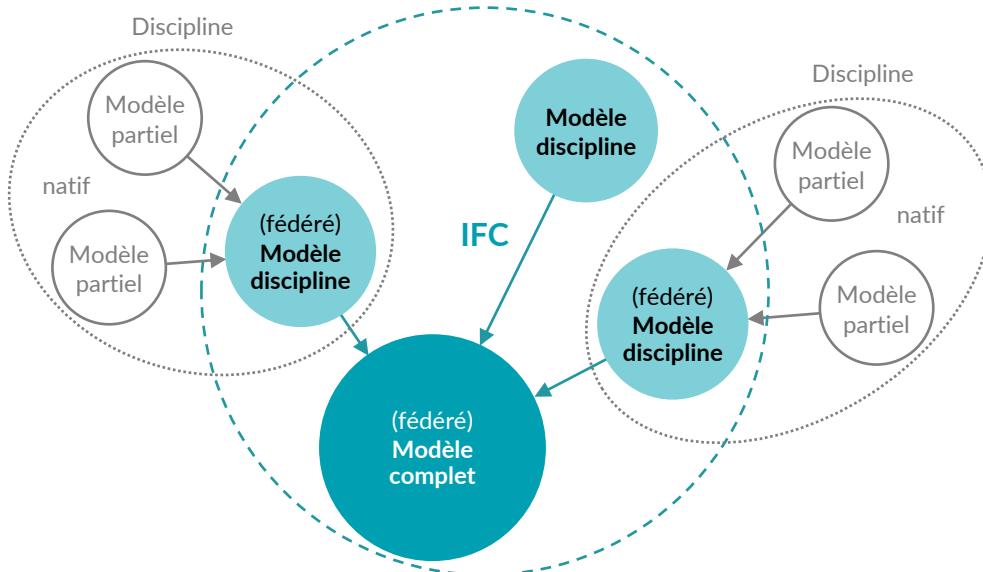


Figure 2.20 : Collaboration dans le projet openBIM

La gestion de la qualité et la coordination des modèles de discipline dans le modèle global doivent toujours avoir lieu dans un logiciel de vérification distinct. Ce logiciel vérifie et évalue les données du modèle de manière indépendante. La communication se fait par voie numérique. Les points problématiques sont toujours transmis sous forme de rapport. Cela se fait au format PDF à des fins de documentation et au format BCF pour permettre aux concepteurs de discipline de voir le problème directement dans leurs applications logicielles. Comme pour toute communication de projet, l'échange des données du modèle et des rapports (PDF et BCF) se fait via le CDE prévu à cet effet.

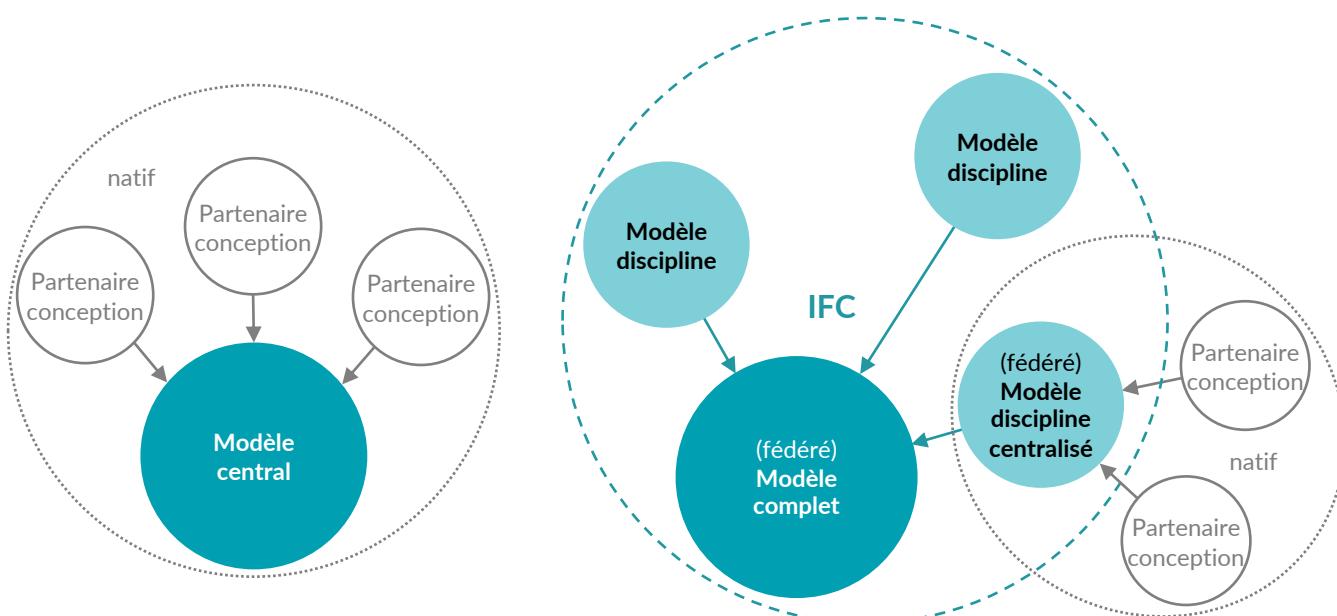


Figure 2.21 : Collaboration dans un projet closedBIM (à gauche) ou un hybride de closedBIM et d'openBIM

2.5 Organisation

## 3 Connaissances approfondies

Ce chapitre décrit les différents standards openBIM développés par buildingSMART. Ces nouveaux termes openBIM – en particulier les acronymes – représentent un grand défi, surtout pour les nouveaux venus. Une bonne compréhension de ces termes est essentielle pour une utilisation optimale des standards openBIM. Le contenu de ce chapitre contient la base des descriptions qui seront appliquées à un projet openBIM au [chapitre 4](#).

Les [figures 3.1 et 3.2](#) situent ces termes dans leur contexte. Contrairement à l'illustration générale du [chapitre 4](#), ces schémas ne représentent pas l'ensemble du processus openBIM à l'échelle d'un projet, mais uniquement du point de vue de la modélisation. Pour des informations plus détaillées, se référer aux différents chapitres.

L'équipe de conception reçoit les exigences pour le modèle (y compris LOIN, [section 3.6](#)) par l'intermédiaire du plan d'exécution BIM (BEP) et commence à les mettre en œuvre dans son logiciel métier. Avant de commencer la création proprement dite du modèle de discipline, la première étape consiste à implémenter une classification (si le logiciel le permet) et créer les propriétés nécessaires. Lors de la deuxième étape, celles-ci sont mises en correspondance (pour l'exportation IFC) avec le schéma de données IFC ou la MVD ([sections 3.2 et 3.3](#)). Cette étape est suivie par la création du modèle métier conformément aux standards de modélisation ([section 3.1](#)). Les acteurs du projet partagent les modèles au format IFC et communiquent via BCF ([section 3.4](#)). Tous les échanges d'informations se font dans un environnement commun de données ([section 3.5](#)).

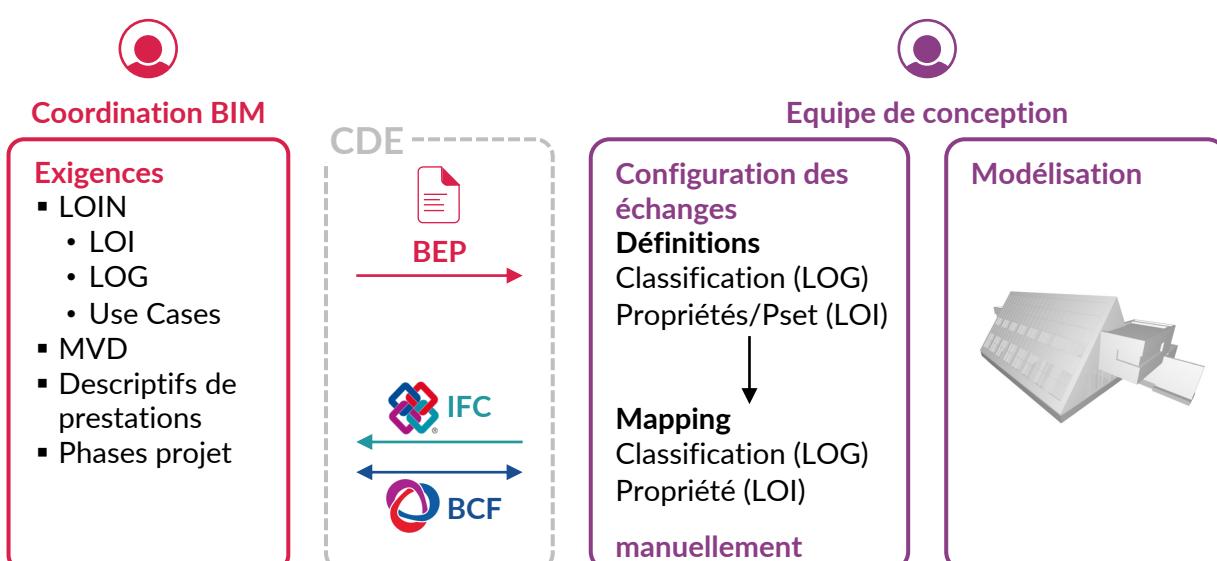
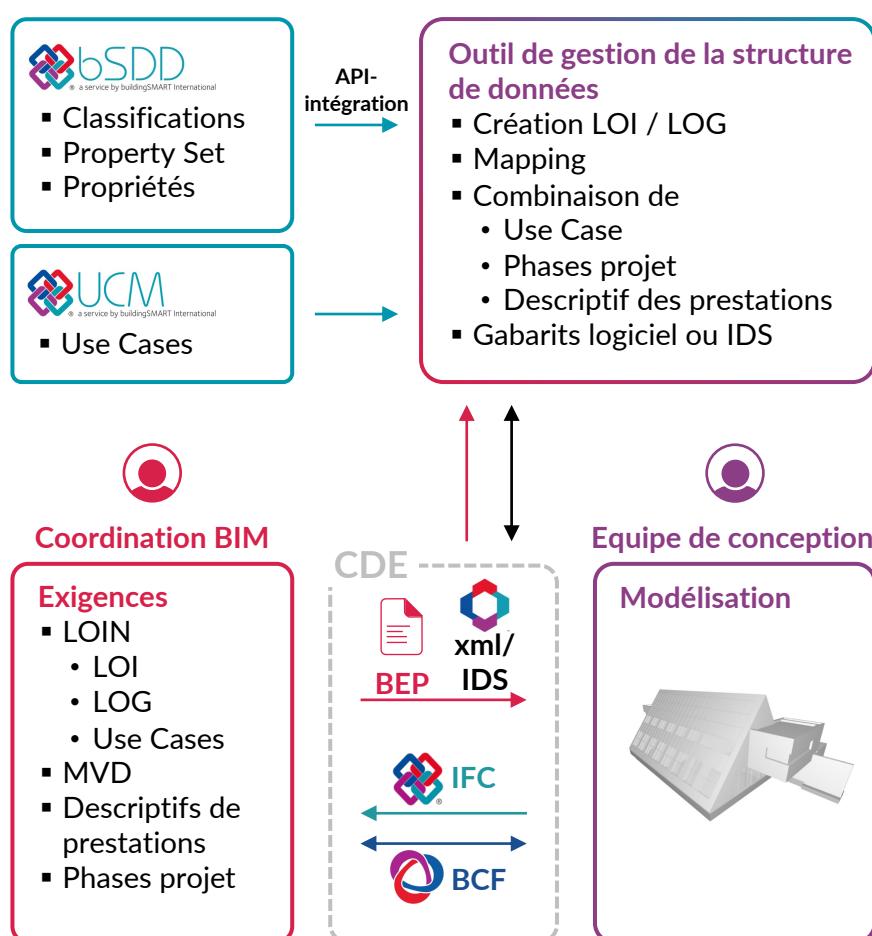


Figure 3.1 : Gestion manuelle des propriétés et des classifications

Le mapping décrit précédemment doit être réalisé manuellement par chaque acteur du projet dans le logiciel natif respectif, ce qui est inefficace et source d'erreurs.

Une meilleure méthode consiste à utiliser un outil de structuration de données ([section 2.3.3](#)) qui centralise la définition et la mise en correspondance des classifications et des propriétés et jeux de propriétés ([section 3.2.3](#)) pour plusieurs solutions logicielles et pour le schéma de données IFC ou les MVD ([sections 3.2 et 3.3](#)). En parallèle, les propriétés et classifications sont liées aux prestations ([section 2.5](#)), aux phases du projet et aux cas d'usage ([chapitre 4](#)) via une base de données. En outre, les classifications et les propriétés définies dans le bSDD ([section 3.8](#)) peuvent être directement intégrées à l'aide d'API. Les résultats sont des gabarits spécifiques au logiciel ou au standard IDS ([section 3.7](#)). Les IDS peuvent être importés directement dans le logiciel si celui-ci prend en charge ce standard. La saisie manuelle dans le logiciel de modélisation ou de contrôle n'est dès lors plus nécessaire. La personne qui effectue la configuration dans l'outil de structuration de données devra être désignée au démarrage du projet et en fonction de l'organisation spécifique du projet. Le client peut fournir l'outil de structuration de données centralisé et/ou chaque acteur peut utiliser son propre outil.



**Figure 3.2 :** Utilisation d'outils de structuration de données pour gérer les exigences en informations dans les modèles

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.1 Standardisation et normalisation

## 3.1 Standardisation et normalisation

Cette section décrit les principaux standards openBIM et leur développement au niveau national, européen et international. Les standards mentionnés au chapitre 2 sont complétés par d'autres normes et replacés dans leur contexte (voir la figure suivante).

La figure 3.3 montre les dépendances des différentes normes dans l'ordre chronologique. La base de l'utilisation de l'openBIM est le schéma de données neutre IFC qui a été développée par bSI et certifié pour la première fois en 2013 (ISO 16739) et nommée « Industry Foundation Classes (IFC) pour l'échange de données dans l'industrie de la construction et la gestion d'actifs ». Elle est ensuite devenue la ISO 16739-1 en 2018, puis mise à jour en 2024 pour intégrer les IFC4.3 (ISO 16739-1:2024). L'IFC est un schéma de données qui aide à standardiser l'échange d'informations géométriques et alphanumériques. Ces informations alphanumériques sont principalement contenues dans des jeux de propriétés (IfcPropertySet). Les IfcPropertySet sont décrits dans la norme ISO 16739. buildingSMART les fournit également sous la forme d'une spécifica-

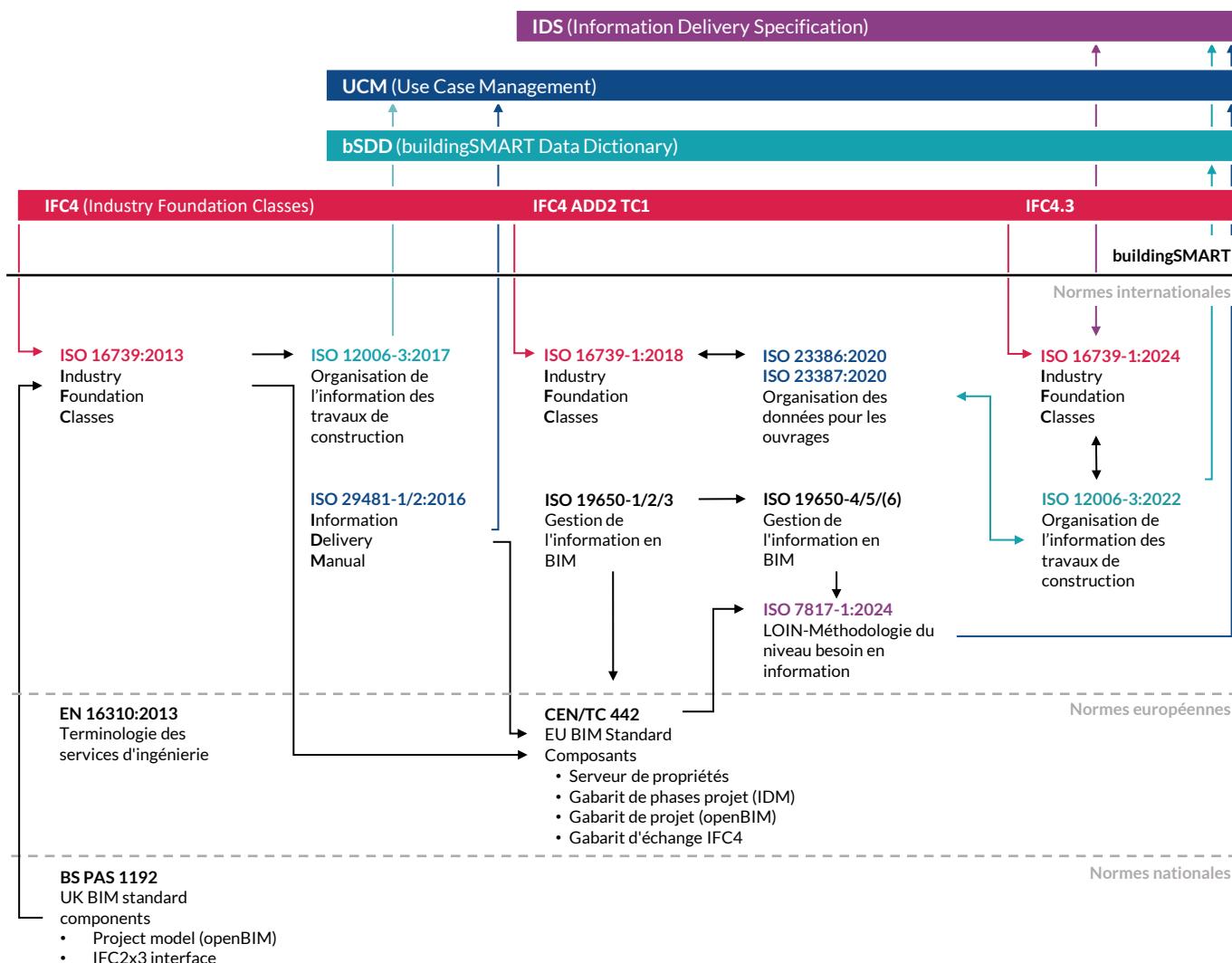


Figure 3.3 : Aperçu de la standardisation et de la normalisation

### 3.1 Standardisation et normalisation

tion distincte. Ils sont gérés dans le dictionnaire de propriétés bSDD, qui est basé sur la norme ISO 12006-3 « Construction immobilière — Organisation de l'information des travaux de construction — Partie 3 : Schéma pour l'information basée sur l'objet ».

Une fois la structure de l'information établie, la question suivante se pose : sous quelle forme les données doivent-elles être restituées par le logiciel ? Ceci est défini à l'aide d'un Model View Definition (MVD), un sous-ensemble standardisé du schéma IFC. Les MVD sont élaborés à l'aide de l'Information Delivery Manual (IDM). Dans un IDM, les représentations de processus sont utilisées pour définir les informations qui doivent être contenues dans un modèle d'information. Cette méthode est certifiée dans la norme ISO 29481-1/2 « Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations ». L'IDM définit les exigences pour le traducteur IFC du logiciel concerné. Après la normalisation de la structure et de l'échange des données, l'étape suivante est la normalisation de la gestion de l'information par les normes ISO 19650-1/2/3. La norme ISO 23387 cadre l'interaction entre l'IFC, le bSDD et les données numériques. La standardisation des propriétés est cadrée par la norme ISO 23386.

La figure 3.3 montre également l'influence que peuvent avoir la normalisation des schémas de données IFC4 et la normalisation des prestations de conception (norme EN 16310) sur les normes BIM nationales, telles que la norme ÖNORM A 6241-2. La norme EN 16310 a également influencé le groupe de travail européen pour le BIM « CEN/TC 442 », qui vise à développer une norme européenne openBIM harmonisée. Le CEN/TC 442 a déjà publié la définition normalisée de LOIN selon la norme ISO 7817-1. Contrairement aux diverses normes BIM nationales, les publications du CEN/TC 442 revêtent une importance nettement plus grande pour l'industrie du logiciel, car elles représentent les exigences d'un marché beaucoup plus vaste.

#### 3.1.1 Normes internationales

##### ISO 16739, ISO 16739-1

En tant qu'organisation indépendante, bSI développe en continu ses propres standards. La plus connue d'entre elles est l'IFC, qui facilite la gestion et l'échange d'informations numériques dans un projet de construction de façon à permettre l'interopérabilité des logiciels. La version IFC4.3 a été officiellement publiée en mars 2024 en tant que norme ISO 16739-1.

##### ISO 12006-3

Le bSDD est un service en ligne permettant de créer et de consolider des ajouts personnalisés à la structure de données (ontologies) conformément à la norme ISO 12006-3. Cette norme cadre l'IFD (International Framework for Dictionaries). L'IFD permet de définir des systèmes de classification. Le principe de base est que tous les concepts peuvent avoir un nom et une description (quelle que soit la langue). Seul un code d'identification unique est pertinent pour leur identification et leur utilisation. En associant des étiquettes dans plusieurs langues à un même concept, on crée un dictionnaire multilingue.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.1 Standardisation et normalisation

##### ISO 29481-1/2

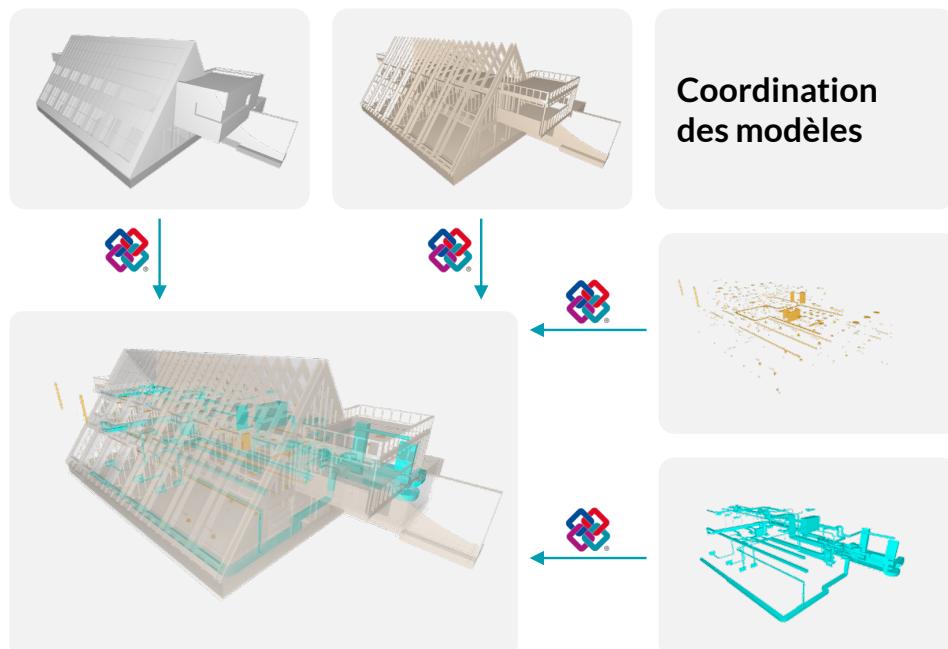
La méthodologie IDM est décrite dans la norme ISO 29481-1/2. Cette norme permet de cadrer les processus d'exigences d'informations en lien avec le cycle de vie du projet. Les MVD et les cas d'usages (*Use Case*) se réfèrent au IDM.

##### ISO 19650-1/2/3/4/5/6

La norme ISO 19650-1/2/3/4/5/6 spécifie les processus qui cadrent l'organisation et la numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris la modélisation des informations de la construction (BIM). La partie 1 contient la description des termes et des principes de base. La partie 2 décrit la gestion de l'information dans les phases de planification, de construction et de mise en service. La partie 3 couvre la phase d'exploitation des actifs. La partie 4 décrit l'échange d'informations et la partie 5 la spécification des aspects de sécurité informatique, des bâtiments numérisés et de la gestion intelligente des actifs. La partie 6 décrit la gestion des risques en sécurité et santé.

##### ISO 7817-1 (ancienne EN 17412-1)

La norme ISO 7817-1 est une norme qui traite du Level of Information Need (LOIN, *niveau d'information requis*) pour le BIM. Elle définit les concepts et les principes pour la définition des exigences d'information et la fourniture d'informations à l'aide du BIM. Cette norme est importante pour définir, sur la base des cas d'usage, le niveau de détail et la portée des informations requises qui sont échangés et fournis tout au long du cycle de vie des bâtiments (voir [section 3.6](#)).



**Figure 3.4 :** Assemblage de modèles métiers = modèles fédérés

### 3.1 Standardisation et normalisation

#### 3.1.2 Normes européennes

Le comité européen de normalisation CEN/TC 442 « Building Information Modeling (BIM) » a été fondé en 2015. Le comité a pour mandat de développer une série de normes et publications. L'objectif est de déterminer la méthodologie servant à définir, décrire, échanger, contrôler et enregistrer les données sur les actifs, ainsi que le traitement sécurisé de ces données, la sémantique et les processus avec les liens correspondants vers les géo-données et autres données externes. Ce comité technique se compose de plusieurs groupes de travail :

- WG1 Terminologie;
- WG2 Information sur les échanges;
- WG3 Spécification de la fourniture d'informations;
- WG4 Dictionnaire de données;
- WG5 Groupe consultatif de gouvernance;
- WG6 Infrastructure;
- WG7 Rôle horizontal;
- WG8 Compétences;
- WG9 Jumeau numérique dans l'environnement bâti;
- WG10 Planification et stratégie.

#### EN 16310

Au niveau européen, la norme EN 16310 a été publiée en 2013. Cette norme traite de la classification normalisée des prestations de conception. Ce document définit les termes relatifs aux services d'ingénierie. Un glossaire harmonisé des termes clés de l'industrie de la construction au niveau européen vise à promouvoir la libre concurrence

	<b>Phases</b>	<b>Phases partielles</b>
Avant phase d'utilisation	<b>0. Initiative</b>	0.1 Etude de marché 0.2 Dossier d'analyse
Phase de développement	<b>1. Lancement</b>	1.1 Lancement du projet 1.2 Etude faisabilité 1.3 Définition du projet
	<b>2. Conception</b>	2.1 Etude conceptuelle 2.2 Etude préliminaire 2.3 Conception détaillée 2.4 Etude d'exécution
	<b>3. Soumission</b>	3.1 Appel d'offre 3.2 Adjudication des marchés de travaux
Phase de construction	<b>4. Construction</b>	4.1 Préparation 4.2 Exécution des travaux 4.3 Préparation à la mise en service 4.4 Réception 4.5 Autorisation réglementaire
Phase d'utilisation	<b>5. Utilisation</b>	5.1 Exploitation 5.2 Maintenance
Phase de fin de vie	<b>6. Fin de vie</b>	6.1 Réhabilitation 6.2 Déconstruction

de EN 16310:2013

**Figure 3.5 : Phases d'un projet/actif selon la norme EN 16310**

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.1 Standardisation et normalisation

dans l'UE. En même temps, il vise à réduire les problèmes de coopération transfrontalière résultant d'interprétations différentes des termes pertinents dans les divers pays européens. L'accent est mis sur l'ensemble du secteur des services d'ingénierie (construction de bâtiments, d'infrastructures et d'installations industrielles). Le cycle de vie des installations de construction est divisé en plusieurs phases, elles-mêmes subdivisées en sous-phases (voir [figure 3.5](#)).

##### 3.1.3 Normes suisses

A l'heure actuelle (printemps 2024), les normes suivantes sont en vigueur en Suisse :

**SIA 2014** – CAO / DAO-Échange de données – Structure et codification des calques :

Définit la structure et l'échange de données CAO sous une forme standardisée.

**SIA 4013** – Ligne directrice Échange de données CAO – Organisation et planification :

Structure d'une directive pour l'échange de données CAO dans le « manuel de projet CAO ».

**SIA 405** – Géodonnées du cadastre des conduites de distribution et d'assainissement :

Base pour la création d'un cadastre linéaire multi-discipline à partir de diverses informations issues des différents modèles d'information infrastructure.

**SIA 4008** – Cadastre des conduites – Lignes directrices relatives à la norme SIA 405 :

Le guide sert d'aide à l'application de la norme et contient des explications thématiques supplémentaires.

**SN EN ISO 19650**

La série de normes suivantes couvre l'organisation et la numérisation des informations sur les bâtiments et les services d'ingénierie, y compris la modélisation des informations du bâtiment (BIM) – (Gestion de l'information avec BIM)

- SN EN ISO 19650-1 Partie 1 : concepts et principes;
- SN EN ISO 19650-2 Partie 2 : phase de réalisation des actifs;
- SN EN ISO 19650-3 Partie 3 : phase d'exploitation des actifs;
- SN EN ISO 19650-4 Partie 4 : échange d'informations;
- SN EN ISO 19650-5 Partie 5 : approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité.

##### 3.1.4 Normes françaises

**NF EN ISO 16739-1** – Classes de fondation d'industrie (IFC) pour le partage des données dans le secteur de la construction et de la gestion des installations

**NF EN ISO 19650** – Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction

- NF EN ISO 19650-1 Partie 1 : concepts et principes;
- NF EN ISO 19650-2 Partie 2 : phase de réalisation des actifs;
- NF EN ISO 19650-3 Partie 3 : phase d'exploitation des actifs;
- NF EN ISO 19650-4 Partie 4 : échange d'informations;
- NF EN ISO 19650-5 Partie 5 : approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité.

**NF EN ISO 7817-1** – Modélisation des informations de la construction (BIM) – Niveau du besoin d'information – Partie 1 : concepts et principes

### 3.1 Standardisation et normalisation

**FD CEN/TR 17654** – Guide pour la mise en œuvre des exigences en matière d'échange d'informations (EIR) et de plans d'exécution BIM (BEP) au niveau européen sur la base des normes EN ISO 19650-1 et 2

**NF EN ISO 23386** – Modélisation des informations de la construction et autres processus numériques utilisés en construction – Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires de données interconnectés

**NF EN ISO 23387** – Modélisation des informations de la construction (BIM) – Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des biens construits – Concepts et principes

**NF EN 17632-1** – Modélisation d'informations de la construction (BIM) – Modélisation et liaisons sémantiques (SML) – Partie 1 : schémas de modélisation génériques

**NF EN 17549-2** – Modélisation des informations de la construction (BIM) – Structure des informations basée sur l'EN ISO 16739-1 pour l'échange de modèles de données et de feuilles de données pour les objets de construction – Partie 2 : Objets de construction configurables et exigences

**NF EN ISO 22014** – Objets de bibliothèque pour l'architecture, l'ingénierie, la construction et l'utilisation

**NF EN ISO 22057** – Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil – Modèles de données pour l'utilisation des déclarations environnementales de produits (DEP) pour les produits de construction dans la modélisation des informations de la construction (BIM)

**FD ISO/TR 23262** – Interopérabilité SIG (géospatial)/BIM

**XP CEN/TS 17623** – BIM Propriétés pour l'éclairage – Luminaires et capteurs

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes



## 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

Cette section donne une description détaillée de la structure de l'IFC – une base essentielle pour l'échange d'informations numériques sur les bâtiments. Industry Foundation Classes (IFC) est une norme internationale ouverte pour l'échange de données de modélisation des informations du bâtiment (BIM). L'IFC constitue la base de l'openBIM. La norme comprend des déclarations et des propriétés normalisées pour les éléments nécessaires à la description des bâtiments et de leurs équipements techniques associés tout au long de leur cycle de vie. En outre, l'IFC4.3 étend le champ des définitions de données aux infrastructures de transport (routières et ferroviaires).



L'IFC spécifie un schéma de données et un format de fichier. Il est normalisé dans la norme ISO 16739-1 et comprend :

- Le schéma de données IFC;
- La documentation (sous forme HTML, voir code QR);
- Les définitions des jeux de propriétés (*Property Sets*);
- Les définitions des jeux de quantités (*Quantity Sets*);
- Les mécanismes d'échange et de sérialisation des fichiers (= schémas tels que EXPRESS et XSD pour le stockage des données dans les fichiers).

Au début de cette section, une distinction détaillée entre le schéma de données, le format de fichier et le fichier proprement dit est faite, posant ainsi les bases d'une compréhension plus approfondie du contenu. L'architecture du schéma de données est décrite, en mettant l'accent sur les concepts de modélisation de base tels que les couches conceptuelles (*Layers*), les hiérarchies d'héritage et les domaines. Sur cette base, une description précise de la structure d'un fichier IFC est donnée, en utilisant un fichier STEP conforme au schéma de données IFC. Les différentes entités (*Entities*), la structure spatiale des bâtiments, la représentation des relations et l'utilisation des propriétés (*Properties*) sont abordées. L'objectif est de fournir une image globale de l'organisation et de l'application du schéma de données IFC.

### 3.2.1 Vue d'ensemble du schéma de données, du format de fichier et du fichier

L'IFC est à la fois un schéma de données et un format de fichier (.ifc) utilisé pour transférer des données de projets de construction. Bien que les termes susmentionnés aient des significations différentes, ils sont souvent confondus dans la pratique. Cette section explique les différences entre les deux. Des descriptions détaillées du schéma de données et du format de fichier se trouvent dans les sections 3.2.2 et 3.2.3. Un schéma de données est une description formelle d'une structure de données. L'IFC, en tant que schéma de données, définit une structure pour les informations géométriques et alphanumériques. Elle peut être considérée comme un « plan » pour diverses entités d'éléments (*Entities*, par exemple IfcWall, IfcSite, etc.) qui ont des propriétés à la fois géométriques et alphanumériques. En outre, il contient également les relations (*Relations*) entre les entités (*Entities*). La description textuelle du schéma de données est documentée par buildingSMART (voir code QR). Cette documentation complète (HTML) fait également partie de la norme ISO 16739-1.



### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

L'importation et l'exportation de fichiers IFC dans un logiciel de modélisation (BIM) n'incluent généralement pas l'intégralité du schéma de données IFC normalisé par l'ISO. Le schéma IFC est conçu pour être flexible au point de permettre de nombreuses configurations différentes. En voici un exemple : un mur peut être représenté de différentes manières, soit comme un segment de ligne entre deux points, soit comme une géométrie 3D pour la visualisation et l'analyse (par exemple des solides extrudés ou des surfaces triangulées). Les capacités d'un logiciel de modélisation concernant le schéma de données IFC sont régies par ce que l'on appelle les Model View Definition (MVD, voir [section 3.3](#)). Les MVD spécifient et réduisent le schéma de données en fonction des exigences respectives des scénarios d'échange (cas d'usage).

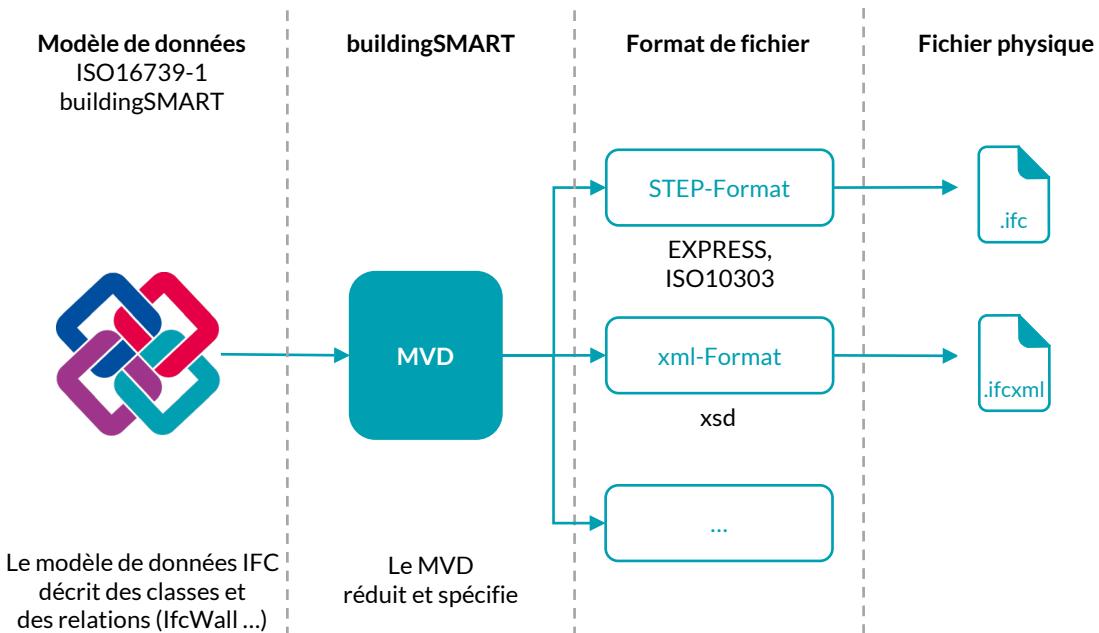
Les utilisateurs de la méthode BIM rencontrent généralement des fichiers IFC lorsqu'ils exportent, importent ou vérifient des modèles d'information. Ces fichiers sont structurés selon le format IFC et contiennent des entités (*Entities*) définies par le schéma de données IFC correspondant. La norme IFC est basée sur plusieurs technologies existantes (voir [section 1.2](#) sur l'histoire de l'IFC), c'est pourquoi divers langages de structuration de données sous-jacents et formats de fichiers applicables sont décrits dans la définition de l'IFC. Le format de fichier de loin le plus courant est le *STEP Physical File* (SPF), conformément à la norme ISO 10303-21. L'extension du fichier est .ifc et il peut être ouvert et lu avec un éditeur de texte standard. L'organisation est décrite par le langage de structuration de données EXPRESS, qui est réglementé dans la partie 11 de la norme STEP (ISO 10303-11). Outre la notation textuelle, la norme définit une notation graphique, EXPRESS-G, pour représenter les données. La documentation du schéma de données IFC4.3 contient des illustrations utilisant EXPRESS-G. Différents formats de fichiers peuvent être utilisés pour l'échange de données des modèles d'information. Le fichier *STEP Physical File* est également disponible dans une version compressée, en compressant un fichier IFC en fichier ZIP. Dans ce cas, l'extension du fichier est .ifczip. D'autres options incluent l'utilisation d'instances XML (extension .ifcXML). La structure du fichier XML est définie comme une définition de schéma XML (XSD en abrégé). Tous les formats de fichiers sont basés sur le même schéma de données IFC, la représentation des données dépendant du format de fichier respectif.

En résumé, le schéma de données IFC décrit la structure et la relation entre les données géométriques et alphanumériques ainsi que leur sémantique. Il comprend des déclarations normalisées (entités d'éléments (*Entities*) – par exemple IfcWall, IfcBuilding) ainsi que les spécifications normalisées correspondantes pour leur description alphanumérique (*Property Sets*), caractéristiques et description géométrique. Il permet également de décrire les relations (*Relations*) entre les éléments (*Entities*). Sur la base de cette description dans le schéma de données, les informations relatives à un bâtiment (informations géométriques et alphanumériques) sont **contenues** dans le format correspondant, le format STEP (extension .ifc) étant le plus couramment utilisé.

**Important :** certaines *Entities* décrites dans le schéma de données IFC (par exemple IfcRoot, IfcElement) sont utilisées pour organiser les définitions d'entités subordonnées et n'apparaissent pas dans le fichier proprement dit (par exemple .ifc, .ifcxml). Il s'agit d'*entités dites abstraites*.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes



**Figure 3.6 :** Relation entre le schéma de données de l'IFC, le format de fichier et le fichier

#### Exemple de schéma de données, de format de fichier et de fichier

À titre d'exemple pour l'entité mur (*Entity IfcWall*), les [figures 3.7](#) et [3.8](#) montrent comment le schéma de données IFC est lié au fichier à l'aide des formats STEP (.ifc) et XML (.ifcxml), respectivement. La documentation du schéma de données IFC conformément à la norme ISO 16739-1 est illustrée dans la partie supérieure de la [figure 3.8](#), qui énumère les attributs requis pour un mur (IfcWall) au format STEP. La partie inférieure de l'image montre la section de fichier d'un mur au format STEP, y compris le lien vers le schéma de données IFC. Le schéma de données IFC est une spécification qui définit les informations qui doivent être contenues dans les différents formats de fichiers.

```
<IfcWall id="i1897">
  <GlobalId>2C45vBrGbB_w_CB97snky</GlobalId>
  <OwnerHistory>
    <IfcOwnerHistory xsi:nil="true" ref="i1648"/>          Lien à un élément réf=i1648
  </OwnerHistory>
  <Name>WandBeispiel-001</Name>
  <ObjectType>NOTDEFINED</ObjectType>
  <ObjectPlacement>
    <IfcLocalPlacement xsi:nil="true" ref="i1802"/>
  </ObjectPlacement>
  <Representation>
    <IfcProductDefinitionShape xsi:nil="true" ref="i1885"/>
  </Representation>
  <Tag>8C105E4B-D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24</Tag>
  <PredefinedType>notdefined</PredefinedType>
</IfcWall>
```

**Figure 3.7 :** Extrait de fichier mural au format XML (extension de fichier .ifcxml)

## 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

### Documentation schéma de données (ISO 16739) – Exemple IfcWall

#	Attribut	Type	Description
<b>IfcRoot (4)</b>			
1	GlobalId	IfcGloballyUniqueId	Assignment of a globally unique identifier within the entire software world.
2	OwnerHistory	OPTIONAL IfcOwnerHistory	Assignment of the information about the current ownership of that object, including owning actor, application, local identification and information captured about the recent changes of the object.
3	Name	OPTIONAL IfcLabel	Optional name for use by the participating software systems or users. For some subtypes of <b>IfcRoot</b> the insertion of the Name attribute may be required. This would be enforced by a where rule.
4	Description	OPTIONAL IfcText	Optional description, provided for exchanging informative comments.
<b>IfcObject (5)</b>			
5	ObjectType	OPTIONAL IfcLabel	The type denotes a particular type that indicates the object further. The use has to be established at the level of instantiable subtypes. In particular it holds the user defined type, if the enumeration of the attribute <i>PredefinedType</i> is set to USERDEFINED or when the concrete entity instantiated does not have a PredefinedType attribute. The latter is the case in some exceptional leaf classes and when instantiating <b>IfcBuiltElement</b> directly.
<b>IfcProduct (5)</b>			
6	ObjectPlacement	OPTIONAL IfcObjectPlacement	This establishes the object coordinate system and placement of the product in space. The placement can either be absolute (relative to the world coordinate system), relative (relative to the object placement of another product), or constrained (e.g. relative to grid axes, or to a linear positioning element). The type of placement is determined by the various subtypes of <b>IfcObjectPlacement</b> . An object placement must be provided if a representation is present.
7	Representation	OPTIONAL IfcProductRepresentation	Reference to the representations of the product, being either a representation ( <b>IfcProductRepresentation</b> ) or as a special case of a shape representation ( <b>IfcProductDefinitionShape</b> ). The product definition shape provides for multiple geometric representations of the shape property of the object within the same object coordinate system, defined by the object placement.
<b>Localisation</b>			
<b>Représentation géométrique</b>			
<b>IfcElement (13)</b>			
8	Tag	OPTIONAL IfcIdentifier	The tag (or label) identifier at the particular instance of a product, e.g. the serial number, or the position number. It is the identifier at the occurrence level.
<b>IfcWall (1)</b>			
9	PredefinedType	OPTIONAL IfcWallTypeEnum	Predefined generic type for a wall that is specified in an enumeration. There may be a property set given specifically for the predefined types.

### Section de fichier mur en format STEP (extension de fichier .ifc)

Position 4 – Le \$ représente une valeur indéfinie (volontairement), si pas défini dans un autre contexte

Position 2 – Lien vers la ligne #12=IfcOwnerHistory(...)

Position 1 – GUID

```
#255=...
#256= IFCWALL['2C45vBrGbB_w_CB97snkya!#12,'WandBeispiel-001'$,$,#178,#244,'8C105E4B-
D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24'.NOTDEFINED.];
#257=...
```

**Figure 3.8 :** Schéma de données IFC et format de fichier STEP

En outre, l'extrait du fichier IFC illustre le principal avantage du format IFC par rapport aux formats natifs conventionnels : les données du fichier IFC ne sont pas cryptées et peuvent donc être lues avec n'importe quel éditeur de texte.

La [figure 3.7](#) montre les mêmes informations pour le même mur que la [figure 3.8](#), mais au format XML. La structure de ces données est définie par un fichier XSD (définition de schéma XML), qui sert de modèle pour le format XML.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

##### 3.2.2 Notions de base sur le schéma de données IFC

Cette section donne un aperçu de la création et du développement de l'IFC (en complément de la [section 1.2](#)), de son langage de programmation des données et de la construction du schéma de données.

###### 3.2.2.1 Développement et versions de l'IFC

Dans les années 1980, on s'est efforcé pour la première fois d'uniformiser les interfaces entre différents systèmes de CAO grâce à la normalisation « STEP – Standard for the Exchange of Product model data » défini dans la norme ISO 10303. Au milieu des années 1990, un groupe de bureaux d'ingénieurs, d'entreprises de construction et d'éditeurs de logiciels, dont Autodesk, Bentley et Nemetschek, a formé l'Alliance internationale pour l'interopérabilité (IAI), qui a ensuite été rebaptisée « buildingSMART ». Leur objectif était d'améliorer la normalisation dans l'industrie de la construction. En 1996, buildingSMART a publié la première version des Industry Foundation Classes : IFC1.0. Les fabricants de logiciels ont intégré ces normes dans leurs produits, et buildingSMART les a publiés gratuitement et de manière neutre, indépendamment des certifications ISO. En 2007, la version IFC2x3 TC1 a été publiée et certifiée ISO pour la première fois (ISO/PAS 16739:2005). La quatrième version, IFC4, a été publiée en 2013 et certifiée en tant que norme ISO 16739 « *Industry Foundation Classes (IFC) pour l'échange de données dans l'industrie de la construction et la gestion d'actifs* » en 2018. L'IFC4 a été révisée en plusieurs étapes pour devenir l'IFC4 ADD2 TC1 (publiée sous la référence ISO 16739-1:2018). Les exigences de l'industrie du logiciel issues des processus de certification des logiciels pour la MVD *Reference View* ont notamment été intégrées dans cette révision. La version la plus récente est l'IFC4.3 ADD2 a été publiée en tant qu'ISO 16739-1:2024 en mars 2024. Toutes les versions précédemment publiées de l'IFC, présentées dans la [figure 3.9](#), peuvent être consultées dans la « Base de données des spécifications IFC » de buildingSMART.

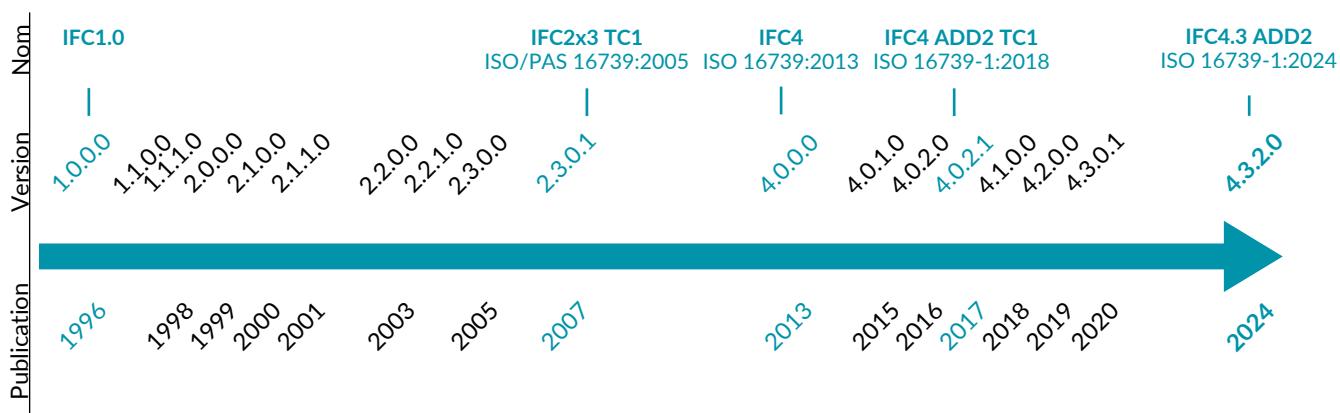


Figure 3.9 : Versions IFC

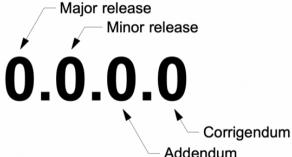


Durant le développement, buildingSMART a utilisé différentes notations et désignations de versions, par exemple IFC2.0, IFC2x3 et IFC4. Lors du buildingSMART Summit 2019 à Düsseldorf, buildingSMART a présenté une nouvelle *notation de version* (logique d'étiquetage) stable en permanence. Celle-ci a depuis été adoptée et peut être consultée sur le site web de buildingSMART (voir [figure 3.10](#)).

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

**Version Notation**

IFC versions are identified using the notation "**Major.Minor.Addendum.Corrigendum**".



**Major versions** consist of scope expansions or deletions and may have changes that break compatibility.

**Minor versions** consist of feature extensions, where compatibility is guaranteed for the "core" schema, but not for other definitions.

**Addendums** consist of improvements to existing features, where the schema may change but upward compatibility is guaranteed.

**Corrigendums** consist of improvements to documentation, where the schema does not change though deprecation is possible.

**Which version do I use?**

The latest version, IFC 4.1 is recommended for all current developments, which is fully backward compatible with IFC 4.0. Core definitions within IFC 4.1 and 4.0 are backward compatible with IFC 2x3 TC1.

**Figure 3.10 :** Notation de version de l'IFC

Les notations de version sont composées de quatre chiffres, qui signifient *Major.Minor.Addendum.Corrigendum*. Le changement du premier chiffre signifie des changements importants (majeurs) qui peuvent affecter la compatibilité. Une nouvelle version majeure est généralement publiée tous les 10 ans. Il s'agit d'un saut fondamental dans le développement, par exemple une révision complète du concept MVD avec IFC5 (5.0.0.0). Les modifications mineures (minor) garantissent la compatibilité du schéma « de base ». Les versions mineures sont donc des étapes intermédiaires pour l'intégration de nouvelles fonctionnalités, par exemple l'inclusion de l'alignement IFC dans IFC4.1 (4.1.0.0) ou l'inclusion de composants de structure de données pour les installations d'infrastructure de transport (route et rail) dans IFC4.3 (4.3.0.1). Un addendum peut contenir des améliorations sélectives pour des fonctions existantes, par exemple l'introduction de surfaces NURBS pour le transfert BREP avec IF C4 Add2 (4.0.2.0). Il est important de noter qu'une compatibilité ascendante est garantie. Un corrigendum (rectificatif) ne modifie pas le schéma en tant que tel, mais des fonctions individuelles peuvent être rendues obsolètes (dépréciation). Les corrigendums sont également des ajustements/corrections de la documentation, par exemple l'amélioration du schéma EXPRESS avec IFC2x3 TC1 (2.3.0.1).

Les nouveaux développements d'une version mineure sont publiés en tant que candidats (par exemple IFC4.3.rc.1) dans le cadre d'un processus standardisé en plusieurs étapes (Project Delivery Governance, voir code QR), qui est spécifié et contrôlé par l'Operation director de buildingSMART International (voir [figure 3.11](#)).



Bien que la version la plus utilisée dans la pratique soit l'IFC2x3, on constate un remplacement croissant par l'IFC4 en raison de l'augmentation de la disponibilité des logiciels certifiés IFC4. Ce livre fait référence à la dernière spécification IFC4.3 (voir code QR).



### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

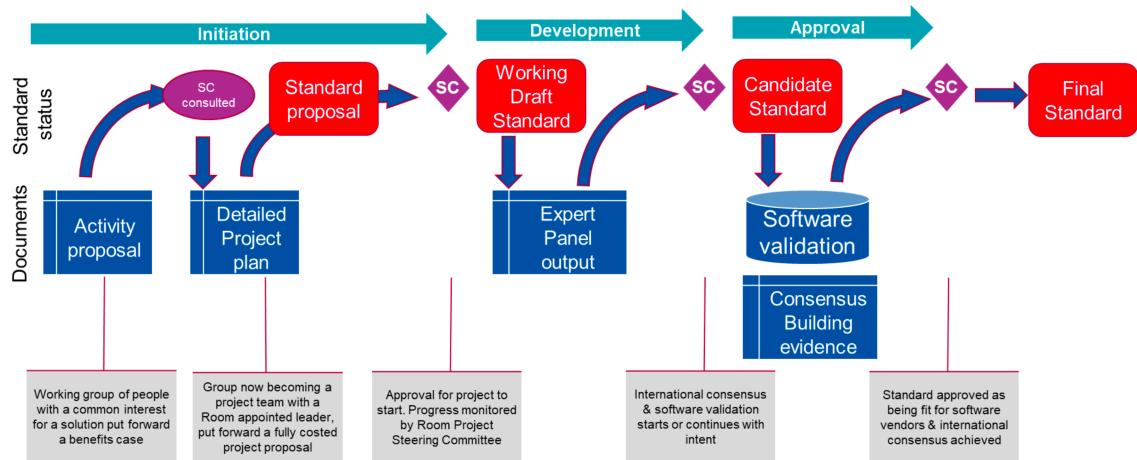


Figure 3.11 : Processus de normalisation de l'IFC

##### 3.2.2.2 Définition des termes

Les définitions de termes ci-après sont basées sur la spécification IFC4.3 (voir code QR) ainsi que sur les définitions et traductions de la bSDD.



##### Entity ou Class, ElementClass, EntityType, Elements

Selon la définition de l'IFC, une *Entity* est une classe d'information définie par des restrictions et des *Attributes* communs, comme spécifié dans la norme ISO 10303-11. Elle sert de base à la description du contenu du modèle d'information, représentant la base de la sémantique du modèle. Des attributs normalisés et des relations avec d'autres *Entities* sont définis pour chaque *Entity*. En outre, le concept d'héritage orienté objet est mis en œuvre, ce qui signifie que les *Attributes* et les *Relations* sont transmis des *Parent-Entities* (entités parents) aux *Child-Entities* (entités enfants). IfcWall, par exemple hérite les attributs *GlobalId*, *OwnerHistory*, *Name*, *Description* de IfcRoot, et des attributs *ObjectType* etc. de IfcObject (voir figure 3.8).

##### Abstract Entity, également classe abstraite

Dans le schéma de données de l'IFC, *Abstract Entity* (par exemple IfcRoot, IfcElement ...) sont utilisées pour regrouper des *Entities* et transmettent à ceux-ci des attributs communs. Les *Abstract Entities* n'apparaissent pas dans le fichier (.ifc, .ifcxml ...) et sont sur fond gris dans la hiérarchie d'héritage dans la documentation du schéma de données IFC ou marquées par « *Abstract* » dans la description.

##### Object / Instance

Un *Object* est tangible ou imaginable et peut exister physiquement comme un mur ou être purement conceptuel comme une charge, une pièce ou une tâche. Dans la modélisation orientée objet utilisée dans l'IFC, un *Object* est également appelé *Instance* ou *exemplaire de l'Entity*. L'*Entity* représente une sorte de gabarit pour la création ou l'instanciation d'objets. Elle décrit la structure et le comportement d'objets similaires.

##### Attribute

Les *Attributes* sont des caractéristiques d'une *Entity*. L'*Attribute* « *GlobalId* » ou « *Name* » d'une *Entity* sont des exemples de telles caractéristiques. Les *Attributes* peuvent donc

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

être obligatoires comme « *GlobalId* » ou facultatifs comme « *Name* ». Les *Attributes* obligatoires sont fournis ou demandés par le logiciel, faute de quoi aucune structure de données valide ne peut être créée.

#### Quantity

Une *Quantity* est un chiffre clé. Il est dérivé des propriétés physiques d'un *Object / Instance*, par exemple la superficie d'une pièce ou le volume d'un composant. Les unités de mesure possibles pour les *Quantities* sont, par exemple la longueur, la surface, le volume, le poids, le nombre et le temps.

#### Quantity Set

Un *Quantity Set* est un jeu de quantités spécifique dans lequel des *Quantities* sont attribuées à une *Entity*. Sa désignation dépend de l'*Entity* associée (par exemple *Qto\_ActuatorBaseQuantities* pour *IfcActuator*). Les *Quantity Sets* (*Qto\_\**) sont des jeux standardisés par l'ISO et ils contiennent des *Quantities* prédéfinies. Des *Quantity Sets* individuels peuvent également être transférés. Toutefois, seuls les *Quantity Sets* et les *Quantities* normalisés ISO doivent être utilisés pour déterminer les quantités dans le cadre des appels d'offres par exemple.

#### Property

Une *Property* est une unité d'information définie dynamiquement comme une instance de l'*Entity IfcProperty*. C'est une caractéristique qui peut être utilisée pour décrire activement la nature d'un *Entity*, comme la *Property* « *FireRating* », qui fournit la caractéristique sur la classe de résistance au feu d'un *Object/Instance*.

#### Property Set

L'*IfcPropertySet* est un conteneur qui contient des propriétés dans une structure arborescente de propriétés. Certains *Property Sets* prédéfinis sont inclus dans les normes ISO 16739-1 et bSDD. Une explication plus détaillée peut être trouvée dans la [section 3.2.3.6](#). De plus, tout *Property Set* et toute *Property* personnalisée doit être identifiable. Les *Property Sets* personnalisés ne doivent pas commencer par le préfixe « *Pset\_\** ».



#### Conventions de nommage

Les noms des types de données sont écrits en majuscules (*CamelCase*). Les premières lettres des mots sont en majuscules et il n'y a pas de trait de soulignement entre les mots. Un exemple de cette notation est *OwnerHistory*. Le schéma de données de l'IFC définit les conventions de nommage suivantes (voir code QR) :

- *Types, Entities* ou les règles et fonctions portent le préfixe « *Ifc* »;
- *Attributes* des *Entities* n'ont pas de préfixe ;
- *Property Sets* qui font partie du standard IFC portent le préfixe « *Pset\_* »;
- *Quantity Sets* qui font partie de la norme IFC ont le préfixe « *Qto\_* ».

#### 3.2.2.3 Structure des Conceptual Layers

Le schéma de données de l'IFC est très vaste. En plus de la structure hiérarchique (relation entre les *Entities*), la structure des *Conceptual Layers* avec quatre *Layers* a été introduite pour améliorer la possibilité de maintenir le schéma de données (voir code QR précédent sur la conventions de nommage). La description des *Conceptual*

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

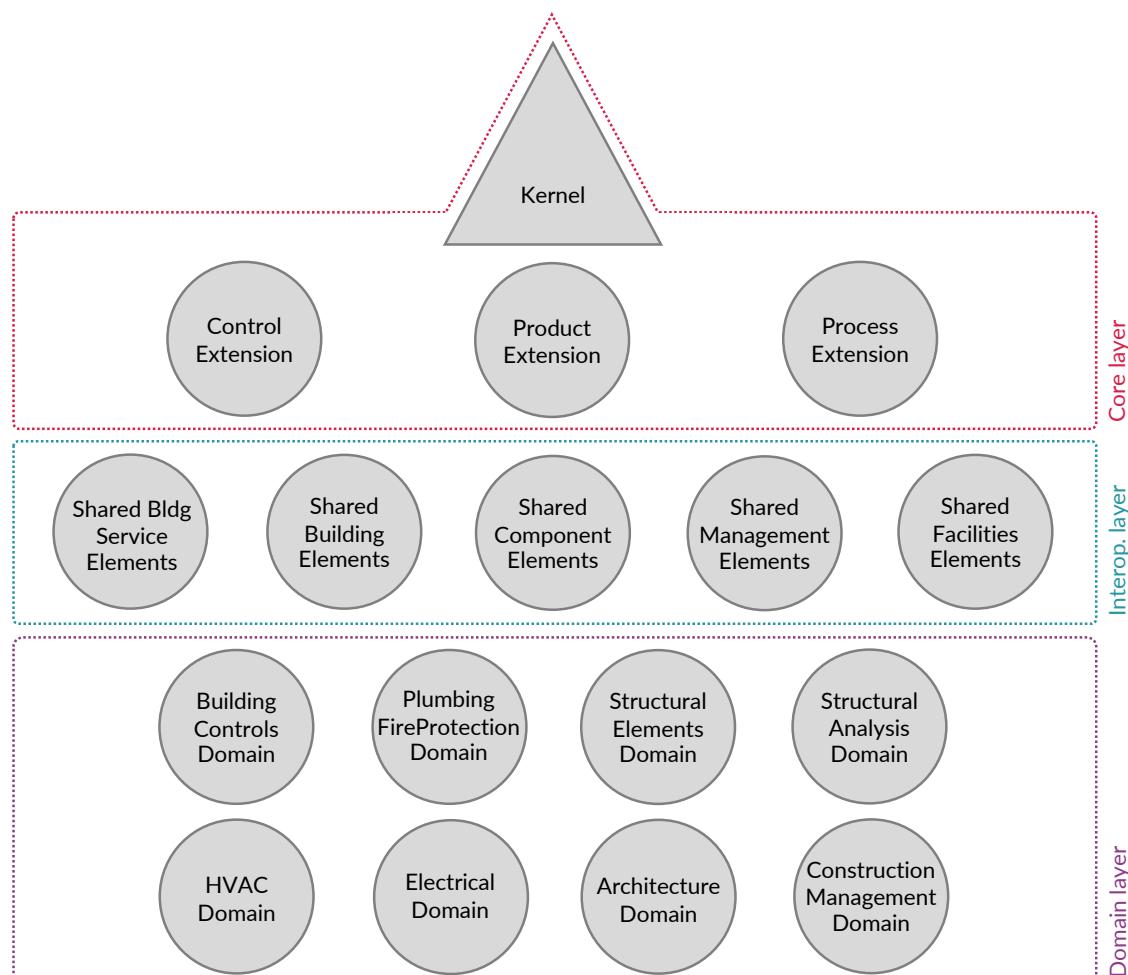
*Layers* de cette section est importante pour la maintenance du schéma de données de l'IFC et intéresse principalement les spécialistes directement impliqués dans le développement de l'IFC. Les quatre *Conceptual Layers* sont les suivants :

1. Core Layer
2. Interoperability Layer
3. Domain Layer
4. Resource Layer

##### 1. Core Layer

Ce premier *Conceptual Layer* contient les *Entities* les plus élémentaires du modèle de données IFC. Elles peuvent être référencées, c'est-à-dire réutilisées et concrétisées, par des *Entity* de la *Interoperability Layer* et de la *Domain Layer*. Les structures de base, les relations fondamentales et les concepts généraux sont définis ici. Toutes les *Entities* des trois *Conceptual Layers* présentées dans la [figure 3.12](#) ont un GUID (Globally Unique Identifier) par exemple.

*Core Layer* (couche du noyau) se compose du *Kernel* (noyau) et les trois *Core Extensions* (extensions du noyau), qui sont utilisées pour regrouper les *Entities* de base :



**Figure 3.12 :** Illustration de la structure en Conceptual Layers

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

- **Kernel** contient l'*Abstract Entity* la plus abstraite, IfcRoot, qui est le *Super-Entity* de toutes les *Entity* des trois premiers *Conceptual Layers*. Les *Child-Entities* directement liées à l'IfcRoot sont IfcObjectDefinition, IfcPropertyDefinition et IfcRelation.
  - IfcRelation est l'*Entity* supérieure pour tous les objets interconnectés et est utilisée pour lier les *Entities*. Elle décrit les relations entre :
    - les *Objects/Instances*
    - les *Properties*
    - les *Objects/Instances* et les *Property*.
  - IfcObjectDefinition est une *Parent-Entity* pour les *Entities* qui permettent l'instanciation et le typage des articles, de personnes et de processus physiquement tangibles ou existants. IfcObjectDefinition comprennent par exemple :
    - IfcContext (avec les entités subordonnées IfcProject et IfcProjectLibrary)
    - IfcElement, IfcElementType
    - IfcSpatialElement (IfcSite, IfcBuilding, IfcSpace, etc.)
    - IfcStructuralActivity, IfcStructuralItem,
    - IfcActor, IfcProcess, et IfcResource.
  - IfcPropertyDefinition contient des *Entities* permettant de regrouper des *Properties* et de fournir des templates de *Property*. Le concept de propriété est décrit en détail dans la [section 3.2.3](#). IfcPropertyDefinition comprend par exemple :
    - IfcPropertySet et IfcQuantitySet
    - IfcPropertyTemplateDefinition et IfcPreDefinedPropertySet.
- **Control Extension** déclare des *Entities* de base pour les objets de contrôle (IfcControl et IfcPerformanceHistory, etc.) et des *Entities* de relation pour l'affectation de ces objets de contrôle à d'autres *Objects/Instances* (comme IfcRelAssignsToControl). IfcControl contient des *Entities* qui contrôlent ou limitent l'utilisation de produits, de processus et de ressources par le biais de règles, de demandes ou d'instructions.
- **Product Extension** concerne les *Entities* des *Objects/Instances* physiques qui ont généralement une forme (géométrie) et un emplacement dans le projet. Il s'agit, par exemple des objets permettant de créer une structure spatiale de projet et des composants de construction. Les informations sont fournies pour ces *Objects/Instances* physiques en tant que *Child-Entity* :
  - IfcProduct pour les informations du produit;
  - IfcTypeProject pour les informations du type.
- **Process Extension** étend le concept d'IfcProcess décrit dans le *Kernel*. Elle contient des *Entities* pour l'illustration logique (schéma des processus), la planification des tâches et du travail. L'objectif est de représenter les informations fréquemment utilisées dans les applications de visualisation des processus et de planification. Les *Entities* du schéma sont par exemple IfcTask, IfcWorkPlan et IfcEvent.
  - IfcTask est utilisé pour les unités de tâches identifiables, par exemple dans le cadre du processus de conception ou de construction.
  - IfcWorkPlan est un planning de travail qui peut faire référence à d'autres plannings de travail avec l'*Entity* IfcWorkSchedule ainsi qu'aux tâches de l'*Entity* IfcTask et aux ressources nécessaires.
  - IfcEvent est utilisé pour enregistrer les jalons qui déclenchent des réponses ou des réactions, par exemple pour identifier un moment où une information est diffusée.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

##### 2. Interoperability Layer

Cette couche d'interopérabilité contient des *Entities* qui peuvent être utilisées dans différentes disciplines et échangées entre elles. Elles peuvent être référencées et spécifiées par toutes les *Entities* situées en dessous d'elles dans la hiérarchie, c'est-à-dire dans le *Domain Layer*.

- **Shared Building Service Elements** : ce schéma définit les *Entities* pour modéliser les systèmes de flux et de distribution ainsi que les *Property Sets* pour décrire les caractéristiques des techniques du bâtiment, comme les *Properties* du flux, les *Properties* électriques et les *Properties* thermiques des pièces.
- **Shared Building Elements** : ce schéma, le plus important de cette couche, est le schéma des composants de construction partagés qui contient des *Entities* importantes telles que IfcWall et IfcSlab. Ces *Entities* et d'autres *Child-Entities* de IfcElement sont utilisées pour représenter les parties fonctionnelles les plus importantes d'un bâtiment. Les *Entities* de la couche *Interoperability Layer* sont dérivées des *Entities* de la couche *Core Layer*, comme dans le cas des *Entities* du schéma *Shared Building Elements* de l'IfcElement.
- **Shared Component Elements** : ce schéma contient des concepts pour diverses petits *Objects/Instances* tels que des accessoires et des composants de fixation. L'*Entity* IfcElementComponent mérite d'être mentionnée. Elle fournit une représentation pour les petits *Objects/Instances* qui ne sont pas pertinents pour la structure globale du bâtiment, par exemple les *Objects/Instances* de raccordement.
- **Shared Management Elements** : ce schéma définit des concepts pour la gestion du projet. Les *Entity* du schéma sont des *Entities* subordonnées à IfcControl. L'objectif est de fournir des *Entities* d'information qui soutiennent le contrôle du projet du point de vue périmètre, coûts et délais.
- **Shared Management Elements** : ce schéma définit les *Entities* de base pour le Facility Management (FM), y compris les *Entity* pour la représentation du mobilier et d'autres *Objects/Instances*.

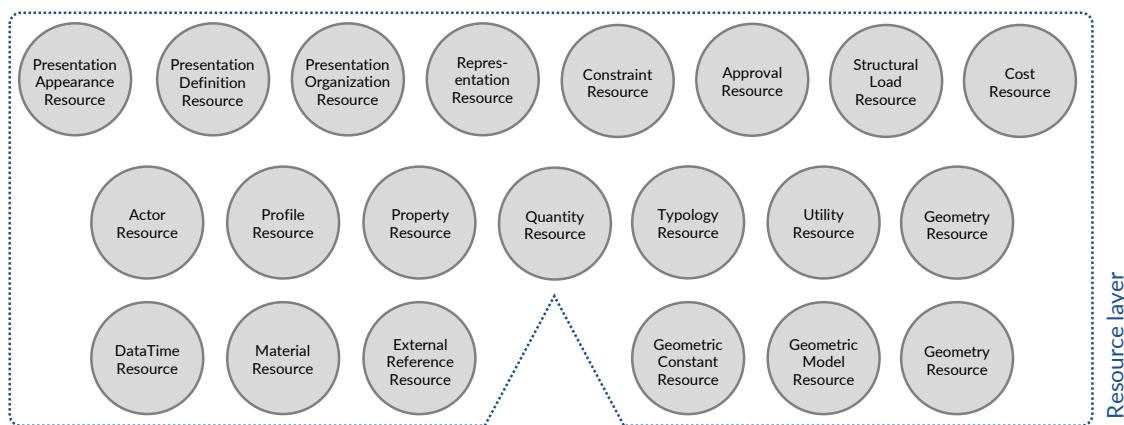
##### 3. Domain Layer

Cette couche de domaine organise les *Entities* des *Objects/Instances* en fonction des disciplines de construction. Les éléments sont utilisés pour représenter les bâtiments et sont organisés en domaines spécifiques (*Domain specific data schemas*) tels que le domaine IfcArchitectureDomain ou le domaine IfcHVACDomain (correspondant à la séparation typique des disciplines de conception). Le *Domain Layer* contient des schémas qui présentent des spécifications de produits, de processus ou de ressources spécifiques à l'une des huit *Domains* (disciplines). Le schéma de l'*Architecture Domain* contient par exemple IfcDoor et IfcWindow. Les *Entities* de cette couche (*Domain Layer*) ne peuvent être référencées par aucun autre *Domain* ou être spécifiées plus en détails. Cette définition permet d'attribuer clairement les responsabilités ou de filtrer le contenu du modèle lors de l'importation ou de l'exportation. En outre, les *Shared Element Data Schemas* (schémas de données d'éléments partagés) fournissent une restriction gérée en parallèle des *Entities* d'*Objects/Instances* qui sont utilisées par plusieurs domaines en parallèle. Les IfcSharedBldgElements, tels que les murs, les planchers, les colonnes et les poutres en sont un exemple. Ces éléments sont utilisés aussi bien par l'architecture que par l'ingénierie structurelle.

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

#### 4. Resource Layer

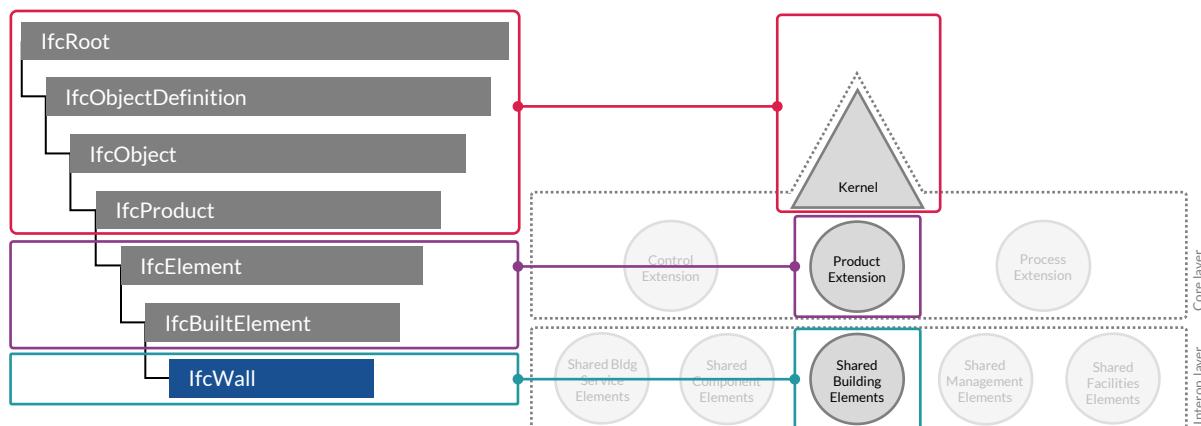
Ce Layer (voir [figure 3.13](#)) contient tous les schémas avec des définitions de ressources d'appui. Comme ces *Entities* ne sont pas des *Child-Entities* de l'IfcRoot, elles sont également appelées *non-rooted Entities*. Elles n'ont pas de GUID et ne peuvent pas exister en tant qu'*Object/Instance* indépendant. Elles doivent être référencées par au moins une *Entity* de l'une des trois autres *Layer*. Des exemples de ces *Entity* sont IfcMaterial, IfcCartesianPoint, IfcFacetedBrep, IfcPerson, IfcPropertySingleValue, IfcObjective ou IfcRegularTimeSeries. Les *Entities* essentielles du *Ressource Layer* sont par exemple MaterialResource, GeometricModelResource et PropertyResource.



**Figure 3.13 : Resource Layer**



Les *Conceptual Layers* du schéma de données de l'IFC sont illustrées à la [figure 3.14](#) sur la base d'un cas d'usage. L'*Entity* IfcWall (voir code QR) fait partie du schéma *Shared Building Elements*, qui se trouve dans l'*Interoperability Layer*. C'est une *Child-Entity* de IfcBuiltElement du schéma *Product Extension* dans le *Core Layer*. La structure d'héritage continue vers le haut via les *Parent-Entities* IfcElement et IfcProduct (tous deux font partie du schéma *Product Extension*) et les Entity IfcObject et IfcObjectDefinition dans le *Kernel*, jusqu'à l'*Entity* la plus abstraite de toutes les *Entities* : IfcRoot. IfcRoot est l'origine de toutes les *Entities* du *Core Layer*, du *Interoperability Layer* et du *Domain Layer*.



**Figure 3.14 : Liaison de structure des *Layers* avec la hiérarchie d'héritage**

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

##### 3.2.2.4 Hiérarchie d'héritage

Le schéma de données est structuré selon une logique d'héritage. L'*Entity* de premier niveau est IfcRoot (sauf pour les *Entities* de la *Resource Layer*). Sur la base de cette *Entity*, les relations et les attributs sont hérités dans l'IFC. En programmation, l'héritage signifie qu'une *Child-Entity* peut hériter des propriétés d'un ou plusieurs *Parent-Entities*. Les *Child-Entities* disposent donc d'informations supplémentaires et représentent des spécialisations. L'héritage des *Attributes* est expliqué ci-dessous à l'aide de l'*Entity* IfcWall. La figure 3.15 montre la hiérarchie d'héritage de l'*Entity* IfcWall. La *Parent-Entity* de l'*Entity* IfcWall est l'*Entity* IfcBuiltElement.



Figure 3.15 : Représentation de l'héritage de l'entité IfcWall dans le schéma de données de l'IFC



### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

Jusqu'à la norme IFC4 (incluse), le nom de la *Parent-Entity* de IfcWall était IfcBuildingElement. Outre IfcBuildingElement, il existait également IfcCivilElement (génie civil) (marqué en rouge sur la [figure 3.15](#)). Cependant, de nombreux IfcBuiltElement (éléments de construction) de bâtiments sont également utilisés dans le génie civil, c'est pourquoi la construction de bâtiments et le génie civil ont été combinés dans IfcBuiltElement, IfcCivilElement ayant été déclassés (deprecated) à partir de la norme IFC4.3.

Les *Entities* IfcBeam et IfcSlab sont des exemples d'*Entities* situées au même niveau de la hiérarchie que IfcWall. IfcWall, IfcBeam et IfcSlab reçoivent les *Attributes* disponibles des *Entities* IfcObjectDefinition, IfcObject, IfcProduct, IfcElement, IfcBuiltElement, en plus de leurs propres *Attributes*.

La [figure 3.16](#) énumère les *Attributes* de l'IfcWall, organisés en fonction de leur origine (voir code QR de l'IfcWall). Elle montre quelles caractéristiques sont héritées par les *Attributes* des *Parent-Entities*. La figure montre les *Attributes* d'IfcRoot qui sont hérités par toutes les *Entities* qui ont leur origine dans le *Kernel*, c'est-à-dire toutes sauf celles de la *Resource Layer*. IfcRoot constitue donc la racine de l'arbre d'héritage de la plupart des *Entities* du schéma de données de l'IFC. Il fournit l'*Attribute GlobalId (IfcGloballyUniqued - GUID)*, qui est nécessaire pour identifier les *Objects / Instances* de manière unique. Le *GUID* est généré automatiquement et est un nombre de 128 bits qui est compressé en

#	Attribute	Type	Description	Attributs de IfcRoot
<b>IfcRoot (4)</b>				
1	GlobalId	IfcGloballyUniqued	Assignment of a globally unique identifier within the entire software world.	
2	OwnerHistory	OPTIONAL IfcOwnerHistory	Assignment of the information about the current ownership of that object, including owning actor, application, local identification and information captured about the recent changes of the object.	
3	Name	OPTIONAL IfcLabel	Optional name for use by the participating software systems or users. For some subtypes of IfcRoot the insertion of the Name attribute may be required. This would be enforced by a where rule.	
4	Description	OPTIONAL IfcText	Optional description, provided for exchanging informative comments.	
<b>IfcObject (5)</b>				
5	ObjectType	OPTIONAL IfcLabel	The type denotes a particular type that indicates the object further. The use has to be established at the level of instantiable subtypes. In particular it holds the user defined type, if the enumeration of the attribute PredefinedType is set to USERDEFINED or when the concrete entity instantiated does not have a PredefinedType attribute. The latter is the case in some exceptional leaf classes and when instantiating IfcBuiltElement directly.	
<b>IfcProduct (5)</b>				
6	ObjectPlacement	OPTIONAL IfcObjectPlacement	This establishes the object coordinate system and placement of the product in space. The placement can either be absolute (relative to the world coordinate system), relative (relative to the object placement of another product), or constrained (e.g. relative to grid axes, or to a linear positioning element). The type of placement is determined by the various subtypes of IfcObjectPlacement. An object placement must be provided if a representation is present.	
7	Representation	OPTIONAL IfcProductRepresentation	Reference to the representations of the product, being either a representation (IfcProductRepresentation) or as a special case of a shape representation (IfcProductDefinitionShape). The product definition shape provides for multiple geometric representations of the shape property of the object within the same object coordinate system, defined by the object placement.	
<b>IfcElement (13)</b>				
8	Tag	OPTIONAL IfcIdentifier	The tag (or label) identifier at the particular instance of a product, e.g. the serial number, or the position number. It is the identifier at the occurrence level.	
<b>IfcWall (1)</b>				
9	PredefinedType	OPTIONAL IfcWallTypeEnum	Predefined generic type for a wall that is specified in an enumeration. There may be a property set given specifically for the predefined types.	

**Figure 3.16 : Héritage des Attribute dans l'exemple de IfcWall**

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

un nombre de 22 caractères afin de réduire l'espace de stockage requis pour l'échange de données. L' *Attribute OwnerHistory* est un autre attribut d'IfcRoot qui fournit des informations sur les propriétaires et sur la date et l'heure de la dernière modification de l'*Entity*.

Les *Attribute Name* (IfcName) et *Description* (IfcDescription) permettent d'ajouter un nom et un commentaire. Le seul *Attribute* de IfcWall qui n'est pas hérité d'une *Parent-Entity* est *PredefinedType* (voir [section 3.2.3.2](#)).

#### 3.2.3 Contenu d'un fichier IFC

Cette section approfondit le schéma de données IFC en examinant en détail le contenu d'un fichier IFC, à l'aide d'exemples dans le format de fichier STEP. Pour réduire la complexité et faciliter la compréhension, la description se concentre sur certains aspects du schéma de données de l'IFC plutôt que sur son intégralité. Pour garantir une description claire et compréhensible, le contenu du fichier IFC est divisé en cinq niveaux :

1. Niveau général (en-tête, organisation, unités),
2. Niveau structure spatiale,
3. Niveau des éléments,
4. Niveau des ressources,
  - a. Matériau (Material),
  - b. Propriété (Property),
  - c. Classification (voir [section 3.8](#))
5. Relations – *Relations*.

Cette approche systématique permet une bonne compréhension du schéma de données de l'IFC et démontre son application dans la pratique, en particulier lors de l'utilisation du format de fichier STEP. La [figure 3.17](#) met tous les niveaux en contexte les uns par rapport aux autres. Chaque fichier IFC possède l'*Entity* IfcProject. Le niveau structure spatiale (site, bâtiment, étage, espace) est basée sur cette *Entity* dans le fichier IFC. Les *Objects/Instances* du niveau des éléments (par exemple IfcWall, IfcPipe-Segment) sont ensuite incorporés dans le niveau de structure spatiale et documentés dans le schéma de données dans différents groupes (par exemple IfcBuiltElement, IfcDistributionElement). Des relations sont utilisées pour relier les éléments et la structure spatiale. Un élément a également des relations avec la classification, le jeu de propriétés (*Property Set*) / la propriété (*Property*) et le matériau *Material* (IfcMaterial). Le matériau lui-même peut à son tour avoir ses propres relations avec les classifications et les propriétés. Malheureusement, l'affectation des matériaux est mise en œuvre de manière très hétérogène dans les logiciels BIM actuellement disponibles sur le marché. Cette situation devrait changer à moyen terme avec la norme ISO 23386. Cette norme relative aux *DataSheets* régit l'interaction entre les informations sur le bâtiment et les informations sur les matériaux ou les produits. L'IFC5 peut également entraîner une modification de la structure des données sur les matériaux.

##### Matériau :

La séparation cohérente des propriétés des matériaux et des éléments est essentielle pour une structure normalisée, mais elle n'est pas encore totalement mise en œuvre. Un exemple est l'entité IfcWall, pour laquelle des informations sur les propriétés du

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

matériaux peuvent être saisies via le jeu de propriétés Pset\_ConcreteElementGeneral. Toutefois, ces informations devraient être réservées aux entités IfcMaterial. Cette séparation cohérente vise à garantir que les matériaux n'apparaissent pas plusieurs fois dans la structure, mais qu'ils sont simplement référencés plusieurs fois.

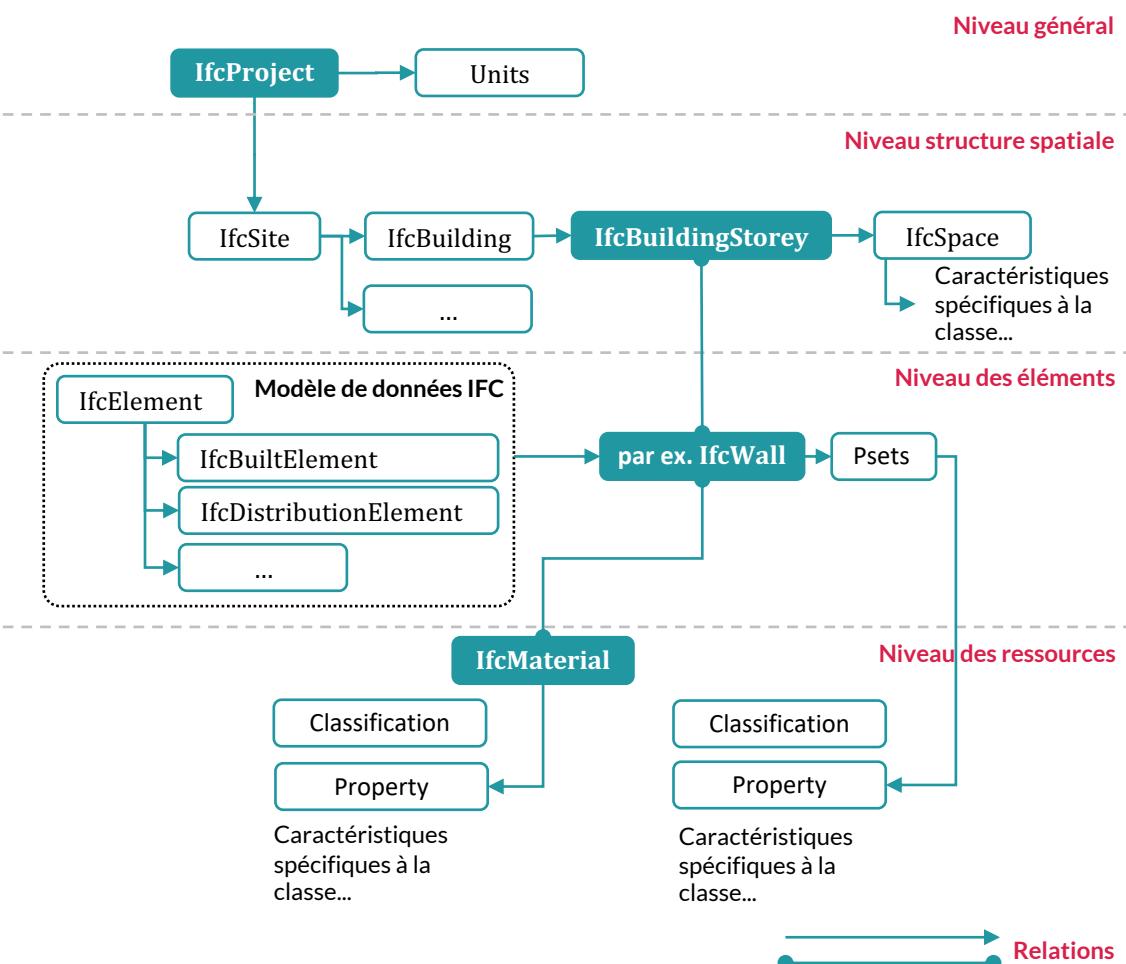


Figure 3.17 : Structure d'un fichier IFC

#### 3.2.3.1 Contenu général

Un fichier IFC peut être ouvert avec n'importe quel éditeur de texte. Chaque fichier IFC se compose de deux sections :

- HEADER;
- DATA.

La section HEADER contient des informations sur la *Model View Definition*, le nom et le chemin d'accès du fichier, l'auteur, le logiciel et le schéma de données IFC utilisé pour l'exportation. Une section HEADER peut se présenter comme suit :

```
ISO-10303-21;
HEADER;FILE_DESCRIPTION(('no view'), '2;1'); FILE_NAME('C://chemin/du/fichier.
ifc', ('Linda'), ('Software Name', 'Konrad-Zu 1, Germany'), 'EDMSix Version 2.
0100.09 Sep 7 2016', 'Allplan 2019.1 24.06.2019 16:10:06', '');
FILE_SCHEMA('IFC4');
ENDSEC;
```

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

La section DATA, telle que présentée dans la [figure 3.18](#), contient toutes les informations relatives au projet. Dans le format de fichier physique STEP, chaque instance reçoit un identifiant interne au fichier (*Express/D*), qui consiste en un nombre précédé du caractère #. Ces identifiants sont utilisés pour le référencement entre les *Entity*. Dans la [figure 3.18](#), par exemple IfcWall fait référence à IfcOwnerHistory. La première section contient des informations sur l'auteur, l'organisation et IfcOwnerHistory. Les unités sont ensuite définies.

The diagram illustrates the beginning of the IFC DATA section. It starts with a brace labeled 'Auteur' grouping several declarations. An arrow points from a brace labeled 'Unités' to the declaration '#12= IFCOWNERHISTORY(...)', which is highlighted with a red box. A red bracket below this line points to the text 'Référence avec l'identificateur #12 de la classe IfcOwnerHistory'. The code continues with more declarations and ends with a comment '#256= IFCWALL(...)'.

```
DATA;
#1= IFCPERSON($,'Non défini',$$,$,$,$,$,$);
#3= IFCORGANIZATION($,'Non défini',$$,$,$,$,$,$);
#7= IFCPERSONANDORGANIZATION(#1,#3,$);
#10= IFCORGANIZATION(GX,'X','X',$,$,$);
#11= IFCAPPLICATION(#10,'XXX','XXX','IFC add-on version: 3001 AUT FULL');
#12= IFCOWNERHISTORY(#7,#11,$..NOCHANGE..,$,$,$,1704713129);
#13= IFCSIUNIT(*..LENGTHUNIT,$.,METRE.);
#14= IFCSIUNIT(*..AREAUNIT,$.,SQUARE_METRE.);
#15= IFCSIUNIT(*..VOLUMEUNIT,$.,CUBIC_METRE.);
...
... Référence avec l'identificateur #12 de la classe IfcOwnerHistory
#256= IFCWALL('2C45vBrGbB_w_CB97snky'#12,'WandBeispiel-001',
$,$,$,178,$244,'8C105E4B-D509-4FBF-AF8C-2C91F6C6EF24',NOTDEFINED.);
```

**Figure 3.18 :** Début de la section DATA

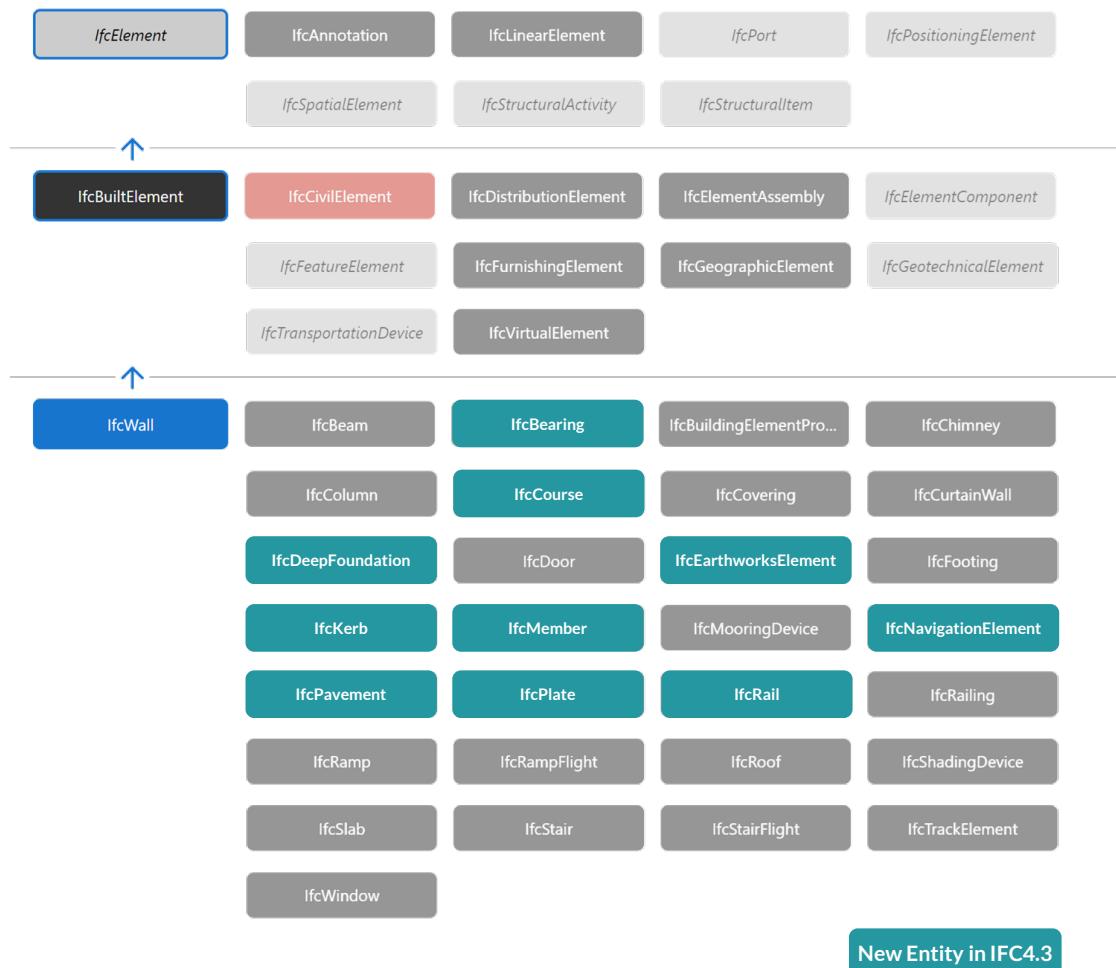
##### 3.2.3.2 Niveau de l'Object/Instance – IfcElement et ses Child-Entities

Le composant de base pour le niveau de l'*Object/Instance* est l'*Abstract Entity* IfcElement. IfcElement est une généralisation de tous les éléments physiquement existants qui composent une construction. C'est une *Parent-Entity* pour plusieurs *Objects/Instances* particulièrement importants et nécessaires pour décrire les constructions. La [figure 3.19](#) montre toutes les *Child-Entities* de l'*Entity* IfcElement sur la gauche. Le *Child-Entity* d'IfcElement, IfcBuiltElement, est particulièrement pertinent pour les constructions. Ses *Child-Entities* sont des éléments tels que IfcWall, IfcSlab, IfcColumn et IfcWindow. Avec l'IFC4.3, IfcBuiltElement contient également des éléments organisés horizontalement qui apparaissent dans les systèmes d'infrastructures linéaires pour la construction de routes, de ponts et de voies ferrées (par exemple IfcCourse, IfcRail).

Une autre *Child-Entity* de IfcElement est IfcDistributionElement, qui contient des éléments pour les systèmes d'approvisionnement utilisés pour les installations techniques du bâtiment. Ces éléments peuvent être utilisés entre autres pour les systèmes de chauffage et de refroidissement, les systèmes de traitement des eaux usées et les systèmes électriques.

Les *Child-Entities* de l'IfcElement ont une définition claire de leur domaine d'application. Cette définition s'accompagne d'une limitation de leur fonctionnalité géométrique (position, trajectoire, dimension), des jeux de quantités (*Quantity Sets*) qui peuvent en être dérivés et des propriétés qui sont fondamentalement nécessaires à la description (organisées en Psets). Par exemple, un IfcWall possède le Pset\_WallCommon et les propriétés associées. En outre, le *Material Layer Set* pour chaque *Entity* fournit une spécification concrète pour l'assignation des matériaux. Il peut s'agir d'une définition en couches pour IfcWall ou d'une différenciation entre la finition, le remplissage et la

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes



**Figure 3.19 :** Illustration des différentes Child-Entities de l'IfcElement

sous-couche pour **IfcCovering**. La *déclaration des matériaux* permet une définition libre des matériaux pour lesquels des propriétés librement définies peuvent être associées. Bien que la spécification IFC offre des propriétés matérielles prédéfinies détaillées, celles-ci n'ont pas encore été mises en œuvre dans tous les logiciels BIM. D'une manière générale, l'introduction DataTemplate (*modèles de données*), conformément à la norme ISO 23386/23387, devrait entraîner une modification de la gestion des données du bâtiment et des informations sur les Product DataTemplate.

L'Entity **IfcBuildingElementProxy** désigne un élément pour tous les domaines d'application pour lesquels la spécification IFC utilisée n'a pas encore de sémantique – c'est-à-dire une *Child-Entity* appropriée de **IfcElement**. Dans de rares cas, si une *Entity* spécifiée n'est pas mise en œuvre, l'*Entity* **IfcBuildingElementProxy** peut être utilisée. Cependant, dans de tels cas, il faut veiller à ce que cette dérogation soit communiquée à l'équipe de projet (généralement dans le BIM Execution Plan). La nouvelle norme ISO 16739-1:2024 pour l'IFC4.3 recommande l'utilisation de **IfcBuiltElement** au lieu de **IfcBuildingElementProxy** si le logiciel le permet. **IfcBuildingElementProxy** est encore fréquemment utilisé dans les projets d'infrastructure de transport traités avec IFC2x3, car le schéma IFC2x3 ne comprend pas de sémantique pour les *Entities* de l'infrastructure.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

##### PredefinedType

Les *Entities* peuvent être déclarées plus précisément en spécifiant un champ *PredefinedType* (voir figure 3.8, position 9). Il s'agit d'une information supplémentaire qui peut être utilisée pour restreindre les propriétés nécessaires. La classe d'*Entity* (par exemple IfcWall) n'est pas affectée. De nombreuses *Child-Entities* de IfcElement ont déjà des *PredefinedTypes* dans le schéma de données IFC. IfcWall, par exemple possède des *PredefinedTypes* tels que « MOVEABLE », « SOLIDWALL », « NOTDEFINED ». La figure 3.20 montre trois murs (IfcWall) avec différentes déclarations *PredefinedType* dans un fichier STEP. Chaque *Child-Entity* de IfcElement peut se voir attribuer le *PredefinedType* « USERDEFINED », tout type pouvant être défini sous l'attribut *ObjectType* (par exemple « ATTIQUE »). Dans les EIR, les *Properties* peuvent donc être attribuées non seulement au niveau de l'*Entity* (par exemple IfcWall), mais aussi au niveau du *PredefinedType* (par exemple IfcWall.USERDEFINED.ATTIQUE). En outre, toute déclaration USERDEFINED utilisée doit également être définie pour l'équipe de projet dans le EIR ou le BEP.

#256= IFCWALL('2C45vBrGbB\_w\_CB97snkya',#12,'MurExemple-001'  
,\$,\$,#178,#244,'8C105E4B-D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24',NOTDEFINED);  
#256= IFCWALL('2C45vBrGbB\_w\_CB97snkya',#12,'MurExemple-001'  
,\$,\$,#178,#244,'8C105E4B-D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24',MOVEABLE);  
#256= IFCWALL('2C45vBrGbB\_w\_CB97snkya',#12,'MurExemple-001'  
,\$,\$,ATTIQUE,#178,#244,'8C105E4B-D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24',USERDEFINED);

The diagram shows three IfcWall declarations. Each declaration has a vertical line pointing upwards from it, labeled 'PredefinedType'. The first declaration ends with 'NOTDEFINED)', the second with 'MOVEABLE)', and the third with 'USERDEFINED)'. A horizontal line connects the top of the first two declarations to the top of the third one, with an arrow pointing down to the 'USERDEFINED)' part of the third declaration. This indicates that the 'MOVEABLE' and 'USERDEFINED' types are being grouped under the 'NOTDEFINED' type.

Figure 3.20 : Représentation des différents PredefinedType de murs IfcWall dans le format de fichier STEP

##### IfcBuildingElementPart

Il existe des *Entities* spécifiques pour différents éléments de la structure IFC. Les éléments verticaux (murs) et les éléments horizontaux (dalles) peuvent être représentés par IfcWall et par IfcSlab. Les éléments sont définis individuellement au niveau géométrique. Cependant, les éléments individuels peuvent également être constitués de différentes couches ou parties (IfcBuildingElementPart) avec leur propre géométrie, ce qui permet de représenter des structures géométriquement complexes, par exemple les couches d'un mur peuvent chacune être définies comme IfcBuildingElementPart et la structure entière du mur comme IfcWall.

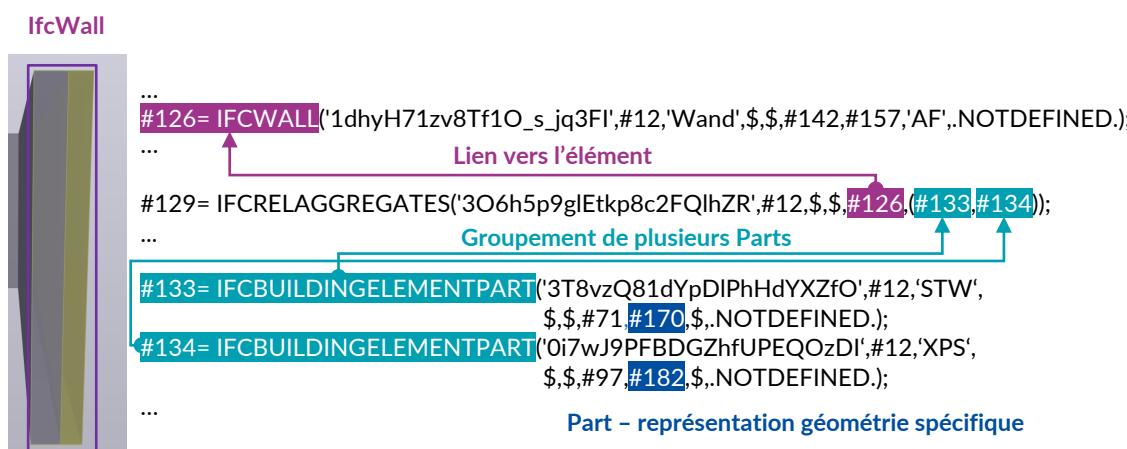


Figure 3.21 : Structure d'un mur IfcWall avec IfcBuildingElementPart dans un fichier STEP

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

Depuis l'IFC4, l'IfcBuildingElementPart peut également contenir des *Property Sets* et des *Properties*. Dans la plupart des EIR, cependant, les exigences en matière d'information sont définies au niveau du composant ou de l'*Entity* (par exemple IfcWall). L'information couche par couche peut également être transmise par le biais du matériau (voir section 3.2.3.5), qui est attribué à l'IfcBuildingElementPart correspondant.

#### IfcElementType

Un *Object/Instance*, par exemple un mur, est représenté géométriquement et alphanumériquement de manière complète via IfcWall. Cependant, dans de nombreux projets, il existe de nombreux composants identiques (IfcWall, IfcSignal ...) qui partagent les mêmes informations. IfcElementType a été introduit pour décrire efficacement, en termes de taille de fichier, les composants récurrents. Un type réutilisable (IfcElementType) est prédefini à cette fin, comme un « modèle ». Des types d'*Object/Instance* correspondants sont disponibles pour la plupart des *Child-Entities* d'IfcElement, qui portent le même nom que l'*Entity* avec le suffixe supplémentaire *Type*, par exemple IfcDoorType pour l'*Object/Instance* IfcDoor. Ces IfcElementType définissent des informations partagées et les attribuent à plusieurs *Object/Instance*. L'ensemble des informations partagées peut comprendre les éléments suivants :

- les *Properties* communes au sein de *Property Sets* communs;
- les informations communes sur les matériaux;
- les définitions communes des couches de matériaux;
- la représentation géométrique commune, etc.

Une application possible est la définition de *Property Sets* communs (voir figure 3.22) et d'informations sur les matériaux dans un fichier, en les attribuant à plusieurs murs.

```
#156=IFCWALL('0Bc7i64YzANAdct5Rq_I3f',#20,$,$,$,#15622,#15636,'2414787',.NOTDEFINED.);  
#157=IFCWALL('0Bc7i64YzANAdct5Rq_I3k',#20,$,$,$,#15676,#15717,'2414788',.NOTDEFINED.);  
... Relations entre IfcWallType comprenant des informations partagées avec plusieurs IfcWall  
  
#149198=IFCRELDEFINESBYTYPE('2n073$iB1CSUC$NHSqV$cJ',#20,$,$,#156,#157,#15807),#159);  
...  
#159=IFCWALLTYPE('0Bc7i64YzANAdct5Rq_I22',#20,'STB-Mur',$,,$,(#960),$',2414',$.STANDARD.);  
... Utilisation commune d'un property set  
#960=IFCPROPERTYSET('0ix8oL95GAaV62Df4qzzDZ',#20,'Pset_WallCommon',$(#15672));  
...
```

**Figure 3.22 :** Relation entre IfcWall, IfcMaterial, Properties dans un fichier STEP

Une autre application possible est la définition géométrique et alphanumérique exacte d'un type IfcSignalType ou IfcWindowType qui est ensuite attribué à un nombre quelconque d'*Object/Instance* d'IfcSignal ou d'IfcWindow. L'information de localisation est la seule information qui subsiste pour ces *Objects/Instances* individuelles d'IfcSignal ou d'IfcWindow (origine liée au composant – voir section 3.2.3.4).

#### 3.2.3.3 IfcRelationship – Entité de relation

En utilisant le concept de relations d'*Object/Instance*, des *Entities* (par exemple IfcWall) peuvent être liées à d'autres *Entities* (par exemple IfcSpace). En IFC, cela se fait en utilisant le principe des relations. Cela signifie que l'association entre deux objets est

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

établie par le biais d'une *Entity* intermédiaire distincte qui représente les relations. Ces *Entities* de relation sont toujours une *Child-Entity* de l'*Entity* IfcRelationship. Les *Entities* de relation sont liés aux *Objects/Instances* par des attributs commençant par *Related* ou *Relating*. Les cinq *Child-Entity* directes de l'entité de relation et certaines de leurs *Child-Entity* sont présentées dans la figure 3.23.

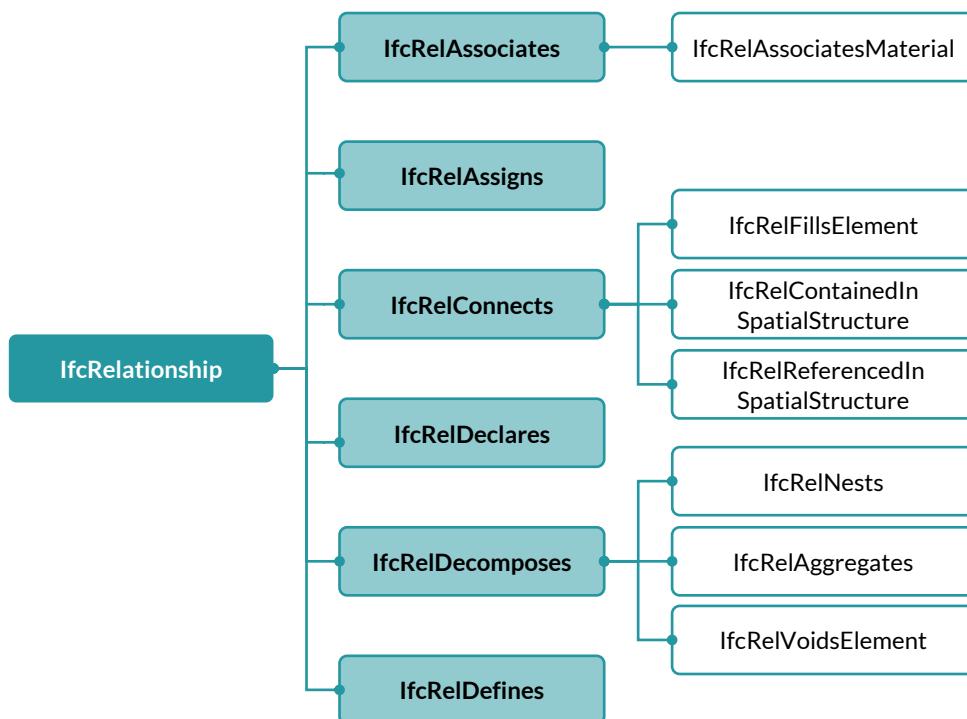


Figure 3.23 : IfcRelationship et ses Child-Entity dans le schéma de données de l'IFC

IfcRelAssociates relie les sources d'information sur les matériaux, les documents et les restrictions situés à l'intérieur ou à l'extérieur des données du projet avec les objets des *Entities* IfcObject, IfcTypeObject ou, dans certains cas, IfcPropertyDefinition. Des détails sur IfcRelAssociatesMaterial se trouvent dans la section 3.2.3.5.

IfcRelDecomposes est traduit en IFC par « relation de partie à tout ». Elle définit le concept général d'éléments composites ou décomposés. Cette *Entity* de relation permet de formuler une hiérarchie de partie à tout, avec la possibilité de naviguer du tout (la composition) à une partie et vice versa. Il existe plusieurs types de décompositions : l'*Entity* IfcRelNests, qui est utilisée, par exemple pour relier les éléments de coût d'un « nid » (*nest*) à d'autres, ou l'*entity* IfcRelAggregates, qui peut, par exemple représenter une construction de cadre comme un regroupement (*aggregation*) d'une poutre et d'un poteau. Cette *Entity* est également utilisée pour relier des objets spatiaux (voir section 3.2.3.4). En outre, l'*Entity* IfcRelVoidsElement offre la possibilité de modéliser une ouverture dans un élément. Une instance de cette entité pour la modélisation d'une ouverture dans un mur peut être trouvée dans la figure 3.24.

IfcRelDefines contient des *Child-Entity* pour l'affectation de IfcElementType à IfcElement (voir figure 3.22), pour l'affectation de Psets à des *Entity* (voir figure 3.36) et pour l'affectation de *Property Sets Templates* à des Psets.

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

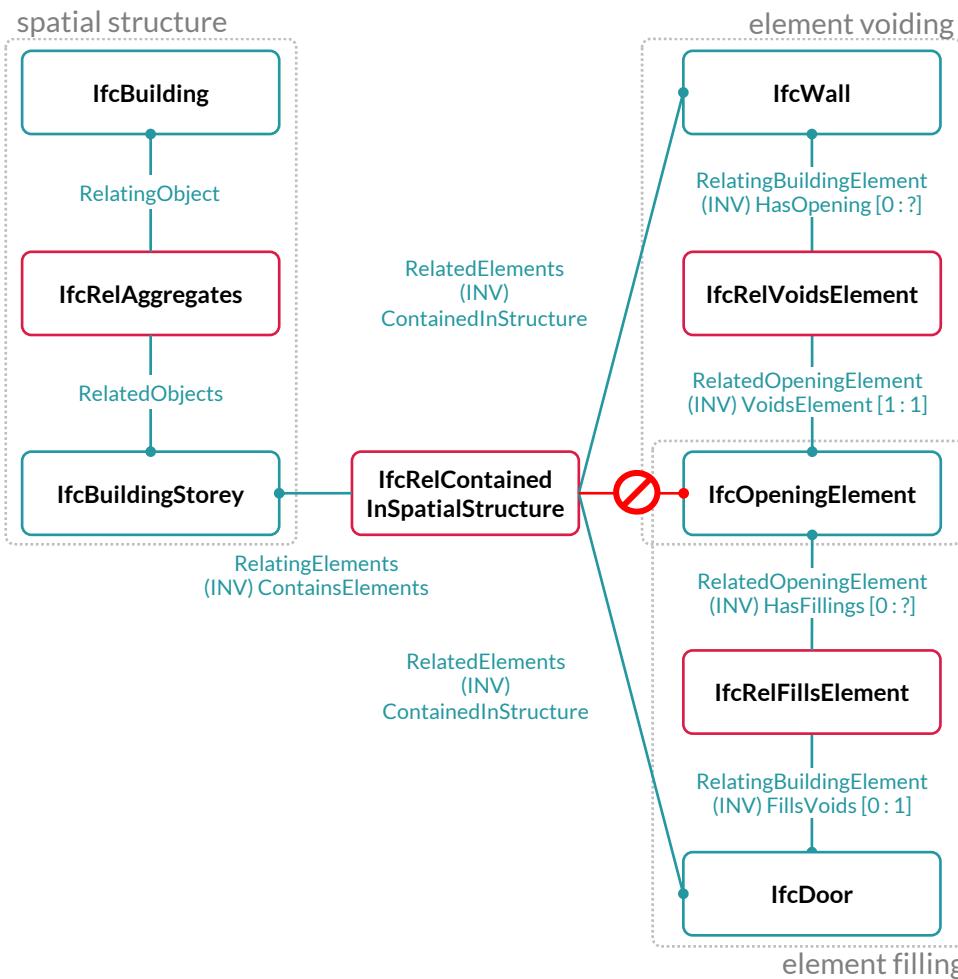


Figure 3.24 : Relation entre le mur, la porte, l'ouverture et l'étage (IfcRelFillsElement)

IfcRelConnects contient des *Entities* qui créent des connexions entre des *Objects/Instances* dans des conditions particulières. Dans l'exemple de la *Child-Entity* IfcRelContainedInSpatialStructure (voir figure 3.28), il s'agit de la condition selon laquelle un objet ne peut être assigné qu'à un seul élément de structure spatiale. L'entité de relation IfcRelReferencedInSpatialStructure est utilisée pour affecter un *Object/Instance* à un *Object/Instance* de structure spatiale supplémentaire (par exemple pour les éléments de façade s'étendant sur plusieurs étages). L'entité de relation IfcRelFillsElement permet d'établir une relation univoque entre une ouverture et un élément qui la remplit, comme une porte dans une ouverture murale. Cet exemple est illustré à la figure 3.24. L'ouverture elle-même n'est liée qu'aux éléments, c'est-à-dire, dans l'exemple présenté, à la porte et au mur, et non à l'*Entity* Espace (IfcSpace) dans lequel elle se trouve.

Les relations établissent des liens simples entre les *Entities*, mais elles ne contiennent aucune information géométrique. Les informations géométriques sont attachées aux *Entities* individuelles (IfcProductRepresentation).

IfcRelAssigns est la *Parent-Entity* pour diverses relations qui peuvent être utilisées en direct entre les *Objects/Instances* d'IfcObject et leurs *Child-Entities*. Ce type de relation fait référence à l'affectation dans laquelle le *Parent-Entity* (*Client*) utilise les services

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

de la *Child-Entity (Fournisseur)*. La [figure 3.25](#) en donne un exemple : IfcResource (une instance de la *Child-Entity* IfcLaborResource) est affectée en tant que fournisseur à une instance de la *Child-Entity* IfcProcess IfcTask (en tant que *Client-Entity*). L'entité de relation pour ce lien est IfcRelAssigns avec la *Child-Entity* IfcRelAssignsToProcess.



**Figure 3.25 :** Exemple d'IfcRelAssigns

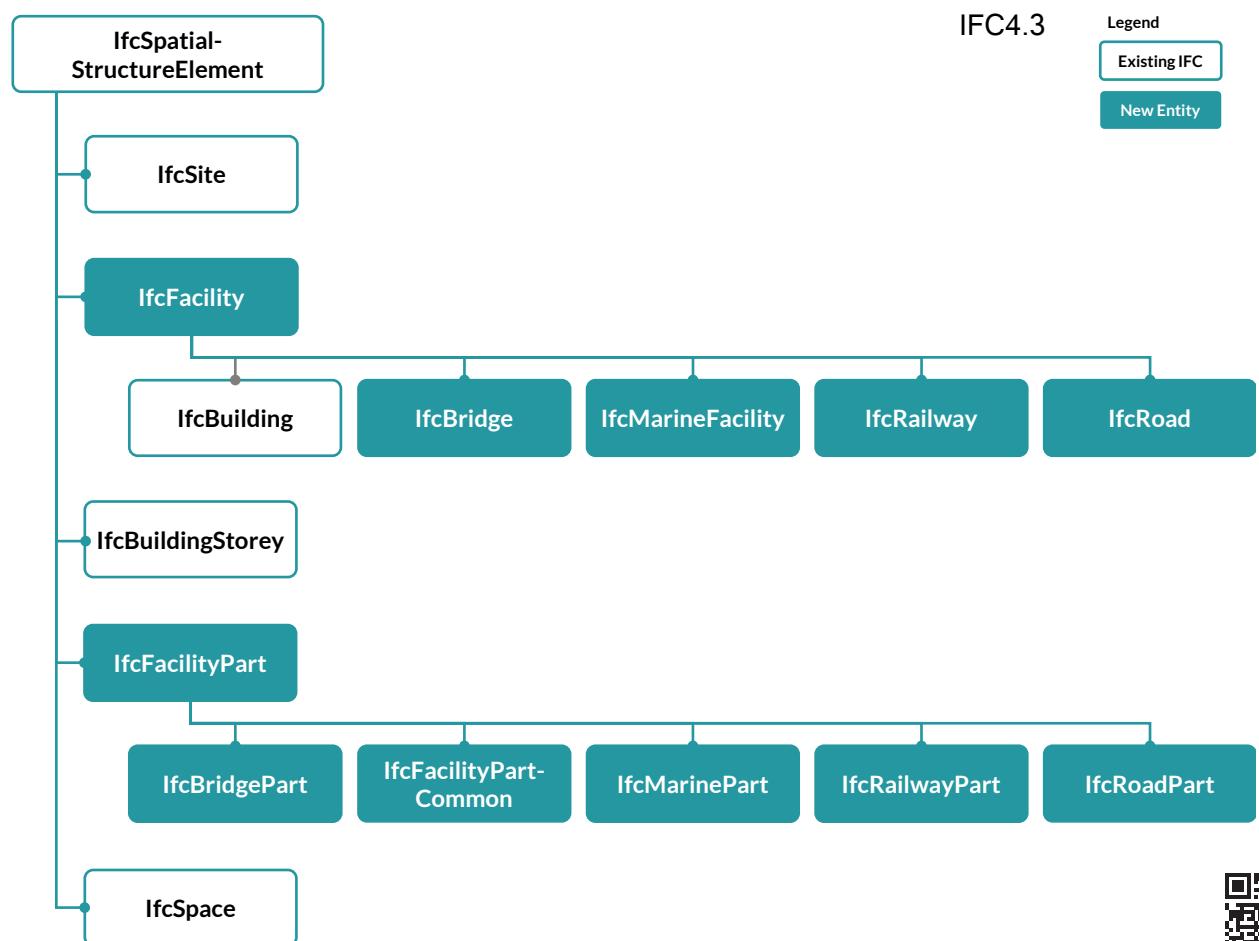
##### 3.2.3.4 Niveau spatial – structure du modèle

La structuration dans l'espace des divers *Objects/Instances* est également fondamentale pour chaque modèle d'ouvrage. Lors de la création d'un projet, la première étape consiste à définir la structure spatiale. Les *Objects/Instances* sont ensuite intégrés dans cette structure. Les options de structure spatiale ont été considérablement élargies dans l'IFC4.1. Jusqu'à l'IFC4, il n'était possible de décrire les structures des objets bâtis que pour l'ingénierie structurelle et cela était utilisé de manière peu rigoureuse pour les projets d'infrastructure. buildingSMART a publié un supplément complet sur l'infrastructure avec l'IFC4.1. La norme IFC4.3 a ensuite ajouté les déclarations correspondantes pour la route et le rail au niveau des éléments et est une norme ISO depuis janvier 2024.

En IFC, la structure spatiale est constituée de *Child-Entity* de l'*Object/Instance* IfcSpatialStructureElement. La [figure 3.26](#) montre l'élément IfcSpatialStructureElement et ses *Child-Entities* dans le nouveau schéma de données IFC4.3. L'*Entity* IfcFacility a été ajoutée et contient désormais les éléments spatiaux IfcBuilding (déjà existant), IfcBridge, IfcMarineFacility, IfcRailway et IfcRoad. En outre, une subdivision supplémentaire des nouvelles *Entities* y a été rendue possible par IfcFacilityPart.

Pour les constructions, les *Entities* IfcSite, IfcBuilding et IfcBuildingStorey forment la structure spatiale (c'est-à-dire le site de construction, le bâtiment et l'étage). Dans le cas des ouvrages linéaires, par exemple la structure spatiale comprend IfcSite, IfcRoad et IfcRoadPart. Les *Entities* spatiales sont liées à une structure de projet hiérarchique par l'intermédiaire de l'*Entity* de relation IfcRelAggregates; cette relation est décrite ci-dessous comme une relation spatiale. Cependant, les informations de localisation géométrique ne sont pas transmises via la relation spatiale, mais plutôt en utilisant IfcLocalPlacement ou IfcLocalLinearPlacement (ouvrages linéaires), décrit comme un placement spatial.

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes



**Figure 3.26 :** Schéma de données IFC4.3 IfcSpatialStructureElement



#### Relation spatiale – construction de bâtiments

Les relations spatiales dans la construction de bâtiments restent inchangées dans l'IFC4.3. La [figure 3.27](#) montre la liaison des éléments IfcSpatialStructure à l'aide des IfcRelAggregates pour la construction de bâtiments. La relation spatiale s'effectue dans l'ordre suivant : IfcSite, IfcBuilding et en dernier IfcBuildingStorey. Les entités de relation IfcRelContainedInSpatialStructure sont utilisées pour affecter des composants aux éléments IfcSpatialStructure. Il convient de noter que chaque composant ne peut être affecté qu'à un seul élément IfcSpatialStructure. Toutefois, si un composant, tel qu'un élément de façade d'étage, appartient à plusieurs objets spatiaux, une affectation supplémentaire peut être effectuée à l'aide de l'entité de relation IfcRelReferencedInSpatialStructure. Les éléments de toutes les *Child-Entities* de IfcElement (par exemple IfcWall, IfcAlarm) peuvent être liés aux éléments de IfcSpatialStructure. Dans l'exemple de la [figure 3.27](#), une instance de l'*Entity* IfcStair est liée à un élément de l'*Entity* IfcBuilding et deux instances de l'*Entity* IfcWall sont liées à un élément de l'entité IfcBuildingStorey. La [figure 3.28](#) montre la relation spatiale des éléments IfcSpatialStructure dans le format de fichier STEP.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

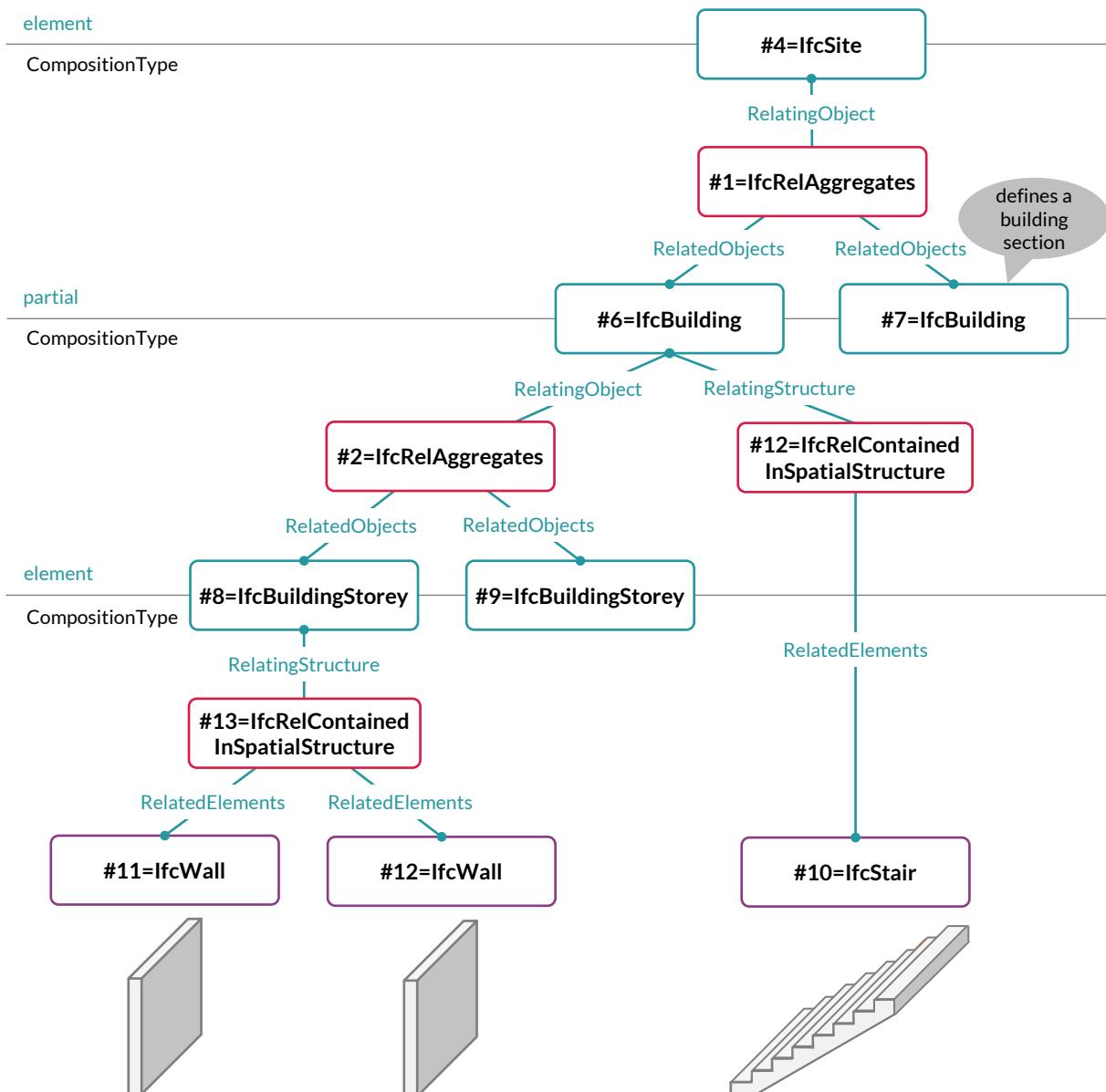


Figure 3.27 : Relations spatiales dans la construction de bâtiments

#### Placement spatial – bâtiments

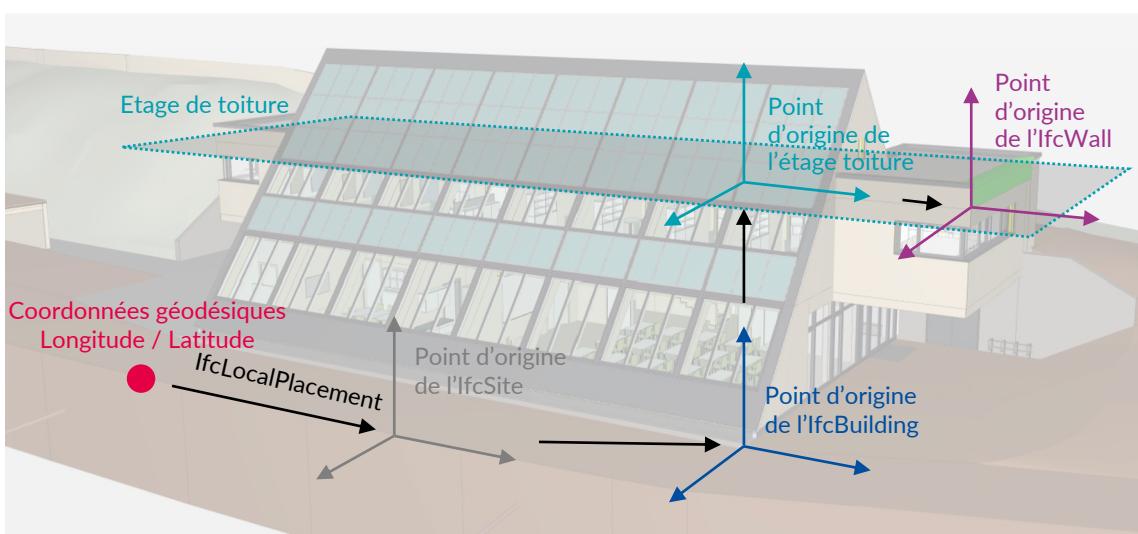
La relation spatiale décrite ci-dessus permet l'attribution précise d'éléments (par exemple IfcWall) aux *Objects/Instances* de la structure spatiale (éléments IfcSpatialStructure). Ainsi, le placement spatial des éléments et le référencement géométrique doivent maintenant être définis. Bien que le placement spatial s'effectue via les mêmes éléments IfcSpatialStructure, IfcLocalPlacement est utilisé à la place des relations. Pour ce faire, une origine (IfcSite) est définie, chaque élément IfcSpatialStructure supplémentaire recevant sa propre origine relative, renvoyant à la précédente. Dans l'exemple présenté aux figures 3.29 et 3.30, le point de départ est défini par l'élément IfcSite, qui contient la longitude et la latitude. Un décalage X-Y-Z est ensuite spécifié à l'aide de IfcLocalPlacement et définit l'origine globale pour tous les bâtiments de ce site (IfcSite). Les bâtiments (IfcBuilding) ont également une origine relative, qui peut différer de l'origine du site (IfcSite) par un décalage X-Y-Z. Ce processus s'applique également à

## 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

**Figure 3.28 :** Relation spatiale en format STEP

l'origine relative des bâtiments (IfcLocalPlacement). Ce processus s'applique également à l'origine relative de l'étage, qui ne comprend normalement qu'un décalage sur l'axe Z (hauteur). L'origine relative d'un composant (par exemple IfcWall) renvoie à son tour à l'origine de l'étage, où un décalage dans la direction X-Y-Z peut également avoir lieu via IfcLocalPlacement. La représentation géométrique se réfère à l'origine du composant.

La [figure 3.30](#) montre le placement spatial à l'aide d'un exemple de fichier STEP IFC. Dans cet exemple, les positions de l'origine de IfcSite et de IfcBuilding sont identiques (décalage X-Y-Z=0). L'origine du plancher du premier étage est située à 3 m au-dessus de l'origine du bâtiment. IfcWall commence à une distance de X=8 m et Y=2 m de l'origine de l'étage.



**Figure 3.29 :** Placement spatial dans la construction de bâtiments

### 3 Connaissances approfondies

## 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

**Figure 3.30 :** Illustration du placement spatial dans le format de fichier STEP

## Relations spatiales pour les structures linéaires

Les relations spatiales des structures linéaires sont basées sur le même principe que dans la construction de bâtiments, complété par des éléments IfcSpatialStructure. Le point de départ de la structure spatiale est, comme précédemment, IfcSite. Un exemple de relation spatiale de IfcBridge est présenté à la [figure 3.31](#), le même concept s'appliquant à IfcRailway et IfcRoad. Il est même possible d'utiliser une combinaison de ces éléments. La connexion entre les éléments d'IfcSpatialStructure se fait via l'entité de relation IfcRelAggregates. Les composants (par exemple IfcSignal) sont attribués aux éléments de l'IfcSpatialStructure via l'*Entity* IfcRelContainedInSpatialStructure. Chaque composant (IfcElement) ne peut être affecté qu'à un seul élément d'IfcSpatialStructure. Les composants peuvent également être affectés directement à une IfcFacility, comme c'est le cas pour IfcAlignment dans la [figure 3.31](#).

## Placement spatial pour les structures linéaires

Cette section traite du placement spatial des structures linéaires, le schéma de données IFC4.3 permettant diverses représentations géométriques et options de placement spatial. Une variante possible est décrite pour illustrer le concept sous-jacent.

Le point de départ du placement spatial est IfcSite, qui définit l'origine d'IfcRailway via IfcLocalPlacement. L'origine de IfcRailway est à son tour liée avec IfcLocalPlacement à l'origine de IfcAlignment (voir ISO 19148). Jusqu'à présent, cela correspond au concept de la construction de bâtiments.

IfcAlignment joue un rôle crucial dans le placement spatial des structures linéaires telles que les routes et les voies ferrées. Il permet la représentation numérique des propriétés géométriques et géographiques des routes, des voies ferrées et des éléments d'infrastructure similaires. IfcAlignment est une ligne le long de laquelle le référencement linéaire est effectué (par exemple pour IfcSignal). L'élément IfcSignal, par exemple peut être clairement localisé le long de l'alignement IFC grâce à IfcLi-

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

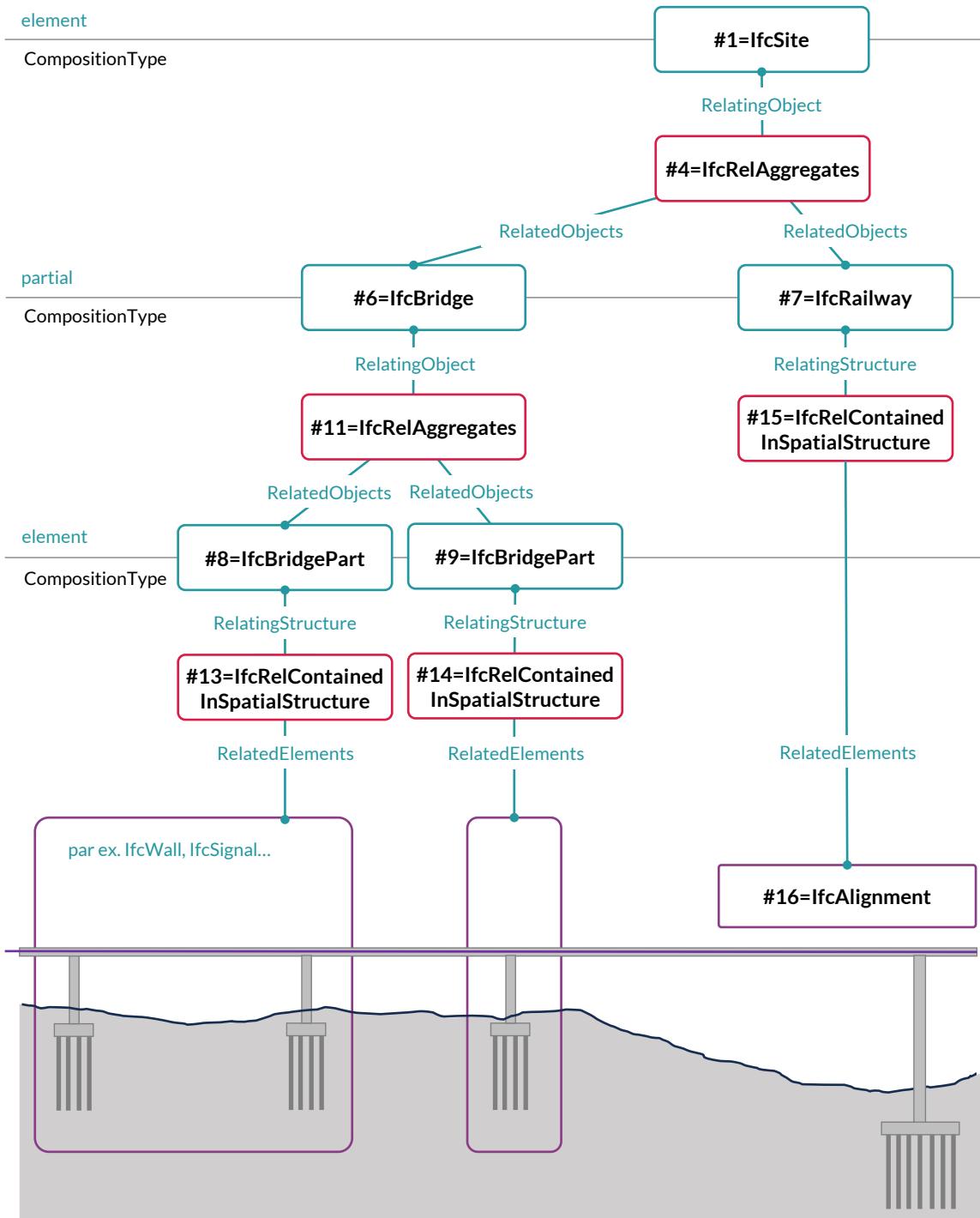


Figure 3.31 : Relation spatiale des structures linéaires

nearPlacement et à la spécification de la longueur (*DistanceAlong*). En spécifiant des décalages horizontaux et verticaux, il est possible d'ajouter la distance par rapport à l'alignement IFC et donc la distance par rapport à l'axe de la voie. Ces décalages sont, dans un espace bidimensionnel, orthogonaux à l'élément linéaire (IfcAlignment). Les spécifications *DistanceAlong*, *OffsetVertical* et *OffsetLateral* sont nécessaires pour une localisation claire de l'IfcSignal le long d'un alignement IFC.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

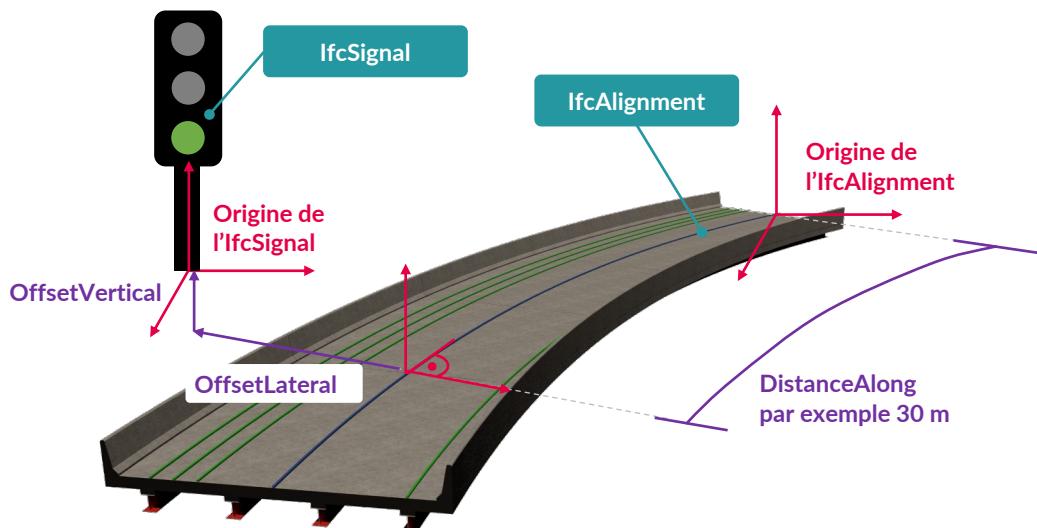


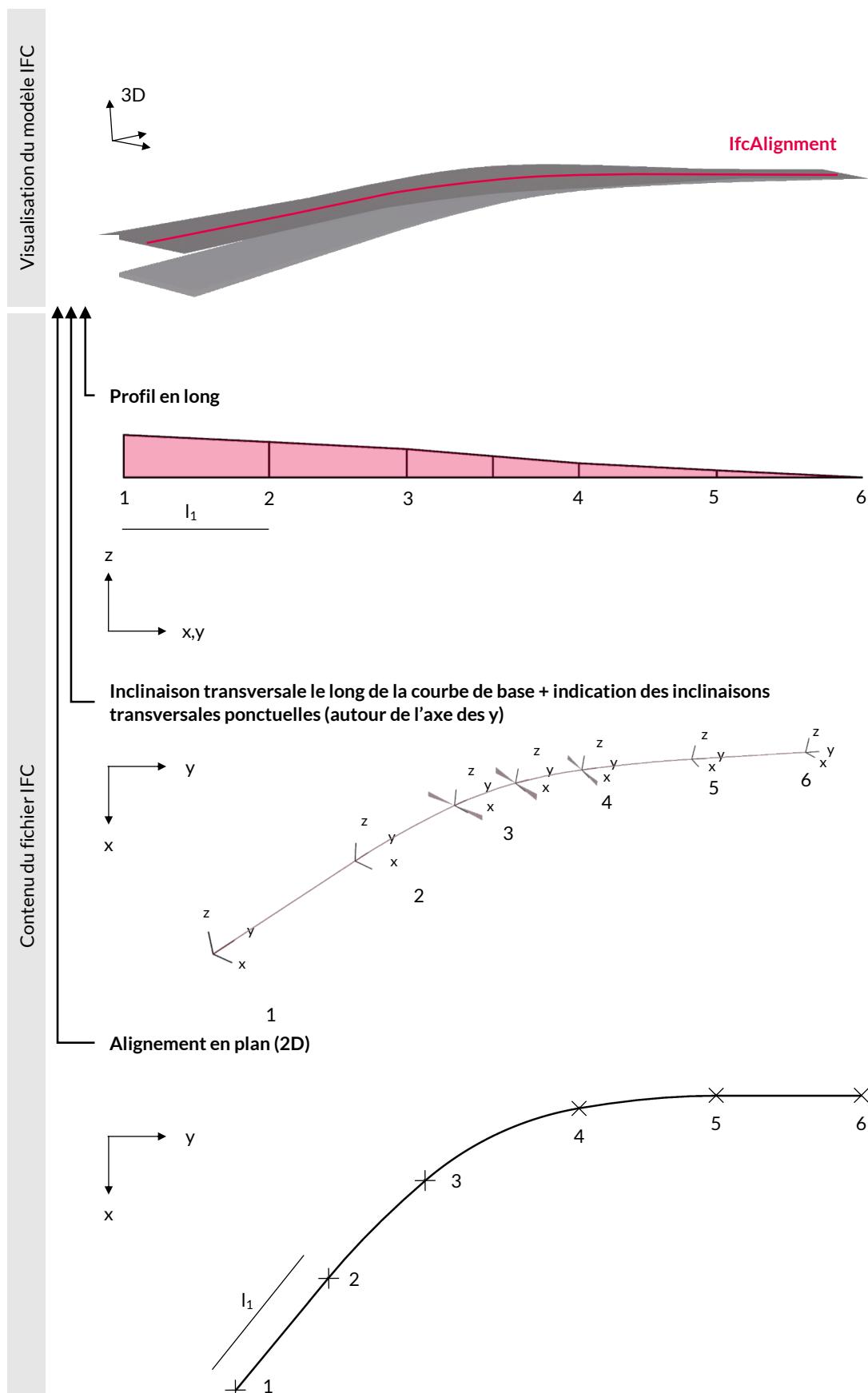
Figure 3.32 : Localisation d'un signal Ifc sur un alignement IFC

La cartographie géométrique des éléments (par exemple IfcCourse) peut se référer à IfcAlignment en plusieurs points – par exemple le point de départ et le point d'arrivée de IfcCourse. Avec des informations géométriques supplémentaires (largeur et hauteur), les objets solides 3D peuvent également être définis par référence à IfcAlignment. Il est important de noter que le référencement s'effectue toujours par rapport à l'alignement IFC (IfcAlignment) et que le parcours spatial de l'alignement IFC est donc hérité. IfcCourse peut être une couche de composant, par exemple la couche d'asphalte d'une route.

IfcAlignment est donc un élément central de la structure spatiale. Dans cet exemple, IfcAlignment n'est pas représenté directement sous la forme d'une ligne 3D dans le fichier IFC, mais se compose de plusieurs éléments dans le fichier IFC, construits étape par étape. Dans la première étape, un plan d'étage horizontal est défini dans un plan projeté – une ligne de base (plan d'étage). Les éléments s'y réfèrent lorsqu'ils spécifient la longueur (*DistanceAlong*) pour la localisation. Dans une deuxième étape, l'alignement vertical (c'est-à-dire une séquence de segments avec des pentes constantes et des segments de lissage avec une variation de la pente) est ajouté (section longitudinale). Ensuite, la pente transversale peut être définie par des segments le long de la ligne de base en effectuant la rotation de l'axe pour les décalages horizontaux et verticaux. Ces trois éléments d'information constituent la représentation d'IfcAlignment illustrée à la figure 3.33.



## 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

**Figure 3.33 :** Composants d'un alignement IFC

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

##### 3.2.3.5 Ressources – Matériel

L'affectation des matériaux aux éléments de construction est une partie importante de tout modèle numérique de bâtiment, car ils sont indispensables pour entre autres, déterminer les quantités, les vérifications statiques et les calculs des besoins en énergie. Les composants (c'est-à-dire les *Child-Entities* de IfcElement) sont liés aux matériaux (c'est-à-dire les *Child-Entities* de IfcMaterialDefiniton) par la relation IfcRelAssociatesMaterial. L'entité supérieure est IfcRelAssociates, dont les diverses *Child-Entities* établissent des relations avec différentes informations externes ou internes au projet. IfcRelAssociatesMaterial renvoie par exemple à des informations matérielles.

La relation entre le matériau et les éléments est illustrée à la figures 3.34 et 3.35.

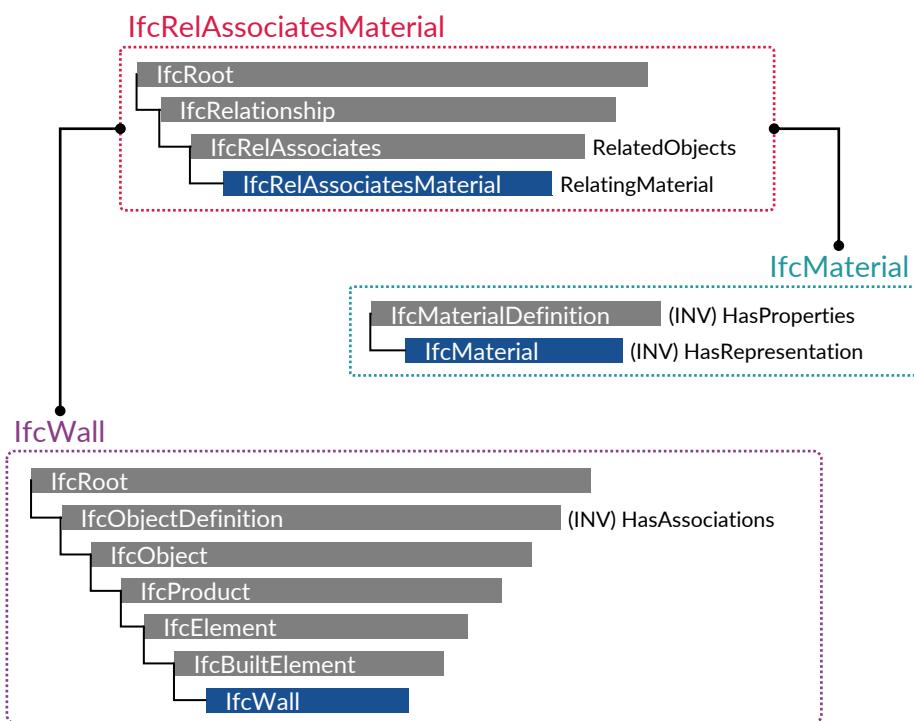


Figure 3.34 : Relation entre IfcWall et IfcMaterial dans le schéma de données IFC

```
#256= IFCWALL('2C45vBrGbB_w_CB97snkya',#12,'Murexemple-001',$,$,#178,#244,  
    '8C105E4B-D509-4BFB-AF8C-2C91F6C6EF24'.NOTDEFINED.);  
...  
#317= IFCRELASSES MATERIAL('3MbRGtiKSmHR0O2bTNcCnK',#12,$,$,#256,#3560,#275);  
...    Attribution d'un matériau à IfcWall #256 (et à l'élément #3560)  
#275= IFCMATERIAL('Elementdeconstruction',$,$);  
...    Attribution du property set #282 au matériau #275  
#282= IFCMATERIALPROPERTIES('Pset_MaterialThermal',$,(#286,#293),#275);  
...    Regroupement de plusieurs propriétés  
#286= ICPROPERTYSIMGLEVALUE('ThermalCon.',$,IFCTHERMALCONDUCTIVITYMEASURE(0.8,$);  
#293= ICPROPERTYSIMGLEVALUE('HeatCapacity',$,IFCSPECIFICHEATCAPACITYMEASURE(800.),$);
```

Figure 3.35 : Relation entre IfcWall, IfcMaterial, Properties dans un fichier STEP

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

Le schéma de données IFC n'inclut pas de spécifications prédéfinies pour les matériaux. Les matériaux peuvent être nommés individuellement à l'aide de l'attribut *Name*. En outre, les entités filles de IfcMaterialDefiniton peuvent contenir d'autres propriétés du matériau, telles que des propriétés mécaniques, thermiques ou optiques, grâce à l'attribut *HasProperties*. En outre, l'entité IfcMaterial peut être associée à des informations de représentation via l'attribut *HasRepresentation*, telles que des hachures dans la représentation 2D ou des informations pour les rendus.

A leur tour, les propriétés peuvent être assignées à l'IfcMaterial via IfcMaterialProperties. Ces propriétés sont regroupées dans IfcMaterialProperties. IfcMaterialProperties est comparable à IfcPropertySet pour les éléments ou à IfcBuildingElementPart.

#### 3.2.3.6 Propriétés

Des informations supplémentaires peuvent également être ajoutées aux éléments (par exemple IfcWall, IfcAlarm) dans le schéma de données IFC. Pour ce faire, on utilise des propriétés (caractéristiques, par exemple la résistance au feu, le numéro de la structure) et des jeux de propriétés (*Property Sets*). Les propriétés peuvent être définies librement en utilisant IfcProperty et ses entités subordonnées du schéma IfcPropertyResource. Elles sont définies à l'aide de la séquence « *Name-Value-Datatype-Unit* ». La Child-Entity la plus utilisée de IfcProperty est IfcPropertySingleValue, dans laquelle une seule valeur peut être définie. Dans ce cas, le modèle des propriétés est « *Name-NominalValue-Type-Unit* », un exemple étant la propriété Loadbearing de l'entité IfcWall avec la séquence « *Name : Load Bearing; Valeur nominale : OUI; Type : Boolean* ». Une autre Child-Entity de IfcProperty est, par exemple IfcPropertyEnumeratedValue, où une valeur peut être sélectionnée parmi des valeurs prédéfinies, référencées via l'attribut *EnumerationValues*. Avec IfcPropertyBoundedValue, il est possible de définir une *UpperBoundValue* et une *LowerBoundValue* (valeurs limites supérieures et inférieures, respectivement). Les propriétés peuvent être contrôlées avec précision en déclarant le Type (type de données) par l'intermédiaire des Child-Entities de IfcValue (par exemple IfcLabel ou IfcVolumeMeasure) en termes de contenu, d'unités ou de plages de valeurs. Outre l'unité de mesure, la spécification est généralement définie, par exemple une limitation aux nombres réels. La spécification IFC indique en outre les unités du Système International (SI) complètes correspondantes pour tous les types (voir code QR).



Les propriétés individuelles sont regroupées dans l'IfcPropertySet (groupes de propriétés) ou l'IfcMaterialProperties, les regroupements étant organisés de manière thématique. Chaque entité élémentaire comprend au moins un Pset standard, généralement désigné par le suffixe *Common*, par exemple Pset\_WindowCommon. Certains Pset sont également attribués à plusieurs Entities élémentaires en même temps, par exemple Pset\_Warranty. Les jeux de propriétés (*Property Sets*) commençant par Pset\_ font partie de la norme ISO 16739-1 et sont donc normalisés au niveau international.

**Les jeux de propriétés (*Property Sets*) créés individuellement ne doivent donc pas commencer par le préfixe Pset\_.**

Un jeu de propriétés (*Property Set*) est lié à un élément via la relation IfcRelDefinesProperties et à l'objet de relation via l'attribut *DefinesOccurrence* de IfcPreDefinedPropertySet. L'attribut *IsDefinedBy* permet à toutes les entités filles de IfcObject d'être liées à l'objet

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

relation. Toutes les entités filles d'IfcObject peuvent donc porter des jeux de propriétés (*Property Sets*) et des *Properties*. Les entités filles d'IfcObject comprennent IfcElement et IfcSite (figure 3.15) ainsi que IfcProject. Une affectation à une entité subordonnée de type IfcElementType (par exemple IfcWallType) est également possible.

```
#1155=IFCWINDOW('2QndTIV2X8589ermBtTWlq',#12,'Fenetre5',$,$,#1002,#598,'9',.NOTDEFINED.);  
#309= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1c3NwR5m0zwE3x$OeygTQH',#12,$,$,(#1155 #300);  
#300= IFCPROPERTYSET('204gSSj0jwfqlAswU_dsl',#12,'Pset_WindowCommon',$,(#288,#298));  
#298= IFCPROPERTYENUMERATEDVALUE('Status',$,(IFCLABEL('EXISTING')),#296);  
#288= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('FireRating',$,IFCLABEL(""),$);
```

Figure 3.36 : Attribution de propriétés à l'élément IfcWindow

La figure 3.37 résume les différentes possibilités de définir une *Property* pour un IfcElement en utilisant l'élément IfcWall comme exemple. Les *Properties* peuvent être attribuées au niveau de l'élément, au d'un composant de l'élément (IfcBuildingElementPart) et au niveau du matériau via IfcPropertySet ou IfcMaterialProperties. La variante la plus courante reste l'attribution directe à l'*Element* (IfcWall) via IfcPropertySet. Le type IfcWallType n'est pas obligatoire – voir la figure 3.36, dans laquelle l'IfcPropertySet est attribué directement à IfcWindow et non à IfcWindowType.

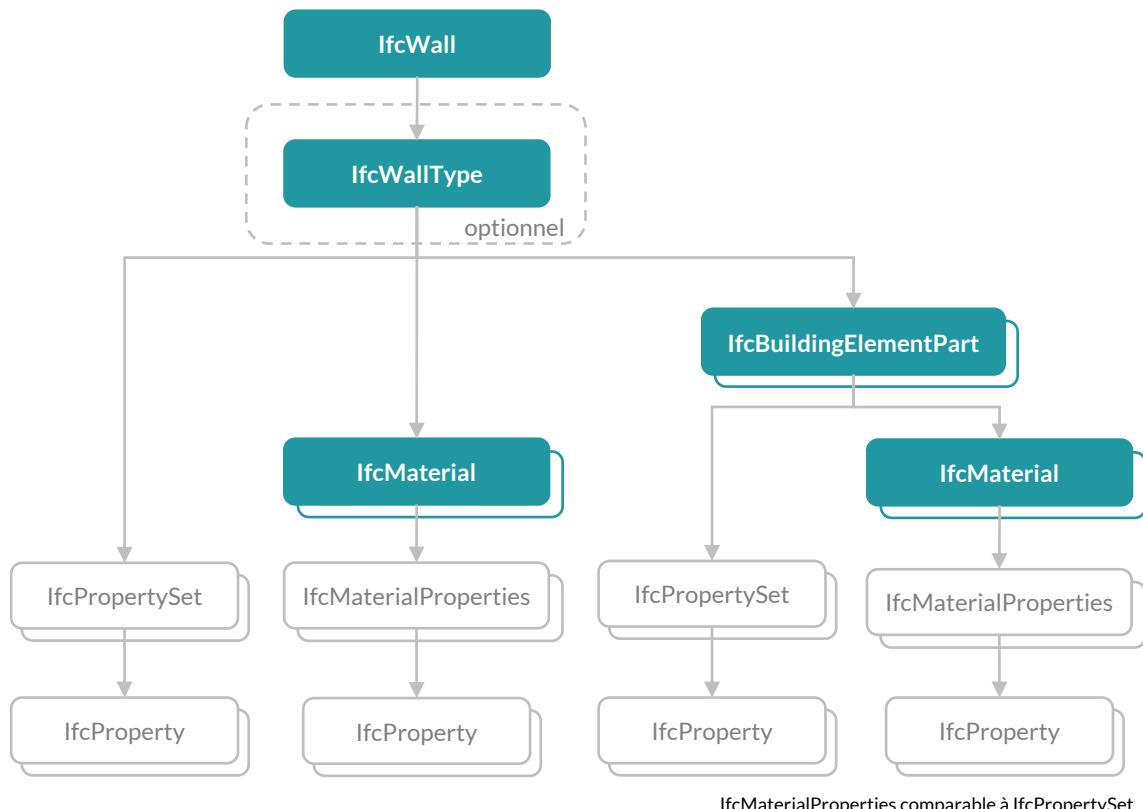


Figure 3.37 : Possibilités d'utilisation d'IfcProperty pour un IfcElement

### 3.2 IFC – Industry Foundation Classes

#### 3.2.4 Épilogue

La section 3.2 a donné un aperçu des principales options d'attribution d'informations dans le schéma de données de l'IFC. Cependant, des fonctionnalités encore plus complètes, qui n'ont pas été abordées dans cette section, sont disponibles dans le schéma de données IFC. Un exemple est IfcGroup, qui permet de regrouper des éléments individuels et donc de structurer des systèmes entiers dans le domaine des équipements techniques (techniques spéciales) des bâtiments. Un autre élément utile est IfcAnnotation, qui peut être utilisé pour afficher des graphiques 2D, des dimensions, des charges, des forces internes et des textes en IFC. En principe, le schéma de données IFC permet un échange d'informations étendu entre différents logiciels. Dans les cas où les informations (par exemple entre logiciels) ne peuvent pas être transférées correctement, la raison ne réside pas dans le schéma de données IFC (très bien documenté), mais plutôt dans les fonctionnalités d'importation et d'exportation du logiciel.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.3 Model View Definition (MVD)



### 3.3 Model View Definition (MVD)

La *Model View Definition* (MVD, définition de la vue du modèle) est une base essentielle pour décrire les exigences de transfert et leur mise en œuvre technique. La mise en œuvre et la certification de l'IFC dans les logiciels BIM sont basées sur la MVD.

#### 3.3.1 Avantages de la MVD

Une *Model View Definition* est utilisée dans le contexte d'un transfert de modèle, par exemple pour la coordination entre différents modèles de discipline. Elle définit un sous-ensemble de la spécification IFC (schéma de données IFC). Ce sous-ensemble se restreint aux exigences d'échange de l'émetteur et/ou du destinataire de l'information. Le recensement des exigences est effectué sur la base d'un IDM (*Information Delivery Manual*) conformément à la norme ISO 29481. Une limitation de la spécification IFC par une MVD peut affecter le contenu suivant :

- *Classes* et *ElementType*;
- *QuantitySets*, *Psets* et *Properties*.

L'intégration des exigences en matière d'infrastructure dans la spécification IFC a entraîné une augmentation du nombre de classes d'objets. Il est ainsi devenu de plus en plus difficile de mettre en œuvre l'ensemble de la spécification IFC dans les logiciels BIM. La réduction à une MVD facilite la tâche. Elle permet de réduire les fonctions des logiciels BIM aux exigences des MVD pertinentes. Le processus de certification buildingSMART pour les logiciels BIM est donc basé sur les MVD. Les MVD ont un effet d'harmonisation ou de consolidation sur le marché des logiciels, car ils représentent une sorte de modèle pour la gamme de fonctions requises pour la création, le transfert et l'interprétation de l'information. Les MVD sont publiées par buildingSMART International.

#### 3.3.2 Les MVD établies et leurs objectifs

Coordination View 2.0 (CV 2.0) est la première MVD à s'être imposée dans les logiciels BIM. Elle a été créée dans le cadre de l'IFC2x3 TC1 (2.3.0.1). Le champ d'application de CV 2.0 se concentre sur la fourniture de modèles de discipline (architecture, ingénierie structurelle, installations techniques, etc.) pour la coordination globale des projets de construction de bâtiments.

Les options de transfert géométrique ne sont pas trop limitées et permettent une personnalisation souple. Le contenu du modèle peut être transféré à la fois avec une géométrie extrudée et avec une géométrie précise (BREP – Boundary Representation = modélisation par facettes). Le transfert avec la géométrie extrudée permet la meilleure réutilisation native possible dans l'application cible. En revanche, le transfert avec géométrie précise (BREP) permet une reproduction exacte de la géométrie dans le logiciel cible. En mode BREP, les composants peuvent être décomposés (par exemple les couches de mur) et édités en tant que parties individuelles. Il est ainsi possible de travailler sur un modèle couche par couche. Une géométrie complexe est transférée triangulée dans IFC2x3.

De nombreux logiciels BIM sur le marché ont été certifiés CV 2.0. Faute d'alternatives, elle est parfois utilisée à titre provisoire pour des projets d'infrastructures de transport,

### 3.3 Model View Definition (MVD)

où l'on improvise encore intensivement avec IfcBuildingElementProxy parce que les classes d'éléments d'infrastructure ne sont pas encore disponibles dans les logiciels BIM. La prédominance de la structure spatiale sur la construction de bâtiments ou la manipulation imprécise du système de coordonnées des logiciels BIM (en interaction avec IFC) pose souvent des problèmes.

Reference View 1.2 (RV 1.2) est la deuxième MVD établie. Elle a été créée dans le contexte de l'IFC4 ADD2 TC1 (4.0.2.1). Le champ d'application de RV 1.2 se concentre sur la fourniture de modèles de discipline comme référence pour la coordination globale des projets de construction de bâtiments au cours du processus de conception.

Les options de transfert géométrique sont limitées (contrairement à CV 2.0) et se concentrent sur le cas d'usage de la coordination des modèles. Le contenu du modèle est transféré avec une géométrie précise (BREP – Boundary Representation). Cela permet une reproduction exacte de la géométrie dans l'application cible. En mode BREP, les composants peuvent être décomposés en leurs éléments constitutifs (par exemple les couches de mur) et édités en tant que parties individuelles (composants). Il est ainsi possible d'évaluer/analyser un modèle couche par couche. IFC4 ADD2 TC1 (4.0.2.1) préconise désormais la description géométrique de BREP à l'aide de NURBS.

RV 1.2 est désormais certifiée pour un plus grand nombre de logiciels BIM du marché. RV 1.2 est également parfois utilisée pour des projets d'infrastructure de transport en raison du manque d'alternatives. La prédominance de la structure spatiale sur la construction de bâtiments pose également des problèmes. La certification de la RV 1.2 n'accepte pas les erreurs, contrairement à la CV 2.0. C'est pourquoi la mise en œuvre des certifications de la RV 1.2 prend plus de temps que celle de la CV 2.0. On peut dès lors s'attendre à une implémentation parfaite des logiciels BIM certifiés à partir de la RV 1.2.

#### 3.3.3 Futures MVD

Un autre cas d'usage non couvert par CV 2.0 ou RV 1.2 est le cas de la transmission d'un modèle pour réutilisation par une autre discipline, par exemple lorsque le modèle architectural est fourni aux ingénieurs structurels pour qu'ils construisent sur cette base leur modèle structurel. Il s'agit ici de réutiliser et de modifier le modèle transmis et non de l'utiliser uniquement comme référence. Elle est également nécessaire pour remettre le modèle au donneur d'ordre à la fin du projet afin que ce dernier puisse ensuite mettre à jour les modifications futures dans le modèle.

La Design Transfert View 1.1 (DTV 1.1) a été développée à cette fin. Elle a été créée dans le contexte de l'IFC4 ADD2 TC1 (4.0.2.1). Le champ d'application de DTV 1.1 se concentre sur la transmission de modèles de discipline entre deux logiciels BIM. Les options de transfert géométrique sont limitées (contrairement à CV 2.0) et se restreignent sur ce cas d'usage. Les contenus des modèles sont transférés avec une géométrie extrudée et une limitation de leurs fonctionnalités. Cela permet une réutilisation native dans l'application cible. En février 2025, il n'y a encore aucun logiciel BIM certifié DTV 1.1.

Quantity Takeoff View 0.1 (QV 0.1) est une MVD qui couvre le cas d'usage de la détermination des quantités et du coût. Elle est en cours de développement (*Draft*) et aucun logiciel BIM n'est encore certifié (en date du 02/2025).

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.3 Model View Definition (MVD)

La Basic FM Handover View (BFMHV) couvre le transfert des informations du modèle au FM (Facility Management) à la fin du projet. Elle a été créée dans le cadre de l'IFC2x3 TC1 (2.3.0.1). BFMHV a un statut officiel mais aucun logiciel BIM n'est encore certifié (en date du 02/2025).



Product Library View 0.1 (LV 0.1) vise à transférer des informations numériques sur les produits (*DataTemplates*). Elle est en cours de développement (statut Projet) et aucun logiciel BIM n'est encore certifié (en date du 02/2025).

D'autres MVD en cours de développement sont disponibles sur le site web de building-SMART International (voir code QR).

### 3.4 Commentaires BCF

## 3.4 Commentaires BCF

Les commentaires BCF décrivent des questions et des problèmes relatifs à des éléments de modèle spécifiques et servent à communiquer les défauts. Dans les normes ISO et les standards buildingSMART, le BCF est l'interface de données pour la communication.



Les commentaires (ou questions) du BCF comprennent toujours :

- Le GUID (Globally Unique Identifier);
- Le nom attribué au commentaire;
- Une description, une date, un auteur,
- Un ou des point(s) de vue enregistré(s) avec position de caméra (coordonnées IFC) pointée sur les éléments de modèle concernés, leur visibilité et coloration;
- Le statut (par exemple ouvert ou fermé);
- L'attribution de la responsabilité à une discipline ou à des fonctions de gestion de l'information;

et éventuellement :

- Des images (en relation avec les points de vue);
- Des annotations dans l'espace 3D;
- Le texte des commentaires (auteur, date, thème);
- Des fichiers joints.

Avec la version 3.0 du BCF, il est également possible de transférer des propriétés/informations supplémentaires individuelles. Sur cette base, le BCF peut également être utilisé pour gérer des cas d'usages plus complexes dans lesquels des déclarations plus complètes doivent être échangées – par exemple le cas d'usage de la coordination des raccordements. En principe, il est également possible de transférer des propriétés de modèle à l'aide du BCF – une fonction qui est lancée sous le nom de « BIM-Snippets ». Il faut toutefois que les fonctions correspondantes soient implémentées au sein des logiciels BIM.

En tant que fichier XML standardisé (extension de fichier .bcf ou .bcfzip), un BCF ne contient pas le modèle ou des parties de celui-ci, mais établit une relation de référence aux éléments du modèle via leur GUID. Le GUID est un numéro d'identification généré automatiquement sur 128 bits; il est unique et ne peut pas être modifié.

Leur format simple permet aux fabricants de logiciels d'intégrer facilement la fonctionnalité dans leurs logiciels. Les BCF sont utilisés par tous ceux qui ont à gérer de l'information au sein du projet. Leur fonction principale est l'assurance-qualité des modèles, car ils permettent à la fois de communiquer et de documenter les problèmes. Cependant, les BCF sont également utilisés dans les cas de coordination BIM entre disciplines par les modeleurs BIM afin de pouvoir échanger des questions spécifiques sur le contenu du modèle et la conception (voir [figure 3.38](#)).

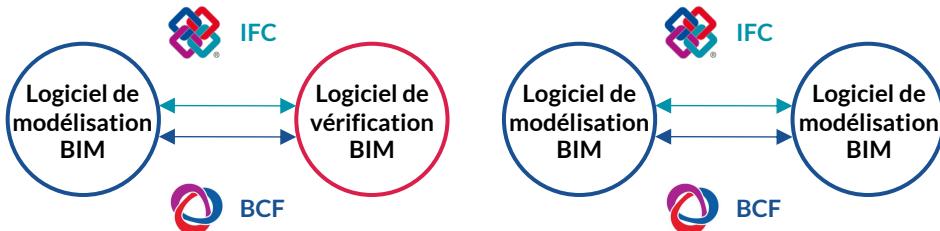
Le BCF peut être utilisé de différentes manières pendant les phases de projet :

- **En phase de conception :**
  - Documentation de l'assurance qualité et du contrôle de la qualité;
  - Identification des problèmes de coordination (détection des collisions) entre les modèles de disciplines;

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.4 Commentaires BCF

- Possibilité de commenter les options de conception, les variantes et les matériaux.
- **En phase d'appel d'offres et d'adjudication :**
  - Gestion des questions/réponses, clarifications entre soumissionnaires et adjudicateurs;
  - Information sur les éléments, les assemblages, les systèmes, leur coût et les fournisseurs.
- **En phase de construction :**
  - Assurance qualité et contrôle de la qualité des dossiers d'exécution;
  - Suivi de la disponibilité des produits/matiériaux et coordination des variantes le cas échéant;
  - Collecte des dernières informations en vue de la remise au client/propriétaire/exploitant.
- **En phase d'exploitation :**
  - Information sur les modèles d'exploitations en cas de modification du système et de ses éléments au cours de l'exploitation;
  - Notes du propriétaire sur les améliorations nécessaires.



**Figure 3.38 :** Échange de données entre les logiciels BIM

Les notes dans les commentaires BCF doivent toujours être précises, brèves et neutres. Les positions de visualisation sélectionnées sur le contenu du modèle doivent toujours être clairement indiquées (par la visibilité et la coloration). Le statut des commentaires BCF doit également toujours être maintenu à jour. Le statut doit être « fermé », lorsque les problèmes ont été résolus. Ces bonnes pratiques permettent un bon flux de travail entre tous les participants du projet.

Quel que soit le moment ou le cas d'usage, les commentaires BCF doivent toujours être échangés via une plateforme afin d'assurer transparence et cohérence. Il peut s'agir du CDE du projet ou d'une autre plateforme de collaboration en ligne prévue à cet effet. Une bonne plateforme fournira toujours une vue d'ensemble sur l'état du projet en se basant sur les commentaires BCF. Il est possible d'identifier des points critiques ou des prestations critiques pour un projet en attribuant les BCF à des destinataires.

Les images suivantes montrent des commentaires BCF typiques. La description du problème, le statut, la date d'échéance et la responsabilité sont indiqués au centre. Les vues correspondantes (point de vue avec position de la caméra sur les éléments de modèle sélectionnés) sont visibles à droite.

#### 3.4 Commentaires BCF

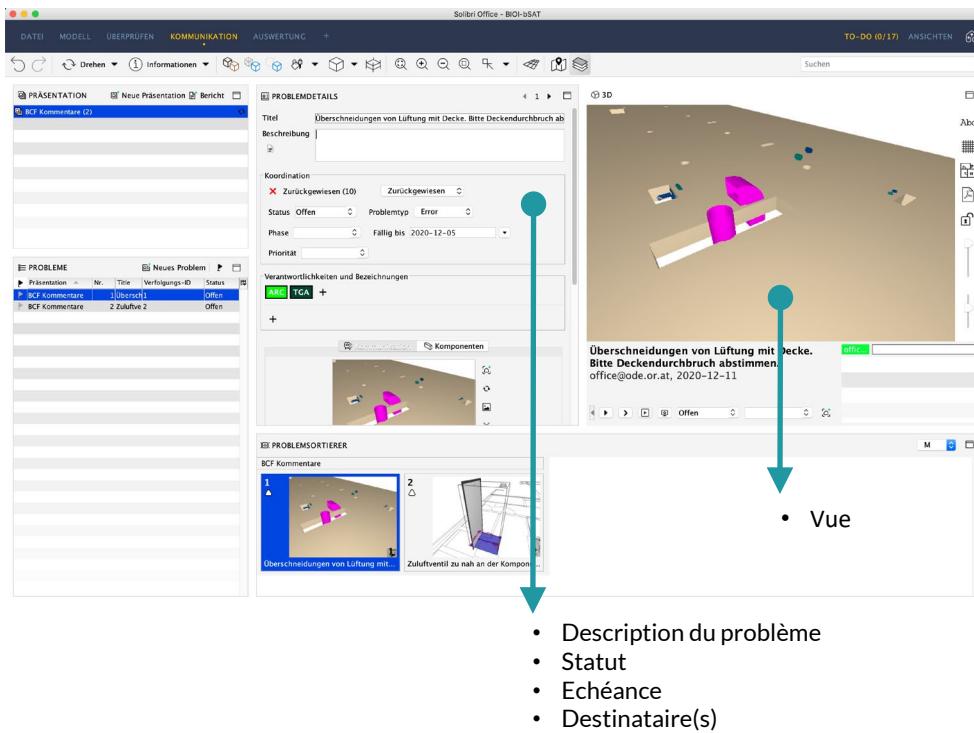


Figure 3.39 : Exemple de BCF – chevauchement de la ventilation avec le plafond

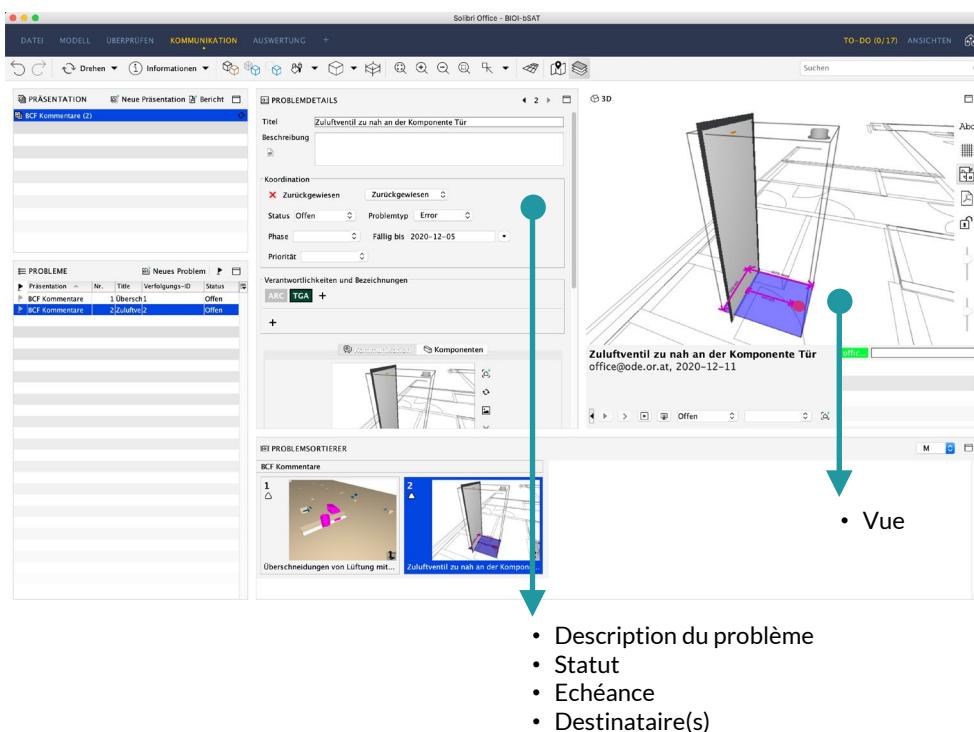
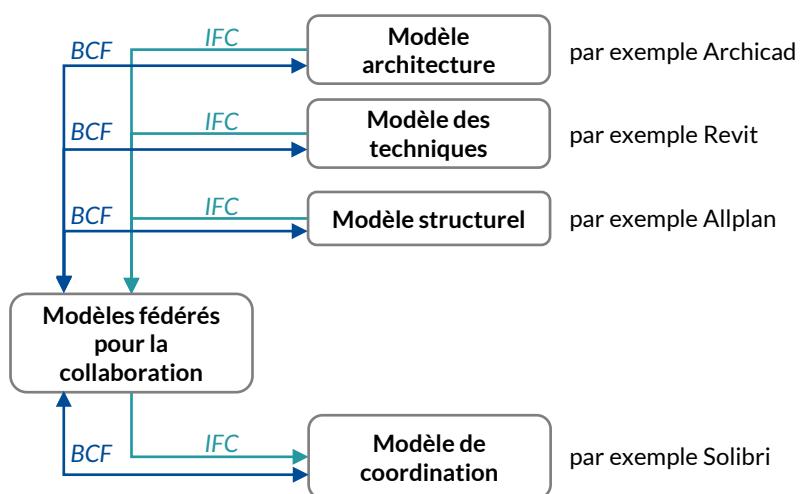


Figure 3.40 : Exemple de BCF – composants trop proches les uns des autres

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.5 Common Data Environment (CDE)

L'environnement commun de données (plate-forme de collaboration) est une base essentielle pour gérer la collaboration pendant la conception et réalisation du projet. Un CDE est généralement fourni par le client. Dans le meilleur des cas, un client professionnel traite l'ensemble de son portefeuille sur un CDE unique avec une structuration uniforme des données permettant ainsi une optimisation de la gestion de ses projets. En outre, les coûts de mise en place sont réduits tout en bénéficiant des avantages d'un stockage centralisé des données.



**Figure 3.41 :** Échange de données entre modèles

Par CDE, on entend généralement une plate-forme basée sur le web pour la collaboration entre l'ensemble des équipes de conception; elle permet la collaboration entre différents logiciels. Les plateformes de collaboration intégrées sont utilisées pour collaborer au sein d'une discipline – elles permettent la collaboration au sein d'un logiciel spécifique et offrent des possibilités telles que la collaboration en temps réel et le travail conjoint jusqu'au niveau de l'objet ou même de la propriété.

##### 3.5.1 Historique du développement

En 2007, la norme BIM britannique PAS 1192 a normalisé pour la première fois la fonction et la structure d'un CDE. La collaboration sur la base d'un fichier était supposée – comme cela peut être réalisé avec de simples plateformes de partage de fichiers (par exemple Dropbox). Le statut d'un fichier est déclaré via son affectation à un dossier (travail en cours, partagé, publié, archivé).

La norme ISO 19650 définit le CDE comme « source convenue d'information sur un projet ou un actif donné, utilisée pour collecter, gérer et diffuser chaque conteneur d'information par le biais d'un processus géré ». Le CDE est l'élément central d'un PIM (modèle d'information de projet), dans lequel toutes les informations relatives au projet sont collectées, échangées et transférées à l'AIM (modèle d'information de l'actif) lors de l'achèvement du projet. La structure sous-jacente a été adoptée à partir de la norme PAS 1192, qui constitue la base de la série ISO 19650.

### 3.5 Common Data Environment (CDE)

Les CDE actuellement disponibles offrent une gamme de fonctions beaucoup plus complexe avec l'intégration de la communication liée au projet (e-mail), l'échange de fichiers, plans, modèles, commentaires et la fonction de visualisation. La mise en œuvre du concept original de la norme PAS 1192 sur le statut des fichiers est aujourd'hui réalisée par le biais d'informations sur l'état et la version des fichiers afin de permettre l'interaction avec les fonctionnalités de gestion de flux de travail.

Le point faible du CDE dans la pratique jusqu'à présent est l'effort important pour fournir des informations. Jusqu'à présent, les parties concernées devaient télécharger manuellement des documents, des plans, des modèles (IFC) et des commentaires de modèles (BCF) dans le CDE et les déclarer en conséquence. Ce travail parfois complexe (en fonction du produit) prend beaucoup de temps et est source d'erreurs. Les figures suivantes décrivent le flux de travail typique pour mettre à disposition des modèles sur le CDE, pour les vérifier et diffuser les résultats des tests (figure 3.42).

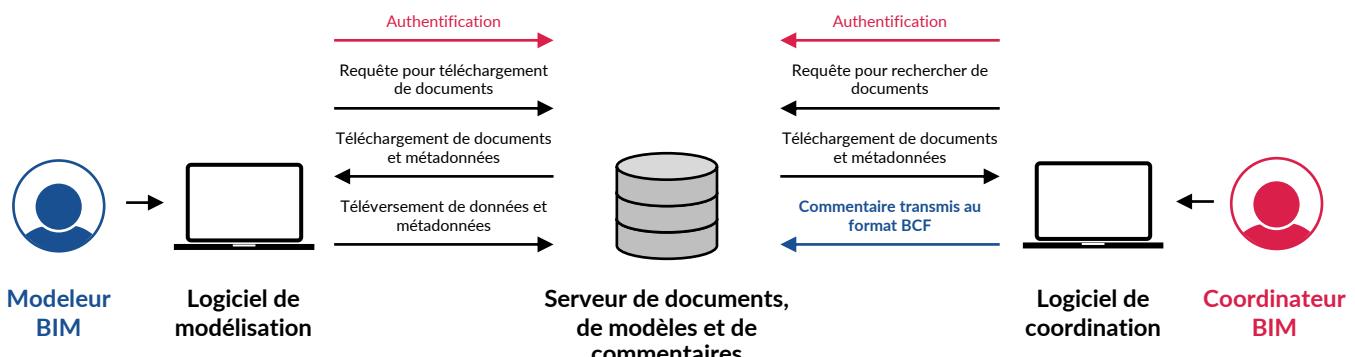


Figure 3.42 : Communication modeleur BIM et coordination BIM dans un CDE

Ces inconvénients peuvent être éliminés par l'utilisation d'une connexion des logiciels au CDE basée sur un service web – cette technologie est actuellement déployée sous le nom d'**openCDE API** (voir code QR).

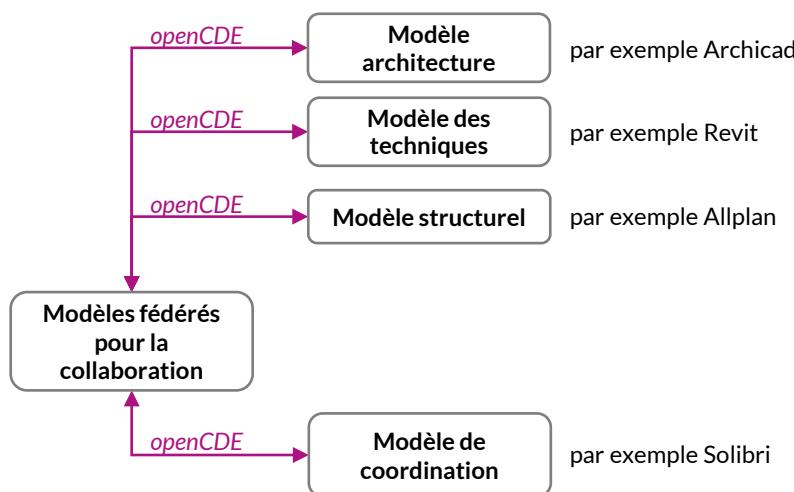


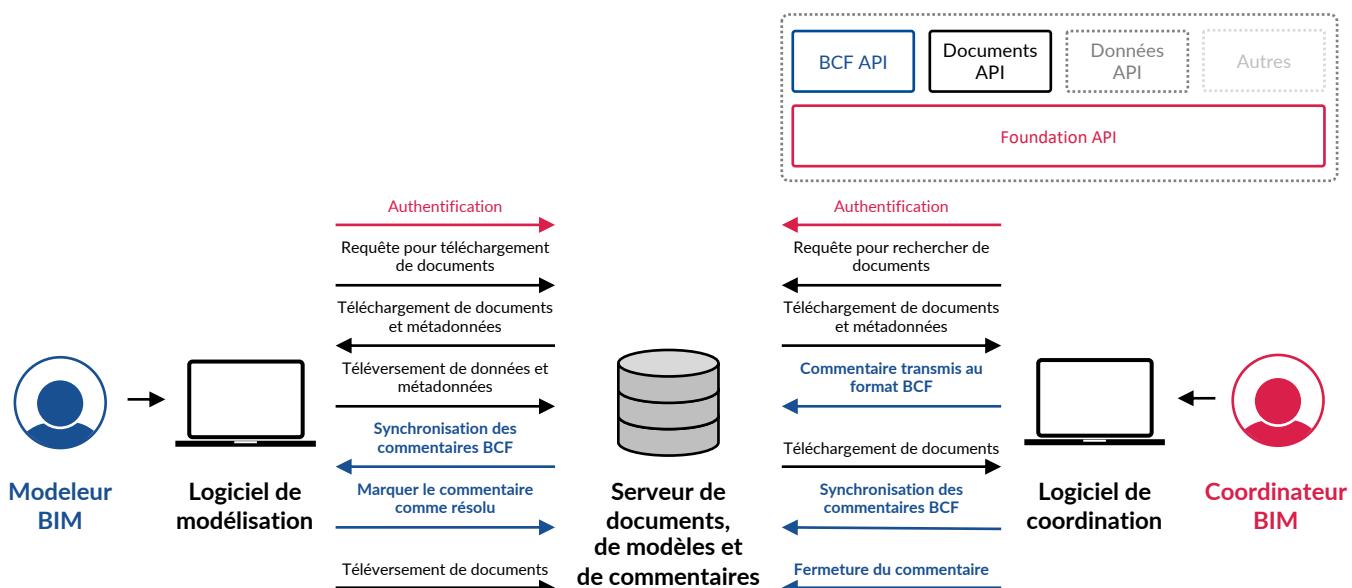
Figure 3.43 : Échange de données entre modèles avec openCDE API

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.5 Common Data Environment (CDE)

L'échange n'est plus géré au niveau des fichiers mais repose sur des services web basés sur des bases de données. La déclaration manuelle n'est plus nécessaire, seules les modifications sont transférées. Cela permet d'optimiser le volume de données et le temps de transmission. La [figure 3.44](#) décrit l'effort réduit pour la communication basée sur le modèle.

Cette technologie a déjà été utilisée dans la plate-forme de communication BIMcollab, qui relie les logiciels BIM au serveur BIMcollab à l'aide de modules complémentaires. Avec openCDE API, cette technologie peut désormais être utilisée pour tous les CDE.



**Figure 3.44 :** openCDE communication d'un modeleur BIM et BIM coordination

#### 3.5.2 Objectifs d'un CDE

Les objectifs d'un CDE sont :

- La création d'un environnement de données unique pour un projet et son équipe de projet ou d'un environnement de données pour un portefeuille de différents projets et leurs équipes de projet respectives

*Avantage :* disponibilité rapide des informations, facilité de récupération des informations, possibilité d'analyse centralisée de tous les projets (pour le portefeuille);

- Garantir la sécurité des données grâce au transfert crypté de celles-ci, à l'authentification des utilisateurs, à la capacité multi-clients et au concept d'utilisateur basé sur les rôles

*Avantage :* assurer la discréetion nécessaire concernant les informations sensibles, garantir la conformité avec les exigences légales;

- Structuration cohérente et standardisée de toutes les informations relatives au projet (également d'un projet à l'autre)

*Avantage :* simplification de la gestion du projet grâce à une meilleure analyse de son état d'avancement et à une meilleure comparabilité des informations relatives au projet;

### 3.5 Common Data Environment (CDE)

- Mise en œuvre standardisée et contrôlée des processus de projet (y compris entre différents projets)  
*Avantage* : gestion de projet simplifiée grâce à des processus prédéfinis avec des responsabilités claires et une communication transparente;
- Examen rapide et précis de l'état d'avancement du projet à l'aide de valeurs clés prédéfinies (également entre divers projets)  
*Avantage* : gestion de projet simplifiée;
- Identification plus facile des contenus/processus pertinents du projet à archiver ou transfert compact des contenus/processus pertinents du projet à archiver à la fin du projet;
- Identification facilitée des contenus/processus de projet pertinents pour l'exploitation de l'ouvrage ou transfert compact des contenus/processus de projet pertinents pour l'exploitation ou à l'AIM aux moments opportuns.

#### 3.5.3 Critères pour le CDE

Un CDE est un espace de stockage de données central pour toutes les informations relatives au projet. Son fonctionnement est donc soumis aux critères de protection des données et aux demandes de garantie à prendre en compte. Le CDE est souvent fourni sur le matériel du prestataire, les donneurs d'ordre ne disposant pas des performances techniques et de la sécurité nécessaires dans leurs propres structures informatiques. Dans ce cas, le donneur d'ordre doit vérifier à la fois la conformité du service du fournisseur avec la loi sur la protection des données et sa conformité avec les garanties requises en matière de disponibilité, de fiabilité, d'accès physique, de dépendance à l'égard de tiers, etc. Les offres de services Cloud actuellement proposées ne répondent pas souvent à toutes ces exigences. Dans ce cas, les avantages et les inconvénients doivent être soigneusement examinés.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

## 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

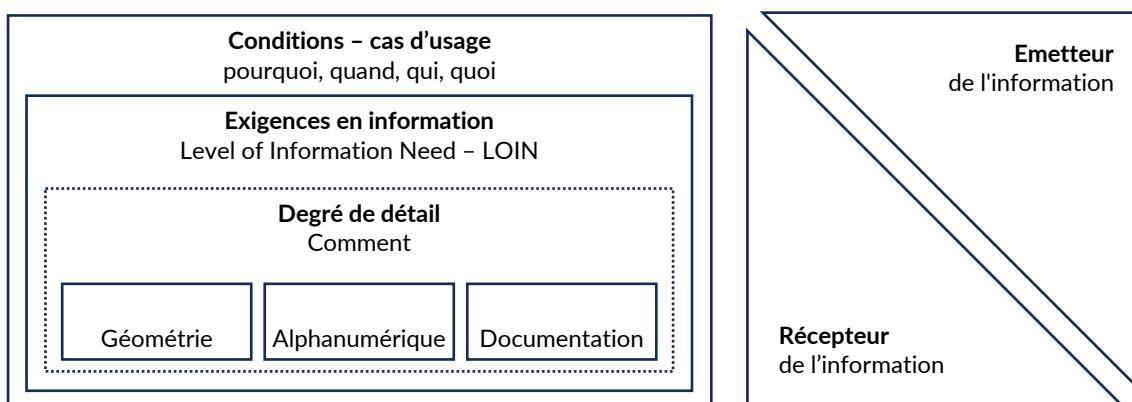
Paul Curschellas (auteur invité), Tina Krischmann

Cette section décrit la méthode permettant de définir et de déterminer le niveau d'information requis par les acteurs concernés à un moment donné. La méthode de définition du niveau de besoin en information est normalisée dans la norme EN 17412-1.

La série de normes ISO 19650 identifie les processus et les rôles dans la livraison d'informations du point de vue du destinataire de l'information et du fournisseur de l'information. En outre, la norme EN 17412-1 (Modélisation des informations sur le bâtiment – Niveau de besoin d'information – Partie 1 : Concepts et principes) fournit la base méthodologique pour définir le niveau du besoin d'information.

Dans le contexte de la gestion de l'information (selon la norme ISO 19650), le niveau d'information requis (Level of Information Need – LOIN) établit une méthodologie pour préciser les exigences du client en matière d'information géométrique, alphanumérique, ainsi que la documentation attendue à la livraison par le fournisseur de l'information. Les règles de définition du niveau d'information requis sont un élément essentiel de l'EIR et du BEP et font partie des exigences du client. Elles servent de base au bon déroulement du processus au sein d'un projet – cependant, le niveau de détail et d'information en tant que telles ne sont pas standardisées. Ce sont plutôt les conditions respectives, les objectifs du projet, les objectifs de l'application et les cas d'usage basés sur ces derniers qui constituent la base de la délimitation et de la définition du niveau du besoin d'information.

Les niveaux de besoin d'information sont dérivés des cas d'usage qui sont exécutés à certains moments du projet. Les niveaux de besoin d'information comprennent les définitions géométriques (LOG) et alphanumériques (LOI) des modèles métier ainsi que la documentation nécessaire associée (DOC).



**Figure 3.45 :** Définition du niveau d'information requis (cas d'usage) répond au niveau de détail (2 étapes)

### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

En répondant aux besoins des différents cas d'usage, il est possible d'éviter que la modélisation géométrique et l'information soient trop importantes (donc inutiles) ou trop faibles (donc négligées) dans le projet.

Le développement, la livraison, la coordination et la maintenance du développement géométrique et alphanumérique des différents modèles et la documentation associée sont donc soumis à un environnement contrôlé qui offre toujours des avantages démontrables via les cas d'usage. Ce type de communication des exigences d'information présente l'avantage, dès le début du projet, que le donneur d'ordre et le prestataire aient une bonne idée de la portée du projet et que les efforts nécessaires peuvent être facilement estimés et convenus par les parties concernées dans les contrats.

#### 3.6.1 Méthode de l'EN 17412-1 et pratiques établies

L'expérience pratique a montré que les acronymes LOG et LOI et les définitions de leurs « classes 100-500 » ne sont pas vraiment adaptés à la description précise d'un objet de livraison attendu. Jusqu'à présent, les définitions de la collaboration fondée sur des modèles ont été établies sans que les exigences, le processus et les responsabilités liés au cas d'usage ne soient déduits et documentés. Cela pouvait conduire à des incompréhensions entre les personnes impliquées et laissait une marge d'interprétation des réglementations. Cela signifie que les informations requises pour un bâtiment ne pouvaient pas être fournies de manière fiable et sans contradictions.

Le fait d'avoir déjà fourni les niveaux de détail *LOG* et *LOI* simplifie la communication pour la mise en œuvre et la livraison des informations du modèle d'information. Toutefois, il est fortement déconseillé de fonder le niveau d'information requis uniquement sur ce point ou d'en convenir contractuellement. Il est clairement recommandé de se baser sur les cas d'usage prévus dans les règles et réglementations relatives au projet.

La méthode de détermination du LOIN dans la norme ISO 7817-1 est basée sur deux étapes :

**Étape 1 :** Définition des conditions préalables

**Pourquoi, quand, qui, quoi**

**Étape 2 :** Définition du niveau d'information requis pour la géométrie, l'alphanumérique et la documentation

**Comment**

Les étapes nécessaires pour déterminer le niveau d'information requis selon cette méthode sont décrites ci-dessous.

#### 3.6.2 Procédure de détermination du niveau d'information requis

##### Étape 1 – Conditions préalables

Pour déterminer le niveau d'information requis, les conditions préalables nécessaires doivent d'abord être clarifiées. Cependant, elles ne font pas partie du LOIN en tant que telles.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

Définition des conditions préalables (*pourquoi, quand, qui, quoi*) :

<b>Pourquoi</b>	Objectif et utilisation prévus. Les applications et l'utilisation constituent la base de la livraison d'informations.
<b>Quand</b>	Moment auquel un livrable spécifique est attendu. Informations sur les jalons de la livraison.
<b>Qui</b>	Destinataires et émetteurs de l'information.
<b>Quoi</b>	Contenu d'information (exemple : classe B2010 Uniformat II) défini selon le niveau d'information requis.

##### Level of Information Need

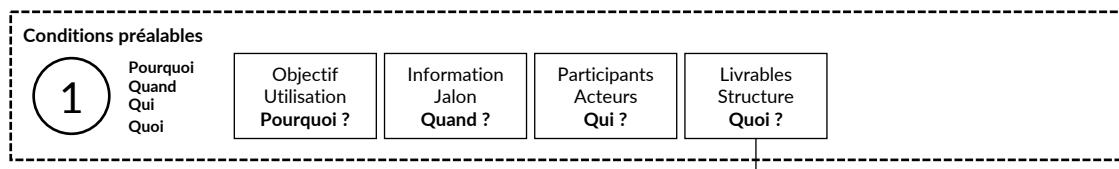


Figure 3.46 : Étape 1 de la définition du LOIN – conditions préalables (Source : Bâtir Digital Suisse, voir code QR)

#### Étape 2 – Niveau d'information requis

Lors de la deuxième étape, le *comment* ou la définition du **niveau d'information requis doit être spécifié**. Dans la norme EN 17412-1 (remplacée par ISO 7817-1), trois catégories sont utilisées pour caractériser l'information fournie. L'objectif est de fournir des informations qui peuvent être interprétées par les machines et les humains.

<b>Géométrie</b>	Information définie par le détail, la dimensionnalité, l'emplacement (relatif ou absolu), l'apparence (de symbolique à réaliste) et le comportement paramétrique ;
<b>Alphanumérique</b>	Information identifiée par des clés uniques (source) et étiquetée par des attributs et des propriétés ;
<b>Documentation</b>	Information qui représente le résultat de la livraison à un moment précis.

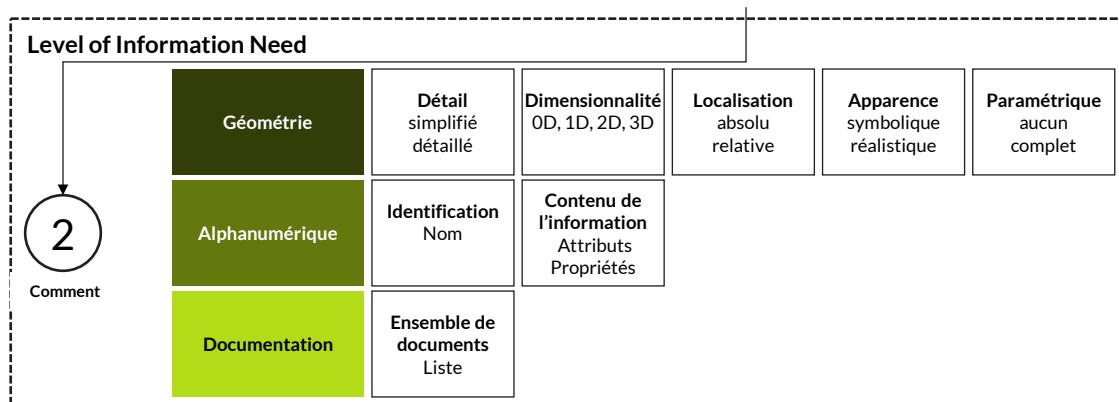


Figure 3.47 : Méthode de définition du Level of Information Need en deux étapes selon la norme SN EN 17412-1 (Source : Bâtir Digital Suisse, voir code QR)



### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

#### 3.6.3 Traitement dans le projet

Au cours du projet, les exigences relatives au niveau d'information requis, aux informations géométriques, aux informations alphanumériques et aux documents peuvent augmenter ou diminuer. Ceci est lié aux exigences du cas d'usage concerné, comme la procédure de demande d'autorisation de construire, le calcul des coûts, l'appel d'offres, la planification de l'exécution, la remise à l'exploitation (FM). Sur la base d'un cas d'usage (pourquoi), les éléments de modèle concernés se voient attribuer les exigences nécessaires (quoi) en termes de géométrie et d'information alphanumérique, qu'ils doivent représenter à un moment donné (quand). La production adaptée à ce niveau de granularité d'information incombe à l'acteur responsable (qui).

Les exigences expriment le contenu géométrique et alphanumérique des modèles pour l'échange de données et l'utilisation ultérieure des informations du modèle. Les exigences sont transférées au logiciel auteur respectif et mises en œuvre sur les informations du modèle (= création du contenu du modèle). Selon le cas d'usage, la granularité du contenu de l'information alphanumérique peut dépasser celle de la structure de données IFC standard, auquel cas des ensembles de propriétés et des propriétés individuelles distinctes doivent être définis.

Idéalement, tout le contenu de la documentation (DOC) est dérivé des modèles. Cela devrait être le cas sur une base univoque pour les informations géométriques et alphanumériques dérivées du modèle. Cependant, la documentation contient des informations supplémentaires qui sont généralement liées aux modèles ou aux objets. Cet aspect doit être pris en compte en garantissant l'assurance qualité au niveau supérieur du contrôle de la documentation du projet.

La géométrie et l'information constituent une base importante pour l'assurance qualité et peuvent être vérifiés automatiquement par rapport aux documents des modèles. Ils constituent la base du contrôle par le logiciel de vérification en fonction de la phase.

#### 3.6.4 Exemple

Pour illustrer la mise en pratique de la définition du niveau d'information requis (LOIN), cette section présente le cas d'usage « protection contre l'incendie ».

##### Étape 1 – Définition des conditions préalables (pourquoi, quand, qui, quoi)

- **Cas d'usage** : concept de protection contre l'incendie coordonné et basé sur un modèle.
- **Objectif et utilisation prévue (pourquoi)** : coordination et documentation des mesures de protection contre l'incendie (structurelles et techniques).
- **Jalon (quand)** : dépôt de la demande de permis de construire.
- **Parties prenantes (qui)** : l'architecte ou les experts en charge de la conception de la protection contre l'incendie.
- **Contenu de l'information (quoi)** : Mise à disposition des informations nécessaires pour la conception et la documentation des exigences de la conception de la protection contre les incendies.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)



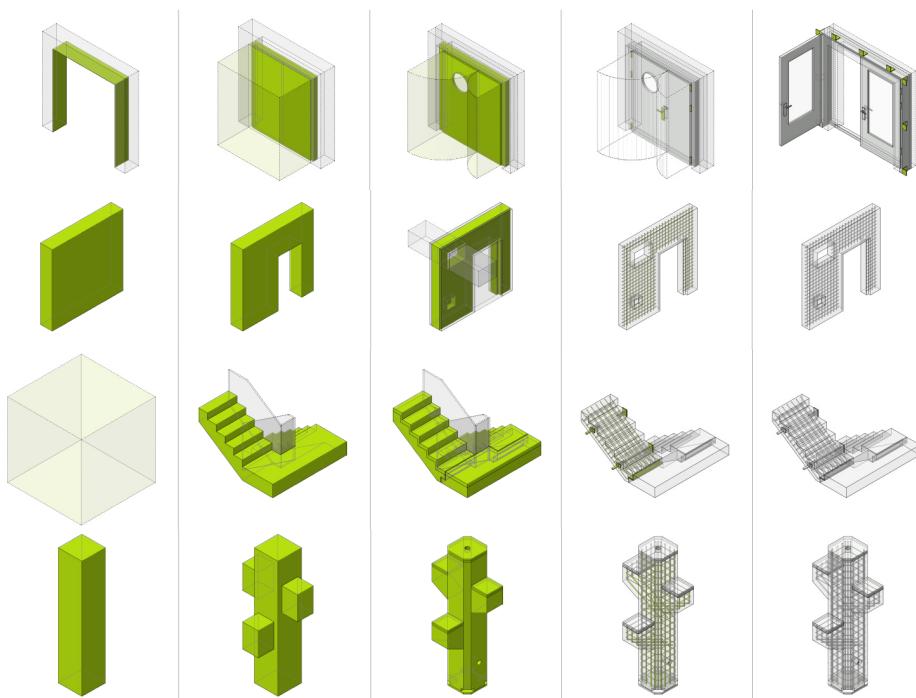
##### Étape 2 - Niveau d'information requis (comment)

**Géométrie :** Tous les éléments doivent être attribués à un système de classification spécifique et correct conformément au format d'échange requis (dans ce cas et sauf exigence contraire, les spécifications IFC – voir code QR). Les éléments de construction de classe non définie (IfcBuildingElementProxy) sont à exclure et ne doivent être utilisés dans les modèles que dans des cas exceptionnels et en concertation avec le BIM management.

Les éléments du modèle requis sont au moins : les pièces (y compris leur relation spatiale avec les étages, les bâtiments), les murs, les portes, les escaliers, les colonnes, les équipements d'extinction d'incendie, les alarmes incendie, les panneaux de sortie de secours.

Les exigences de modélisation correspondent à la granularité attendue pour la coordination et la documentation des mesures de protection incendie planifiées :

- Tous les éléments doivent être localisés dans les étages de référence.
- Les éléments de construction doivent être créés conformément au catalogue des composants.
- La modélisation est basée sur les éléments, ce qui signifie que l'utilisation d'éléments non définis (BuildingElementProxy) n'est pas recommandée.
- Les éléments du modèle nécessaires à la création de la documentation de projet sont développés.



**Figure 3.48 :** Niveaux de détail pour les éléments suivants : porte, mur intérieur, escalier et pilier (Source : Bâtir Digital Suisse, voir code QR)

## 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

**Alphanumérique** : les éléments du modèle BIM (murs, portes, escaliers, colonnes, équipement d'extinction d'incendie, alarmes, marquage des issues de secours) doivent être transmis avec le contenu des informations alphanumériques à des fins de conception et de coordination :

- Propriété/terrain :
  - IfcSite : une valeur unique dans l'attribut Name
- Bâtiment :
  - IfcBuilding : une valeur unique dans l'attribut Name
- Etage :
  - IfcBuildingStorey : une valeur unique dans l'attribut Nom
- Espace :
  - IfcSpace : type prédéfini : SPACE, PARKING, GFA (Gross Floor Area)...
- Mur :
  - IfcWall : type prédéfini : STANDARD, SOLIDWALL, PARAPET, PARTITIONING
- Porte :
  - IfcDoor : type prédéfini : DOOR, GATE
- Escaliers :
  - IfcStair : tous les types prédéfinis
- Pilier :
  - IfcColumn : tous les types prédéfinis
- Équipement d'extinction d'incendie :
  - IfcFireSuppressionTerminal : Type prédéfini : FIREHYDRANT, USERDEFINED = WALLHYDRANT
- Alarme incendie :
  - IfcAlarm : type prédéfini : BELL, BREAKGLASSBUTTON, LIGHT, MANUALPULL-BOX, RAILWAYCROCODILE, RAILWAYDETONATOR, SIREN, WHISTLE, USERDEFINED
- Étiquetage des sorties de secours :
  - IfcBuildingElementProxy : type prédéfini : USERDEFINED ; ObjectType = FIRE-EXITLABELING

Propriété/Attribut	Type de données	Liste de valeurs	Nomenclature dans le modèle IFC	Responsable QUI	Phase QUAND	Organisation QUI	Cas d'usage POURQUOI	
							Reponsable géométrie (LOG)	Reponsable alphanumérique (LOI)
Name	IfcLabel	Auswahl/Benennung gem. Konvention Projekt	IfcSite.NAME	ARCH	ARCH	2	X	
Name	IfcLabel	Auswahl/Benennung gem. Konvention Projekt	IfcBuilding.NAME	ARCH	ARCH	2		X
Name	IfcLabel	Auswahl/Benennung gem. Konvention Projekt	IfcBuildingStorey.NAME	ARCH	ARCH	2		X
FireExit	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_SpacefireSafetyRequirements.FireExit	ARCH	BRP	3		X
FireExit	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_DoorCommon.FireExit	ARCH	BRP	3		X
FireExit	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_StairCommon.FireExit	ARCH	BRP	3		X
FlammableStorage	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_SpacefiresafetyRequirements.FlammableStorage	ARCH	BRP	3		X
AirPressurization	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_SpacefiresafetyRequirements.AirPressurization	ARCH	BRP	3		X
SprinklerProtection	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_SpacefiresafetyRequirements.SprinklerProtection	ARCH	BRP	3		X
SprinklerProtectionAutomatic	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_SpacefiresafetyRequirements.SprinklerProtectionAutomatic	ARCH	BRP	3		X
FireCompartmentNumber	IfcLabel	Nummerierung fortlaufend	Mset_SpacefireSafetyRequirements\$Specific.FireCompartmentNumber	ARCH	BRP	3		X
FireRating	IfcLabel	Auswahl gem. nationaler Vorgaben	Pset_WallCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
FireRating	IfcLabel	Auswahl gem. nationaler Vorgaben	Pset_DoorCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
FireRating	IfcLabel	Auswahl gem. nationaler Vorgaben	Pset_ColumnCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
Compartmentation	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_WallCommon.Compartmentation	ARCH	BRP	3		X
SelfClosing	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_DoorCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
SmokeStop	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_DoorCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
HasDrive	IfcBoolean	WAHR oder FALSCH	Pset_DoorCommon.FireRating	ARCH	BRP	3		X
ExtinguishingMedia	IfcLabel	ND; Wasser; Kohlendioxid; Schaum; Pulver; Fettb	Mset_FireSuppressionTerminal\$TypeSpecific.ExtinguishingMedia	ARCH	BRP	3		X
TypeOfAlarm	IfcLabel	ND; Feuermelder; Einbruch; CO2; etc.	Mset_Alarm\$TypeSpecific.TypeOfAlarm	ARCH	BRP	3		X
TypeOfFireExit	IfcLabel	ND; Ausgang; Fluchtweg	Mset_BuildingElementProxy\$Specific.TypeOfFireExit	ARCH	BRP	3		X

**Figure 3.49** : Tableau des éléments ; niveau d'information requis – informations alphanumériques requises par composant

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.6 Niveau d'information requis (LOIN) et niveau de détail (LOG, LOI)

**Documentation :** Fourniture de la documentation pour la coordination conformément aux exigences de la conception de la protection incendie. Les documents doivent être préparés et fournis conformément à la coordination entre l'architecture et la protection incendie :

- Documents graphiques :
  - Plan de situation
  - Plans d'étage, coupes et élévations pour chaque étage
    - Le contenu doit être dérivé du modèle de discipline (.dwg et .pdf). L'annotation (par exemple les sorties de secours) doit être représentée séparément et de manière lisible sur les plans, conformément au positionnement des éléments du modèle. Les valeurs (par exemple classe de résistance au feu FireRating) doivent être indiquées séparément et de manière lisible dans les plans.
- Rapport explicatif :
  - Concept de protection contre l'incendie
- Certificats du fabricant relatif à la protection contre l'incendie :
  - Vérifications du système

#### 3.6.5 Terminologie

**Cas d'usage :** afin de contribuer à la réalisation d'un ou de plusieurs objectifs BIM, le cas d'usage décrit l'exécution par des parties responsables d'un ou de plusieurs processus spécifiques, conformément à des exigences définies (ISO/DIS 29481-3, 3.3).

**Niveau de géométrie :** définit les informations géométriques d'un modèle BIM. La granularité géométrique évolue au fur et à mesure de l'avancement du projet.

**Niveau d'information :** définit les attributs et les propriétés des éléments et informations alphanumériques liées au contenu d'un modèle BIM.

**Documentation :** répertorie les documents à fournir ainsi que les informations incluses dans chaque document.

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

## 3.7 IDS – Information Delivery Specification

Léon van Berlo (auteur invité), Simon Fischer



Information Delivery Specification – IDS est un standard de buildingSMART International pour la définition des exigences d'échange de modèles interprétables par un ordinateur. Ce standard est relativement récent (v 1.0 : 2024) et complémentaire des MVD. Alors que la MVD se focalise sur la représentation correcte des classes et de la géométrie, le standard IDS porte sur les informations alphanumériques des modèles BIM. Il définit de quelles informations les éléments doivent être pourvus. Ainsi, l'IDS est prometteur pour fournir et vérifier les exigences d'information. Il intègre les exigences d'information actuellement sous forme de texte dans un processus automatisé de l'openBIM. L'IDS peut être utilisé pour deux sous-processus :



- *Définir l'information* : En tant que fichier de configuration pour les logiciels de modélisation BIM : fourniture automatisée de la structure d'information requise;
- *Vérifier l'information* : En tant que fichier de configuration pour les logiciels de vérification BIM : vérification automatisée de la structure et des conditions sur les valeurs.

Outre l'intégration des exigences d'information dans le processus automatisé openBIM, l'IDS offre également de nouvelles possibilités pour la définition spécifique de ces exigences. En règle générale, les EIR définissent les besoins d'information sur la base des classes IFC et des types prédéfinis. En revanche, l'IDS permet de définir les besoins en informations en fonction des attributs, des propriétés, des quantités, des codes de classification, des matériaux et des relations. Ce type de sélection est parfois appelé filtrage, mais il est formellement appelé *applicability* (applicabilité) dans les IDS. Par exemple, une certaine propriété d'un jeu de propriétés particulier n'est requise que si une autre propriété d'un autre jeu de propriétés contient une valeur spécifique. Cela permet aux clients de demander et de vérifier des informations de manière très spécifique.

Le flux de travail de l'IDS commence par le domaine de responsabilité du donneur d'ordre (partie désignante). Le donneur d'ordre définit les cas d'usage BIM souhaités et les informations requises. Examinons deux exemples d'exigences d'information.

Premier exemple : un client peut souhaiter que tous les espaces d'un modèle BIM soient classés avec un certain code et possèdent certaines propriétés. L'exigence pourrait être décrite comme suit : « *Toutes les données relatives aux espaces dans un modèle doivent être classées comme [AT]Piece et posséder les attributs NetFloorArea et GrossFloor Area (tous deux dans le jeu de propriété appelé BaseQuantities) et une propriété appelée AT\_Numeropiece.* » Ceci est applicable à n'importe quel type d'exigence. Les utilisateurs peuvent également affiner les exigences pour qu'elles ne s'appliquent pas à tous les espaces, mais seulement à ceux qui présentent certaines caractéristiques. Par exemple :

- Espaces ayant une certaine propriété et/ou valeur de propriété;
- Espaces qui font partie d'une certaine hiérarchie;
- Espaces qui sont classés d'une certaine manière.

Cela s'applique à tous les éléments, et pas seulement aux espaces.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

Second exemple : une spécification pour certaines propriétés des murs utilisant deux contraintes *d'applicability* spécifiques différentes est formulée : « *Tous les murs doivent avoir les propriétés Loadbearing et FireRating (toutes deux dans un Property Set appelé Pset\_WallCommon). Les murs ayant la valeur true pour la propriété Loadbearing doivent avoir une valeur pour la propriété FireRating parmi la liste suivante (ND, REI 30, REI 60, REI 90, REI 120).* » Cet exemple de mur est inclus dans la description de la structure de données de l'IDS dans la section suivante.

La définition des besoins d'information est généralement effectuée à l'aide d'un outil de structuration de données qui récupèrent des données du bSDD et de l'UCM. Le client exporte ensuite les besoins d'information dans un IDS et les envoie à la partie désignée. La partie désignée utilise l'IDS comme fichier de configuration pour les logiciels de modélisation et de vérification. Cela permet au logiciel de modélisation BIM de créer automatiquement les propriétés requises en fonction des éléments. Dans le logiciel de vérification BIM, le fichier de configuration permet de saisir automatiquement les règles de vérification. Le fichier IFC vérifié est finalement envoyé au client, qui utilise également le fichier IDS pour configurer son logiciel de vérification. De la même manière, toute partie prenante au projet peut définir ses besoins d'information d'une manière interprétable par ordinateur. L'IDS associe ainsi les exigences d'information du client au modèle BIM et permet un contrôle automatisé de la structure d'information exigée.

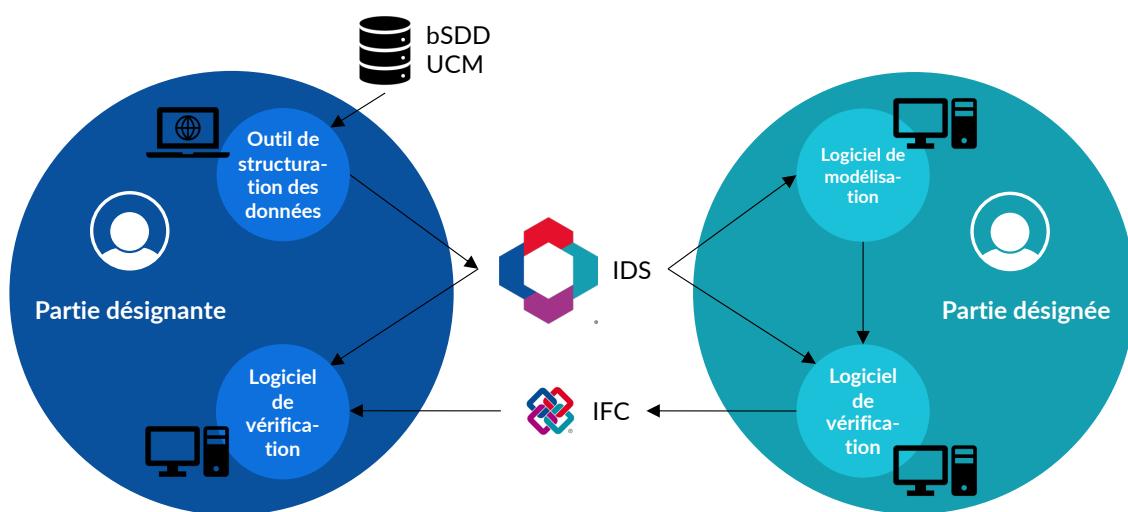


Figure 3.50 : Flux de travail IDS

##### 3.7.1 Structure des données

Le format de fichier IDS est basé sur le schéma XML. Il s'agit d'une version normalisée de celui-ci. Cela signifie que la structure et la syntaxe d'un fichier IDS sont plus précises que celles d'un fichier XML général. À cette fin, buildingSMART International utilise le format XSD (XML Schema Definition). Ce format définit les éléments et les attributs qui doivent et peuvent être inclus dans un fichier IDS. La description suivante de la structure de données IDS, y compris les paramètres des *Facets*, se réfère à la version 0.9.6 de l'IDS (état en janvier 2024).

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

En principe, un fichier IDS est divisé en deux sections : un *en-tête (Header)* et une liste de *spécifications*. L'*en-tête* contient des métadonnées générales sur le fichier. Ces métadonnées sont rassemblées dans l'*élément « info »*. Les informations acceptées sont : le titre, le copyright, la version, la description, l'auteur, la date, l'objectif et le jalon. Seul le titre est obligatoire. Tous les autres paramètres sont facultatifs. Les lignes précédant les métadonnées sont le prologue XML pour la définition de la version XML et de l'encodage, ainsi que la *section Racine (Root) (<ids ...>)* avec la définition des espaces de noms pour le document.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ids xmlns="http://standards.buildingsmart.org/IDS"
      xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
      xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
      xsi:schemaLocation="http://standards.buildingsmart.org/IDS
                           http://standards.buildingsmart.org/IDS/0.9.6/ids.xsd">
  <info>
    <title>IDS for BIMcert</title>
    <copyright>Simon Fischer</copyright>
    <description>Created to describe IDS for BIMcert</description>
    <date>2023-12-06</date>
  </info>
```

Les métadonnées générales sont suivies du contenu d'un fichier IDS : une liste de spécifications. Les spécifications décrivent les exigences d'information pour les éléments de l'IFC. Elles sont structurées de manière à être facilement compréhensibles par les humains et interprétables par ordinateur. Une spécification se compose de trois parties : Les *métadonnées*, *applicability* et les *exigences*.

Les **métadonnées** sont incluses en tant qu'attributs dans l'*élément Specification*. Dans l'exemple suivant, les deux paramètres obligatoires name et ifcVersion sont inclus. En outre, la nécessité (*occurs*), un identifiant (*identifier*), une description (*description*) et des instructions (*instructions*) peuvent être définis. La description et les instructions sont des options qui permettent d'ajouter aux exigences une documentation lisible par l'homme. Bien que l'IDS soit conçu pour être interprété par ordinateur, dans de nombreux cas, des personnes devront inévitablement ajouter des informations au jeu de données BIM. Le créateur d'un IDS peut donc laisser des instructions qui clarifient toute exigence relative à la saisie de données par un être humain.

La deuxième composante de la *spécification* est l'**applicability**. Ce filtre définit les éléments pour lesquels la *spécification* actuelle est applicable. Cette restriction peut être effectuée au niveau des classes IFC, mais aussi de manière beaucoup plus spécifique par le biais de types prédéfinis, de propriétés, de matériaux, etc.

Le troisième élément de la *spécification* constitue les **exigences**. Elles contiennent les exigences en matière d'information pour les éléments. La combinaison de l'*applicability* et des *exigences* crée la définition interprétable par ordinateur des exigences d'information. Les deux composantes utilisent ce que l'on appelle des *Facets* pour spécifier leur contenu. Dans le contexte de XML, les *Facets* signifient des restrictions pour les éléments XML. Dans le schéma IDS, les *Facets* décrivent les informations qu'un élément du modèle IFC pourrait avoir. Six paramètres de *Facets* définis avec précision sont utilisés pour rendre les exigences interprétables par ordinateur. Les paramètres de *Facets* se réfèrent à différents contenus du schéma IFC :

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

- *Entity Facet*;
- *Attribute Facet*;
- *Classification Facet*;
- *Property Facet*;
- *Material Facet*;
- *PartOf Facet*.

Dans l'*applicability*, les *Facets* permettent des options de filtrage très spécifiques (par exemple seulement les éléments qui ont une certaine propriété avec une certaine valeur). Il est également possible de combiner plusieurs *Facets*, ce qui augmente les possibilités de définition individuelle des exigences. Grâce à cette fonctionnalité, l'IDS peut fournir des définitions avancées des exigences.

Outre la combinaison de *Facets*, les possibilités offertes par les *Facets* comprennent de nouvelles fonctionnalités. L'IDS permet aux utilisateurs d'exiger que les propriétés soient partagées avec un certain type de données. Il existe également de nombreuses façons de définir des restrictions sur les valeurs. Par exemple, la valeur d'une propriété ne peut être sélectionnée que dans une liste de valeurs autorisées. Si la valeur est un nombre, elle peut avoir un minimum, un maximum ou une plage spécifique. La correspondance de motif (*pattern matching*) est également une option disponible dans l'IDS. La *Facet PartOf* permet aux utilisateurs d'exiger certaines structures dans le jeu de données BIM qui sont typiques lors de l'utilisation de l'IFC. Cette fonctionnalité permet d'exiger qu'un objet fasse partie d'un assemblage ou d'un groupe. Les restrictions sur les spécifications sont un autre exemple de fonctionnalité avancée. Les attributs *minOccurs* et *maxOccurs* en XML permettent aux utilisateurs de définir un minimum, un maximum, une plage ou un nombre exact d'objets qui doivent être présents dans le jeu de données BIM. L'IDS utilise les restrictions XSD pour améliorer la fiabilité de la mise en œuvre. Des détails sur les différents paramètres des *Facets* sont décrits précédemment. Toutes les informations techniques sur l'IDS sont disponibles sur GitHub, où le développement du code, la documentation et les exemples sont publiés (voir code QR).



#### LOI – Level of Information (IfcWall)

Property	Data type	Unit of value	Location	Selection set	Note
Loadbearing	IfcBoolean	Logical value	Pset_WallCommon	-	Default value: FALSE
FireRating	IfcLabel	Text	Pset_WallCommon	Selection set	Default value: ND; Example: REI 60
...					

#### Selection sets IfcWall FireRating

load bearing	non-bearing	...
ND	ND	
REI 30	EI 30	
REI 60	EI 60	
REI 90	EI 90	
REI120	EI120	
...	...	

**Figure 3.51 :** Informations requises pour les objets de la classe IfcWall

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

Ci-après, l'exemple d'exigences d'information pour les murs présenté dans l'introduction est illustré dans un texte normal sous forme de tableau (voir figure 3.51) et dans un IDS (voir liste 3.1). La première spécification indique que chaque mur nécessite les propriétés Loadbearing et FireRating dans l'ensemble de propriétés Pset\_WallCommon. La seconde spécification fournit des valeurs possibles pour la classe de résistance au feu des murs porteurs (la liste n'est pas exhaustive). L'*applicabilité* des deux *spécifications* est mise en évidence en bleu clair, les *exigences* en orange clair.

**Liste 3.1 :** Informations requises pour les objets de la classe IfcWall dans un IDS

Applicabilité	Exigences
<pre>&lt;ids&gt;   &lt;specifications&gt;     &lt;specification name="IfcWall General" ifcVersion="IFC4"&gt;       &lt;applicability&gt;         &lt;entity&gt;           &lt;name&gt;             &lt;simpleValue&gt;IFCWALL&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/name&gt;         &lt;/entity&gt;       &lt;/applicability&gt;       &lt;requirements&gt;         &lt;property datatype="IfcBoolean"&gt;           &lt;propertySet&gt;             &lt;simpleValue&gt;Pset_WallCommon&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/propertySet&gt;           &lt;name&gt;             &lt;simpleValue&gt;Loadbearing&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/name&gt;         &lt;/property&gt;         &lt;!--further properties--&gt;       &lt;/requirements&gt;     &lt;/specification&gt;     &lt;specification name="IfcWall FireRating for Loadbearing walls"       ifcVersion="IFC4"&gt;       &lt;applicability&gt;         &lt;entity&gt;           &lt;name&gt;             &lt;simpleValue&gt;IFCWALL&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/name&gt;         &lt;/entity&gt;         &lt;property datatype="IfcBoolean"&gt;           &lt;propertySet&gt;             &lt;simpleValue&gt;Pset_WallCommon&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/propertySet&gt;           &lt;name&gt;             &lt;simpleValue&gt;Loadbearing&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/name&gt;           &lt;value&gt;             &lt;simpleValue&gt;true&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/value&gt;         &lt;/property&gt;       &lt;/applicability&gt;       &lt;requirements&gt;         &lt;property datatype="IfcLabel"&gt;           &lt;propertySet&gt;             &lt;simpleValue&gt;Pset_WallCommon&lt;/simpleValue&gt;           &lt;/propertySet&gt;         &lt;/property&gt;       &lt;/requirements&gt;     &lt;/specification&gt;   &lt;/specifications&gt; &lt;/ids&gt;</pre>	

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

```
<name>
  <simpleValue>FireRating</simpleValue>
</name>
<value>
  <xss:restriction base="xs:string">
    <xss:enumeration value="ND"/>
    <xss:enumeration value="REI 30"/>
    <xss:enumeration value="REI 60"/>
    <xss:enumeration value="REI 90"/>
    <xss:enumeration value="REI 120"/>
  </xss:restriction>
</value>
</property>
</requirements>
</specification>
</specifications>
</ids>
```

##### 3.7.2 Relation entre l'IDS et l'IFC

Bien que l'IDS puisse être utilisé pour demander n'importe quel type de données dans le secteur de la construction et de l'exploitation du bâti, il fonctionne mieux sur les données qui sont structurées selon la norme IFC. Comme on le voit dans l'exemple d'exigence de mur (à la ligne *Specification*), cette spécification indique que cette exigence concerne l'IFC4. L'applicabilité de cet IDS requiert également une *Entity* IfcWall. Ainsi, bien que la spécification puisse être utilisée pour des données non IFC, l'IDS a tendance à préférer les spécifications établies pour l'IFC. Cela se voit également dans la séparation entre les attributs et les propriétés, et les relations *PartOf* dans les exigences avancées.

##### 3.7.3 Relation avec le bSDD

Lorsqu'un utilisateur reçoit un IDS d'un donneur d'ordre (partie désignante), il peut vérifier ses propres données par rapport aux exigences définies dans l'IDS. Comme indiqué précédemment, l'IDS peut inclure des explications et des instructions lisibles par l'homme afin d'aider le destinataire à comprendre les exigences. Il est également possible dans l'IDS d'ajouter un lien (formellement appelé *Uniform Resource Identifier*, URI) avec plus d'informations sur une propriété ou un code de classification. C'est là que la relation avec le bSDD entre en jeu. Un URI commençant par *identifier.building-smart.org* renvoie à un objet qui peut être trouvé dans le bSDD. En suivant cet URI, l'utilisateur peut obtenir plus d'informations sur une propriété, au-delà du niveau de détail qui peut être spécifié dans l'IDS. Le bSDD contient des informations détaillées et standardisées sur les définitions, les unités, les relations avec d'autres éléments, en relation avec les classifications et les propriétés (y compris les attributs et les quantités) pour les normes internationales et nationales spécifiques. Les options permettant de définir des restrictions sur les valeurs dans l'IDS sont les mêmes que celles prises en charge par le bSDD. Cela permet une interaction transparente entre IDS et bSDD. En ajoutant cet URI à une propriété ou une classification (ou à un système), cela permet aux utilisateurs – et dans certains cas même aux ordinateurs – de recueillir plus d'informations sur l'exigence et l'utilisation typique des objets. Plus d'informations sur le bSDD se trouvent dans la section 3.8.

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

#### 3.7.4 Paramètres des facets

Cette section couvre la fonctionnalité et les capacités des six paramètres de *facets*. Pour les *facets* utilisées dans les *exigences*, comme pour les spécifications, la nécessité (*occurs*) peut être spécifiée comme un attribut. Certaines *facets* offrent ou requièrent également d'autres attributs spécifiques. La description suivante contient un exemple de code pour chaque *facet*. Tous les exemples de code peuvent être inclus dans l'applicabilité et les exigences d'une spécification.

##### Entity facet

L'*entity facet* fait référence aux classes du schéma IFC. Elle est donc particulièrement importante pour définir l'applicabilité, car elle décrit pour quelle classe IFC une spécification est pertinente. Outre le nom obligatoire de la classe IFC, un type prédéfini d'élément peut être spécifié de manière facultative dans l'*entity facets*. L'extrait de code suivant montre l'utilisation de l'*entity facets* pour définir l'applicabilité d'une spécification à tous les éléments de la classe IfcDoor.

```
<applicability>
  <entity>
    <name>
      <simpleValue>IFCDOOR</simpleValue>
    </name>
  </entity>
</applicability>
```

##### Attribute facet

L'*attribute facet* traite des attributs qui sont inclus par défaut dans les classes IFC. Il s'agit par exemple du nom d'un élément ou du GUID. Pour utiliser cette *facet*, le nom de l'attribut doit être spécifié. La valeur de l'attribut est facultative. Dans ce cas, l'élément doit avoir un attribut avec un nom spécifié avec n'importe quelle valeur définie (non vide). L'extrait de code suivant illustre l'utilisation de la *facet attribute* qui requiert l'attribution du nom d'un élément avec la valeur *Entry*.

```
<attribute>
  <name>
    <simpleValue>Name</simpleValue>
  </name>
  <value>
    <simpleValue>Entry</simpleValue>
  </value>
</attribute>
```

##### Classification facets

Si d'autres systèmes de classification sont utilisés en plus des classes du schéma IFC, ils peuvent être pris en compte avec la *classification facet*. De nombreux systèmes de classification externes tels que Uniclass2015, CCI ou des systèmes nationaux sont compris dans le bSDD. La *classification facet* permet de spécifier un système de classification et un code de référence (comment un objet est classé dans le système). Ces deux paramètres sont facultatifs. Si aucun paramètre n'est spécifié, un objet doit être classé dans n'importe quel système avec n'importe quel code de référence. En outre, un URI peut être ajouté en tant qu'attribut de l'élément de classification pour renvoyer à des informations complémentaires. Dans cet exemple, le système CCI Construction avec

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

le code de référence *Window* est requis. Pour plus d'informations, l'URI de la classification (du bSDD) est donné. Si cet extrait de code est utilisé dans l'applicabilité d'une spécification et combiné avec les *facets* de propriété dans les exigences, l'affectation de la propriété à la classe définie dans le bSDD peut être reconstituée.

```
<classification uri="https://identifier.buildingsmart.org/uri/molio/
cciconstruction/1.0/class/L-QQA">
  <system>
    <simpleValue>CCI Construction</simpleValue>
  </system>
  <value>
    <simpleValue>Window</simpleValue>
  </value>
</classification>
```

#### Property facet

La *property facet* est le pendant de l'*attribute facet* et fait référence aux propriétés. En outre, elle peut également être utilisée pour spécifier des quantités. Pour définir une exigence, les paramètres *propertySet* (*quantitySet*), *property name* (*quantity name*), *value* et *datatype* sont utilisés. La valeur de la propriété est facultative, comme dans l'*attribute facet*. Tous les autres paramètres sont obligatoires, mais le type de données doit être spécifié comme un attribut de l'élément *property*, et non comme un élément XML individuel comme les autres. Un URI peut également être ajouté en tant qu'attribut pour établir un lien, par exemple avec le bSDD. L'exemple de spécification donné ici requiert une propriété Loadbearing avec la valeur true et le type de données IfcBoolean dans l'ensemble de propriétés Pset\_WallCommon.

```
<property datatype="IfcBoolean">
  <propertySet>
    <simpleValue>Pset_WallCommon</simpleValue>
  </propertySet>
  <name>
    <simpleValue>Loadbearing</simpleValue>
  </name>
  <value>
    <simpleValue>true</simpleValue>
  </value>
</property>
```

#### Material facet

Concernant les restrictions sur les matériaux, il ne faut pas négliger qu'un objet peut être composé d'un ou de plusieurs matériaux. Le *material facet* vérifie si l'un des matériaux de l'objet correspond au matériau spécifié. Il n'existe qu'un seul paramètre pour le matériau dans cette *facet*, et il est facultatif. S'il n'est pas défini, une quelconque spécification de matériau doit être présente. Un URI peut être utilisé comme attribut de l'élément *material* pour renvoyer à des informations supplémentaires sur le matériau.

```
<material>
  <value>
    <simpleValue>ExampleMaterial</simpleValue>
  </value>
</material>
```

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

#### PartOf facet

Le *PartOf* peut être utilisé pour spécifier les relations entre les objets. Les relations sont définies dans l'IFC par des classes commençant par IfcRel.... Dans la *PartOf*, une relation peut être spécifiée via une classe de relation et la classe IFC à laquelle la relation fait référence. La relation est spécifiée comme un attribut de l'élément *PartOf*, et non comme un élément XML individuel comme les autres. L'extrait de code suivant montre qu'un élément doit être assigné à un étage. Pour ce faire, la relation IfcRelContainedInSpatialStructure et la classe IfcBuildingStorey sont spécifiées.

```
<partOf relation="IfcRelContainedInSpatialStructure">
  <entity>
    <name>
      <simpleValue>IFCBUILDINGSTOREY</simpleValue>
    </name>
  </entity>
</partOf>
```

#### 3.7.5 Valeurs simples et restrictions complexes

Outre la possibilité de spécifier des exigences pour différents contenus du schéma IFC par le biais des *facets*, les exigences elles-mêmes peuvent être définies de différentes manières. À cette fin, l'IDS établit d'abord une distinction entre les *valeurs simples* et les *restrictions complexes*. Les *valeurs simples* sont des valeurs uniques sous la forme d'un texte, d'un nombre ou d'une valeur logique (vrai/faux). Les *restrictions complexes* permettent de spécifier plusieurs valeurs et peuvent être divisées en quatre sous-catégories.

#### Enumeration (Enumération)

L'enumération est utilisée pour définir une liste de valeurs admises. La liste peut contenir à la fois des textes et des nombres. Ci-dessous est donné un exemple de spécification des classes de résistance au feu pour les murs porteurs.

```
<value>
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:enumeration value="ND"/>
    <xs:enumeration value="REI 30"/>
    <xs:enumeration value="REI 60"/>
    <xs:enumeration value="REI 90"/>
    <xs:enumeration value="REI 120"/>
  </xs:restriction>
</value>
```

#### Pattern (Motif)

Un *pattern* décrit l'ordre dans lequel différents caractères d'un nom peuvent être disposés. Cette fonctionnalité s'applique principalement aux conventions de dénomination ou aux schémas de dénomination. Une méthode très répandue pour définir de tels motifs est l'utilisation des expressions régulières (Regex). C'est également cette méthode qui est utilisée pour les IDS. L'extrait de code suivant montre un exemple de convention de dénomination d'une pièce. [A-Z] signifie que le nom commence par une lettre majuscule. [0-9]{2} indique qu'il est suivi de deux chiffres entre 0 et 9. -[0-9]{2} indique que le nom doit se terminer par un trait d'union et deux chiffres compris entre 0 et 9. Les noms valables sont, par exemple W01-01 ou B18-74.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

```
<value>
  <xs:restriction base="xs:string">
    <xs:pattern value="[A-Z][0-9]{2}-[0-9]{2}" />
  </xs:restriction>
</value>
```

##### **Bounds (Limites)**

Les *bounds* définissent un intervalle de valeurs valides. Il est possible de spécifier une limite inférieure, une limite supérieure ou les deux. Les limites peuvent également être définies de manière exclusive </> ou inclusive <=>.

##### **Length (Longueur)**

Enfin, il est possible de spécifier la longueur d'une valeur, c'est-à-dire le nombre de caractères individuels. On peut spécifier une longueur exacte ainsi qu'une longueur minimale ou maximale.

#### 3.7.6 Champ d'application et utilisation des IDS

Un fichier IDS peut contenir plusieurs exigences. Ces exigences sont des blocs indépendants et n'ont aucune référence aux autres exigences du fichier. Cela a été fait intentionnellement pour permettre de copier-coller des exigences entre fichiers. Au moment de la rédaction du présent document, plusieurs éditeurs de logiciels mettent en œuvre des éditeurs IDS et des outils de création afin de permettre aux utilisateurs de créer facilement des fichiers IDS. Une liste d'outils fonctionnant avec l'IDS se trouve dans la liste des implémentations logicielles de buildingSMART (filtrer pour l'IDS; voir code QR). À l'avenir, buildingSMART envisage la création de bibliothèques IDS où des exemples d'exigences individuelles seront partagés pour que tout le monde puisse les utiliser. Les utilisateurs pourront rechercher des exigences IDS et les sélectionner pour créer leur propre fichier IDS.



La communauté internationale a identifié l'IDS comme la méthode la plus avantageuse pour le contrôle automatisé de la conformité par la validation des exigences d'informations alphanumériques. l'IDS aide à la rédaction des exigences en matière d'information en fournissant aux utilisateurs un ensemble de possibilités sur ce qui peut être exigé des modèles. Une définition importante du champ d'application de l'IDS est qu'il se concentre uniquement sur les « spécifications de livraison d'informations ». Cela signifie que les exigences structurées de l'IDS peuvent définir les informations nécessaires et la manière dont elles doivent être structurées. Pour des flux de travail automatisés et des scripts, les informations doivent être transmises de manière à ce qu'elles puissent être traitées automatiquement, et ceci est l'objectif de l'IDS. Cependant, l'IDS ne peut pas être utilisé pour définir des exigences de conception ou ce que l'on appelle des « règles ». Ainsi, l'IDS ne permet pas d'exiger que toutes les fenêtres d'une salle d'eau aient un verre opaque, mais une exigence selon laquelle toutes les fenêtres doivent avoir une propriété qui définit le type de verre de la fenêtre est une spécification idéale à définir dans l'IDS. Un logiciel de vérification ou un autre algorithme devrait alors être utilisé pour vérifier si les fenêtres des toilettes ont un verre opaque ou non. Il existe une zone d'ombre à ce sujet puisque l'IDS permet de restreindre les valeurs. Les prochaines versions de l'IDS permettront d'affiner ce champ d'application ou d'étendre la capacité de l'IDS à définir des règles. Les cas d'utilisation pratiques et le consensus définiront les possibilités futures de l'IDS.

### 3.7 IDS – Information Delivery Specification

#### 3.7.7 Relation avec d'autres initiatives

Il existe de nombreuses façons de définir les besoins d'informations. Excel est la méthode la plus populaire, mais elle a ses limites. D'autres initiatives sont Product Data Templates (PDT), Level of Information Need (LOIN), les Exchange Information Requirements (EIR), les BIM Exécution Plan (BEP), la partie « échanges » d'un mvdXML, SHACL dans les domaines de données liées, et bien d'autres encore. Toutes ces initiatives présentent des avantages et des limites. En fonction du cas d'usage, d'autres normes ou initiatives peuvent constituer un meilleur choix. Une comparaison créée par A. Tomczak est disponible dans la [figure 3.52](#).

	Standardised	Applicability	Fields				Value constraints			Content	Geom.	Metadata							
			Info. type	Data type	Unit of meas.	Description	References	Equality	Range	Enumeration	Patterns	Existence	Documents	Structure	Representation	Detailedness	Purpose	Actors	Process map
© 2022 Tomczak, van Berlo, Krijnen, Borrmann, Bolpaghi																			
Spreadsheet	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
PDT*	●	○	○	●	●	●	○	○	○	●	●	○	●	○	○	○	○	○	○
Data Dict.	●	○	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○
IDS*	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	○	●	○	●	●	○
mvdXML	●	●	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	○
idmXML	●	○	○	○	○	○	●							●	●	●	●	●	●
LOIN*	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	○
IFC P.T.	●	○	○	●	●	●	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	○
LD+SHACL	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●

**Figure 3.52 :** Différentes façons de définir les besoins en information

Pour la plupart des cas d'usage de l'openBIM, l'IDS est la solution recommandée pour définir les exigences d'information. Il permet de concilier la compatibilité avec l'IFC et le bSDD avec la facilité d'utilisation et la fiabilité. Plusieurs outils logiciels sont disponibles pour vérifier un fichier IFC par rapport aux exigences d'un fichier IDS. En général, les résultats sont affichés dans une visionneuse. Pour partager les résultats, il est recommandé d'utiliser le BIM Collaboration Format (BCF). Le BCF est un moyen structuré de partager des informations sur les objets IFC avec les parties prenantes du projet. Vous trouverez plus d'informations sur le BCF dans la section dédiée du *Manuel BIMcert* ([section 3.4](#)).

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries



## 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

Artur Tomczak, Jan Morten Loës (auteurs invités), Simon Fischer

Bien que la norme IFC contienne plus d'un millier de termes et deux fois plus de propriétés, elle traite principalement des définitions générales et universelles. L'IFC, comme son nom l'indique, se compose de classes de base. Il s'agit des fondations sur lesquelles du contenu supplémentaire peut être ajouté, comme des termes techniques, des noms de matériaux ou des propriétés supplémentaires pour décrire les données. Il peut y avoir nécessité d'étendre l'IFC lorsque, par exemple il faut se conformer aux réglementations locales en matière de construction qui exigent certains codes de classification. Il peut aussi avoir besoin de fournir des propriétés spécifiques pour l'analyse de la durabilité ou faire correspondre les données conformes à l'exécution dans des systèmes de gestion des actifs. L'IFC permet de référencer les classifications et d'ajouter des propriétés personnalisées, mais il s'agit d'un processus manuel et sujet à des erreurs. Cette liberté de définir de nouveaux noms peut conduire à l'utilisation de noms différents pour les mêmes concepts, ou à l'utilisation de noms ayant des significations différentes.

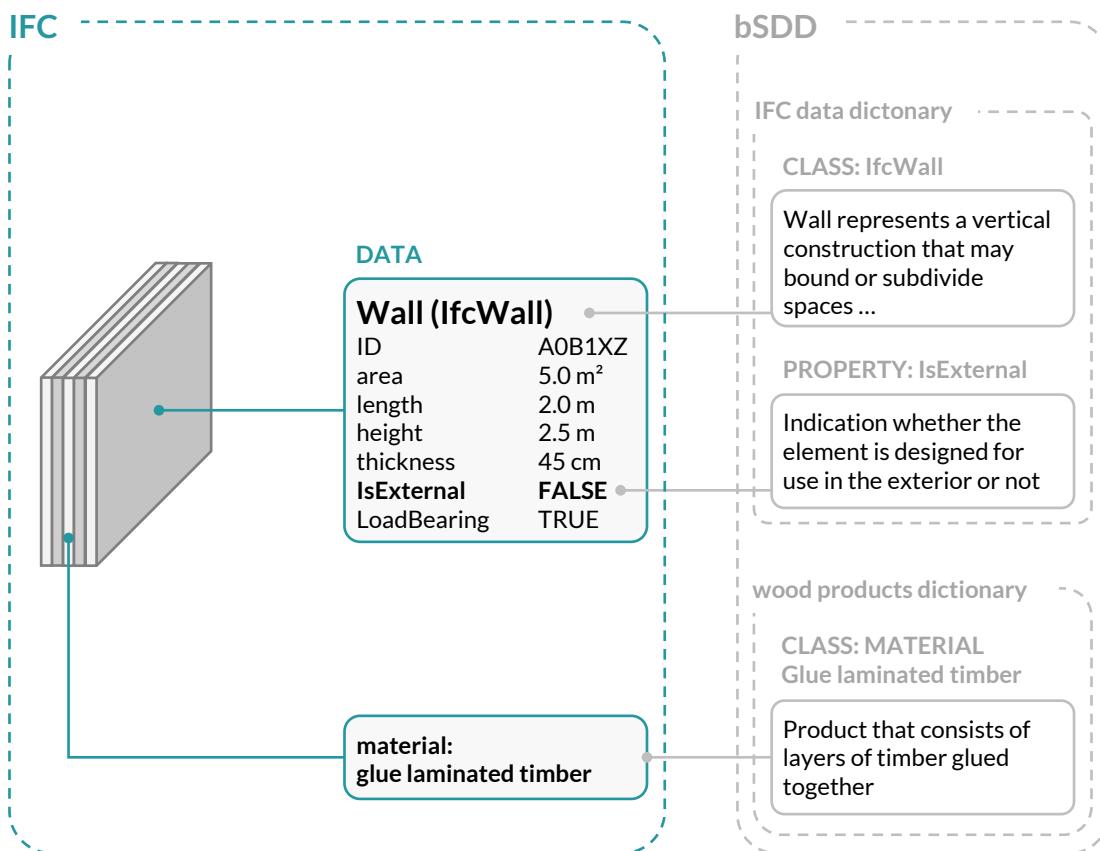
Ainsi se pose la question de savoir comment gérer la convention de nommage (syntaxe) et la signification (sémantique) des termes ajoutés. C'est ici que les dictionnaires de données (*Data Dictionaries*) peuvent aider. Les dictionnaires de données sont des ensembles de termes et de définitions normalisés qui peuvent être utilisés pour créer du contenu. Cela permet à l'ensemble des utilisateurs de mieux comprendre et interpréter la signification des données. Le bSDD est un service gratuit de buildingSMART International qui permet de partager et d'accéder à de tels dictionnaires de données. Tout le monde peut parcourir son contenu et trouver des concepts déjà enregistrés qui peuvent être utilisés pour définir des données. Ainsi, au lieu d'inventer de nouveaux termes, on peut réutiliser le même vocabulaire qui porte exactement la même signification. Chaque ressource du bSDD possède son propre identifiant unique (URI, Uniform Resource Identifier). Celui-ci sert également de lien vers le site web contenant les définitions et les informations connexes. Ainsi, tout le monde se réfère au même concept, le comprend et peut l'interpréter. Grâce aux relations entre les concepts, telles que la hiérarchie et la composition, les dictionnaires de données peuvent définir une structure de données complète. La mise en évidence de similitudes entre dictionnaires de données existants peut faciliter l'échange de données de la construction dans un contexte international et ainsi éviter les incompréhensions.

Le bSDD vise à servir de collection centralisée de données de référence, distribuant des dictionnaires de données provenant de différentes sources et les mettant à la disposition de tous les groupes d'utilisateurs. Cela conduit à :

- l'interprétation cohérente et transparente des données, évitant les incertitudes et les problèmes de communication;
- permettre un traitement automatisé basé sur des données standardisées;
- rendre possible la comparaison et l'apprentissage, la découverte de modèles, l'amélioration des flux de travail et le partage des connaissances.

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

Parallèlement, le projet bSDD devient le graphe de connaissances (Knowledge graph) partagées pour les relations entre systèmes de classification, servant de base à l'unification des termes, propriétés et sens partagé que ce soit pour les humains ou les algorithmes machine.



**Figure 3.53 :** Exemple de mur avec des termes de bSDD et leurs définitions

Le bSDD est basé sur les principes définis dans les normes internationales : ISO 12006-3 (Schéma pour l'information basée sur l'objet), ISO 23386 (Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires de données interconnectés), et ISO 23387 (Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des biens construits). Cette organisation normalisée des dictionnaires de données permet aux utilisateurs d'échanger des données sur la base d'une structure commune, de réutiliser le contenu existant, de faire correspondre le contenu à d'autres dictionnaires et de montrer la relation entre différentes classifications ou différents termes.

#### 3.8.1 Groupes d'utilisateurs et cas d'usage

L'objectif principal du bSDD est d'attribuer des classes aux objets, ainsi que des propriétés. Ces propriétés peuvent également être restreintes à certaines valeurs, par exemple la valeur de la longueur doit être un nombre non négatif. Cependant, le bSDD peut fournir beaucoup plus de services et de fonctions pour différents cas d'usage, en fonction du groupe d'utilisateurs.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

**Les éditeurs (contributors) des dictionnaires de données** – personnes qui définissent des termes et souhaitent les partager avec d'autres, éventuellement aussi en les faisant correspondre à des contenus existants (organisations, associations professionnelles, organismes de normalisation, entreprises privées, fabricants, etc.) :

- **Un cadre commun pour les dictionnaires de données** : Le bSDD fournit une plateforme et un cadre communs pour l'hébergement des dictionnaires de données, y compris pour ceux qui n'ont pas les moyens d'exploiter un serveur dédié pour leurs données. Le bSDD offre également un accès global et un respect des normes applicables.
- **Intégration logicielle** : bSDD fournit un accès à de nombreuses intégrations logicielles et API communes, ce qui lui permet d'être intégré dans divers flux de travail.
- **Dictionnaires de données interconnectés** : Les données peuvent être intégrées dans un réseau de plus en plus vaste de dictionnaires de données en établissant des correspondances avec le contenu existant et en révélant des relations.

**Emetteurs de données** – personnes qui créent des données sur les projets et les produits (par exemple des modèles BIM) ou d'autres contenus en s'appuyant sur les dictionnaires de données (planificateurs, gestionnaires d'actifs, fabricants) :

- **Enrichissement des données** : Les modèles IFC ou d'autres données BIM pertinentes peuvent être enrichis en classant les objets selon une norme souhaitée ou un nommage (même privé) en ajoutant des classes, des propriétés ou des définitions de matériaux communs.
- **Intégration des données** : Le bSDD constitue une source pour la compréhension et la création de données en fournissant des listes de termes et de valeurs d'une manière standardisée qui peuvent être consultées et traitées par des machines et des humains, évitant ainsi les malentendus et éliminant le processus manuel de copie des données, source d'erreurs, ou la production de duplicitas et de redondances.

**Contrôleurs de la qualité** – personnes qui veillent à ce que les données BIM fournies soient de bonne qualité et répondent aux normes requises. Cela s'applique également aux institutions qui reçoivent des ensembles de données BIM comme base pour des processus tels que les permis de construire ou la certification environnementale, car elles doivent s'assurer que le jeu de données répond à leurs exigences (coordinateurs et BIM-Manager, institutions) :

- **Cohérence des données** : L'utilisation du bSDD peut prévenir les erreurs, les interruptions et les défaillances en fournissant aux utilisateurs des listes de noms et de valeurs possibles et en éliminant ainsi les fautes d'orthographe ou de frappe comme source d'erreur.
- **Contrôle de conformité** : Le bSDD peut fournir des termes lors de la création de fichiers IDS pour les logiciels de contrôle de conformité. De cette manière, un modèle prétendant être créé selon une certaine norme peut être vérifié pour assurer la qualité des données ou pour vérifier la conformité avec les dictionnaires de données respectifs pour l'utilisation correcte des entités, des propriétés, des valeurs et des unités.

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

**Récepteurs de données** – personnes qui cherchent à interpréter le contenu qu'elles doivent utiliser (exploitants, clients, concepteurs, prestataires) :

- **Interprétation** : Les classes et les propriétés ne sont plus de simples noms, mais peuvent être facilement identifiées et dotées de métadonnées telles que la définition, les auteurs ou l'utilisation prévue. Cela permet de mieux comprendre le contenu.
- **Analyse et simulation** : Avec des données standardisées, toute classe, propriété ou matériau peut être partagé et utilisé dans des processus communs d'analyse et de simulation. Par exemple, une analyse pour l'optimisation de produit pourrait être réalisée en échangeant et en testant différentes définitions de matériaux afin de déterminer le produit le plus approprié en termes d'impact environnemental, de consommation d'énergie ou de coût, en classant simplement un modèle ou des composants de modèle différemment.
- **Traductions** : Le bSDD peut également stocker des traductions, fournissant aux utilisateurs des noms dans leur langue maternelle tout en préservant les codes machine.
- **Mappage des données** : Dans le bSDD, toute partie d'un dictionnaire de données peut être reliée à d'autres dictionnaires existants, ce qui permet de découvrir des liens ou des similitudes avec d'autres définitions, telles que des codes internationaux ou des définitions de matériaux. Cela permet également de trouver des équivalents ou des « faux-amis », de libérer la puissance des connaissances liées globales et de garantir la cohérence des données tout en réduisant les redondances.

**Développeurs de logiciels** – personnes qui ont besoin que leur logiciel utilise et interprète les données, combinent et connectent différents systèmes, et assurent la cohérence et la performance des données (ingénieurs de données, architectes systèmes, spécialistes des logiciels BIM) :

- **Intégration d'une source unique** : Le bSDD peut servir de source unique de définition des données car il contient une variété de dictionnaires de données et de définitions interconnectés qui peuvent tous être dérivés en se connectant à une source unique et normalisée par le biais d'interfaces communes.
- **Automatisation** : Le bSDD permet d'automatiser des processus grâce à des termes standardisés.

**Autres groupes d'utilisateurs** – personnes ou systèmes qui s'efforcent d'acquérir des connaissances ou d'interpréter des relations pour découvrir de nouvelles idées (analystes, chercheurs, IA) : Les chercheurs peuvent découvrir comment l'information est structurée dans d'autres régions ou contextes. L'IA ou les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent découvrir des schémas ou des idées sur la manière dont les données sont connectées ou utilisées et fournir de nouvelles solutions ou réduire la redondance.

La liste des cas d'utilisation du bSDD ne se limite pas à ce qui précède. En tant que plateforme de dictionnaires de données normalisés et interconnectés, elle peut devenir un outil puissant et central pour l'ensemble de l'industrie de la construction et au-delà, en fournissant la base de l'intégrité et de la cohérence des données.

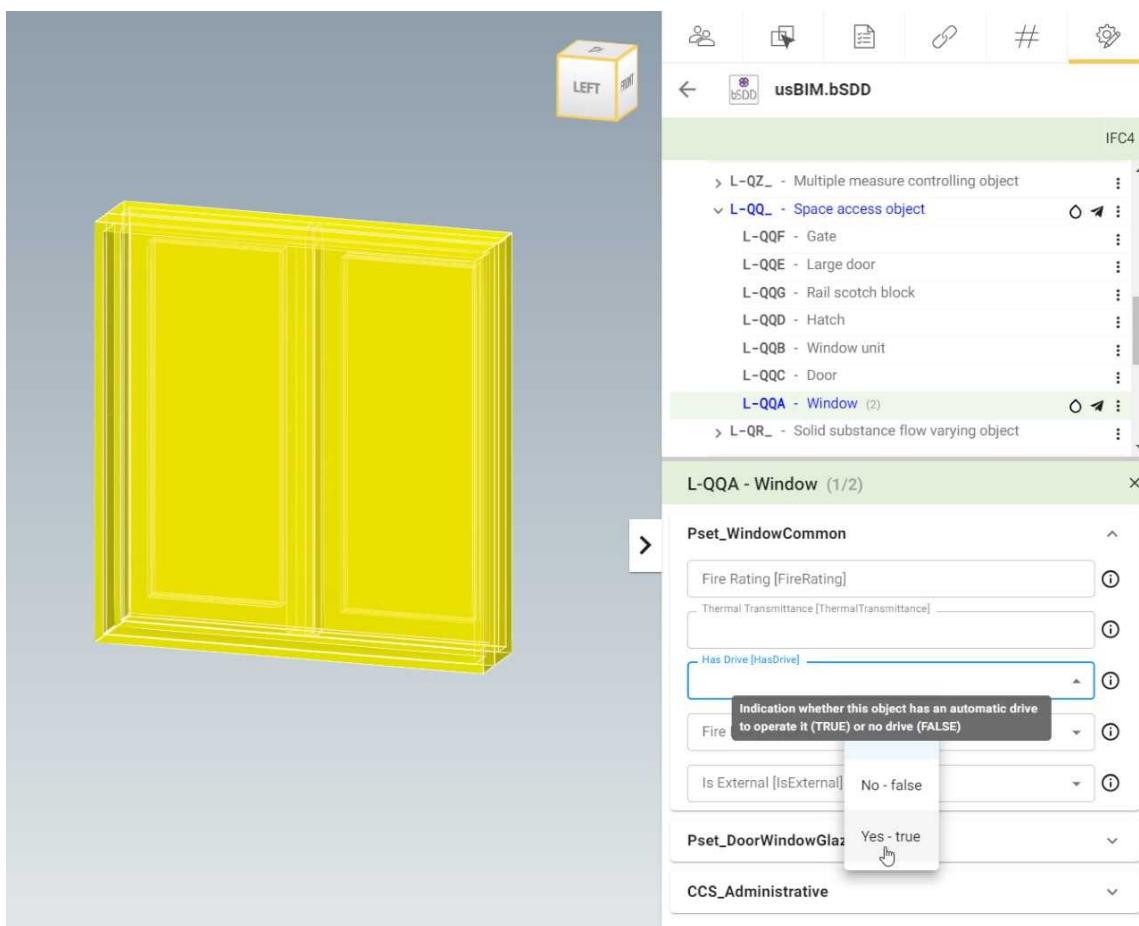
### 3 Connaissances approfondies

#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries



##### 3.8.2 Utilisation pratique

Le bSDD est avant tout un catalogue de référence avec des termes standardisés. Ceci permet de copier/coller manuellement des définitions du bSDD dans des documents ou des jeux de données. Le contenu peut être consulté sur la page de recherche du bSDD (voir code QR). Une approche beaucoup plus simple consiste à utiliser des solutions logicielles intégrant le bSDD, qui offrent une interface utilisateur pratique pour accéder au contenu du bSDD et y faire référence. Un outil numérique réduit également le risque d'erreur humaine lors de la copie ou de la saisie des noms. La liste la plus récente des outils qui annoncent prendre en charge des solutions openBIM spécifiques, y compris bSDD, peut être consultée à l'adresse suivante (voir code QR). La figure ci-dessous montre un exemple d'implémentation de logiciels utilisant le contenu de bSDD.



**Figure 3.54 :** Interface utilisateur pour la classification des modèles IFC avec le contenu bSDD. (ACCA usBIM)



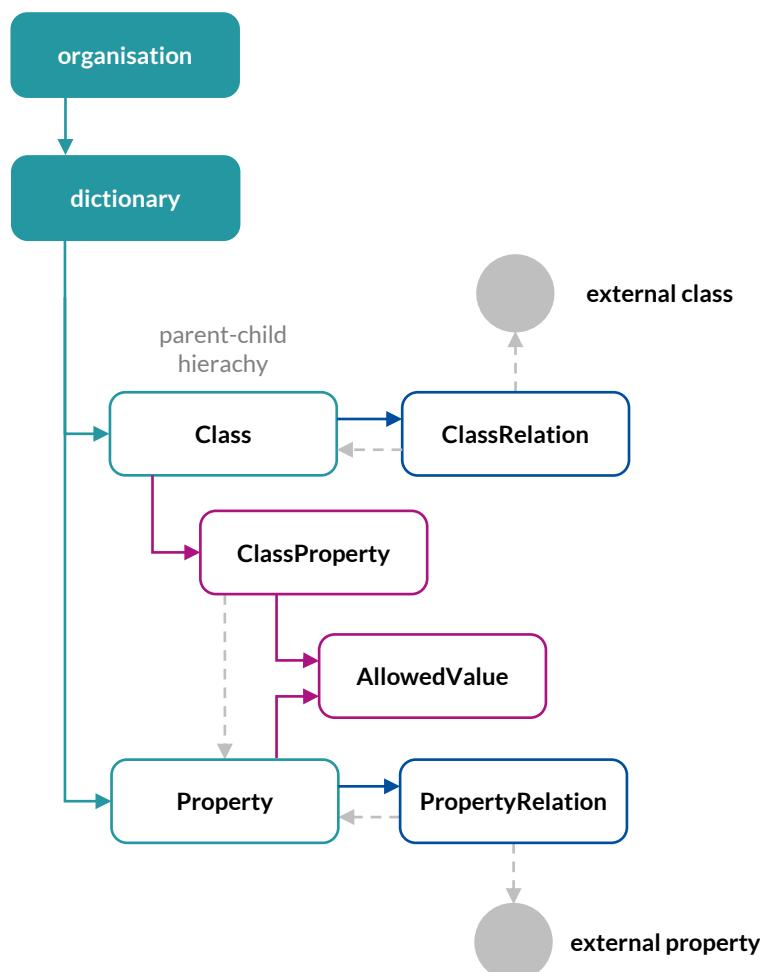
De telles intégrations logicielles sont rendues possibles grâce à l'API (Application Programming Interface) du bSDD. Pour ceux qui sont familiers avec la programmation, le bSDD offre son contenu à travers l'API REST (JSON et RDF/XML) et le langage de requête GraphQL. De plus amples informations, instructions et une documentation interactive se trouvent sur le site web du bSDD (voir code QR).

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

#### 3.8.3 Contenu du bSDD

Le contenu du bSDD est constitué de dictionnaires de données individuels. Chaque dictionnaire de données peut contenir des classes, des propriétés et des relations entre elles ou avec d'autres dictionnaires. En raison de la définition plutôt universelle d'un dictionnaire de données, celui-ci peut correspondre à un système de classification, une taxonomie, une méronymie, une ontologie, une nomenclature, une structure de données, un modèle de données, une matériauthèque, un thésaurus, des métadonnées, etc.

Le contenu du bSDD est défini par sept concepts : *Dictionary*, *Class*, *Property*, *AllowedValue*, *ClassProperty*, *ClassRelation* et *PropertyRelation* (voir figure 3.55). Chaque concept est associé à un dictionnaire parent et possède son propre identifiant et ses propres métadonnées. Une documentation complète de toutes les informations qui peuvent être incluses dans la bSDD est disponible sur GitHub (voir code QR).



**Figure 3.55 :** Concepts de la structure bSDD

**Dictionary** : les dictionnaires constituent le niveau le plus élevé du modèle de données bSDD. Un dictionnaire est un conteneur composé de métadonnées et de deux listes : les classes et les propriétés.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

**Class** : les classes définissent des objets ayant les mêmes caractéristiques. Le bSDD distingue quatre types de classes. Le premier type, le plus courant, *Class*, décrit des objets réels tels qu'une porte ou une fenêtre. *GroupOfProperties* organise les propriétés. Le type *Material* distingue les classes qui représentent des matériaux physiques. Grâce à lui, les logiciels savent comment interpréter ces classes et les mettre à la disposition de leurs utilisateurs. Enfin, le type *AlternativeUse* peut être utilisé si aucun des types prédéfinis ne convient. Ce type doit être utilisé avec précaution, car la plupart des logiciels ne l'utiliseront pas. Les classes peuvent être organisées hiérarchiquement dans une structure arborescente par référence à leur classe parente. Chaque classe peut être l'enfant d'une classe parente et le parent de plusieurs classes enfants. Cependant, les classes enfants n'héritent pas des informations de leur classe parente. Par exemple, les propriétés attribuées à la classe parente ne font pas automatiquement partie de la classe enfant.

**Property et AllowedValue** : les propriétés bSDD, comme celles de l'IFC, définissent des informations alphanumériques qui décrivent un objet. Parmi les exemples de propriétés, citons la « hauteur » exprimée sous la forme d'une valeur numérique, « l'identification » sous la forme d'une chaîne de chiffres, de lettres et d'autres caractères, et « l'état » sous la forme d'une des quelques valeurs possibles (énumération). Outre leur nom, leur identifiant, leur définition et leur type de données, les propriétés des dictionnaires de données peuvent également être limitées à certaines valeurs. Comme l'IDS, le bSDD permet de dresser une liste des valeurs autorisées (*AllowedValue*), de spécifier des motifs (*Regular Expressions* : contrôle de séquence de caractères) pour les valeurs textuelles ou de définir des limites inférieures et supérieures pour les valeurs numériques.

**ClassProperties** : les propriétés et les classes sont des concepts indépendants dans le bSDD qui peuvent être combinés en utilisant *ClassProperties*. Il s'agit essentiellement d'une affectation de propriétés à une classe particulière. Il s'agit d'une instanciation d'une propriété générale pour une classe particulière. Chaque propriété peut être affectée à plusieurs classes. La *ClassProperty* peut être utilisée pour attribuer des propriétés provenant du même dictionnaire que la classe, mais aussi pour réutiliser des propriétés provenant de différents dictionnaires existants afin d'éviter la duplication. Par défaut, toutes les informations relatives aux propriétés sont transmises à la *ClassProperty*. Toutefois, il est possible de remplacer les valeurs par défaut. Par exemple, une « température » générale peut prendre n'importe quelle valeur plus grande ou égale à -273,15 °C, mais lorsqu'il s'agit de la température de l'eau circulant dans un système standard, la plage serait comprise entre 0 et 100 °C. Les données ne peuvent être spécifiées qu'à ce stade, et non pas complètement modifiées. Par exemple, si la propriété définit trois valeurs autorisées, la *ClassProperty* peut les limiter à une ou deux pour la classe spécifique, mais elle ne peut pas ajouter une valeur qui n'est pas présente dans la propriété d'origine. Un aspect important des propriétés de classe est le *Property Set*. Il indique l'emplacement de la propriété dans le modèle IFC. Alors qu'une propriété peut être membre de plusieurs groupes (*GroupOfProperties*), une *ClassProperty* ne peut être affectée qu'à un seul *Property Set*. La définition d'un *Property Set* au niveau de la *ClassProperty* permet de la stocker dans différents jeux pour différentes classes. Par exemple, la propriété *FireRating* par défaut est stockée dans Pset\_WallCommon pour les murs, mais dans Pset\_SlabCommon pour les dalles.

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

**ClassRelation/PropertyRelation** : ces deux derniers concepts servent à mapper les concepts et à définir leurs relations mutuelles. Les classes et les propriétés peuvent avoir des relations :

- **IsEqualTo** – si deux concepts sont sans équivoque et ont exactement le même nom, le même code, la même définition, la même description et les mêmes propriétés de classe ;
- **IsSimilarTo** – si deux concepts sont presque identiques mais diffèrent par le nom, le code, la définition, la description ou l'ensemble des propriétés de classe, et
- **HasReference** – si deux concepts sont liés mais que d'autres types de relations ne s'appliquent pas (par exemple « fenêtre » fait référence à un mur).

Les ClassRelations peuvent également être **IsChildOf** et **IsParentOf** – définissant la hiérarchie ou la spécialisation, ou **HasPart**, **IsPartOf** et **HasMaterial** – montrant la composition. Les relations permettent de trouver des codes et des propriétés équivalents ou similaires dans d'autres dictionnaires. Par exemple, en devant suivre différents systèmes de classification lors de la conception d'une route traversant deux pays. Grâce au mapping, les deux équipes peuvent comprendre les similitudes entre leurs jeux de données et fournir rapidement aux autres les termes qui leur sont familiers. L'IFC étant le dictionnaire de base du bSDD, il peut être lié directement dans une classe (via l'attribut **RelatedIfcEntities**) sans utiliser de **ClassRelation**.

La [figure 3.56](#) montre un exemple réel du bSDD, contenant la plupart des concepts généraux expliqués ci-dessus. A gauche, le dictionnaire CCI Construction et à droite, la représentation de la structure IFC en tant que dictionnaire dans le bSDD. Le dictionnaire CCI Construction contient de nombreuses classes dans une hiérarchie parent-enfant et définit une nouvelle propriété. Dans notre exemple, nous nous concentrerons sur la classe *Window*. Elle fait référence à des définitions à l'intérieur et à l'extérieur du dictionnaire CCI Construction. Une relation avec la classe *IfcWindow* du dictionnaire IFC est créée via l'attribut **RelatedIfcEntities**. Les *ClassProperties* sont utilisées pour inclure des propriétés du même dictionnaire (**CCSTypeID**) ainsi que du dictionnaire IFC existant (par exemple *IsExternal*) et pour les stocker dans des jeux de propriétés spécifiques. Les autres concepts, *ClassRelation* et *PropertyRelation*, ne sont pas utilisés dans cet exemple (voir code QR).



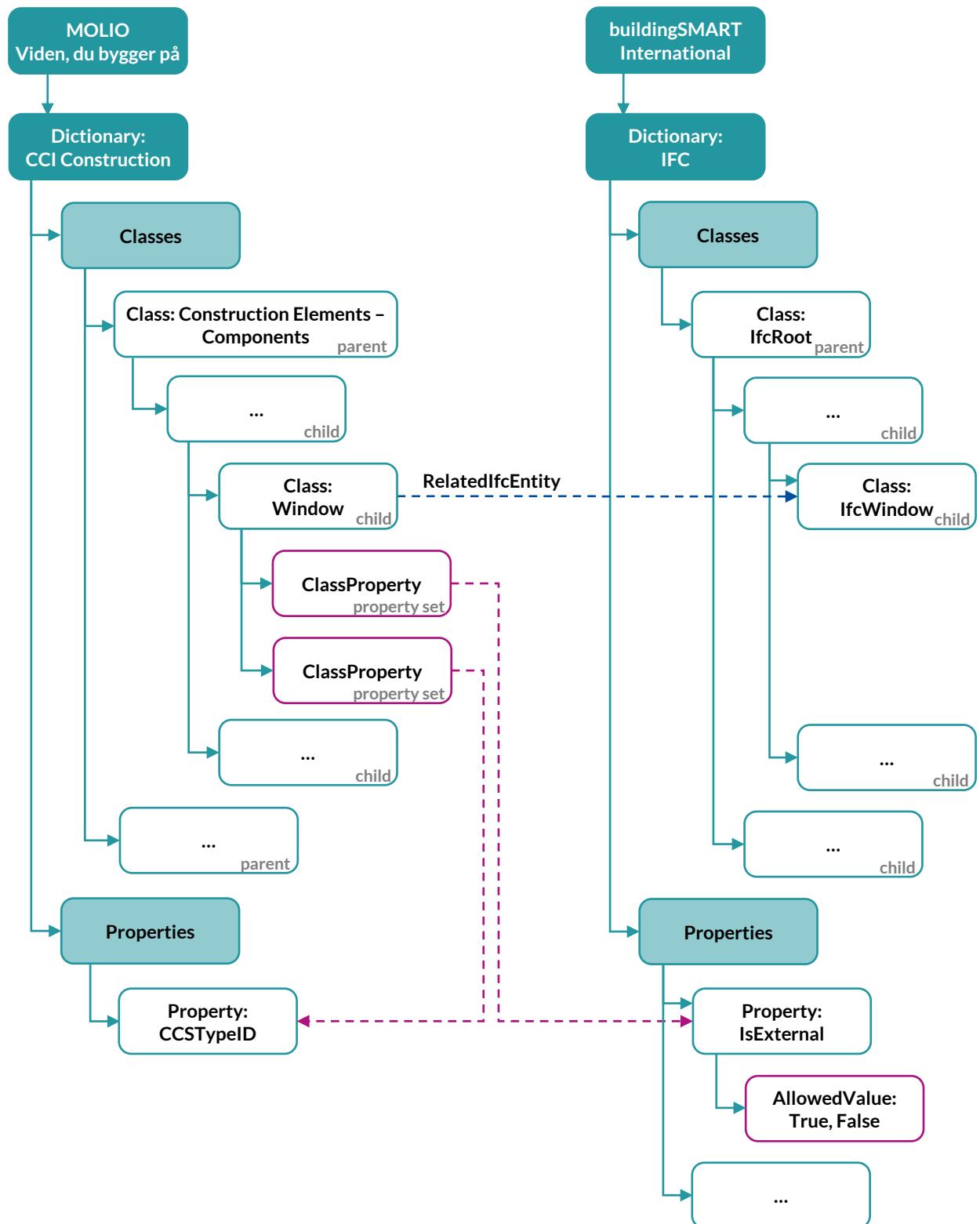
Le contenu du bSDD peut avoir l'un des trois statuts suivants : Prévisualisation, Actif et Inactif. Lorsque le contenu est publié, il est d'abord placé en état « Prévisualisation ». À ce stade, l'auteur peut recharger et réécrire le dictionnaire de données ou même le supprimer. Ce n'est que lorsqu'un contenu est activé (statut changé en Actif) qu'il devient immuable, c'est-à-dire qu'il restera inchangé dans le bSDD aussi longtemps que le bSDD existera. Ce statut indique que le contenu peut être utilisé en toute sécurité dans les projets et les accords contractuels. Lorsqu'une nouvelle version est ajoutée, le propriétaire peut décider de désactiver le contenu précédemment actif. Le contenu inactif reste accessible et immuable.

#### 3.8.4 Référencement du bSDD dans les IFC

Dans le contexte d'un modèle IFC, les termes du bSDD sont des informations externes qui offrent la possibilité d'enrichir les données existantes. Pour les intégrer, la structure de données des IFC fournit le concept de références de classification, qui se compose principalement de trois entités.

### 3 Connaissances approfondies

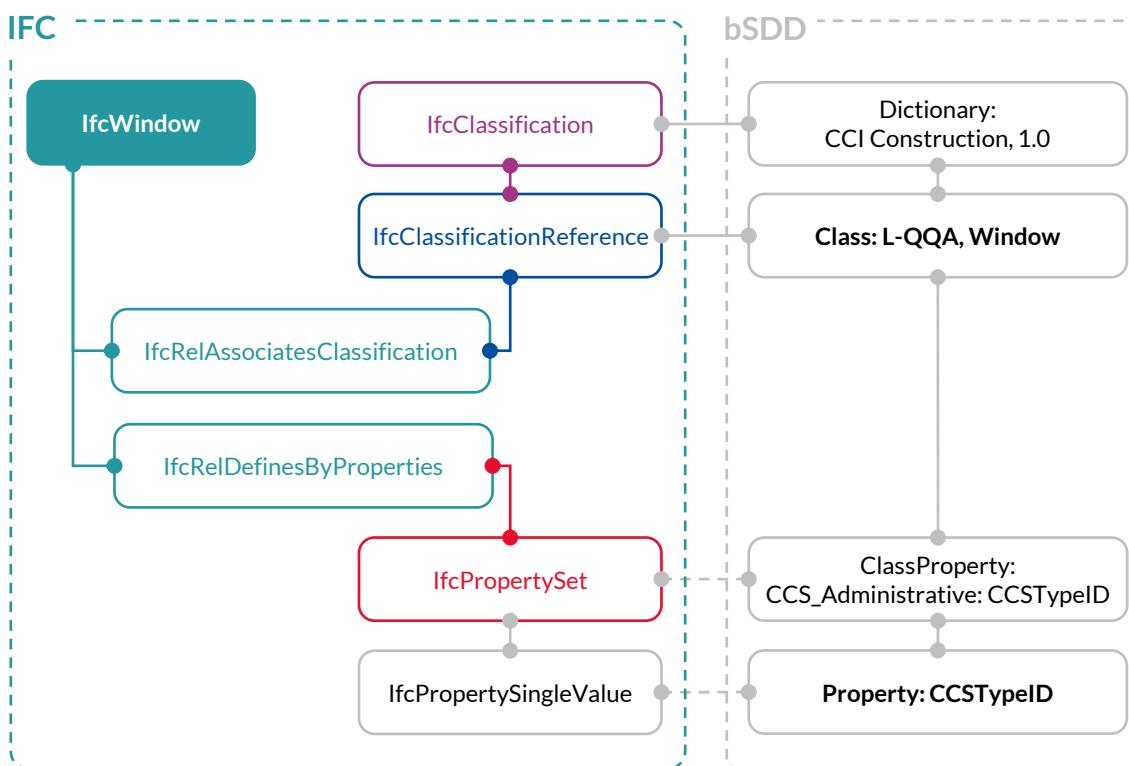
#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries



**Figure 3.56 :** Utilisation de divers concepts bSDD pour décrire la classe Window (*classe fenêtre* du dictionnaire de la classification CCI (CCI Construction Dictionary))

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

IfcClassification sert à spécifier le système de classification utilisé ou, dans le cas du bSDD, le dictionnaire. IfcClassificationReference définit une classe spécifique du dictionnaire. Les deux entités disposent d'un attribut permettant de référencer la source des données à l'aide d'un URL où de plus amples informations sur les définitions sont fournies. Enfin, la relation IfcRelAssociatesClassification crée un lien entre la classe spécifiée et les objets classifiés. Cette relation est illustrée dans les figures suivantes, qui montrent la classification de l'entité IfcWindow en tant que fenêtre (L-QQA,



*Declaration of the IfcWindow object*

```
#886=IFCWINDOW('2s91HGDcf4pvesZmvoXaqK',#12,'Window-001',$,,$,#425,#877,$,1.5,9.E-1,.WINDOW.,$,,$);
```

...

*Used data dictionary*

```
#915=IFCCLASSIFICATION('molio','1.0','2023-01-01','CCI Construction',$,  
'https://identifier.buildingsmart.org/uri/molio/cciconstruction/1.0',$);
```

*Used class of the data dictionary*

```
#916=IFCCLASSIFICATIONREFERENCE('https://identifier.buildingsmart.org/uri/molio/cciconstruction/1.0/class/L-QQA',  
'L-QQA','Fenster',#915,$,$);
```

*Relation between the used class and the classified object*

```
#917=IFCRELASSOCIATESCLASSIFICATION('3a3lQFAirRceFf3oC7QLjE',#12,'Objekt zur Klassifizierung',$,(#886),#916);
```

...

*Usage of a new property in an individual property set*

```
#960=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('24Cy7uzn5Ju8KKmcMZccmW',#12,'Objekt zu Eigenschaften',$,(#886),#961);
```

```
#961=IFCPROPERTYSET('14EphN_ZzRXujTCUh2zeg4',#12,'CCS_Administrative',$,(#962));
```

```
#962=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('CCSTypeID',$,IFCTEXT('ExamplePropertyValue'),$);
```

...

*Usage of an existing property of another data dictionary (e.g. IFC4)*

```
#966=IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2JygXoqUnVP8iD1jXuVBaJ',#12,'Object to Properties',$,(#886),#967);
```

```
#967=IFCPROPERTYSET('0_QJCthkXHV9_iyFnB1i_V',#12,'Pset_WindowCommon',$,(#968));
```

```
#968=IFCPROPERTYSINGLEVALUE('IsExternal',$,IFCBOOLEAN(.T.),$);
```

**Figure 3.57 :** Représentation des classes et propriétés externes dans le fichier physique STEP (IFC4)

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

*Window*) du dictionnaire CCI Construction, de manière schématique et dans le fichier IFC (STEP Physical File). Les deux derniers attributs de IfcRelAssociatesClassification font référence à l'entité IfcWindow (#886) et à la classe externe *L-QQA, Window* (#916).

Les six dernières lignes de la figure 3.57 montrent l'association des propriétés définies dans la classe bSDD. Qu'une propriété nouvellement définie ou une existante soit utilisée dans le bSDD, son association avec des classifications externes n'est pas enregistrée. Toutes les propriétés sont traitées de la même manière dans l'IFC. Elles sont uniquement liées à leurs objets respectifs, comme l'indique l'avant-dernier attribut de IfcRelDefinesByProperties. Bien que l'information selon laquelle ces propriétés ont été attribuées par une classification externe ne soit pas explicitement présentée, l'accent reste mis sur l'association transparente des propriétés avec leurs objets désignés. L'intégration diffère légèrement entre les versions de l'IFC. La documentation complète est disponible sur GitHub (voir code QR).



#### 3.8.5 Référencement du bSDD dans l'IDS

Le bSDD fournit une terminologie qui peut être utilisée dans les spécifications IDS. L'auteur de l'IDS peut rechercher des termes standardisés et exiger leur présence dans les données IFC. Cela s'applique à tous les composants de l'IDS, tels que les propriétés, les classifications et les matériaux. Certains logiciels offrent la possibilité de parcourir la base de données bSDD lors de la création d'un IDS.

The screenshot shows a software interface for managing buildingSMART Data Dictionaries (bSDD). On the left, there's a list of terms: 'IfcWall' and 'Sauna'. The 'Sauna' entry is expanded, showing a tooltip with the bSDD logo and the text: 'personal hygiene space enabling persons to take a sweat-inducing bath'. Below the tooltip is an 'IMPORT CSV' button. To the right, there's a column labeled 'Symbolic / Preliminary' containing a hexagonal symbol and a green 'VERIFIED' button.

**Figure 3.58 :** L'interface utilisateur de Plannerly permet de parcourir le contenu du bSDD lors de la création d'IDS.

En se référant à des noms standardisés du bSDD, leur identifiant sous la forme d'un URL peut être stocké dans l'attribut IDS « URI ». Cet attribut peut être utilisé pour obtenir davantage d'informations sur un terme, telles que sa signification, son contexte ou la manière dont la valeur d'une propriété doit être mesurée.

#### 3.8.6 Publier du contenu dans le bSDD

Le bSDD peut être utilisé comme cadre pour plusieurs dictionnaires de données interconnectés. Bien que le contenu soit publié dans un cadre commun et structuré selon une norme commune, son origine peut être diverse. Toute organisation peut

### 3.8 bSDD – buildingSMART Data Dictionaries

créer son propre dictionnaire de données et le publier dans le bSDD, à condition qu'il réponde aux objectifs et aux règles du service. Le contenu doit être lié à l'industrie de la construction, ne doit pas violer les accords de licence, ne pas promouvoir des produits commerciaux et doit permettre la réutilisation par d'autres. Les auteurs doivent éviter de mettre en ligne des versions dérivées de classifications existantes, mais doivent plutôt les compléter si nécessaire ou proposer des améliorations.

Le processus de création et de maintenance des dictionnaires de données peut varier considérablement, depuis les plateformes de gestion complexes suivant les procédures standard ISO 12006-3 et ISO 23386 jusqu'aux simples listes de tableurs. La plateforme bSDD permet d'utiliser des fichiers JSON correctement structurés par entrées, pour autant qu'ils soient conformes à la structure de données bSDD. Le dernier fichier modèle est disponible sur GitHub. La documentation du modèle de données bSDD fournit des conseils et explique quels attributs sont requis et quelles valeurs sont attendues. Un fichier gabarit JSON peut être téléchargé manuellement via le portail de gestion du bSDD (voir code QR) ou par un logiciel tiers via une API (voir la liste des outils logiciels offrant la création et la maintenance de contenu bSDD sur le site web de buildingSMART). En plus des outils tiers dédiés et des options d'entrée textuelle JSON, le contenu du bSDD peut également être préparé dans une feuille de calcul. Le référentiel bSDD contient à la fois le fichier modèle Excel et le script Python qui automatise la conversion vers la forme JSON souhaitée. La plateforme bSDD permet de télécharger du contenu et d'y accéder gratuitement car il est destiné à être accessible au public. Le bSDD offre également un service payant pour l'hébergement de dictionnaires de données privés avec un accès restreint. Ce service offre les mêmes avantages que le bSDD mais pour des données spécifiques à une entreprise ou à un projet qui ne sont pas destinées à être partagées publiquement.



### 3 Connaissances approfondies

#### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service



## 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

Thomas Glättli (auteur invité)

### 3.9.1 Principes de base

#### Gestion d'information et collaboration basée sur les données

Pour une gestion de l'information cohérente et une collaboration basée sur les données une compréhension commune de l'information requise est nécessaire – tant du point de vue de la commande que de la livraison et de l'utilisation. L'accent est mis sur les besoins d'information des acteurs impliqués à des moments prédéfinis du processus et sur la définition claire de l'information.

La série de normes ISO 19650 explicite le processus et les rôles dans la livraison d'informations du point de vue de la partie désignée et de la partie désignante. Cette norme définit la structure hiérarchique et la mise en œuvre des exigences en matière d'information. Le récepteur d'informations (partie désignante) définit les objectifs ou les exigences en matière d'informations que l'émetteur d'informations doit livrer à un moment défini au cours du projet. Cela permet de prendre des décisions basées sur un flux d'informations régulé.

La norme EN 17412-1 fournit la base méthodologique pour définir le *Level of Information Need* (niveau d'information requis, LOIN). La méthodologie repose sur deux étapes principales. La première étape définit le besoin (pourquoi, quand, qui, quoi) et la seconde décrit la profondeur de l'information (comment).

#### Cas d'usage BIM (Use Cases)

Les cas d'usage BIM décrivent l'objectif pour lequel les données et les informations sont créées et utilisées dans un modèle d'information d'un ouvrage. Un cas d'usage décrit le processus métier (*Business use case*) et le scénario idéal, y compris les objectifs et les critères de réussite de l'échange d'informations. Les différents acteurs et leurs responsabilités sont définis en tant que rôles. En même temps, leurs activités dans le processus de l'échange d'informations sont décrites. Les accords, les contrats, les normes, etc. concrétisent les conditions externes qui affectent les objectifs ou les livrables de l'échange d'informations.

Chaque cas d'usage suit un objectif général et il se concentre sur un livrable ou un bénéfice spécifique. Selon le concept du *Level of Information Need*, un cas d'usage décrit qui fournit quelle information à qui, à quel moment, dans quel format et avec quel niveau de détail. Un projet BIM est spécifié par un grand nombre de cas d'usage. Il est ainsi possible de définir comment les informations requises sont mises à la disposition des utilisateurs concernés, dans la qualité requise et à l'étape appropriée, tout au long du processus de modélisation.

Quelques cas d'usage typiques :

- Calcul des quantités et des coûts basés sur un modèle d'information;
- Estimation de l'énergie grise et des besoins énergétiques opérationnels;
- Planification des travaux;
- Organisation de la logistique du site;
- Fourniture d'informations pour la phase d'exploitation.

### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

Une description générale de ces cas d'usage constitue la base de la conception, de la construction et de l'exploitation d'un bâtiment de manière connectée, collaborative et intégrée. La figure 3.59 montre que les cas d'usage concernent l'ensemble de la chaîne de valeur.



**Figure 3.59 :** Cas d'usages à l'adresse de l'ensemble de la chaîne de valeur

#### IDM – Information Delivery Manual

L'IDM est l'outil de pilotage principal. Il sert à la définition des cas d'usage et doit être représentée selon des standards internationaux. Le Service UCM de buildingSMART International est basé sur ces standards et fournit aux utilisateurs une méthode éprouvée pour développer des cas d'usage.

La description uniforme des cas d'usage et la définition des exigences d'échange sont basées sur la série de normes ISO 29481 (IDM). Cette norme définit le cadre et les méthodes de représentation des processus et les exigences d'échange pour un objectif précis. Elle décrit également des possibilités pour garantir que les informations échangées sont correctes et complètes et que les activités du cas d'usage puissent être exécutées. Un IDM facilite l'interopérabilité entre les logiciels et encourage la collaboration numérique entre les acteurs impliqués dans le processus de construction. Il constitue la base d'un échange d'informations précis, fiable, reproductible et de haute qualité.

Un cas d'usage est en principe identique à un IDM – Information Delivery Manual (Protocole d'échange d'informations). Les deux ont exactement le même schéma et sont classifiés de la même manière. Alors qu'un cas d'usage décrit un cas d'usage unique, spécifique et aussi bien décrit que possible, l'IDM est le résumé de plusieurs cas d'usage d'une thématique similaires. Selon la norme, un cas d'usage est appelé SubIDM.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

##### **3.9.2 UCM Service, une offre de buildingSMART International**

Au cours des dernières années, de nombreux efforts ont été déployés dans le monde entier pour décrire et identifier les cas d'usage. De nombreux documents ont été créés. Ces derniers ne suivaient souvent pas une approche harmonisée ou même normalisée. L'absence d'accessibilité et le manque d'informations sur la classification, le statut et la maturité ont empêché la comparaison de cas d'usage similaires. Le fait de rassembler tous ces cas d'usage de manière harmonisée sur la plateforme UCM a apporté un grand avantage dans le monde entier pour le secteur de la construction. La méthodologie BIM peut être appliquée beaucoup plus efficacement grâce à un service qui permet de développer et de classifier les cas d'usage selon un schéma prédéfini et standardisé.

L'Use Case Management Service (UCM) a donc été créé à l'initiative de buildingSMART Switzerland. Les exigences d'informations d'un projet sont définies par la somme de tous les cas d'usage. Tous les acteurs peuvent utiliser des informations coordonnées de manière cohérente et les projets peuvent ainsi être mis en œuvre avec succès. Cet outil offre à toutes les parties prenantes une base complète pour numériser leurs processus et accélérer la collaboration. L'UCM promeut l'idée d'openBIM et se caractérise par l'ouverture et la transparence. Le développement de Use Case est un processus de collaboration neutre qui favorise une collaboration transparente entre tous les acteurs du projet.

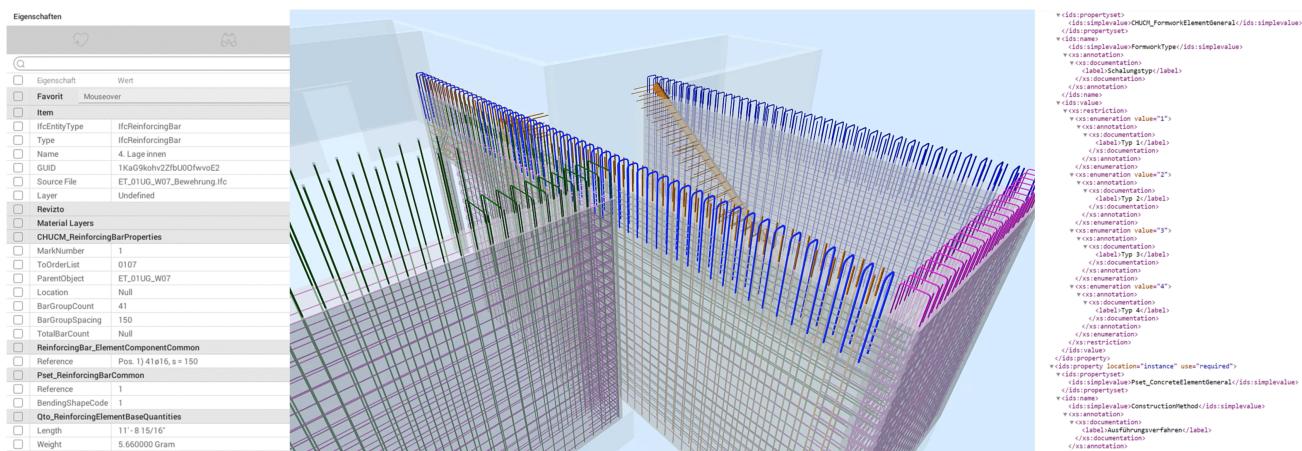
La gestion des cas d'usage est désormais prévue comme partie intégrante des outils et services offerts par buildingSMART International (bSI). Les différentes organisations nationales de bSI ou domaines (groupes ouverts d'experts, par exemple pour les bâtiments, les aéroports, les ponts, les infrastructures ferroviaires) peuvent utiliser le service pour développer leurs solutions et standards ouverts spécifiques. Le service est accessible à l'ensemble du secteur de la construction et de l'immobilier. Les entreprises, les associations et les institutions peuvent développer leurs cas d'usage en se référant à leur propre marque/application/entreprise et, éventuellement, les mettre à la disposition de la communauté mondiale.

##### **Objectifs du Use Case Management Service (UCM) :**

- Service mondial, indépendant des émetteurs, permettant aux experts de fournir de façon collaborative des meilleures pratiques en matière de cas d'usage;
- Améliorer le développement de la compétence numérique par l'utilisation de la méthode BIM auprès des entreprises et des acteurs de la construction et de gestion des ouvrages;
- Description neutre des cas d'usage, basée sur l'openBIM;
- Langage commun et une compréhension commune des cas d'usage BIM;
- Promouvoir la coopération intégrative en définissant de nouveaux processus numériques à l'épreuve du temps;
- Création d'une base pour la gestion continue de l'information et un flux d'informations cohérent tout au long du cycle de vie d'un ouvrage;
- Mise en place des exigences d'échange interprétables par machine;
- Soutien et accélération des activités de normalisation des organisations nationales et internationales (des bonnes pratiques aux pratiques standardisées en passant par les pratiques éprouvées).

### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

La figure 3.60 montre le cas d'usage « Pose de ferraillage à partir d'une maquette numérique » avec les jeux de propriétés selon les exigences d'échange ainsi que l'export idsXML.



**Figure 3.60 : Cas d'usage « Pose de le ferraillage à partir d'une maquette numérique »**

### Site web du service « Use Case Management – UCM »

Les cas d'usage publiés et d'autres documents tels que des études de cas, des livres blancs et des guides sont disponibles sur le site web de l'UCM. Le téléchargement est accessible à tous après la création d'un compte utilisateur gratuit. Chaque utilisateur peut ajouter des commentaires aux cas d'usage. Ceux-ci sont collectés et transmis aux groupes des auteurs pour discussion. Cela permet de soutenir un processus d'amélioration continue afin de préparer les bases pour des futures normes.

### Espace de co-création

Les groupes des auteurs utilisent l'espace de co-création du UCM (également connu sous le nom Backend) pour développer leurs cas d'usage en collaboration. L'objectif est de partager les expériences des projets BIM terminés ou encore en cours et de mettre en commun l'expertise. De cette manière, une bonne pratique sera générée à partir des expériences pratiques individuelles. La plateforme est structurée de manière à guider les utilisateurs à travers un processus étape par étape pour développer un cas d'usage. Les principaux éléments de l'espace de co-création sont les suivants :

- Description du cas d'usage :  
définit le contenu et la portée de la fourniture d'informations. Il délimite le cas d'usage, spécifie les dépendances et donne des références.
- Définition du processus :  
définit qui, à qui (acteurs), quoi (quelles informations), quand (à quel moment), pour quoi (action à effectuer) et comment (format/niveau de détail).
- Exigences d'échange d'information :  
définit les exigences relatives à l'échange d'informations dans un format lisible par les professionnels.
- Information Delivery Specification (IDS) :  
Exigences en matière d'échange en lien avec l'IFC et fournies dans le format IDS (Information Delivery Specification) interprétable par machine.

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service



#### 3.9.3 Gestion d'information et cas d'usage dans les projets openBIM

Selon le modèle de processus BIM (voir code QR) de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland, la gestion de l'information fait partie intégrante de la gestion de projet pour les projets openBIM (voir figure 3.61). Les informations partagées sur le projet favorisent la collaboration sans faille de tous les participants au projet et facilitent l'interopérabilité des applications tout au long du cycle de vie de l'ouvrage.

##### Niveau organisation

Donneur d'ordre...



Organizational  
Information  
Requirements

##### Niveau exploitation

Facility management, exploitant...



Asset  
Information  
Requirements

##### Niveau projet

Maitre de l'ouvrage, chef de projet, concepteurs, entreprises de construction...<sup>1</sup>



Project  
Information  
Requirements

Input

Définition

Vérification

Output



Asset  
Information  
Model



Project  
Information  
Model

EIR Exchange Information Requirements

BEP BIM Execution Plan

Livrables IBM

<sup>1</sup>Selon le Modèle de processus BIM

Figure 3.61 : Modèle de processus BIM de Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland

L'échange d'informations doit être réglementé entre les parties désignantes et les parties désignées au moyen des exigences d'échange d'information (EIR). Les parties désignantes spécifient les objectifs et définissent les exigences d'échange d'information (EIR); les parties désignées assurent les prestations de livraison correspondante. Dans le BEP, les parties désignées décrivent la coopération et processus spécifiques au projet pour la conception de l'ouvrage et la livraison d'informations. Ils montrent comment la commande d'information du client répond aux besoins d'information des autres participants du projet par le biais de la fourniture d'informations.

Selon la norme ISO 19650-1, les exigences d'informations sont définies dans les exigences d'information de l'organisation (OIR – Organizational Information Requirements), les exigences d'information du projet (PIR – Project Information Requirements), les exigences d'information d'actif (AIR – Asset Information Requirements) ou les exigences d'échange d'information (EIR – Exchange Information Requirements). Pour garantir un flux d'informations cohérent, les exigences d'informations de chaque niveau (OIR, AIR, PIR et EIR) doivent être spécifiées dans des cas d'usage. Ceux-ci sont ensuite résumés dans un ou plusieurs protocoles d'échange d'information (IDM – Information Delivery Manual).

### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

Les cas d'usage publiés dans le service UCM constituent la base pour les parties désignante et désignée. Ils sont rédigés de manière générique et permettent à tous les participants du projet d'avoir une compréhension commune et une définition précise de la livraison d'informations. Cela simplifie grandement l'interprétation des informations lors de la commande ou de la mise en service d'un projet. Le récepteur d'informations sélectionne les cas d'usage pertinents pour un projet et les référence dans l'EIR. Pendant la phase d'adjudication, les soumissionnaires répondent aux demandes de conception et d'information spécifiques au projet dans le preBEP ou après adjudication dans le BEP. Le cas échéant, les exigences génériques en matière d'information sont adaptées et complétées en fonction du projet. La gestion du projet et de l'information d'un projet de construction s'effectue à l'aide des outils appropriés disponibles sur le marché. Le service UCM constitue la base pour une commande et une mise en service plus rapides et de meilleure qualité, mais il ne fait pas partie des projets openBIM.

Les enseignements tirés des projets openBIM peuvent être communiqués aux auteurs du cas d'usage via la fonction commentaire du service Use Case Management. Cela permet de s'assurer que le contenu est à jour et qu'il peut être amélioré.

#### 3.9.4 Développement d'un cas d'usage

##### Situation de départ

Il existe différents points de départ pour le développement d'un cas d'usage. Le même cas d'usage est souvent utilisé dans divers projets BIM mais traité différemment. Il y a un manque d'harmonisation. Cela entraîne un manque d'efficacité et des coûts d'adaptation. Dans ce cas, il est conseillé de développer des bonnes pratiques avec des entreprises différentes, voire concurrentes. L'objectif n'est pas d'échanger un savoir-faire spécifique à l'entreprise, mais de définir les exigences de base qui sont de toute façon généralement applicables.

Le deuxième cas concerne l'adaptation de cas d'usage conventionnels qui ne sont pas encore compatibles avec la méthodologie BIM. Cela nécessite une bonne expertise de la part du groupe d'auteurs et une vérification approfondie à l'aide de différents logiciels sur la base des modèles d'information. De cette manière, l'approche openBIM peut être garantie.

Pour exploiter entièrement le potentiel de la transformation numérique, il est conseillé de ne pas se contenter de migrer les processus conventionnels, mais de les repenser complètement en fonction des exigences de l'application de la méthodologie BIM.

##### Organisation et déroulement du projet

La gestion des cas d'usage basés sur les bonnes pratiques repose sur un groupe d'auteurs interdisciplinaire. Tous les domaines concernés par un cas d'usage doivent être impliqués dans le développement du cas d'usage de manière collaborative et intégrative.

Le groupe d'auteurs est organisé suivant les besoins du projet. Le chef de projet dirige le sujet et il est responsable de la coordination. L'équipe principale est composée d'experts BIM de tous les domaines concernés par le cas d'usage. La pratique veut que

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

le groupe soit aussi petit que possible pour augmenter l'efficience. Cette équipe est responsable de la définition générale, de la description du processus et des exigences d'échange non techniques. Celles-ci doivent être compréhensibles, c'est-à-dire lisibles, pour les utilisateurs finaux.

Les exigences d'échange d'information sont ensuite référencées sur le schéma de données IFC par les experts. Elles sont mappées en tant qu'exigences d'échange techniques, c'est-à-dire interprétables par machine, et sont disponibles sous forme de fichiers idsXML. Pour le contrôle de la qualité, le cas d'usage développé est vérifié par rapport aux modèles d'information et validé à l'aide de l'IDS.

buildingSMART International soutient les groupes d'auteurs qui utilisent le service Use Case Management et assure le contrôle formel de la qualité avant la publication. Toutefois, le contenu technique du cas d'usage reste de la responsabilité du groupe d'auteurs.

Pour maximiser l'acceptation et la valeur d'un cas d'usage, une Review-Team ayant une base d'experts aussi large que possible doit être impliquée dans le développement. Cette équipe fournira un retour d'information régulier et apportera l'expérience d'autres projets BIM.

Points d'attention pour la création d'un cas d'usage :

- Organisation
  - L'organisation responsable (groupes d'auteurs) du cas d'usage nomme un chef de projet et définit l'organisation du projet avec le Chapter de building-SMART.
  - buildingSMART crée la structure du projet de développement du cas d'usage dans le service UCM.
- Réunion de démarrage
  - Le chef de projet est en charge de la rédaction de la « définition du cas d'usage ». Tous les participants doivent connaître dès le départ le périmètre, les objectifs et les délimitations du cas d'usage. Une formulation précise permet de développer les processus de manière efficace et ciblée.
- Processus BPMN (Business Process Model and Notation)
  - Le groupes d'auteurs décrit le processus et définit les exigences d'échange d'informations sur la base du concept Level of Information Need (LOIN).
  - En règle générale, la méthode BPMN est utilisée. Elle facilite la compréhension pour tout le monde et permet une bonne visualisation.
  - Un cas d'usage doit être formulé de manière générique et ne doit pas contenir d'exigences spécifiques au projet. Cela signifie que des modèles de rôle génériques sont utilisés au lieu d'organisations de projet spécifiques.
- Exigences d'échange d'information
  - Les EIR sont structurées et détaillées sous forme de tableau.
- Mapping IFC / IDS
  - Les EIR sont liées au schéma de données IFC. Les différentes versions de l'IFC doivent être prises en compte.
  - Les EIR sont exportées dans le format IDS, interprétable par machine.
- Modélisation et vérification
  - Les modèles BIM des disciplines requises pour le cas d'usage sont créées et vérifiées.

### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

- Implémentation logicielle
  - Le cas d'usage doit pouvoir être implémenté dans les logiciels concernés.
  - L'approche openBIM nécessite la possibilité d'utiliser différents outils.
- Approbation et publication
  - buildingSMART effectue un contrôle de qualité formel et publie le cas d'usage.

#### **Exemple du cas d'usage : « Protection contre les chutes »**

La Suva est le plus grand assureur-accidents de Suisse. Ses programmes de prévention contribuent à améliorer durablement la sécurité au travail. L'utilisation de la méthodologie BIM améliore l'étude et la coordination des mesures de sécurité. Cela devrait permettre d'éviter des accidents. En collaboration avec Bâtir digital Suisse / buildingSMART Switzerland et d'un groupe d'auteurs interdisciplinaire, composée de divers experts, le cas d'usage « Protection contre les chutes » a été développé.



**Figure 3.62 :** Cas d'usage « Protection contre les chutes » – protection latérale sur un chantier

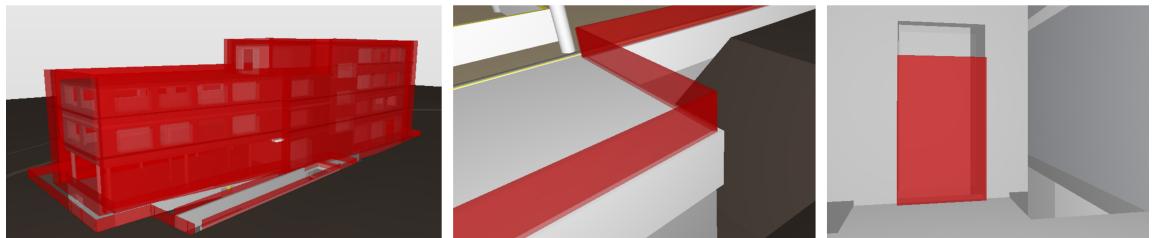
Liste des avantages liés au cas d'usage « Protection contre les chutes » :

- L'équipe de conception bénéficie du support des modèles numériques pour la conception et l'appel d'offres concernant des mesures de sécurité au travail.
- Dans le modèle BIM pour l'exécution, l'équipe de construction peut modéliser les mesures visant à réduire les risques de chute pour chaque phase de la construction et les ajouter dans la préparation du travail.
- L'utilisation des technologies numériques favorise la coopération entre tous les acteurs de la construction et optimise les processus ainsi que l'approvisionnement et la livraison d'informations.
- Les parties prenantes comprennent mieux la nécessité des mesures de sécurité et de santé au travail, car la base de la coordination et de la mise en œuvre des mesures de sécurité est élaborée et fournie conjointement.
- Possibilité de vérifier par machine la conformité réglementaire (hauteurs, distances, etc.).
- Possibilité d'effectuer des simulations.

Les mesures de protection contre les chutes peuvent être vérifiées dans la maquette numérique « protection contre les chutes ». Elles constituent la base de la préparation et de l'exécution du travail sur place. Les visualisations facilitent la mise en œuvre correcte sur place. Cela signifie que le modèle numérique de discipline peut être utilisé comme outil d'audit pour les inspections de sécurité. La visualisation des mesures de sécurité

### 3 Connaissances approfondies

#### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service



**Figure 3.63 :** Cas d'usage « Protection contre les chutes » – maquette numérique

planifiées à l'aide de la réalité mixte améliore les possibilités d'audit. Les lacunes dans la mise en œuvre sur le chantier peuvent être mieux identifiées et corrigées sur place. En outre, des gabarits pour les clients, une bibliothèque avec des composants paramétriques pour la modélisation ainsi que des jeux de règles pour la vérification de la maquette numérique et des gabarits pour la création du modèle « Protection contre les chutes » sont à disposition. Pour la modélisation, 20 types de protection contre les chutes sont disponibles dans six outils natifs différents sous forme de composants paramétriques avec un niveau de détail de LOG100 et partiellement de LOG300.

#### 3.9.5 Développement du service Use Case Management

Le périmètre du service est constamment optimisé et des fonctionnalités supplémentaires sont ajoutées. L'accent est mis sur l'alignement avec la feuille de route technique de buildingSMART International (voir code QR). La prochaine étape consistera à permettre la création et l'exportation des exigences d'échange sous forme de fichiers IDS (Information Delivery Specification). Une interface avec le dictionnaire de données buildingSMART (bSDD) est également prévue. Le référencement du bSDD rendra la création d'exigences d'échange plus facile et plus fiable.



### 3.9 UCM – buildingSMART Use Case Management Service

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

Ce chapitre traite du déroulement des projets BIM tout au long des phases d'un projet d'ouvrage selon EN 16310 : *initiative, lancement, conception, approvisionnement et réalisation*. Ce chapitre expose les étapes fonctionnelles et les activités nécessaires à la mise en œuvre d'un projet openBIM. Les notions des sections [chapitre 1](#), [chapitre 2](#) et [chapitre 3](#) sont considérées comme des connaissances préalables. Les processus présentés doivent toujours tenir compte des documents de mise en œuvre du BIM que sont *l'EIR du maître d'ouvrage* et le BEP, ainsi que les descriptifs de prestations nationaux normalisés pour l'organisation du BIM.

### Informations générales sur les exigences en matière d'échange d'informations EIR

Conformément à la norme ISO 19650, les exigences d'échange d'informations (Exchange Information Requirements, EIR) sont utilisées pour définir les exigences relatives à l'échange d'informations entre la partie désignante et la partie désignée. Il existe différentes parties désignant à différents niveaux d'une organisation de projet. Par exemple le maître d'ouvrage est la partie désignante principale, mais à leur tour, les planificateurs des équipes de conception ou les entreprises agissent en tant que partie désignante vis-à-vis de leurs sous-traitants qui assument le rôle de parties désignées. Pour éviter toute confusion entre les exigences en matière d'échange d'informations (aux différents niveaux), le terme *EIR du maître d'ouvrage* est utilisé dans le *Manuel BIMcert* pour désigner le document EIR au niveau le plus élevé (celui du donneur d'ordre).

 En Suisse, il existe un glossaire national sur la numérisation dans le secteur de la construction et de l'immobilier, qui fournit une terminologie uniforme pour la numérisation tout au long du cycle de vie des bâtiments. Il a été créé en collaboration entre Bâtir Digital Suisse / buildingSMART Switzerland, le Centre suisse d'études pour la rationalisation de la construction (CRB), les Chemins de Fer Fédéraux (CFF) et la Société suisse des ingénieurs et architectes (SIA) et est constamment mis à jour (voir code QR).



 Dans ce manuel, le maître d'ouvrage est l'entité physique ou morale pour qui l'ouvrage est réalisé. Au Québec, cette entité est nommée donneur d'ordre. Dans ce manuel, le maître d'œuvre est responsable de coordonner la réalisation du projet. Il peut également faire partie de l'équipe de conception, dépendant du mode contractuel. Au Québec, nous l'associons souvent à l'entrepreneur général, mais il peut s'agir d'un architecte, d'un ingénieur, d'un gérant de construction ou autre, dépendant du mode de réalisation.

## Aperçu de la structure organisationnelle BIM (partie de la structure organisationnelle du projet)

La [section 2.5](#) contient une introduction sur les rôles dans le processus *openBIM*. La présente section situe ces rôles dans la structure organisationnelle BIM. La description détaillée de la mise en œuvre du projet BIM est fournie dans les sections suivantes. Les [figures 4.1 et 4.2](#) donnent un aperçu de la structure organisationnelle de base du BIM dans les phases d'étude de conception et de réalisation. Toutefois, il est nécessaire de développer une structure organisationnelle particulière pour chaque projet en fonction du contexte qui lui est propre.

Si elle est présente dans le projet, la fonction *Management BIM* reprend les devoirs et responsabilités des rôles *Direction BIM* et *Pilotage BIM*. Si par la suite on parle de *Direction BIM* ou de *Pilotage BIM*, il faut comprendre que le *Management BIM* est également concerné.

La *Direction BIM* représente, en collaboration avec le *Pilotage BIM*, les intérêts du donneur d'ordre. La *Direction BIM* assume les tâches non délégables du donneur d'ordre et est impliquée dans le projet à un stade précoce. Elle est responsable de la spécification des conditions-cadres du projet, de la définition des prestations des divers acteurs du projet et de la mise en œuvre des exigences du donneur d'ordre concernant la structure de données utilisée dans le projet. Elle est chargée de préparer l'*EIR du maître d'ouvrage*, qui décrit entre autres les besoins d'échanges d'information du donneur d'ordre selon les exigences de l'AIR (Exigences d'Information de l'Actif). Il doit définir et comprendre les exigences en matière d'informations qui se retrouveront dans le modèle pour l'exploitation de l'actif (AIM). Dans le cadre du processus *openBIM*, les spécifications des données à fournir et les formats d'échange de données seront définis sur la base des standards *buildingSMART*. Le thème de la standardisation est décrit dans les [sections 2.2 et 3.1](#).

Le *Pilotage BIM*, quant à lui, est responsable de la mise en œuvre opérationnelle du projet BIM dans le cadre des spécifications définies par la *Direction BIM*. Il concrétise les spécifications du cadre de l'*EIR du maître d'ouvrage* et, sur cette base, développe le pré-BEP qui contient les exigences minimales et la structure du BEP.

À partir de là, les prestataires élaborent un BEP (sous la supervision de la *coordination BIM globale*) qui est mis à jour au fur et à mesure de l'avancement du projet. Ce BEP et ses mises à jour sont approuvés par le *Pilotage BIM*. Cela constitue la base de la collaboration BIM pendant le projet. Si les prestataires ont leurs propres sous-traitants, ils doivent également transmettre les exigences (EIR secondaire). L'*EIR du maître d'ouvrage* fait partie du contrat entre le donneur d'ordre et les prestataires, car il contient des exigences fixes. Le BEP, en revanche, est un « document vivant » ayant le caractère d'un guide ou d'une convention de collaboration.

La *coordination BIM globale* coordonne et vérifie le contenu BIM interdisciplinaire de l'équipe de projet. Ce rôle est le point de contact principal pour la conception numérique vers le *Pilotage BIM*. La *coordination BIM globale* est responsable du modèle de coordination et surveille les tâches à effectuer par les *coordinations BIM de discipline*. Les *coordinations BIM de discipline* vérifient le contenu BIM spécifique de chaque discipline.

Le *Management BIM* englobe les prestations de la *Direction BIM* et de la *Pilotage BIM*.

► En Suisse (CH), ces prestations sont toujours résumées sous la fonction de la *Management BIM*. Lorsque les termes *Direction BIM* et *Pilotage BIM* sont mentionnés dans le *Manuel BIMcert*, il s'agit toujours du même domaine de responsabilité indépendamment si les prestations soit exercé par des unités organisationnelles distinctes ou par la *Management BIM*. C'est pourquoi le terme *Management BIM* n'est pas ajouté à ces prestations.

► Au Canada, buildingSMART structure les rôles organisationnels BIM de la façon suivante :

- gestionnaire BIM de l'organisation;
- gestionnaire BIM/des modèles de projets;
- gestionnaire BIM/des modèles de la discipline;
- champion BIM (direction);
- champion BIM (technique);
- coordonnateur BIM;
- modélisateur BIM.

(Voir Manuel de pratique Canadien pour la MDB, vol. 2)

► En France, le BIM Management est distribué entre les acteurs selon les phases de projet. Ainsi pendant les phases de conception, le BIM Management sera réparti entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre, puis entre la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'œuvre et les entreprises de construction pendant la phase de réalisation. Jusqu'à la livraison de l'ouvrage, le BIM Management est organisé pour chaque acteur selon une arborescence de rôle et responsabilité :

- BIM Manager (partie désignante, partie désignée principale);
- BIM Coordinateur (équipe de projet de chaque partie désignée);
- BIM Modeleur (équipe de production de chaque équipe de projet).

Le BIM Management est assuré de façon spécifique pendant les phases d'exploitation-maintenance.

### Exemple de développement d'un projet BIM en contexte OpenBIM

La figure 4.1 représente les échanges d'informations entre parties prenantes pendant la phase de conception. Les différentes disciplines créent des modèles qui leur sont spécifiques sous la direction de leur coordination BIM de discipline respective. Une fois partagés, la coordination BIM globale joint ces différents modèles en un modèle fédéré afin d'en faire la coordination. Dans un processus openBIM, les modèles sont partagés sous un format ouvert (par exemple IFC) et la communication nécessaire pour coordonner les modèles se fait également à l'aide de commentaires partagés sous format ouvert (par exemple BCF, BIM Collaboration Format). Le partage d'informations se fait dans un CDE (environnement de données commun). La collaboration n'est pas limitée aux disciplines qui produisent des modèles : tous les acteurs impliqués dans le projet peuvent contribuer, consulter ou commenter le modèle partagé, en fonction de leurs rôles et responsabilités professionnelles. Il peut être recommandé, par exemple



d'ajouter des données en lien avec la sécurité incendie au modèle de l'architecte par l'entremise de commentaires BCF.

Le modèle de coordination de la coordination BIM globale peut servir de base à l'appel d'offres, à l'adjudication et à la commande de prestations de construction. Outre les éléments du projet, le modèle d'appel d'offres doit également comporter des éléments pertinents pour l'appel d'offres, tels que les installations de chantier et les volumes d'excavation. Toute proposition alternative peut donner lieu à un modèle-offre créé par le soumissionnaire.

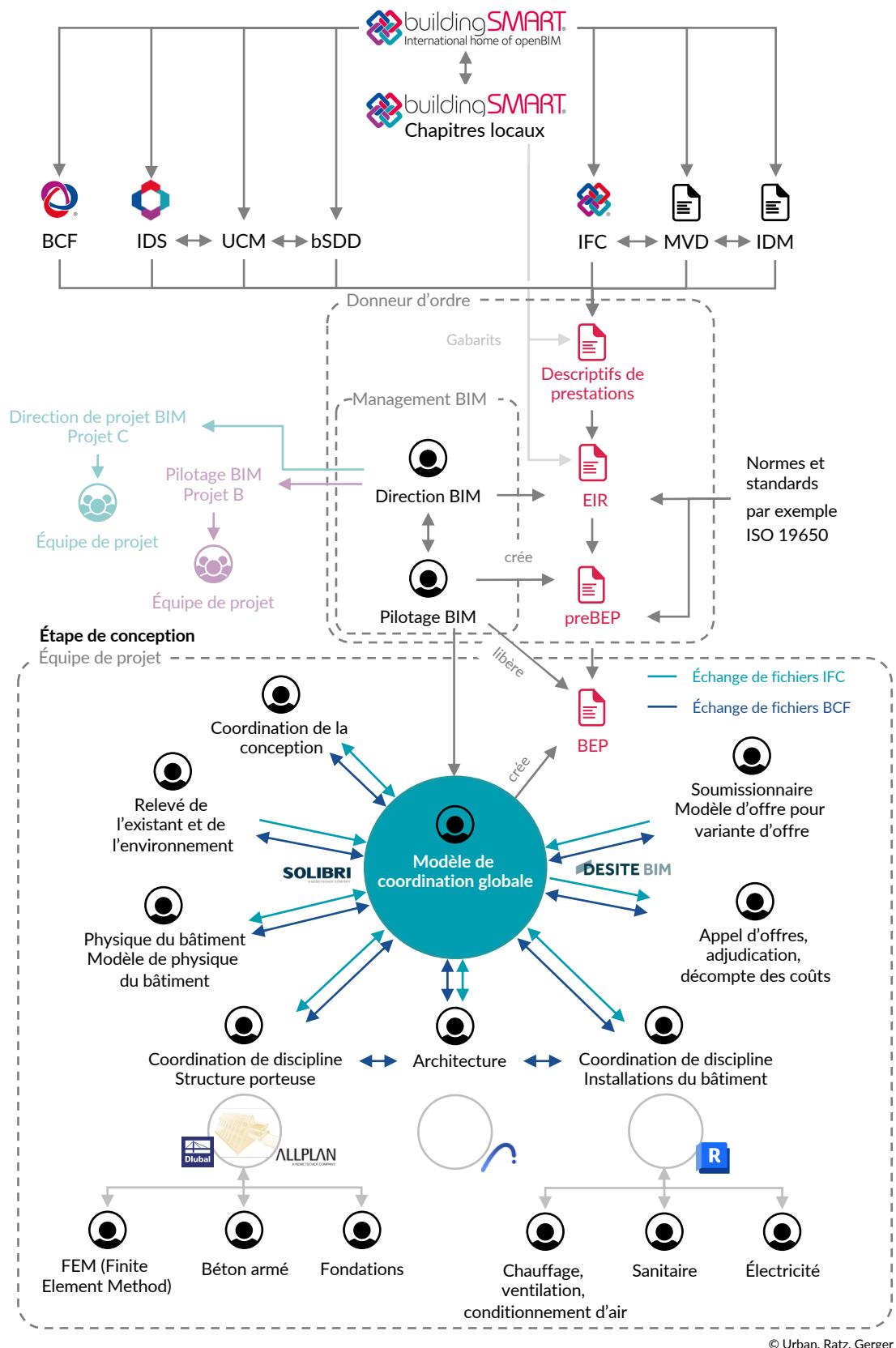
Les rôles BIM comportent des tâches qui doivent être exécutées par des personnes. Toutefois, le nombre de rôles n'est pas le même que le nombre de personnes ou d'entreprises. Un bon exemple est le fait que la personne qui crée le modèle discipline de l'architecture (Modeleur BIM ARC) peut également assumer la fonction de *coordination BIM de discipline* pour l'architecture et la fonction de *coordination BIM globale* dans des petits projets.

 En Suisse, l'eCCC (code des coûts de construction par éléments) du CRB est utilisé pour le calcul des coûts et des appels d'offres basés sur un modèle de discipline.

La [figure 4.2](#) montre l'équipe de projet pendant la phase de réalisation des travaux. Dans cette phase, des modèles de réalisation sont créés pour l'architecture, l'ingénierie structurelle, les installations techniques du bâtiment, les installations de chantier, le calcul des coûts, etc., ainsi qu'un plan de santé et de sécurité. L'équipe de *relevé* réalise la documentation de l'ouvrage tel qu'il a été construit. Les relevés sur site sont coordonnés par le superviseur de chantier sur site. Les nuages de points obtenus sont comparés aux modèles de discipline. La *coordination BIM globale* identifie les écarts éventuels et documente le résultat dans le modèle. Le niveau de détail doit être défini en fonction des processus en aval. Le résultat est une documentation complète de l'état effectif de l'ouvrage sous forme de modèles de discipline mis à jour. Cet état est transféré dans le modèle d'information des actifs, AIM, avec les modèles de discipline mis à jour et la documentation technique.

Ce chapitre est structuré en fonction des phases (EN 16310) : initiative, lancement, conception, approvisionnement et réalisation. Les désignations des phases varient d'un pays à l'autre. Les phases selon diverses normes sont mises en correspondance dans l'illustration de l'infobox de la [page 168](#) afin de permettre une compréhension selon les désignations nationales des phases.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM



**Figure 4.1 :** Exemple d'équipe de projet et acteurs du projet lors de l'étape de conception

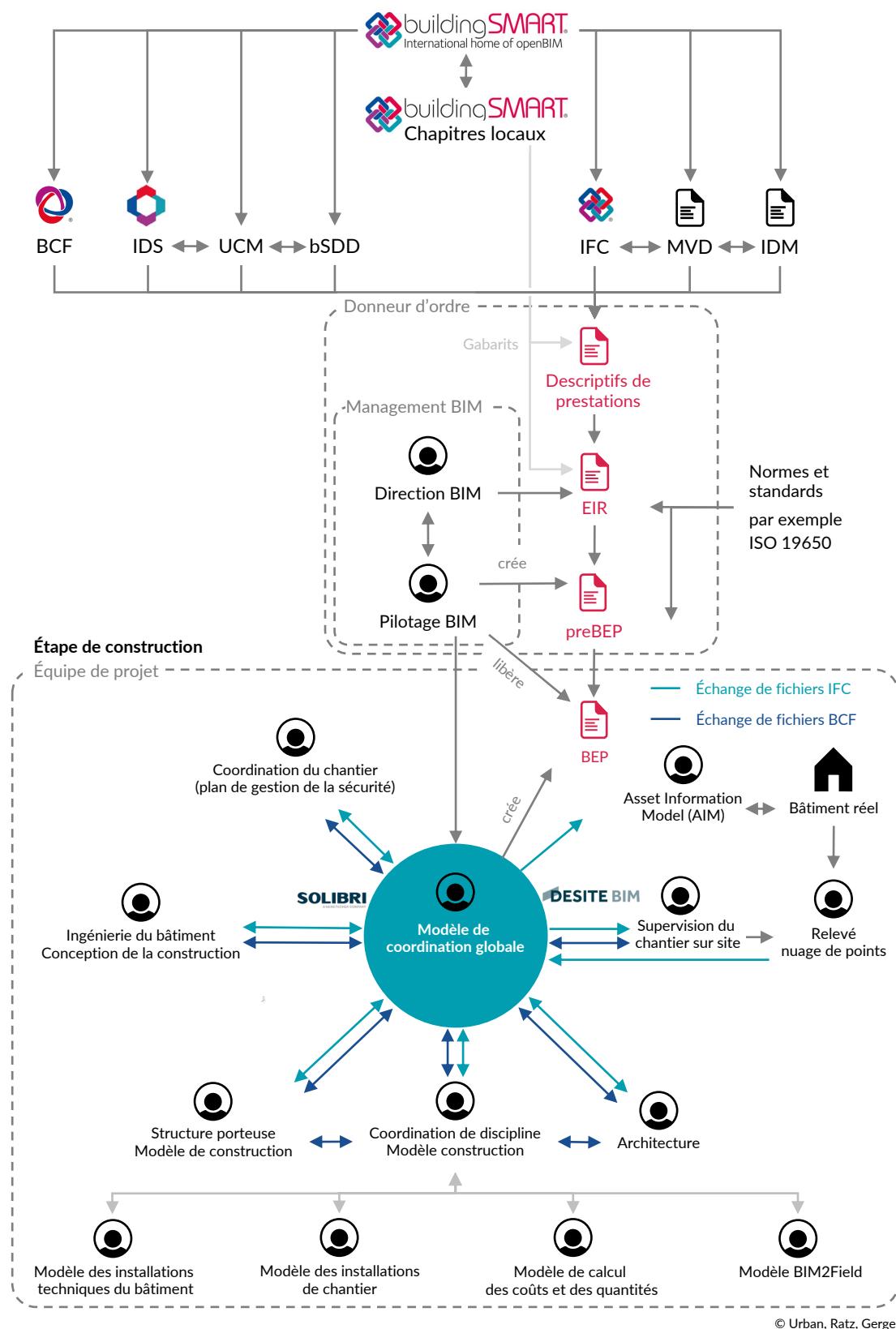
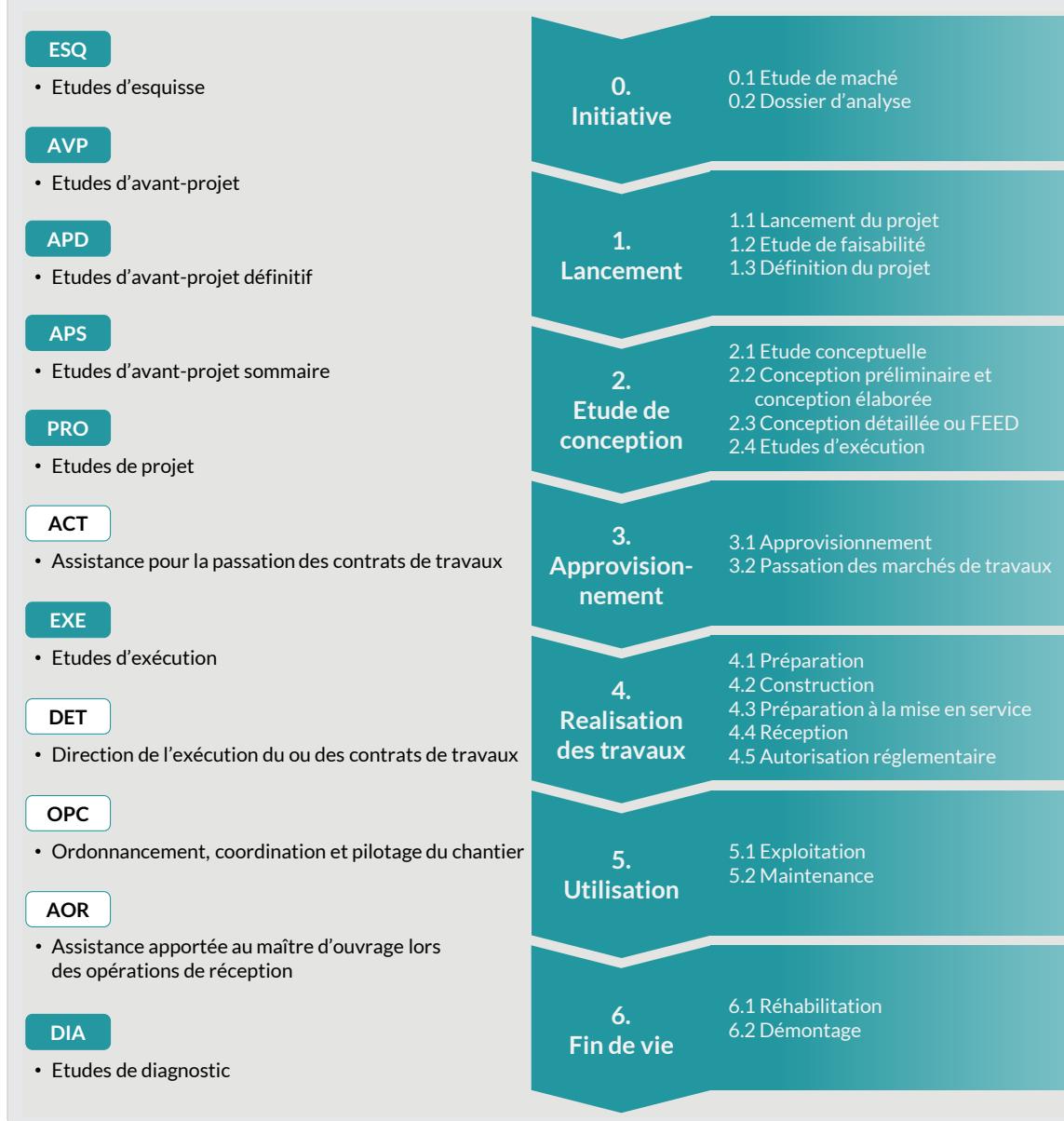


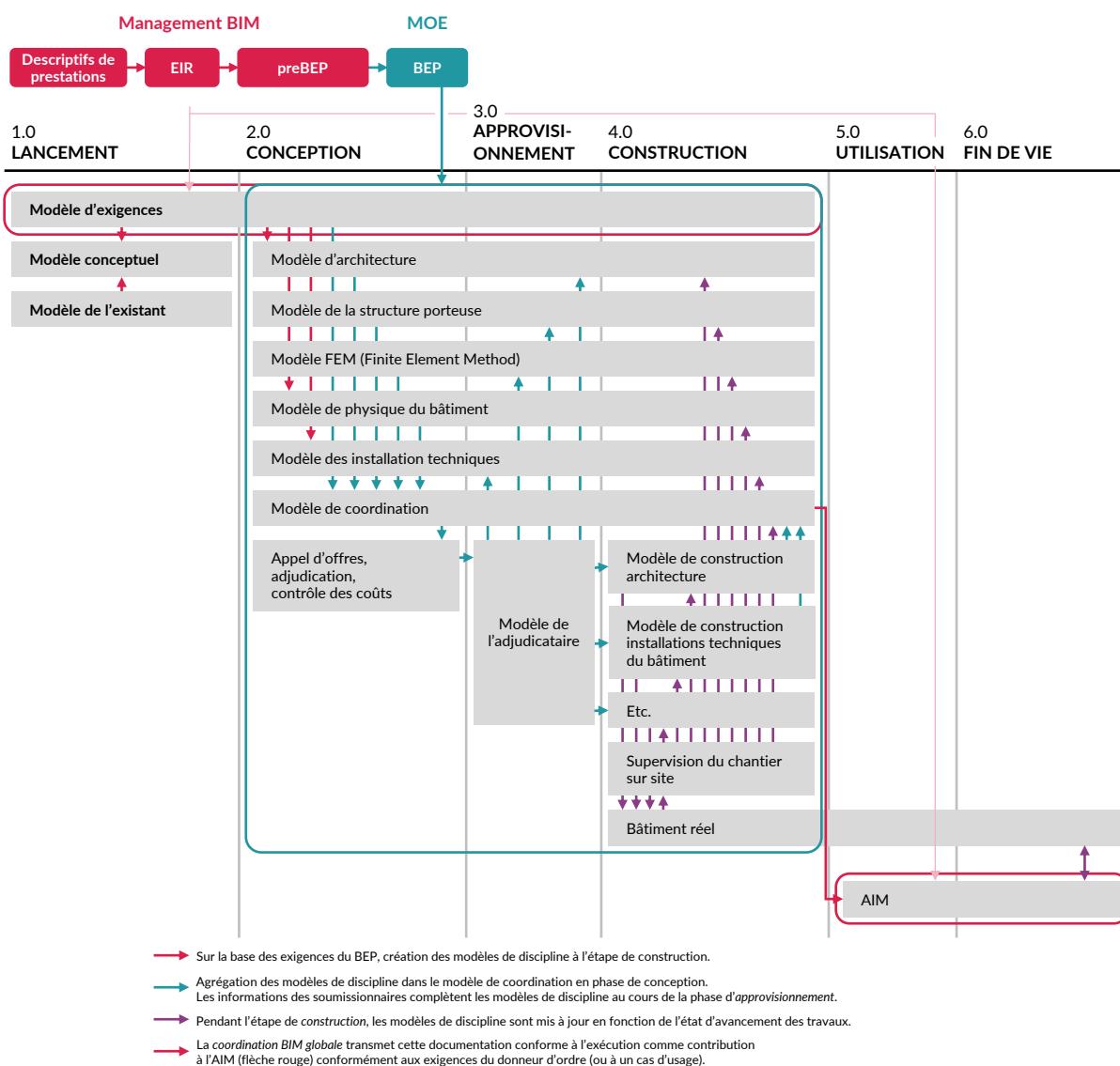
Figure 4.2 : Équipe de projet et acteurs du projet lors de l'étape de construction

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

La loi MOP propose une liste de phases de projet reliée aux prestations attendues pour les projets de marché de maîtrise d'ouvrage publique. L'illustration ci-après indique à gauche les différentes phase / prestations de la loi MOP et à droite les phases selon la norme EN 16310.



La figure 4.3 illustre l'organisation BIM décrite ci-dessus et les modèles de discipline requis au cours des différentes phases. Au début de la phase *Initialisation*, les bases nécessaires à l'appel d'offres pour les prestations de conception sont créées. Il s'agit de l'organigramme de projet (organisation BIM), le descriptif de prestations et l'*EIR du maître d'ouvrage*. L'*EIR du maître d'ouvrage* contient des indications sur les rôles et devoirs, les responsabilités respectives. Ils définissent les prestations de base et les prestations optionnelles des rôles prévus dans le projet. Cela forme la base de l'*EIR du maître d'ouvrage*, qui comprendra des exigences en matière de structure des données, de niveau de détail, d'interfaces, de dénominations, de transfert de données et de



**Figure 4.3 :** Développement des modèles au cours des phases d'un projet de bâtiment (phases selon EN 16310)

plateforme de collaboration. Il prend en compte différents cas d'usage, en particulier des exigences découlant de l'exploitation, et garantit que les informations générées pendant les phases de conception et de réalisation puissent être réutilisées. Le *pilotage BIM* produit un pré-BEP. Celui-ci est basé sur l'*EIR du maître d'ouvrage* et spécifie la séquence exacte de mise en œuvre des exigences au cours du projet. La phase de lancement s'achève avec revue du BEP par la *coordination BIM globale*, au cours de laquelle les spécifications pour la mise en œuvre du projet sur la base de modèles sont convenues et évaluées sur la base du pré-BEP en collaboration avec l'*équipe de conception*. Le BEP constitue la base de tous les processus de communication, de collaboration, d'échange d'informations et de contrôle au cours des étapes de *conception, d'approvisionnement et de construction*. Le BEP est un « document vivant » qui sera mis à jour tout au long des différentes phases. Si nécessaire, le BEP sera adapté en fonction des exigences de la *coordination BIM globale* et en consultation avec l'*équipe de projet*, sous la supervision du *pilotage BIM*. Sur la base de ces exigences (flèches

rouges), les modèles de discipline sont créés dans la phase de conception et agrégés dans le modèle de coordination (flèches turquoise) dans la phase de conception. Les informations des soumissionnaires complètent les modèles de discipline (flèches turquoise) au cours de la phase d'*approvisionnement*. Pendant la phase de *réalisation*, les modèles de discipline sont mis à jour en fonction de l'état d'avancement des travaux (flèches violettes). La *coordination BIM globale* transmet cette documentation conforme à l'exécution comme contribution à l'AIM (flèche rouge) conformément aux exigences du donneur d'ordre (ou à un cas d'usage).

### Gabarit de BEP à pré-BEP à BEP

Diverses organisations fournissent un gabarit de BEP à utiliser dans divers projets. Le *Manuel BIMcert* fait référence à ces modèles de BEP le cas échéant. Le donneur d'ordre ou le *Management BIM* crée souvent un pré-BEP à partir d'un modèle de BEP basé sur l'*EIR du maître d'ouvrage*. Il s'agit d'un modèle de BEP spécifique au projet; il donne la structure exigée et précise les exigences de l'*EIR du maître d'ouvrage*. L'équipe de projet du prestataire rédige le BEP sur cette base.

## 4.1 Phase Initiative

### 4.1 Phase Initiative

Dans la phase « Initiative » (selon la norme EN 16310), les bases du projet sont posées. Au cours de cette phase, le donneur d'ordre élabore les spécifications sur lesquelles le projet se basera. Au cours de ce processus, la décision générale de mise en œuvre du projet est prise. Les résultats obtenus permettent d'évaluer dans quelle mesure l'idée du projet peut atteindre les objectifs et le cadre définis par le donneur d'ordre, et évaluer les potentiels de cette idée.

#### 4.1.1 Définir les objectifs du projet

Cette activité est menée à un stade précoce par la *Direction BIM* et vise à orienter le travail des intervenants dans l'intérêt du donneur d'ordre.

La première étape consiste pour le donneur d'ordre à définir l'objectif stratégique. Le donneur d'ordre formule l'objectif d'investissement qui décrit les raisons de l'investissement envisagé. Outre les spécifications purement quantitatives du cadre d'investissement, des spécifications qualitatives sont également définies :

- intention stratégique du donneur d'ordre;
- type d'investissement;
- utilisation prévue;
- durée de vie prévue différenciée par élément de construction (gros-œuvre, installations techniques, aménagements, etc.);
- objectifs opérationnels;
- objectifs économiques;
- stratégie de réalisation (forme du contrat de construction);
- normes à respecter ou certifications immobilières envisagées.



Par exemple, certification des bâtiments selon la taxonomie de l'UE (DGNB, BNB, ÖGNI, SGNI).



E+C-, HQE, schémas Bâtiment Bas Carbone, Bâtiment Durable Méditerranée, Bâtiment Durable Francilien

La deuxième étape consiste à définir l'objectif opérationnel qui s'inscrit dans le cadre de l'objectif stratégique. Le donneur d'ordre formule les objectifs BIM, qui représentent les raisons d'utiliser le BIM. En général, chaque objectif est accompagné d'une description succincte du mode d'action.

La troisième étape consiste à hiérarchiser les objectifs opérationnels préalablement définis. Pour ce faire, il suffit de classer les objectifs opérationnels par ordre de priorité en fonction de leur importance pour le donneur d'ordre. Ce classement peut aussi être complété par une matrice d'objectifs qui compare les déclarations sur les questions relatives à la conception, dont certaines s'excluent mutuellement. La préférence du donneur d'ordre clarifie les priorités. Par exemple, elle peut indiquer que le donneur d'ordre préfère généralement les solutions qui entraînent de faibles coûts d'exploitation à celles qui entraînent de faibles coûts d'investissement – ou vice-versa.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.1 Phase Initiative

La définition des objectifs est un élément fondamental de la conception du projet. Sur cette base, les cas d'usage nécessaires (*Use Cases*) sont déterminés et classés par ordre de priorité au cours de la phase de lancement (voir [section 4.2](#)). Les cas d'usage servent, conformément au LOIN, de base à l'identification des contenus exigés du modèle et de la documentation (LOG et LOIN, DOC). Ainsi, l'orientation globale du projet est contrôlée – en particulier en ce qui concerne les exigences des utilisateurs ultérieurs. La hiérarchisation des spécifications soutient l'articulation des intentions du donneur d'ordre. Le but est d'atteindre un équilibre optimal entre les objectifs prévus tout en tenant compte de la capacité réelle des acteurs du marché.

 Les objectifs BIM du donneur d'ordre sont définis dans le BEP. Pour chaque phase du projet, les objectifs ainsi que les cas d'usage sont documentés dans le BEP sous la forme d'un plan des cas d'usage. Le plan de cas d'usage sert d'accord entre le donneur d'ordre et les prestataires et permet de traduire les objectifs définis en applications concrètes ou cas d'usage. Les objectifs sont définis à un niveau supérieur, comme la durabilité et l'économie. Les cas d'usage permettant d'atteindre ces objectifs sont attribués en conséquence. Des exemples de ces applications sont la création de plans, la création de listes et la détermination de quantités. Cette structure permet d'atteindre les objectifs de manière claire et efficace.

Les applications ainsi décrites peuvent servir de point de départ à la description précise des cas d'usage (voir [section 3.9](#)). Avant l'adjudication, le soumissionnaire répond en partie aux exigences dans le pré-BEP et ses capacités en méthode BIM sont ainsi évaluées. Les éléments de réponse pertinents pour la prise de décision doivent être objectivement vérifiables et/ou mesurables par le donneur d'ordre et identifiés en conséquence. L'objectif est de clarifier dans le cadre d'un dialogue entre le donneur d'ordre et le prestataire les questions clés de la gestion et de la fourniture de l'information avant l'attribution du contrat. D'autres clarifications et ajouts seront apportés au BEP après la conclusion du contrat.

#### 4.1.2 Déterminer le modèle de financement

Cette décision est prise très en amont par la *Direction BIM* et sert à aligner les résultats du projet sur les exigences du marché. Les donneurs d'ordres doivent trouver un équilibre optimal entre les prestations BIM exigées (et avec une plus-value utile) et les capacités réelles des acteurs du marché. Il en résulte un choix de prestataires plus ou moins limité.

#### 4.1.3 Définir les indicateurs de performance

Les indicateurs de performance sont définis à un stade très précoce par la *Direction BIM* et sont utilisés pour déterminer le succès de la mise en œuvre du projet.

Les indicateurs clés de performance (KPI) sont généralement normalisés pour les donneurs d'ordre qui disposent d'une expertise interne en matière de projets BIM. Cela permet de comparer différents bâtiments, structures et propriétés.

La première étape consiste pour le donneur d'ordre à définir le domaine faisant l'objet de l'indicateur. Les objectifs élaborés au préalable servent de base et une distinction



#### 4.1 Phase Initiative

est faite entre les objectifs de contenu et les objectifs de processus. Dans un deuxième temps, le donneur d'ordre définit les paramètres et les critères de mesure pertinents pour les domaines-cibles.

La définition des indicateurs de performance est un élément fondamental de la conception de projet. C'est sur cette base que la réussite du projet est mesurée et que l'indicateur principal de l'état d'avancement du projet est défini. Les donneurs d'ordre recherchent un équilibre optimal de focalisation sur le projet (avec des résultats précis et objectifs) et de comparabilité entre les différents portefeuilles. Le principal défi consiste à identifier une source de données susceptible de fournir des informations significatives d'une qualité et d'une quantité constantes tout au long de la durée de vie du projet.

#### Rôles selon la norme ISO 19650 pour le déroulement projets

La série de normes ISO 19650 décrit principalement l'organisation et la gestion de l'information dans le contexte de la méthodologie BIM pour la création d'informations sur le bâtiment. Elle introduit des termes relatifs aux parties prenantes dans le processus de gestion de l'information. Dans ce contexte, le donneur d'ordre peut être considéré comme une partie désignante qui passe une commande sous la forme de travaux, de biens ou de services pour son bâtiment (actif). Toutefois, une partie désignante peut également être une entreprise qui demande des informations à ses sous-traitants. Dans la norme ISO 19650, la partie désignée (qu'elle fournit des travaux, biens ou services) est l'acteur qui fournit l'information. Par conséquent, les informations peuvent être fournies par les prestataires chargés de la conception ainsi que par les prestataires chargés de la construction et ses sous-traitants.

## 4.2 Phase de Lancement

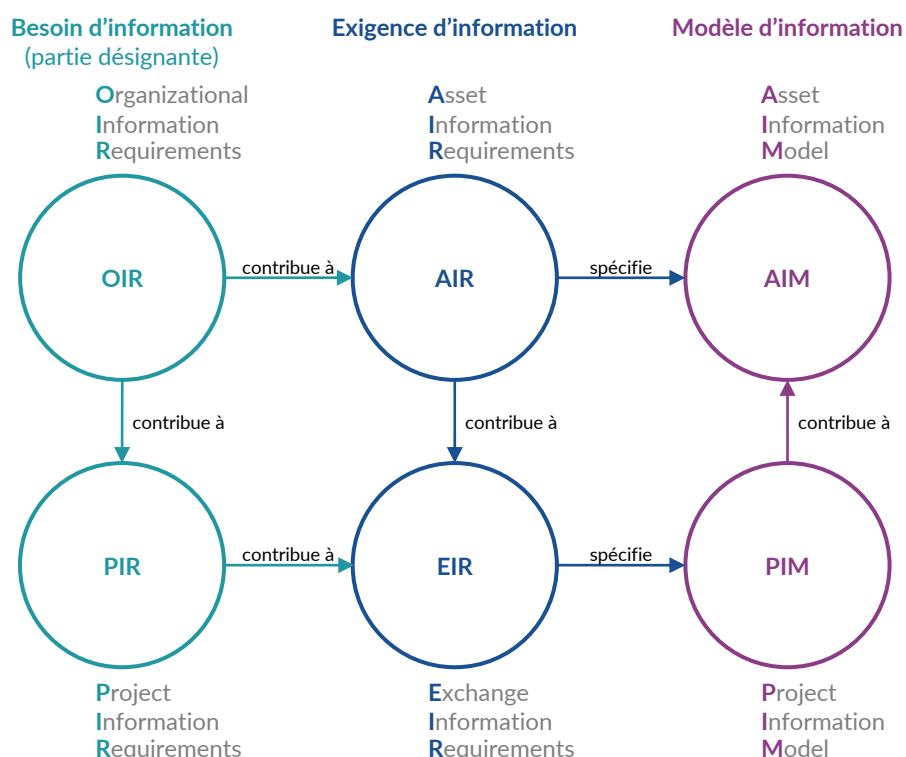
### 4.2 Phase de Lancement

Au cours de la phase *lancement* (selon la norme EN 16310) le projet est mis en place et organisé. Le donneur d'ordre élabore les bases du projet sur lesquelles se fondent les activités des prestataires. Cette phase débute après une évaluation positive de la proposition de projet. Au cours de cette phase les spécifications pour la mise en œuvre du projet sont élaborées et, si nécessaire, des études conceptuelles sont réalisées, par exemple sous la forme d'un concours d'architecture. La phase se termine par la mise en place de l'organisation BIM, des documents de mise en œuvre du BIM et des étapes pertinentes pour l'évaluation des spécifications avant le début de la conception.

#### 4.2.1 Identifier et compiler les exigences liées au projet

La phase *lancement* commence par l'identification des exigences liées au projet par la *direction BIM*. Elle peut se baser sur d'éventuels ensembles de règles couvrant plusieurs projets à l'échelle de l'organisation. Ces exigences sont déclarées dans l'EIR. Pour les donneurs d'ordres disposant de compétences BIM internes et qui ont des exigences complexes, les spécifications prédéfinies à l'échelle de l'organisation, l'OIR, le PIR et l'AIR servent de base. Dans tous les cas (OIR ou EIR et PIR, AIR distincts), ces exigences déclarent pour tous les projets les spécifications générales du cadre lié au BIM pour la mise en œuvre BIM du projet ainsi que les éventuels transferts de données (en particulier vers l'AIM).

Les rapports entre l'EIR et les documents maîtres OIR, AIR et PIR sont réglementés par la norme ISO 19650-1. Ainsi, l'OIR (exigences relatives à l'organisation à prendre en compte pour le projet, notamment l'organisation du BIM) et le PIR (exigences relatives



**Figure 4.4 :** Séquence et dépendances des exigences d'information

## 4.2 Phase de Lancement

à la mise en œuvre du projet, notamment les cas d'usage), servent de préalable à la création de l'EIR, qui comprend les exigences du transfert des données du modèle pour le PIM et du PIM à l'AIM (en particulier la structure des données). L'EIR est créé sur la base des spécifications de l'OIR, de l'AIR et du PIR ou il en comprend les spécifications pertinentes.

Dans un premier temps, les réglementations en vigueur, les exigences côté donneur d'ordre et les exigences normatives sont identifiées. Le lieu du projet, sa complexité et les objectifs du donneur d'ordre sont des critères clés pour affiner leur champ d'application.

Dans la deuxième étape, ces exigences sont résumées pour le projet. Elles sont désormais disponibles comme base pour les règles liées au projet. Ici aussi, les exigences réellement pertinentes pour le projet sont à nouveau affinées en fonction des exigences territoriales et de la complexité du projet. Des spécifications non pertinentes pourraient amener de la confusion chez les soumissionnaires ou conduire à des offres excessivement chères – cela doit donc être évité.

### 4.2.2 Créer et mettre en place des spécifications de prestations BIM, des réglementations et des contrats

Dans ce processus, la *direction BIM* formule les exigences spécifiques liées au projet dans un ensemble de documents de mise en œuvre du BIM. Sur cette base, les prestations à fournir par les prestataires sont définies sous une forme standard et uniformément compréhensible. Elles font partie de l'appel d'offres et seront ultérieurement également considérées comme faisant partie des contrats.

Dans un premier temps, l'organisation BIM prévue est définie comme une partie spécifique BIM de l'organisation de projet. Cela a un impact direct sur les prestations prévues par les futurs prestataires, et tient également compte d'options en matière de personnel et d'exigences stratégiques du donneur d'ordre. Celles-ci sont déclarées dans l'OIR pour les donneurs d'ordres disposant d'une expertise interne en matière de projets BIM. L'organisation BIM dépend également de la stratégie d'exécution prévue (forme de contrat de construction) du projet (voir [section 4.1.1](#)).

Dans la deuxième étape, les descriptifs de prestations pour tous les rôles BIM sont rédigés sur cette base. Cette tâche est souvent réalisée pour la *direction BIM*, le *pilotage BIM*, la *coordination BIM globale*, la *coordination BIM de discipline* jusqu'au modeleur et une *supervision des travaux sur site* afin de coordonner les prestations et/ou de les différencier clairement. Comme base, les prestations de base et les prestations optionnelles peuvent être utilisées et combinées pour les besoins spécifiques du projet. Ainsi, un *pilotage BIM* peut être mandaté pour accompagner la *direction BIM* dans la mise en œuvre opérationnelle du lancement du projet, notamment pour des réunions et la plateforme de collaboration. Étant donné que le *pilotage BIM* du donneur d'ordre prend en charge plusieurs projets, la délégation de tâches de *pilotage BIM* permet d'alléger sa charge de travail.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.2 Phase de Lancement

Dans la troisième étape, on élaboré l'*EIR du maître d'ouvrage* (basé sur les descriptifs de prestations). Celui-ci définit au moins les exigences suivantes :

- Description des cas d'usage pertinents pour le donneur d'ordre (base possible : PIR),
- Spécifications de la structure des données (base possible : AIR),
- Spécifications relatives aux niveaux d'information requis (base possible : OIR),
- Spécifications relatives à la localisation et à la structuration du projet (base possible : PIR),
- Exigences (base possible : OIR) pour les :
  - Interfaces à utiliser,
  - Dénotiations à utiliser,
  - Transferts de données à effectuer, et
  - Plateforme de collaboration à utiliser.

Les donneurs d'ordre possédant des compétences internes en matière de projets BIM peuvent créer les exigences ci-dessus sur la base des spécifications globales du PIR, de l'AIR et de l'OIR.

La quatrième étape implique la préparation du pré-BEP, qui sert de base à la mise en place du projet lors des revues EIR/pré-BEP (voir [sections 4.2.8 et 4.2.9](#)). Celui-ci s'appuie sur l'*EIR du maître d'ouvrage* lié au projet et le précise en ce qui concerne la séquence exacte de mise en œuvre des spécifications EIR. La structure des chapitres EIR est conservée dans le BEP afin de permettre une référence directe de la spécification à l'*EIR du maître d'ouvrage* et à la description associée de la mise en œuvre dans le BEP.

Dans la dernière étape, les spécifications élaborées sont intégrées dans les documents d'appel d'offres.

#### 4.2.3 Gestion des exigences à l'aide d'un modèle (modèle d'exigences)

La direction BIM ou le *pilotage BIM*, formule les exigences spécifiques liées au projet pour l'ouvrage prévu. La différence avec un programme spatial et fonctionnel conventionnel réside dans la sémantique des exigences et leur lisibilité machine. Cela permet à l'*équipe de conception* d'adopter automatiquement les spécifications du donneur d'ordre dans leurs logiciels BIM respectifs. Cela permet aussi le contrôle automatisé des spécifications du modèle d'exigences par rapport à la conception en cours. De plus, la réutilisation ultérieure (AIM) des informations générées par l'équipe de conception est également garantie. Le modèle d'exigences spécifie les prestations attendues de la partie désignée et doit donc être joint à l'appel d'offres.

Les modèles d'exigences peuvent être créés à l'aide de logiciels spécialement développés tels que dRofus ou BuildingOne. Ces outils permettent le développement de programmes de locaux et de leurs fonctions, la structuration des types de locaux, y compris les spécifications portant sur leur équipement. Ils peuvent transposer ces spécifications dans une structure basée sur la norme IFC. Les spécifications de la structure IFC sont tirées de l'AIR ou de l'*EIR du maître d'ouvrage* et doivent être conformes à la structure de données décrites dans le BEP qui sera déployée ultérieurement dans le cadre du projet par l'*équipe de conception* (voir [section 4.2.2](#)). Dans le cas contraire, la

## 4.2 Phase de Lancement

comparaison entre le modèle d'exigences et les modèles de conception sera difficile, voire impossible.

Le modèle d'exigences cartographie tous les locaux (ou types de locaux) à prévoir dans le projet, y compris les exigences qualitatives liées à ces locaux. Le modèle d'exigences est repris au début et peut être mis à jour au fur et à mesure de l'avancement de la conception. Le modèle d'exigences original reste cependant de la responsabilité du donneur d'ordre. Il peut être mis à jour par la *direction BIM* le cas échéant. Une modification du modèle d'exigences doit être traçable et communiquée en conséquence. Dans certaines circonstances, cette modification constitue un amendement au contrat et peut entraîner une modification de la conception. L'interaction entre le modèle d'exigences et la conception devient ainsi plus transparente et compréhensible.

Le modèle d'exigences est comparé aux modèles de conception lors de la livraison des données afin que ceux-ci puissent franchir les seuils de qualité (ou jalons de qualité – *Quality Gates*).

### 4.2.4 Création des bases (modèle de l'existant, modèle de terrain)

Le *pilotage BIM* crée les bases pour la conception (éventuellement avec une *équipe de relevé*). La différence par rapport à l'approche conventionnelle réside dans la précision nettement plus élevée des conditions de réalisation du projet (géo-positionnement, représentation complète des ouvrages et des alentours existants, spécifications structurales et capacités fonctionnelles). Dans tous les cas, les informations de base fournies doivent inclure les résultats du relevé de l'existant (par exemple nuage de points issu d'un scan laser). Les modèles des environs et des bâtiments existants peuvent être créés ultérieurement par l'*équipe de conception*. Cela permet que les informations sur l'existant puissent être réutilisées de manière transparente dans les logiciels BIM. Si le modèle de l'existant et/ou du terrain doit faire partie de l'appel d'offres parce qu'il servira à des études conceptuelles ou des concours d'architecture, il doit être relevé par un tiers. Dans tous les cas, les exigences de l'*EIR du maître d'ouvrage* doivent être prises en compte afin de permettre l'utilisation future du modèle de l'existant.

### 4.2.5 Appel d'offres, adjudication et mise en place de la plateforme de collaboration

Dans le cadre du lancement, la *direction BIM* et le *pilotage BIM* préparent la plateforme centrale d'échange d'informations : la plateforme de collaboration (CDE). Les donneurs d'ordres disposant de compétences internes en matière de projets BIM utilisent des spécifications de produits prédéfinis à l'échelle de l'entreprise, utilisés pour tous les projets.

Dans un premier temps, le donneur d'ordre identifie les fonctions pertinentes pour le projet. Les aspects clés sont les droits des utilisateurs, les aspects de sécurité qui en résultent, le type et la complexité du projet du donneur d'ordre, ainsi que le type de contrat de construction prévu.

La deuxième étape consiste à résumer ces exigences par rapport au projet. Si le donneur d'ordre n'exige pas un produit spécifique, l'appel d'offres et l'acquisition d'une

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.2 Phase de Lancement

plateforme de collaboration sont effectués, conformément aux exigences définies dans la première étape.

Une fois la passation de marché effectuée, la troisième étape est la configuration de la plateforme pour le projet. C'est l'unité organisationnelle qui aura la charge du suivi et du contrôle de la réalisation du projet BIM qui en est responsable (généralement le *pilotage BIM*).

Actuellement (2024), certaines plateformes de collaboration comprennent déjà la gestion bidirectionnelle (basée sur des services web) de la communication basée sur un modèle (BCF) et de l'échange de modèles (IFC) sur la base de l'open CDE. Cela permet une connexion directe des applications BIM à la plateforme de collaboration et un échange d'informations transparent. Les étapes manuelles auparavant nécessaires pour fournir ou obtenir des informations ne le sont plus. Cela accélère et soutient considérablement la collaboration.

#### 4.2.6 Appel d'offres et adjudication de prestations de conception

Dans cette phase, la *direction BIM* et le *pilotage BIM* identifient le meilleur soumissionnaire pour la conception. Dans un premier temps, ils rassemblent les bases développées au préalable (règles, descriptifs de prestations, modèle d'exigences, relevés).

Dans la deuxième étape, la stratégie d'appel d'offres la plus adaptée dans le contexte BIM est déterminée (appel d'offres par exemple en une étape, en deux étapes, sur invitation, ouvert). L'environnement actuel du marché doit être mis en regard des prestations à acquérir. L'objectif est de se limiter à un groupe de soumissionnaires en ligne avec les objectifs du projet et disposant de capacités BIM.

Dans la troisième étape, les critères d'appel d'offres doivent être élaborés. Le donneur d'ordre définit la qualification attendue des soumissionnaires (compétence BIM, références, logiciels BIM) ainsi que les mécanismes par lesquels celle-ci est mesurée et évaluée. Il faut veiller à ce que les exigences définies permettent un large éventail de soumissionnaires (c'est-à-dire qu'elles soient aussi basses que possible) et garantissent également une mise en œuvre fiable du projet BIM (c'est-à-dire qu'elles soient aussi élevées que possible) – un compromis est toujours à trouver.

Lors d'un appel d'offres pour des services de conception, il convient de tenir compte de la stratégie de livraison des prestations pour la phase de *réalisation* (voir [section 4.4](#)). Si dans un premier temps seules les prestations pour les phases de *conception* sont adjugées et que plus tard dans le projet, la paternité des modèles de discipline est transférée aux prestataires pour la réalisation, une attention particulière doit alors être accordée à la manière dont les prestations BIM sont effectuées en *phase de réalisation* et en fin de projet, lors de la livraison à l'exploitation, en phase utilisation. Si la paternité des modèles reste dans l'*équipe de conception* (dans le cadre de la documentation AsBuilt), les prestations doivent couvrir les mises à jour des modèles. Ainsi, la stratégie d'information retenue doit être prise en compte déjà dans l'appel d'offres pour la *conception*.

Au cours du processus d'appel d'offres et d'adjudication, un ou plusieurs tours de questions/réponses peuvent avoir lieu avec les soumissionnaires. En raison de l'hété-

## 4.2 Phase de Lancement

rogénéité actuelle des connaissances BIM, l'important est d'assurer *in fine* une bonne coordination entre le BEP et les exigences du donneur d'ordre.

Conformément à la norme ISO 19650, lors de l'attribution des services de conception, l'interaction entre la partie désignante (récepteur d'informations) et la partie désignée principale (fournisseur d'informations) entre en vigueur sur la base des spécifications contractuelles contraignantes (offres de services et EIR).

### Stratégie d'acquisition et besoins informationnels

Une fois le processus d'appel d'offres défini, il est essentiel pour le donneur d'ordre de bien anticiper les besoins informationnels du projet. Cette anticipation, qui se décline dans plusieurs documents structurants, permet de formaliser les attentes en matière d'information tout au long du cycle de vie du projet, et de garantir que les soumissionnaires comprennent clairement les exigences BIM dès la soumission de leurs offres. Cela facilite la sélection des prestataires capables de répondre aux critères techniques et environnementaux, tout en assurant une coordination efficace entre les différents intervenants tout au long du projet. Les principaux documents utilisés pour formaliser ces besoins sont les suivants :

- OIR (Exigences d'Information de l'Organisation) : définit les attentes générales du donneur d'ordre en matière d'information.
- PIR (Exigences d'Information du Projet) : précise les données requises spécifiquement pour le projet en cours.
- AIR (Exigences d'Information de l'Actif) : concerne les informations nécessaires à l'exploitation et à la maintenance de l'ouvrage après livraison.
- EIR (Exigences d'Échange d'Information) : document clé du dossier d'appel d'offres, il formalise les exigences de partage et de structuration des données BIM. L'EIR, en particulier, joue un rôle central dans l'appel d'offres. Il détaille :
  - les exigences de structuration et d'échange d'information pendant la construction;
  - les responsabilités des différents acteurs;
  - les informations requises pour la gestion de l'ouvrage après sa livraison;
  - le niveau d'information attendu dans les maquettes (LOIN).

Une fois ces exigences définies, le responsable BIM du projet compile les informations nécessaires et les met à disposition sur la plateforme CDE, garantissant ainsi un accès structuré aux données par les soumissionnaires.

Les soumissionnaires (fournisseurs d'informations attendus) préparent une offre pour les prestations BIM exigées. Elle comprend en général les éléments suivants :

- Désignation des personnes responsables et compétentes de l'unité organisationnelle BIM qui prendront en charge la gestion fonctionnelle conformément à l'EIR du client. Alternativement, le soumissionnaire peut également confier ce rôle à des sous-traitants; l'étendue précise des services et de leurs compétences doit être exposée à l'équipe de conception et à la gestion du projet BIM ou au client.
- Établissement d'un BEP (provisoire) de l'équipe de fourniture d'informations – en tant que proposition de mise en œuvre formelle – avec annonce des sujets suivants :
  - qualifications;
  - stratégie de fourniture d'informations;

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.2 Phase de Lancement

- stratégie de la fédération;
- matrice de responsabilité de la ou des unités organisationnelles BIM;
- développement d'ajouts ou de modifications aux flux de processus pour générer des informations sur le projet;
- liste des logiciels, du matériel et de l'infrastructure informatique à utiliser.

Le processus d'adjudication suit plusieurs étapes :

1. Examen du pré-BEP des soumissionnaires, pour évaluer la faisabilité de leur approche BIM.
2. Vérification des capacités BIM des entreprises, afin de s'assurer qu'elles maîtrisent les outils et méthodes requis.
3. Préparation des négociations, avec des ajustements possibles en fonction des critères techniques et financiers.

L'adjudication finale est réalisée en concertation avec le client et la direction BIM, en veillant à sélectionner l'offre la mieux-disante sur l'ensemble des critères définis.

1. La direction du projet BIM examine le pré-BEP des soumissionnaires respectifs et conseille le client ou la direction du projet BIM à cet égard.
2. Détermination des capacités BIM des soumissionnaires respectifs par la direction du projet BIM et préparation d'un résumé pour le client ou la direction du projet BIM.
3. Détermination ou adaptation de la stratégie de mise à disposition d'informations pour la construction par le client ou la maîtrise d'ouvrage BIM en fonction des résultats des deux points précédents.
4. Mener des négociations ou des renégociations avec le meilleur soumissionnaire ou les soumissionnaires classés deuxième/troisième. Toute amélioration des offres sera fournie, examinée et analysée via la plateforme de collaboration (ou la plateforme AVA distincte).
5. Attribution du marché ou, en cas d'échec des négociations, modification de l'offre avec des critères modifiés ou d'autres services requis.

Les critères de sélection du mieux-disant prennent en compte les aspects liés au projet, la situation actuelle du marché et les capacités BIM des rôles BIM, la stratégie de fourniture d'informations pour la construction. Dès la phase d'appel d'offres, la gestion et le contrôle de projet BIM, en collaboration avec le client, doivent élaborer une stratégie de fourniture d'informations pour la documentation conforme à l'exécution ou la vérification officielle de l'exécution et la formuler dans les exigences d'échange d'information, EIR. En principe, les stratégies de fourniture d'informations suivantes peuvent être appliquées pour la documentation conforme à l'exécution ou la vérification officielle :

- Fourniture d'informations par le biais de la planification des entrepreneurs;
- Fourniture d'informations par le prestataire.

Selon la stratégie de fourniture d'informations choisie, les étapes et procédures ultérieures de commande d'informations diffèrent. De même, lors du choix de la stratégie de fourniture d'informations, la situation contractuelle entre le client et l'entrepreneur chargé de la planification ou de l'exécution doit être prise en compte.

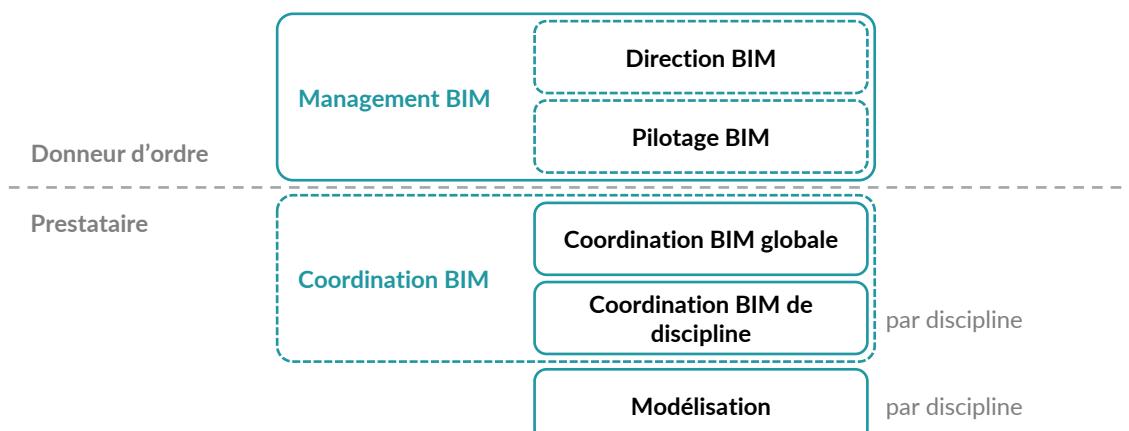
## 4.2 Phase de Lancement

### 4.2.7 Études et concours basés sur des modèles

Cette activité est préparée dans le cadre du lancement par la *direction BIM* et le *pilotage BIM* et sert à trouver la meilleure idée pour la mise en œuvre du projet. Le BIM ne joue généralement aucun rôle ou seulement un rôle restreint à cette étape.

### 4.2.8 Constitution de l'équipe de conception / évaluation du concepteur

Parallèlement aux négociations en cours sur les contrats de conception, les principes fondamentaux du projet sont présentés à l'*équipe de conception*. Cette introduction se déroule sous forme d'évaluation bilatérale. Les réunions sont guidées par le *pilotage BIM* et servent également à évaluer les compétences BIM réelles de l'*équipe de conception* par l'évaluation de ses capacités et de ses aptitudes (conformément à la norme ISO 19650). Si les contraintes de temps sont élevées, les évaluations peuvent également être réalisées après la conclusion des contrats de conception. Lors des négociations contractuelles, la *direction BIM* et la partie désignante doivent veiller à ce que les lacunes dans les capacités BIM identifiées après la conclusion du contrat soient prises en compte et traitées en conséquence. En tous les cas, le *pilotage BIM* doit exiger des mesures correctives en cas de déficiences dans les capacités BIM. Il s'agit généralement de formations de mise à niveau (par exemple sur un logiciel ou pour un rôle donné). Les rôles BIM impliqués sont illustrés dans la [figure 4.5](#).



**Figure 4.5 :** Unités organisationnelles BIM (rôles) en relation avec les périmètres de la partie désignante et de la partie désignée principale

Les revues sont réalisées en trois étapes :

- Revue EIR versus BEP;
- Revue de la modélisation;
- Revue des spécificités du projet.

Au préalable, les fondamentaux (règles, descriptifs de prestations, modèle d'exigences, bases de relevé) sont intégralement présentés à l'*équipe de conception*. Cela est nécessaire afin d'établir une compréhension commune de toutes les relations et exigences et ainsi de créer une compréhension uniforme des exigences à mettre en œuvre par l'*équipe de projet*.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.2 Phase de Lancement

**Revue EIR versus BEP** – Cette revue sert à vérifier l'adéquation entre l'EIR et le BEP. Le *pilotage BIM* présente l'ensemble des règles à l'*équipe de conception* pressentie. La participation de la *coordination BIM globale* et des *coordinations BIM de discipline* est obligatoire. À ce stade, seul l'*EIR du maître d'ouvrage* est généralement disponible; pour une plus grande précision, le pré-BEP peut également être présenté s'il est disponible. L'objectif est de parvenir à une compréhension uniforme des exigences du projet entre le donneur d'ordre et les prestataires. La structure des règles, les tâches/responsabilités par unité organisationnelle, les cas d'usage et les annexes sont spécifiquement discutés. La *coordination BIM de discipline* et la *coordination BIM globale* peuvent fournir des commentaires et annoncer des ajouts, notamment :

- désignation des personnes assumant les rôles BIM;
- adaptation du contenu des modèles de discipline (par exemple modélisation et spécification des paramètres de l'environnement immédiat dans un modèle spécifique);
- autres cas d'usage de l'*équipe de conception*.

Les coordinations BIM de discipline et la coordination BIM globale peuvent également soumettre des adaptations. Celles-ci peuvent inclure :

- suggestions d'amélioration pour la mise en œuvre d'un cas d'usage;
- concrétisation des exigences normatives spécifiques à un de discipline.

Tous les ajouts et adaptations proposées sont répertoriés et examinés par le *pilotage BIM*. L'expérience pratique a montré qu'une demi-journée environ est recommandée pour la revue EIR/BEP.

**Revue de la modélisation** – Cette revue sert à garantir la collaboration basée sur un modèle. Elle est dirigée par le *pilotage BIM* et requiert la participation de la *coordination BIM globale*, de la *coordination BIM de discipline* et des *modeleurs BIM*. Dans le cas de concours ou de projets existants, une partie du projet préalablement définie est modélisée conformément aux règles de chaque discipline sinon un scénario de test fictif est recommandé. Les spécifications par discipline sont déterminées par le *pilotage BIM*. Cela inclut la définition du contenu LOG et LOI qui correspond à une phase ultérieure (par exemple conception) et ne contient pas seulement la structure de données officielle IFC (y compris la création de propriétés et d'ensembles de propriétés). Un cas d'usage possible pour cette revue sont les réunions de *coordination BIM globale*.

La modélisation commence par le modèle de l'architecture, dont la *coordination BIM de discipline* vérifie la conformité avec les spécifications LOG et LOI ainsi que d'autres critères de qualité (par exemple collisions dans le modèle de discipline). Elle transmet ensuite le modèle avec le rapport de test (sous forme de commentaires BCF) à la *coordination BIM globale*. Parallèlement, la coordination BIM de discipline transmet les modèles de référence aux autres *coordinations BIM de discipline* (par exemple structure, installations techniques).

Les *coordinations BIM de discipline* vérifient l'importation des modèles de référence et fournissent un retour d'information à ce sujet. Dès qu'un paramétrage approprié pour l'exportation d'un modèle de référence a été vérifié, celui-ci est enregistré sous forme de configuration de transfert (voir [section 4.3.3](#)) pour être consigné dans les règles du BEP. Sur la base du modèle de référence, les autres modèles de discipline

## 4.2 Phase de Lancement

peuvent désormais être créés par chaque discipline. Ceux-ci sont également vérifiés préalablement par leur *coordination BIM de discipline* pour vérifier leur conformité avec le LOG et la LOI et remis à la *coordination BIM globale*, y compris le rapport de test (sous forme de commentaires BCF).

Ensuite, la *coordination BIM globale* intègre les modèles de discipline dans la création de son modèle de coordination. En faisant cela, elle vérifie les modèles de discipline individuellement (conformité au LOI et collisions internes) et les uns par rapport aux autres. Elle crée des sujets BCF concernant les défauts constatés et initie une réunion de coordination générale. Les problèmes y sont discutés et le rapport de test (commentaires BCF) est envoyé à la *coordination BIM de discipline* concernée. Cette dernière intègre les commentaires BCF dans son logiciel de création et vérifie l'implémentation des sujets (par exemple affichage correct du point de vue selon l'extrait de l'image).

Cette procédure sert d'une part à garantir la possibilité de mise en œuvre des spécifications, mais aussi à définir les aspects pertinents pour la collaboration basée sur les modèles.

Ces aspects incluent :

- veiller à ce que le positionnement et l'orientation du projet soient appliqués de manière uniforme;
- veiller à ce que la structure de niveaux/étages et trames soient appliquées de manière uniforme;
- configuration détaillée du paramétrage de transfert IFC (voir [section 4.3.3](#)) dans le cadre des logiciels BIM utilisés pour assurer la collaboration prévue;
- assurer les connaissances nécessaires à la création/transfert de modèles (modélisation et mise en œuvre des spécifications LOG et LOI conformément aux spécifications LOIN);
- assurer les connaissances nécessaires à la coordination et communication des modèles.

Ces étapes doivent être réalisées avant la phase de *conception* afin d'éviter toute confusion entre la configuration BIM et la mise en œuvre de la conception.

Tous les ajouts et ajustements proposés aux règles sont répertoriés et examinés par le *pilotage BIM*. L'expérience montre qu'une journée environ est recommandée pour la revue de la modélisation.

**Revue des spécificités du projet** – Comme les revues ne sont généralement pas effectuées l'une après l'autre et qu'elles peuvent s'étaler sur plusieurs jours, cette revue sert à clarifier toutes les questions spécifiques au projet posées par l'*équipe de conception*. Cela lui donne suffisamment de temps pour identifier les problèmes qui ont pu survenir entre-temps et les clarifier avec le *pilotage BIM* lors de la revue finale. La revue finale est également menée par le *pilotage de projet BIM*. Les participants sont la *coordination BIM globale* et toutes les *coordinations BIM de discipline*.

Enfin, tous les commentaires/ajouts/adaptations répertoriés sont vérifiés en termes de cohérence et de faisabilité par le *pilotage BIM*. Ils sont ensuite consignés dans les documents de mise en œuvre du BIM. Ces documents sont ensuite soumis à la *direction*

## 4.2 Phase de Lancement

*BIM* pour examen et approbation. S'ils sont approuvés, la responsabilité des règles passe à la *coordination BIM globale* et sert de base au BEP.

Sur la base de ces trois revues (EIR vs BEP, modélisation et spécificités du projet), le *modèle d'information du projet* (PIM) peut maintenant être élaboré au cours de la phase de conception.

### 4.2.9 Vérification de la qualification de l'équipe de conception

Les revues devant avoir lieu pendant la négociation des contrats, elles sont l'occasion pour le *pilotage BIM* de vérifier en détail les qualifications de l'*équipe de conception*. Le *pilotage BIM* rapporte les résultats des revues à la *direction BIM*. Son rapport comprend une évaluation des capacités et aptitudes de l'*équipe de conception*. En particulier, la revue de la modélisation permet d'avoir un bon aperçu des compétences en logiciels et en communication de chaque discipline; ainsi les lacunes peuvent être identifiées à temps. Par exemple, une formation supplémentaire sur le logiciel peut être exigée, ou une mise à jour vers une version plus récente du logiciel afin d'obtenir de meilleures performances. Si le prestataire d'une discipline n'est pas disposé à le faire, le *pilotage BIM* doit en informer la *direction BIM*. Cela a un impact direct sur les négociations et peut conduire à l'exclusion du prestataire.

Si d'autres parties prenantes du projet se rajoutent ultérieurement (par exemple pendant la réalisation), les revues doivent être répétées afin de garantir une interaction fluide entre les parties prenantes et de pouvoir identifier et résoudre les problèmes en amont.

## 4.3 Phase Étude de conception

La phase de *réalisation* comprend la conception, la construction et la mise en service. La *conception* sert à élaborer les spécifications de conception pour l'*approvisionnement* du projet. Toutes les exigences concernant le contenu à fournir et les prestations à effectuer doivent être définies dans l'*EIR du maître d'ouvrage*, et/ou le pré-BEP par le *pilotage de projet BIM* et la *coordination BIM globale*, avant le début de la conception (voir [section 4.2.8](#)).

Cette section traite des étapes du processus de conception. Il décrit les cas d'usage habituellement déployés dans les projets par la *coordination BIM globale*, la *coordination BIM de discipline* et le *modeleur BIM*.

### 4.3.1 Remise des modèles de référence aux concepteurs (modèle de l'existant, modèle de terrain, modèle d'exigences)

Au début de la phase de *conception*, les bases précédemment déterminées et générées sont transmises aux parties prenantes du projet via la plateforme de collaboration (CDE). Les éléments suivants servent de base à la conception :

- modèle de terrain;
- modèle de l'existant, notamment s'il faut tenir compte d'ouvrages existants dans le projet;
- modèle d'exigences.

Cette relation est illustrée dans les figures suivantes. En fonction de la stratégie du projet, les deux premiers modèles sont créés par l'*équipe de relevé* lors de la phase de lancement ou par l'*équipe de conception* au début de la *conception* et sont créées conformément aux spécifications de l'EIR (voir également la [section 4.2.4](#)). La base pour la création de ce modèle est le relevé de l'existant sous la forme d'un nuage de points géoréférencés et, si nécessaire, des documents supplémentaires (dessins conformes à la documentation d'ouvrage exécuté). Si le modèle de l'existant a été créé par l'*équipe de relevé* avec la remise des modèles à l'*équipe de conception*, la responsabilité passe de l'*équipe de relevé* à l'*équipe de conception*.

 Dans le cas d'un usage légal ou cadastral, le relevé de l'existant doit obligatoirement être réalisé par un arpenteur géomètre.

Dans des cas (encore rares à l'heure actuelle), il est possible que la gestion des actifs du donneur d'ordre fournit les relevés et les modèles conformes à l'exécution à partir de leur modèle AIM – cela permettrait de continuer à utiliser les données d'inventaire lors de la conception (continuité des données).

Le donneur d'ordre crée le modèle d'exigences (voir [section 4.2.3](#)) et le transmet à l'*équipe de conception*. Le donneur d'ordre conserve la responsabilité du modèle d'exigences. Il peut être intégré dans le modèle de coordination pour servir de référence pendant le processus de conception afin d'effectuer la comparaison objectif/réel avec les modèles de conception.

### 4.3 Phase Étude de conception

#### *Cas particulier :*

Tous les *modèles de référence* sont en principe livrés en format IFC. Cependant, le modèle de l'existant peut être transmis dans le format natif du logiciel BIM afin de s'assurer que le traitement ultérieur par l'*équipe de conception* est aussi exempt de pertes que possible.

Dans ce cas, le logiciel BIM de l'*équipe de conception* doit être connu à un stade précoce (lors de la création du modèle de l'existant), ce qui n'est pas toujours le cas (par exemple dans le cas d'un concours d'architecture). Dans ce cas, une stratégie différente est utilisée, dans laquelle la délimitation de prestations entre l'*équipe de relevé* et l'*équipe de conception* est déplacée. L'*équipe de relevé* ne fournit que les données de l'existant sous forme de nuage de points géoréférencés, et l'*équipe de conception* est responsable de la création du modèle de l'ouvrage existant sur la base de ces données. Le problème de la coordination des logiciels BIM à un stade précoce est ainsi éliminé. Toute divergence sur la maturité, le niveau de détail et les points prioritaires du modèle de l'existant est également évitée. En tout état de cause, cette approche doit être prise en compte dans le descriptif de prestations de l'*équipe de conception* et doit donc être décidée par la *direction BIM* à un stade précoce du projet.

Un tel cas de transmission en format natif peut survenir dans d'autres contextes également.

Concernant la mise en œuvre proprement dite : au début de la *conception*, chaque coordination BIM de discipline doit s'assurer que les *modèles de référence* fournis répondent au BEP et peuvent donc être utilisés correctement par les autres parties prenantes de l'*équipe de conception* – notamment pour la localisation (géoréférencement) et le mappage des éléments (entité IFC). Dans les projets de bâtiments, l'architecte reprend le modèle de terrain dans son logiciel de modélisation. Dans certains cas, l'ingénierie civile peut aussi utiliser le modèle de terrain, notamment pour le drainage ou les réseaux extérieurs. Dans le cas des modèles de l'existant, il est possible de spécifier quelle discipline doit reprendre quelles informations selon que le modèle de l'existant contienne le gros-œuvre, le second-œuvre ou les installations techniques, etc. Par exemple, le gros-œuvre peut être attribué à l'ingénierie structurelle, le second-œuvre à l'architecture et les installations techniques aux disciplines correspondantes. Ce transfert différencié du contenu du modèle de l'existant doit être coordonné et défini avant le début de la phase de *conception*. Cela se fait au plus tard lorsque le BEP ou la matrice de responsabilités est préparé lors de la revue correspondante (voir les sections 4.2.8 et 4.2.9).

#### **4.3.2 Principes s'appliquant aux modèles**

Le PIM se compose des différents modèles de discipline des parties prenantes du projet. Ces modèles sont également appelés modèles de conception. Les *modèles de référence* adoptés au début de la conception (modèle de terrain, modèle de l'existant, modèle d'exigences) sont intégrés dans des modèles spécifiques (voir section 4.3.1). Au cours de la phase de *conception*, le rôle de *coordination BIM globale* est souvent assumé par les principaux responsables de la conception (par exemple l'architecture dans les projets de bâtiments). Le rôle est souvent défini dans le BEP et peut également être attribué à un coordinateur BIM désigné par le donneur d'ordre.

### 4.3 Phase Étude de conception

Des spécifications générales peuvent être établies pour tous les modèles de discipline, ce qui facilite leur coordination et leur utilisation ultérieure. En général, le BEP définit les points suivants pour tous les modèles spécifiques :

- responsabilité/paternité univoques pour un modèle spécifique et son contenu;
- prescriptions sur la dénomination des modèles spécifiques;
- prescriptions sur les coordonnées et l'orientation du projet;
- prescriptions relatives au système de coordonnées et au géoréférencement;
- prescriptions relatives aux étages et à l'altimétrie des étages;
- prescriptions pour la modélisation du contenu du modèle;
- prescriptions sur le LOIN :
  - niveaux de détail (LOG, LOI);
  - documentation associée (DOC).

Ces exigences générales sont expliquées plus en détail ci-dessous.

#### **Responsabilité/paternité univoques pour un modèle spécifique et son contenu**

Toutes les disciplines impliquées dans le projet qui créent leur propre modèle sont responsables de l'ensemble de son contenu. Elle garantit la composition qualitative du modèle fourni par rapport aux spécifications. Elle est l'interlocuteur responsable pour les tâches de coordination entre disciplines et de mise en œuvre.

Un contenu de modèle différent doit être créé pour chaque modèle spécifique :

- Modèle d'architecture :
  - conception architecturale comprenant :
    - aménagements extérieurs (éventuellement créé par l'architecte paysagiste);
    - Aménagement intérieur;
    - Protection contre les incendies;
    - Physique du bâtiment.
- Modèle de l'ingénierie structurelle :
  - éléments de construction jouant un rôle structurel (porteurs).
- Modèles des installations techniques :
  - modèle chauffage et refroidissement;
  - modèle ventilation;
  - modèle plomberie;
  - modèle électricité;
  - modèle des systèmes d'information et de communication, etc.
- D'autres modèles spécifiques en fonction des exigences du projet.

Au début du projet, la structure des *modèles de discipline* réalisée par le *pilotage BIM* est à nouveau analysée avec le *concepteur*. Une adaptation du contenu du *modèle de discipline* est possible au niveau :

- Disciplines :
  - Par exemple, le *modèle de discipline* des aménagements extérieurs ou de l'aménagement intérieur peut être défini comme un *modèle de discipline* architecture indépendant (séparé du modèle architectural, lui-même).
- Éléments de *modèles de discipline* :
  - Par exemple, il peut être décidé en collaboration avec le prestataire en charge de la conception électrique si des actionneurs (Entity IfcActuator)

### 4.3 Phase Étude de conception

qui sont utilisés pour commander des entités de modèle d'autres modèles de discipline sont repris dans le modèle de la conception électrique ou restent dans l'autre modèle de discipline et que le concepteur des installations électriques ne fournit les informations nécessaires que sous forme alpha-numérique. De telles dépendances complexes doivent être contrôlées via des processus de coordination dédiés – à décrire dans le BEP dans un cas d'usage particulier.

Les informations sur les modèles de parties prenantes qui ne disposent pas d'un *modèle de discipline* peuvent être transmises à la discipline responsable du modèle par des commentaires BCF. Cela s'applique par exemple à la protection incendie et à physique du bâtiment, qui peuvent ainsi transmettre leurs informations à l'architecture. La responsabilité du contenu des informations incombe à la discipline qui les délivre. La discipline destinataire est uniquement responsable de la transcription des informations dans le modèle (le contrôle est effectué par la *coordination BIM de discipline* du modèle respectif). Grâce à la communication BCF, cette procédure est optimale pour les deux parties : un ordre de modification peut être attribué à chaque modification et l'état de mise en œuvre de chaque modification peut être suivi de manière transparente.

#### **Prescriptions sur la dénomination des modèles de discipline**

Chaque *modèle de discipline* (y compris ses sous-modèles) doit avoir un nom unique. Le nom est cohérent sur l'ensemble du projet : il ne contient ni date ni information de version qui sont gérées par le CDE.

L'EIR ou le BEP doit spécifier la dénomination des *modèles de discipline*, en suivant généralement un système de codification simple. La codification doit toujours comprendre (voir [figure 4.6](#)) :

- abréviation du projet;
- abréviation de l'auteur respectivement de la discipline responsable;
- abréviation du *modèle de discipline* ou, le cas échéant, du sous-modèle;
- abréviation de la configuration de transfert (voir [section 4.3.3](#)).

La convention de dénomination doit exclure l'utilisation de caractères spéciaux et d'espaces et être conforme aux spécifications du CDE.

Abréviaison pour :			
Projet	Auteur	Modèle spécifique	Configuration du transfert
PRJ	ARC	FM	UK1
Résultat :	<b>PRJ_ARC_FM_UK1</b>		

**Figure 4.6 :** Exemple de modèle de domaine d'architecture

#### **Prescription sur les coordonnées et l'orientation du projet**

Tous les modèles doivent être transmis dans la bonne position les uns aux autres. Les coordonnées et l'orientation du projet (écart par rapport au nord géographique) sont définies dans le BEP avant le début de la conception (voir [sections 4.2.8 et 4.2.9](#)).

### 4.3 Phase Étude de conception

Dans les projets de nouvelle construction, le modèle d'architecture se charge généralement de la définition des coordonnées du projet ainsi que de la structuration/trames/axes. Celui-ci est ensuite déployé dans les autres disciplines dans le cadre de la première transmission du modèle d'architecture. Dans certains cas, une stratégie hybride est utilisée dans laquelle le modèle architectural principal est, d'une part, géo-référencé dans le système de projection géographique et, d'autre part, un repère de projet local (avec un point d'origine sur les axes A/1 par exemple) pour la collaboration avec les autres disciplines. Cela permet d'une part une collaboration sans complication au sein de l'*équipe de conception* et, d'autre part, une intégration précise des résultats de relevé du chantier de construction (par exemple des nuages de points).

#### **Prescriptions relatives aux étages et à l'altimétrie des étages**

Outre les définitions générales de la structure des étages, les étages et leurs noms doivent être définis dans le BEP en fonction du projet au début de la conception et mis en œuvre de la même manière dans tous les *modèles de disciplines*. Tous les modèles doivent avoir une structure d'étage uniforme. Tout écart dans le nom (y compris le code d'étage), le nombre ou la hauteur d'étage entre les différents modèles de domaine (transférés via un fichier IFC) n'est pas autorisé et relève de la responsabilité de la *coordination BIM de discipline* concernée.

Important : des étages/plans de référence supplémentaires peuvent être utilisés dans des modèles spécifiques natifs, mais ils ne peuvent pas être transmis.

Le point de référence de chaque étage (point zéro de l'étage) doit également être défini dans le BEP. Pour les projets de construction neuve, ce point peut être défini par le niveau fini du sol de l'étage ou le niveau supérieur brut de la dalle. Pour les projets comprenant des bâtiments existants, si le niveau supérieur de la dalle ne peut pas être déterminé ou si le niveau supérieur de l'étage n'est pas continu à l'intérieur d'un étage, le niveau de référence de l'étage peut être défini comme suit :

- Le niveau supérieur de la dernière marche de l'escalier principal doit être utilisé comme point zéro d'un étage – ce niveau peut en général être déterminé aussi après la rénovation.

#### **Prescriptions pour la modélisation du contenu du modèle**

Les cas d'usage liés au projet sont décrits dans l'*EIR du maître d'ouvrage* et le BEP. On entend par « cas d'usage » l'exécution basée sur un modèle d'activités spécifiques selon des exigences définies pour soutenir un ou plusieurs objectifs dans le cycle de vie d'un bâtiment.

Le niveau d'information requis (LOIN) est déterminé à partir des cas d'usage liés au projet. Cela inclut la formulation des exigences de contenu géométrique (LOG) et alphanumérique (LOI) pour les modèles pour l'échange de données et la réutilisation de ces données de modèle, ainsi que la détermination de la documentation (DOC) requise pour chaque cas d'usage. Les cas d'usage BIM doivent être définis selon la méthodologie IDM de buildingsSMART.

Dans les phases de conception, le contenu prévu selon le LOG et le LOI est saisi dans les modèles de disciplines dans le logiciel natif par le modeleur BIM au fur et à mesure que le contenu du modèle est créé. Il est conseillé de définir des spécifications de

### 4.3 Phase Étude de conception

modélisation dans les documents de mise en œuvre du BIM; celles-ci peuvent être présentées sous forme de guides pratiques et techniques en annexe des documents de mise en œuvre du BIM.

#### 4.3.3 Mise en place de la collaboration

La collaboration basée sur les modèles commence avec le premier transfert des modèles de disciplines. D'une part, la *coordination BIM globale* utilise les *modèles de discipline* pour les coordonner. D'autre part, chaque discipline peut utiliser les modèles d'une autre discipline dans son propre logiciel en tant que référence (*modèle de référence*). Une discipline peut également interagir avec les données d'une autre discipline dans un logiciel de contrôle dans le cadre d'une *coordination BIM de discipline*.

Dans un premier temps, l'accent est mis sur la localisation correcte (coordonnées du projet) et la structuration de son propre *modèle de discipline*. Cependant, l'attention va se déplacer rapidement vers la conception elle-même, qui peut être appréhendée plus rapidement que par des méthodes conventionnelles (dessins en 2D) grâce à la tridimensionnalité des données. Il convient de noter ici que non seulement les *modèles de discipline* complets ou les *modèles de discipline* validés par la *coordination BIM globale* peuvent être utilisés comme *modèles de référence* entre les disciplines, mais aussi des *modèles de discipline* partiels ou des états intermédiaires peuvent être utilisés pour la coordination de localisation (à la fois dans le logiciel auteur et dans le logiciel de vérification) de la *coordination BIM de discipline*.

Pour pouvoir mettre en œuvre une collaboration basée sur des modèles, certaines exigences de base doivent être définies dans le BEP. Il s'agit notamment de la *coordination au cours d'une phase*, de la *transmission d'information lors d'un jalon*, du *type de coordination* entre les parties prenantes et de la *composition des modèles* à fournir.

Pour la coordination continue, un plan de coordination est requis dans le BEP (au Québec, le plan de gestion BIM, PGB, exigera que les plans d'exécution BIM, PEB, soient coordonnés). Il précise le contenu des réunions de coordination globales et l'étendue des informations à fournir. La coordination en fin de phase/jalon doit être définie dans le BEP par le *plan de livraison d'informations* (en tant que jalon de livraison d'informations selon la norme ISO 19650-2). Ceci est similaire à une validation lors des réunions de coordination globale, mais des *seuils de qualité* doivent être atteints pour que la *coordination BIM globale* doit donner son approbation.

Dans les deux cas, des *modèles de disciplines* sont fournis. Toutefois, pour garantir que les modèles IFC sont toujours exportés sous une forme cohérente, des configurations de transfert doivent être définies dans le BEP.

#### Configurations de transfert

Les configurations de transfert seront déterminées lors des premières revues de projet (voir [sections 4.2.8 et 4.2.9](#)). Ces revues permettent d'envisager les différentes utilisations des modèles au regard des paramètres d'export nécessaires dans le logiciel auteur et d'assurer le contenu des modèles lors de leur transfert. Si d'autres parties prenantes se rajoutent en cours de projet, ou si des mises à jour logicielles sont effectuées ou si les exigences concernant le contenu du modèle changent, d'autres

### 4.3 Phase Étude de conception

configurations de transfert peuvent être ajoutées dans le BEP.

Une configuration de transfert doit :

- être clairement nommée (abréviation à utiliser par exemple dans la dénomination du *modèle de discipline*), respectivement porter un nom unique;
- définir un expéditeur unique;
- définir un destinataire unique;
- définir le type de modèle (modèle de test, modèle du gros-œuvre, modèle de réservations, modèle de référence, etc.);
- être affectée à un MVD (lié à l'IDM);
- définir le contenu du modèle (par exemple tous les éléments de construction sauf les meubles);
- définir les paramètres des composants (par exemple éléments complets ou uniquement les parties porteuses);
- définir le paramétrage des composants multicouches (par exemple composites ou décomposés en éléments individuels).

#### Plan de coordination et plan de livraison de l'information

Un plan de coordination est établi pour définir les réunions de coordination globales dans le BEP. Il décrit les informations à transmettre, par rapport à la phase (dont les exigences découlent des cas d'usage du BEP). Ce plan définit aussi les réunions de coordination à effectuer (voir section 4.3.5). Ces informations doivent être mises à disposition sur la plateforme de collaboration ou de communication par la *coordination BIM de discipline* concernée. Selon le plan de coordination, doivent être transmis :

- modèles de domaine IFC (vérifiés au préalable par la *coordination BIM de discipline*) :
  - selon le nom précisé;
  - selon la configuration de transmission spécifiée;
  - selon le niveau de détail spécifié (LOG + LOI) dans l'état de travail en cours;
- commentaires BCF de la *coordination BIM de discipline* (issus de leur propre vérification préliminaire ou des demandes adressées à l'autre *coordinations BIM de discipline*);
- rapport de contrôle PDF du propre contrôle préliminaire.

Les données devraient toujours être envoyées à la *coordination BIM globale* préalablement à une réunion de coordination. Cela permet à la *coordination BIM globale* de disposer de suffisamment de temps pour son contrôle de qualité. Les dates précises des réunions de coordination doivent être convenues et approuvées par le *pilotage BIM*.

Le BEP précise le *plan de livraison d'informations* afin de faire la distinction entre cette coordination en continu et les coordinations qui ont lieu à la fin d'une phase ou lors d'un jalon. La principale différence par rapport au plan de coordination est le niveau de vérification beaucoup plus élevé. Il vise à garantir la livraison effective du contenu du modèle (franchissement d'un *seuil de qualité* et validation des *modèles de discipline* par la *coordination BIM globale*) et est lié à la libération des paiements par le maître d'ouvrage.

Pour le *plan de livraison de l'information*, les transferts ci-dessus sont complétés par :

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

- modèles de discipline IFC :
  - validés par la coordination BIM globale après la réunion de coordination finale;
  - selon le niveau de détail spécifié (LOG + LOI) en état de développement complet;
- documents de conception (DOC) dérivés du modèle de discipline au format PDF et DWG/DXF :
  - Les plans doivent correspondre au statut revu et validé du modèle de discipline (fichier IFC). Les informations 2D contenues uniquement dans les documents de plan (par exemple les cotes) doivent être conformes aux informations du modèle de discipline;
- informations complémentaires (par exemple plans de détails).

La *coordination BIM globale* livre conformément au *plan de livraison d'informations* :

- un modèle de coordination validé (au format du logiciel d'examen),
- un rapport de test PDF et
- un système de classification des résultats des contrôles (voir [section 4.3.5](#)),
  - y compris la recommandation pour un seuil de qualité nécessaire.

Les *seuils de qualité* déterminent la validation d'un *modèle de discipline* et du *modèle global* (fédération de tous les modèles de domaine, statut = *validé* sur la plate-forme de collaboration). La validation est délivrée pour chaque *modèle de discipline* sur la plate-forme de collaboration après qu'il a passé l'examen de la *coordination BIM globale*. Lorsque tous les *modèles de discipline* atteignent ce statut, le modèle global est validé sur la plate-forme de collaboration. Les *seuils de qualité* sont définis pour chaque requête de contrôle (règle de contrôle).

La classification précise et la répartition par examen de contrôle signifient que si un *modèle de discipline* reflète un très bon statut LOI (= entièrement présent), mais qu'il existe plusieurs dalles porteuses au sein d'un *modèle de discipline* qui engendrent des collisions graves, la validation ne sera pas accordée. Cependant, s'il n'y a que quelques collisions mineures (par exemple entre quelques murs non porteurs et des poteaux porteurs), la validation peut être accordée. Il est important de noter que la classification des *seuils de qualité* et les résultats des contrôles sont présentés de la manière la plus claire et transparente possible dans le rapport d'examen par la *coordination BIM globale*. Étant donné que la *direction BIM* et le *pilotage BIM* effectuent également des contrôles aléatoires pour coordonner la fin de la phase/jalon, ils peuvent influencer sur l'octroi de la validation.

La *coordination BIM globale* fixe les dates de la réunion de coordination à la fin d'une phase ou d'un jalon et la transmission des informations correspondantes. Elles doivent être coordonnées avec le *pilotage BIM* et le calendrier du projet.

#### Cas de coordination

Le type et l'étendue de la coordination entre les parties impliquées dans la conception peuvent être décrits dans le BEP dans ce que l'on appelle les cas de coordination. Ils font partie des cas d'usage et décrivent la coordination étape par étape des parties impliquées dans la conception. Selon le type de coordination, ces cas d'usage sont réalisés tout au long du projet (voir [figure 4.7](#)).

### 4.3 Phase Étude de conception

#### Concertations en fin de phase / lors de jalons

Responsabilité :	Coordination BIM globale
Participants :	Coordination BIM de discipline, pilotage BIM
Contenu :	Coordination de tous les modèles de discipline, accompagnés de rapports d'examen et de tableaux de suivi des non-conformités, lors de l'atteinte d'un jalon
Moment :	Une fois par phase de projet / jalon selon échéancier
But :	Transmission des données (sous réserve du processus d'approbation)

Partie du management de qualité BIM

#### Concertations lors de séances de coordination globales

Responsabilité :	Coordination BIM globale
Participants :	Coordination BIM de discipline, pilotage BIM
Contenu :	Concertation régulière
Moment :	En continu, rythme donné par le planning
But :	Coordination des modèles de discipline

Partie du management de qualité BIM

#### Concertations entre parties prenantes de la conception

Responsabilité :	Coordinations BIM de discipline
Participants :	Coordinations BIM de discipline
Contenu :	Concertation ponctuelle / situationnelle selon besoin particulier
Moment :	Selon besoin, en continu selon nécessité
But :	Coordination deux modèles de discipline

Hors management de qualité BIM

**Figure 4.7 : Coordination à différents moments**

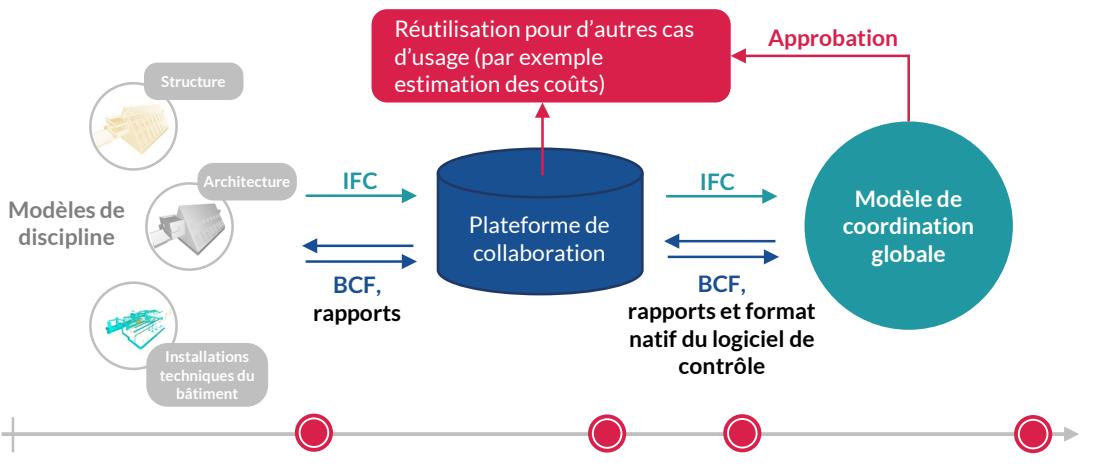
La coordination entre les différentes parties impliquées dans la conception n'a pas lieu sous la surveillance de la *coordination BIM globale*; les *coordinations BIM de disciplines* se coordonnent directement sur la base de modèles. L'échange des informations s'effectue via la plateforme de collaboration, où les modèles de discipline nécessaires (ou des extraits de ceux-ci) sont transmis ainsi que les exigences de coordination sous forme de commentaires BCF. Une telle coordination garantit la traçabilité des adaptations.

La coordination lors des réunions de coordination générale et la validation à la fin d'une phase/d'un jalon sont dirigées par la *coordination BIM globale*. Il s'agit notamment de la mise en œuvre de l'examen préliminaire du *modèle de discipline* par la *coordination BIM de discipline* (y compris le rapport de contrôle) et l'examen de la *coordination BIM globale* (au sein des *modèles de disciplines* et entre les *modèles de discipline*). Alors que la coordination est continue au sein d'une phase et que les progrès sont donc contrôlés par la *coordination BIM globale*, la coordination à la fin d'une phase/d'un jalon n'a lieu qu'à des moments spécifiques selon le calendrier. La qualité des *modèles de discipline* n'a pas besoin d'être totalement correcte pendant la coordination continue, mais au moment de la livraison des informations, les *modèles de discipline* doivent atteindre une certaine qualité, qui est définie par les cas d'usage dans le BEP. Le respect de ces critères de qualité est vérifié et évalué par la *coordination BIM globale* et, si la qualité est suffisante, une validation sur la plate-forme de collaboration est délivrée.

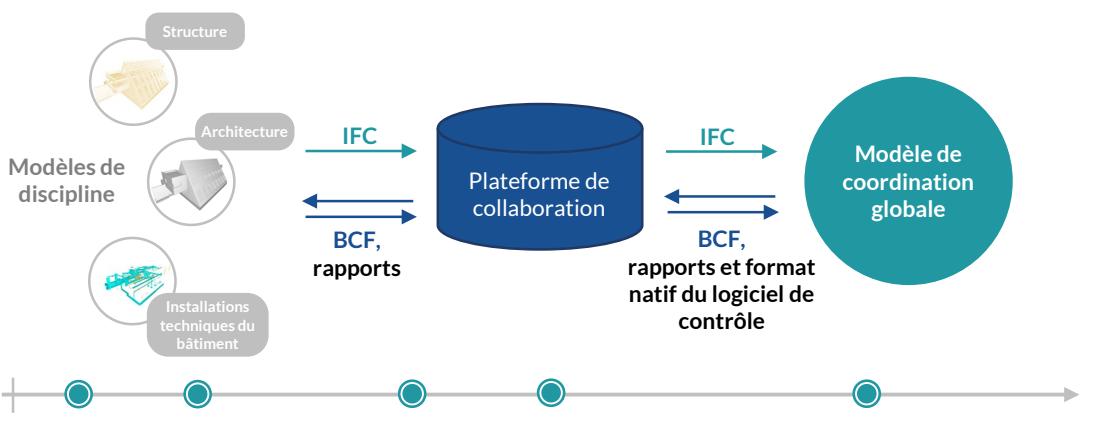
## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

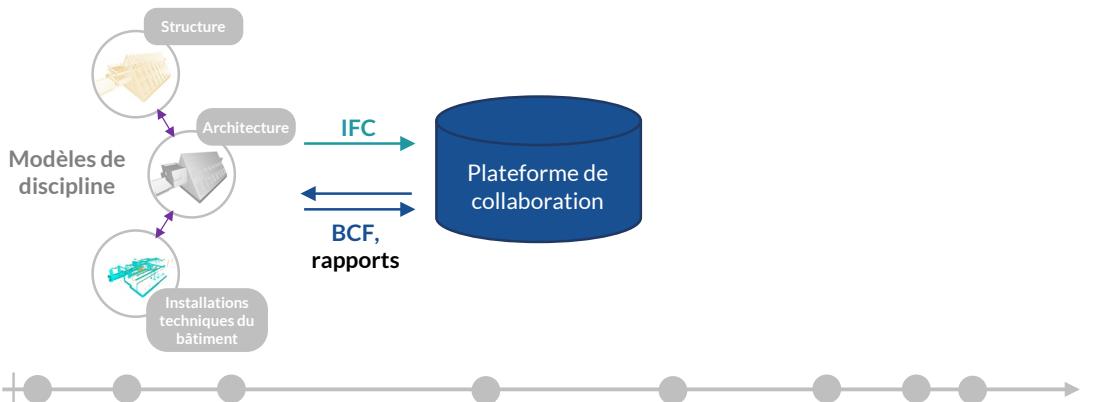
#### Concertations en fin de phase / lors de jalons



#### Concertations lors de séances de coordination globales



#### Concertations entre parties prenantes de la conception



**Figure 4.8 : Coordination à différents moments du projet**

## 4.3 Phase Étude de conception

### Conditions de base pour la coordination

Quel que soit le type de coordination, certaines conditions de base doivent être remplies et définies à l'avance dans le BEP :

- conformité avec les responsabilités par *modèle de discipline*;
- conformité avec les formats définis (IFC, BCF, DWG/DXF, PDF, XSL);
- utilisation de la plate-forme de collaboration spécifiée (CDE);
- utilisation de la plate-forme de communication spécifiée (pour les BCF);
- utilisation des configurations de transfert spécifiées;
- conformité avec les spécifications des cas d'usage (voir [section 4.3.4](#)).

### 4.3.4 Gestion des modèles/gestion de la qualité BIM

La gestion des modèles est un cas d'usage touchant à différents niveaux de responsabilité. Ces cas d'usage sont souvent appelés gestion de la qualité BIM ou assurance qualité BIM. La détection d'interférences en est l'exemple le plus commun. Un plan de coordination ainsi qu'un plan de livraison d'informations (voir [section 4.3.3](#)) sont toutefois nécessaires pour planifier l'ensemble des usages.

#### Gestion de la qualité BIM

Les exigences relatives à la gestion de la qualité ainsi que sa mise en œuvre doivent être décrites dans l'*EIR du maître d'ouvrage* ou le BEP. La description peut comprendre les spécifications des routines de contrôle qui doivent être mises en œuvre dans le logiciel de contrôle.

Il est à noter que le BIM permet de prendre en charge de larges aspects de la gestion de la qualité d'un projet. Il convient cependant de ne pas omettre certains aspects de la qualité qui doivent être appréciés par un humain. Il peut s'agir par exemple d'aspects de fonctionnalité des espaces, d'intégration dans le contexte bâti ou des questions de facilité de construction par exemple. Les possibilités offertes par une gestion de la qualité basée sur des modèles, soit une vérification automatisée des modèles permettent une économie de temps et un gain en fiabilité. Cependant, ces contrôles ne doivent pas se substituer à une appréciation d'aspects qualitatifs par un planificateur expérimenté. Les contrôles basés sur un modèle doivent soutenir les contrôles « humains » et libérer du temps pour ceux-ci. Ils ne peuvent couvrir l'entier de la gestion de la qualité d'un projet.

Une routine de contrôle est la définition des spécifications de gestion de la qualité dans un logiciel de contrôle. Il est essentiel qu'une routine de contrôle soit toujours exécutée de la même manière. Chaque rôle BIM dispose de ses propres routines de contrôle. Une routine comprend :

- des critères de contrôle;
- leur affectation au rôle BIM;
- un système de classification des résultats de contrôle pour la coordination lors des réunions de coordination continues et la coordination de fin de jalon;
- des contrôles spécifiques (= règles de contrôle dans le logiciel de contrôle);
- un rapport de contrôle.

### 4.3 Phase Étude de conception

#### Critères de contrôle

En fonction du projet et de la forme de collaboration, la gestion de la qualité BIM peut s'appliquer à différents aspects d'un modèle. Les contrôles peuvent porter sur la mise en œuvre des exigences du donneur d'ordre, la conformité avec les formats de données utilisés (par exemple IFC4), l'exhaustivité formelle des informations requises (par exemple LOI), les relations géométriques des éléments (par exemple absence de collision, dégagements minimaux) ou la conformité avec les directives spécifiques d'une discipline (par exemple réglementations en matière de construction).

Pour effectuer un contrôle de manière coordonnée, des critères concrets (voir [figure 4.9](#)) permettent d'assurer un contrôle uniforme sans négliger de groupes d'éléments. Les critères de contrôle représentent une division en différents thèmes qui classifient le contrôle du modèle et facilitent l'évaluation des résultats du contrôle.

Les **critères de vérification par comparaison des modèles** sont exécutés en interne pour chaque modèle de discipline. Le contrôle est informel; il n'est pas nécessaire de documenter les résultats dans le rapport de contrôle. Les examens de contrôle sont destinés à fournir une vue d'ensemble du développement du modèle de domaine.

Ces critères comprennent :

- comparaison des informations géométriques de tous les éléments du *modèle de discipline* avec l'état précédent;
- comparaison des informations alphanumériques de tous les éléments du *modèle de discipline* avec l'état précédent.

Les **critères de contrôle formels** sont effectués en interne pour chaque modèle de discipline. Ils constituent un contrôle de base, car des examens supplémentaires n'ont de sens que pour des *modèles de discipline* présentant un développement formel suffisant et correct. Si par exemple les *modèles de discipline* ne sont pas dans la bonne position les uns par rapport aux autres, un contrôle de collision entre modèles ne peut pas être effectué.

Les critères de contrôle formel couvrent entre autres :

- spécifications de base de la modélisation :
  - Position correcte du modèle;
  - Éléments associés à un étage;
  - GUID uniques.
- niveau d'information selon LOIN :
  - LOG : les éléments sont modélisés en fonction de la classe LOG, par exemple simple ou multicouche;
  - LOI : les éléments sont correctement classés en fonction de leur entité IFC et comportent les propriétés requises en fonction de leur classe LOI. Le type de valeurs des propriétés est aussi contrôlé (par exemple selon liste de valeurs, nombre, vrai/faux).

### 4.3 Phase Étude de conception

#### Critères de contrôle par comparaison des modèles

Objet du contrôle : Modifications géométriques et alphanumériques au sein d'une maquette de discipline.  
**Contrôle au sein d'un modèle de discipline**  
 But : Contrôle à titre d'information  
 Prise en compte des modifications.

Coordination BIM de discipline  
 Coordination BIM globale

#### Critères de contrôle formel

Objet du contrôle : Critères de base : est-ce que les (classes d') éléments requis sont présents et portent-elles les valeurs alphanumériques correspondantes ?  
**Contrôle au sein d'un modèle de discipline**  
 But : Présence des éléments de classes nécessaires, de leur classification correcte, de leur property sets et caractéristiques / contenus de caractéristiques selon les prescriptions du LOIN.

Coordination BIM de discipline  
 Coordination BIM globale  
 Pilotage BIM

#### Critères de contrôle de la qualité

Objet du contrôle : Relations géométriques entre les éléments (collisions, distances, etc.).  
**Contrôle au sein d'un modèle de discipline**  
 But : Modèles de discipline exempts de collisions. Les distances et relations nécessaires sont respectées.

Coordination BIM de discipline  
 Coordination BIM globale  
 Pilotage BIM

#### Critères de contrôle réglementaire

Objet du contrôle : Contenu des informations et relations entre elles par rapport à des exigences légales (règlements de construction, lignes directrices, standards, etc.).  
**Contrôle au sein d'un modèle de discipline**  
 But : Respect des exigences normatives.

Coordination BIM de discipline  
 Coordination BIM globale

#### Critères de contrôle de la coordination

Objet du contrôle : Relations géométriques entre les éléments (collisions, distances, percements, etc.).  
**Contrôle des modèles de discipline entre eux**  
 But : Absence maximale possible de collisions entre modèles de discipline. Les distances et relations nécessaires sont respectées.

Coordination BIM globale  
 Pilotage BIM

Verification intégrale  
 Vérification à titre d'information  
 Plausibilisation

© Krischmann

Figure 4.9 : Critères de contrôle en fonction du type de contrôle et du contenu du contrôle

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

Les **critères de contrôle de la qualité** sont exécutés en interne pour chaque *modèle de discipline* si les critères de contrôle formels ont été suffisamment remplis. Cela inclut les détections de collisions internes. Cependant, comme ces examens ne fournissent pas une réponse suffisante concernant l'état géométrique d'un *modèle de discipline*, les relations géométriques sont également interrogées.

Les critères de contrôle de la qualité couvrent les aspects suivants :

- relations géométriques entre les éléments :
  - Pas de chevauchement (détection des collisions) ou chevauchement compris dans la tolérance spécifiée;
- relations géométriques de contenu : les éléments ont une distance minimale ou maximale requise, par exemple :
  - les poteaux sont liés de manière cohérente, en haut et en bas, à une structure porteuse (dalle);
  - distance minimale entre appareils sanitaires et gaines techniques;
  - distance maximale aux gaines techniques dans les étages.

Les **critères de contrôle réglementaires** sont définis et mis en œuvre par la discipline correspondante. Ce sont les examens de contrôle qui vérifient un modèle selon des spécifications dérivant de standards, normes et règlementations. En raison de leur habilitation en tant que spécialiste d'une discipline, cet examen relève de la responsabilité de la *coordination BIM de discipline*. La *coordination BIM globale* peut se faire transmettre les examens de contrôles afin de vérifier par sondage la conformité.

Les critères de contrôle réglementaires comprennent des contrôles sur les points suivants :

- exigences mesurables à partir de standards, de normes et de règlementations, par exemple :
  - Largeur des voies d'évacuation;
  - Distances entre les prises de courant et les lavabos/points d'eau;
- relations découlant d'exigences de standards, normes et règlementations, par exemple :
  - nombre requis de places de stationnement pour personnes à mobilité réduite.

Dans le cas des critères de contrôle réglementaires, les exigences locales et spécifiques au domaine réglementaire ou normatif doivent être prises en compte.

Les **critères de contrôle de la coordination** sont appliqués sur les *modèles de discipline* par la *coordination BIM globale*. La *direction* ou le *pilotage BIM* les vérifie également de manière aléatoire pour vérifier leur plausibilité. Les examens de contrôle consistent principalement en des contrôles de collision, mais portent aussi sur les relations géométriques entre les éléments. Par exemple, la comparaison de la structure porteuse du modèle architectural avec celle du modèle de conception structurelle est également un examen de contrôle de coordination. Les *modèles de discipline* architecturaux sont comparés (recherche de collisions) à ceux des lots techniques du bâtiment.

### 4.3 Phase Étude de conception

Les examens de contrôle de la coordination comprennent des vérifications concernant :

- référence géométrique entre les éléments de construction et les éléments des lots techniques de construction :
  - architecture ou ingénierie structurelle par rapport au chauffage/refroidissement;
  - architecture ou ingénierie structurelle par rapport à la ventilation;
  - architecture ou ingénierie structurelle par rapport à la plomberie;
  - architecture ou ingénierie structurelle par rapport à l'électricité;
  - architecture ou ingénierie structurelle par rapport à l'extinction automatique, etc.
- références géométriques entre éléments des lots techniques du bâtiment :
  - chauffage/refroidissement des bâtiments par rapport à la ventilation, plomberie, électricité, extinction automatique;
  - ventilation par rapport à la plomberie, électricité, extinction automatique;
  - plomberie des bâtiments par rapport à l'électricité, extinction automatique;
  - lots techniques d'électricité du bâtiment par rapport aux lots techniques de protection contre les incendies, etc.

Pour ne négliger aucun élément, il est conseillé de créer une matrice croisée des différents contrôles.

Pour garantir que les examens de contrôle individuels soient exécutés de manière ordonnée et toujours identique, il est recommandé de regrouper les éléments. Les classes d'éléments doivent être rassemblées logiquement et nommées de manière simple. Tous les critères de contrôle peuvent être pris en charge lors de l'exécution de l'examen en filtrant les éléments existants dans cette classe d'éléments. Ceux-ci peuvent être stockés dans des « classifications » dans des logiciels de vérification.

#### Rapport de contrôle

Le rôle BIM responsable du contrôle envoie le rapport correspondant à chaque contrôle qu'il a effectué (voir [section 4.3.5](#)). La *coordination BIM de discipline* remet un rapport de contrôle (PDF et BCF) accompagné du modèle à la *coordination BIM globale* pour validation et approbation lors des réunions de coordination globale et lors des validations de fin de phase/jalon. La *coordination BIM globale* prépare son rapport d'examen pour cette même réunion.

Outre la liste des problèmes détectés, un rapport de contrôle PDF doit fournir une bonne vue d'ensemble de l'état des modèles contrôlés.

#### Routine de contrôle

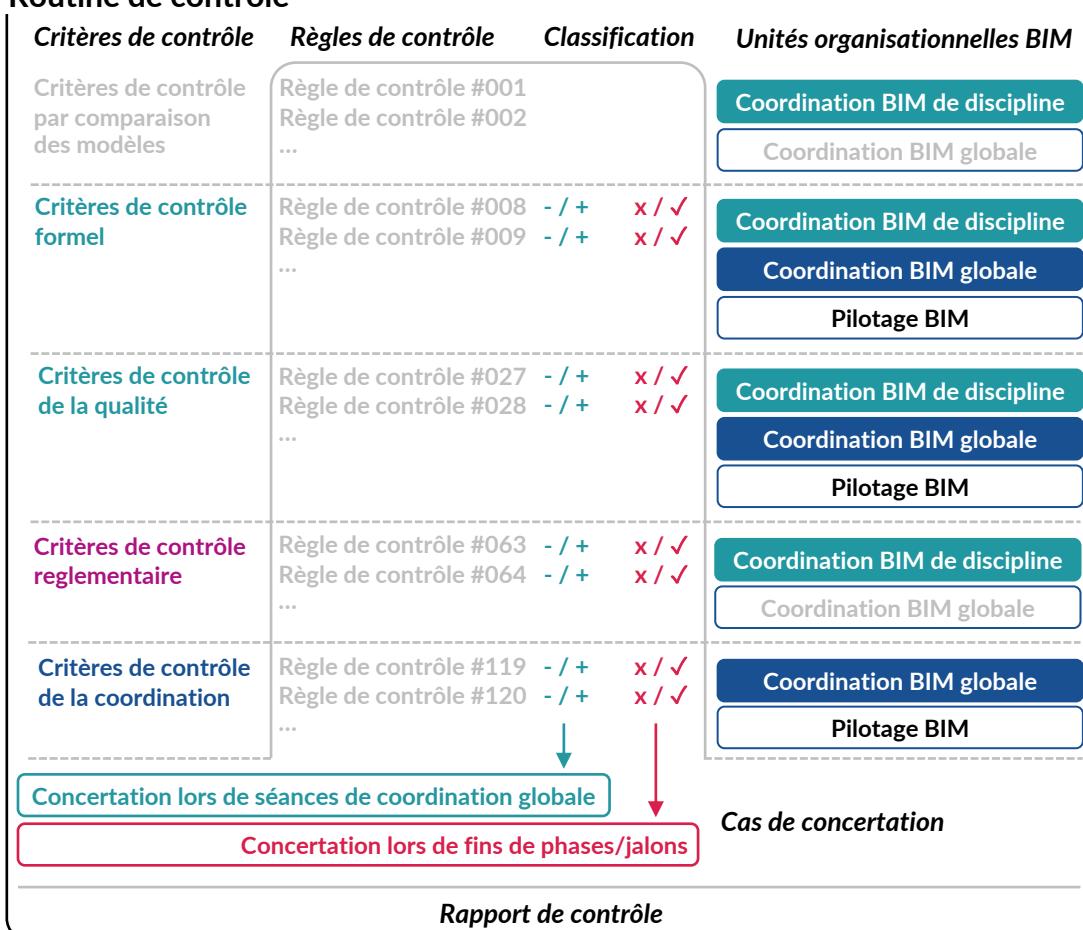
Une routine de contrôle comprend l'ensemble des points énumérés précédemment (voir [figure 4.10](#)). Chaque rôle BIM de contrôle dispose de sa propre routine de contrôle. Elle consiste en une séquence de critères de contrôle qui se complètent les uns les autres. Les critères de contrôle sont exécutés par différents rôles BIM. Chaque critère de contrôle se compose à son tour de plusieurs examens de contrôle (règles de contrôle), dont les résultats doivent être classés (schéma de classification, par exemple « réussi / non réussi / réussi avec remarques », voir [section 4.3.5](#)). Dans le cas d'une

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

réunion de coordination générale, les problèmes constatés sont transmis au responsable de la *coordination BIM de discipline* sous la forme d'un rapport de contrôle en tant que tâche à exécuter. Lors d'une coordination à la fin d'un jalon, il ne doit plus y avoir de tâches en suspens. S'il y a encore des tâches ouvertes, le *modèle de discipline* concerné ne peut pas être validé pour une utilisation ultérieure sur la plateforme de collaboration par la *coordination BIM globale*. Toutefois, il est également possible de délivrer une validation conditionnelle assortie d'un délai pour la résolution de la tâche. Dans tous les cas, les résultats du contrôle sont consignés dans un rapport de contrôle.

#### Routine de contrôle



**Figure 4.10 :** Contenu des routines de contrôle

#### 4.3.5 Conduite des réunions de coordination

Les résultats des examens de modèles sont toujours communiqués. Cela se fait généralement lors des réunions de coordination globales. Une réunion de coordination globale est menée par la *coordination BIM globale* avec la participation des différentes *coordinations BIM de discipline* et du *pilotage BIM*. Cela garantit que l'état de la conception et les tâches soient communiqués à l'*équipe de conception*, aux *modeleurs* (par l'intermédiaire de la *coordination BIM de discipline*) et au donneur d'ordre (par l'intermédiaire du *pilotage BIM*).

### 4.3 Phase Étude de conception

Les réunions de coordination générale peuvent également être organisées en même temps que les réunions de conception, ce qui permet une compréhension commune par tous les participants et une approche ciblée des tâches à accomplir.

Une réunion de coordination générale a lieu immédiatement après le contrôle du modèle par la *coordination BIM globale*. La *coordination BIM globale* présente les résultats du contrôle dans le logiciel de contrôle et les coordonne avec la *coordination BIM de discipline* concernée. Ainsi sont définis, entre autres :

- la date à laquelle les défauts doivent être corrigés;
- qui assume la responsabilité principale de la correction si plusieurs disciplines sont concernées;
- les objectifs à atteindre d'ici la prochaine réunion de coordination;
- les priorités à fixer pour corriger les défauts et les concertations nécessaires.

Les *coordinations BIM de discipline* peuvent également présenter les résultats de la vérification interne de leur propre modèle lors de la réunion de coordination générale, formuler des demandes pour les autres modèles et les accorder avec les disciplines concernées. La *coordination BIM globale* établit un procès-verbal de la réunion de coordination générale et le transmet ensuite avec les rapports de contrôle associés aux participants via la plateforme de collaboration.

Les rapports de contrôle de la *coordination BIM globale* et des *coordinations BIM de discipline* se composent des BCF concernant les défauts et du rapport de contrôle PDF associé :

- Composition du rapport de contrôle BCF :  
Un rapport de contrôle au format BCF contient la liste des résultats des contrôles générée par l'application utilisée pour l'assurance qualité.
- Composition du rapport de contrôle PDF :  
Outre la liste des résultats de contrôle, un rapport de contrôle PDF illustre l'état des modèles contrôlés. Il comprend également le schéma de catégorisation des résultats du contrôle.

Le schéma de classification de la coordination BIM globale permet d'évaluer les résultats du contrôle par rapport au stade actuel du développement. Il est ainsi possible de montrer à toutes les parties prenantes et au donneur d'ordre dans quelle mesure les modèles de discipline et le modèle global répondent aux exigences. Un système de classification indique le degré auquel les données des modèles sont correctes. Il peut également y avoir l'indication « non réussi » si les données du modèle ne sont pas encore disponibles sous une forme suffisante.

Si les informations de modèle (dans leur ensemble ou concernant un *modèle de discipline*) ne sont pas encore disponibles sous une forme appropriée, la *coordination BIM globale* peut décider si ce point peut être traité lors de la prochaine réunion de coordination ou si les lacunes doivent être corrigées avant de poursuivre. Cette procédure s'applique à la coordination générale au cours d'une phase.

Toutefois, lors de la coordination à la fin d'une phase, des *seuils de qualité* sont utilisées comme critère pour le passage à la phase suivante. Les informations du modèle ne peuvent être transmises à l'étape de conception suivante que si les *Seuils de qualité*

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

ont été entièrement franchies ou si des conditions contraignantes pour l'élimination des défauts sont remplies.

Passer un *seuil de qualité* ne signifie pas nécessairement réussir tous les examens à 100 %. Un modèle global ou *de discipline* totalement sans collision demande beaucoup d'effort pour être réalisé. Des collisions mineures peuvent être acceptées si :

- Elles n'entraînent aucun écart significatif dans les calculs de quantité et de volume.
- Elles ne présentent aucun risque pour l'exécution.
- L'élimination de ces collisions nécessite un effort considérable en matière de modélisation.

Cela contraste avec un LOI rempli à 100 % dans les modèles spécifiques à la fin d'une phase. Un LOI rempli à 100 % est nécessaire pour utiliser les données du modèle de façon sûre dans les phases suivantes.

Le BEP définit quel examen de vérification doit être réussi à 100 % ou avec un pourcentage inférieur requis pour un *seuil de qualité*.

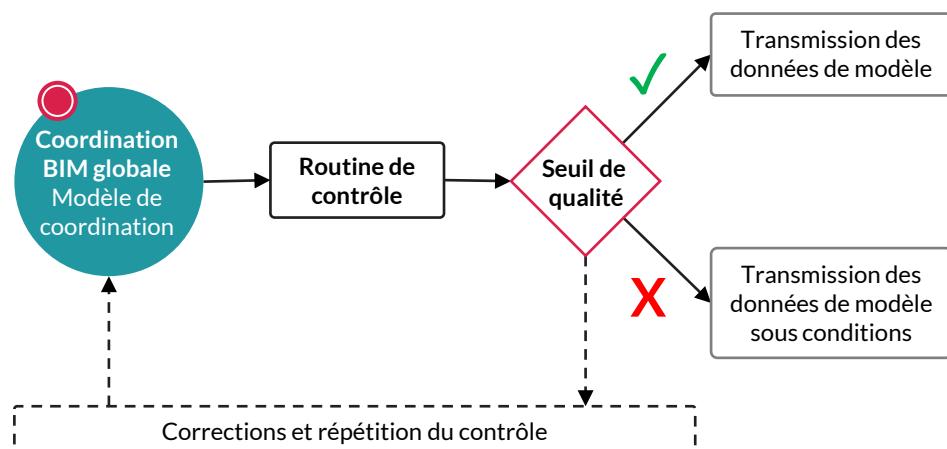


Figure 4.11 : Processus de vérification

Plusieurs étapes doivent être franchies successivement pour qu'une réunion de coordination soit couronnée de succès. S'il s'agit de la première réunion de coordination, les points suivants doivent être vérifiés au préalable :

- *Pilotage BIM* :  
Le CDE a été mis en place et les unités organisationnelles ont été formées et ont reçu un accès.
- *Coordination BIM globale* :  
Le BEP contient toutes les spécifications nécessaires (plan de coordination).

Pour la première réunion de coordination et toutes les réunions suivantes, les *coordinations BIM de discipline* doivent suivre les étapes suivantes :

- vérifier leur propre modèle dans le logiciel de vérification;
- préparer le rapport de contrôle (BCF et PDF);
- charger en temps voulu sur le CDE le modèle vérifié, les rapports de vérification et, si nécessaire, les documents de conception dérivés du modèle;
- informer la *coordination BIM globale* de la livraison.

### 4.3 Phase Étude de conception

La *coordination BIM globale* a désormais accès à toutes les données pertinentes et peut assurer la coordination interdisciplinaire pour la réunion de coordination :

- reprendre les modèles de discipline du CDE et les agréger dans le modèle de coordination du logiciel de vérification (format natif du logiciel de vérification). Remarque : s'il ne s'agit pas de la première réunion de coordination, les modèles seront mis à jour dans le modèle de coordination ;
- vérifier la conformité de chaque *modèle de discipline* (positionnement correct) ;
- exécuter les routines de contrôle. Le contrôle doit être effectué pour chaque *modèle de discipline*, puis les *modèles de discipline* sont contrôlés les uns par rapport aux autres (approche interdisciplinaire) ;
- une partie du contrôle comprend l'examen des résultats et la création de commentaires « ouverts » relatifs aux problèmes identifiés, y compris l'attribution des responsabilités et des priorités.

Une fois que la *coordination BIM globale* a vérifié les *modèles de discipline*, la réunion de coordination prévue a lieu. Les responsabilités de chaque rôles sont les suivantes :

- *Coordination BIM globale* :  
Mener la réunion de coordination et présenter les résultats. En fonction de l'ampleur des problèmes, la *coordination BIM globale* peut traiter tous les problèmes ou se limiter aux plus urgents. Cependant, tous les commentaires « ouverts » sont communiqués par la suite.
- *Coordination BIM de discipline* :  
Possibilité de traiter directement les commentaires ouverts. Si les problèmes soulevés par la *coordination BIM globale* ont déjà été résolus par la *coordination BIM de discipline* responsable, le commentaire reste « ouvert » jusqu'à ce qu'il puisse être vérifié lors de la réunion de coordination suivante.
- *Coordination globale BIM* :  
La répartition des responsabilités ou des priorités déjà établies peut être définie conjointement.
- *Coordination globale BIM* :  
Conclusion de la réunion de coordination et remise du rapport de contrôle (BCF et PDF). Rapport au *pilotage BIM*.

La réunion de coordination est le cœur de la collaboration globale. Tous les acteurs concernés y participent et y apportent leur contribution. Dans certains cas, de nouvelles données peuvent apparaître au cours du projet et nécessiter une adaptation du BEP. Cette adaptation est effectuée par la *coordination BIM globale* et doit être approuvée par le *pilotage BIM*.

Exemples de problèmes typiques en matière de collaboration, de vérification de modèles et de création de commentaires « ouverts » :

- Pourquoi les éléments architecturaux et les éléments d'ingénierie structurelle contiennent-ils tous deux des informations relatives aux propriétés des éléments porteurs (Loadbearing = vrai) ?
  - Pour comparer le modèle de discipline architectural avec celui de l'ingénierie structurelle, le modèle de discipline architectural doit être limité aux éléments porteurs lors de la vérification. Les éléments non porteurs du modèle de l'architecture ne sont pas pris en compte dans la comparaison.
  - L'équipe d'architecture doit fournir à l'équipe d'ingénierie structurelle un

### 4.3 Phase Étude de conception

modèle de domaine limité et spécifique pour la collaboration, contenant uniquement les éléments porteurs. Les éléments du modèle qui ne sont pas porteurs ou les éléments de documentation qui ne sont pas pertinents pour la conception de l'ingénierie structurelle et le travail à effectuer sont à éliminer. Pour la revue de la modélisation, une configuration de transfert spécifique est définie.

- Quels sont les éléments à prendre en compte lors de la validation du modèle au cours des différentes phases?
  - Au fur et à mesure de l'avancement des phases, il convient d'ajuster la précision de la détection des collisions. Cela signifie que les valeurs de tolérance pour les chevauchements sont réajustées dans les règles de contrôle à chaque nouvelle phase. Par exemple, le chevauchement des composants primaires (voir [section 4.3.4](#)) peut être vérifié avec une tolérance de 2 cm dans la phase de conception et de 0,5 cm dans la phase d'autorisation.
  - Seuls des éléments de modèle pertinents pour la phase doivent être vérifiés. Dans la phase de conception, il est judicieux de vérifier les éléments d'installation technique du bâtiment par rapport aux éléments porteurs mais pas par rapport aux éléments de finition. Il est également judicieux de limiter les éléments de technique du bâtiment aux tracés de canalisations/câbles et aux unités centrales. Les locaux du modèle d'architecture sont comparés aux éléments du modèle des installations techniques à chaque étape afin de garantir les dégagements minimaux. Il serait en revanche prématûr de vérifier les sorties modélisées (IfcOutlet) lors de la phase de conception, car les éléments architecturaux comme les murs ou les plafonds suspendus peuvent encore changer.
- Qui est responsable des commentaires « ouverts » interdisciplinaires?
  - Si le contrôle impliquant le modèle de l'architecture et le modèle des installations techniques révèle des interférences entre les modèles, la *coordination BIM globale* doit veiller à ce qu'une séquence de coordination logique soit définie. Par exemple, si des chemins de câbles interfèrent avec des murs porteurs, une coordination des percements doit être effectuée. La mission est donc confiée à l'équipe des installations techniques, qui doit fournir aux disciplines architecture et ingénierie structurelle, les détails pour la coordination des percements. Si la position des ouvertures est acceptable pour l'équipe d'architecture et d'ingénierie structurelle, la proposition est approuvée et le résultat est observable dans le modèle fédéré. Par conséquent, les interférences précédemment identifiées ne devraient plus exister lors de la prochaine réunion de coordination. Dans le cas des percements, il convient de mentionner qu'ils doivent, bien entendu, être vérifiés, approuvés et incorporés par l'équipe d'ingénierie structurelle. La *coordination BIM globale* attribue ces questions à l'équipe des installations techniques en tant que responsable, mais l'équipe d'architecture et l'équipe d'ingénierie structurelle sont également mentionnées dans le commentaire BCF à titre d'information.

### 4.3 Phase Étude de conception

#### 4.3.6 Livraison de l'information

La livraison d'informations est un cas d'usage qui se réalise à la fin d'une phase. Elle comporte les résultats finaux de conception de la phase en question. Ceux-ci sont à fournir par la coordination BIM de discipline concernée sur la plate-forme de collaboration et de communication.

**Pour le transfert des modèles de discipline (fichier IFC), les dispositions suivantes s'appliquent :**

- Conformité avec la spécification relative au stade d'élaboration des modèles.
- Le respect de ces exigences doit être vérifié avant la transmission; la validation est effectuée par la coordination BIM globale :
  - Tous les aspects à contrôler doivent donner des résultats positifs (ce qui doit être compris comme un *seuil de qualité*).
  - Le contenu des objectifs fonctionnels du projet doit être vérifié séparément.
  - Le respect des exigences doit être démontré au moyen d'un rapport de contrôle joint, conformément aux spécifications.
- Des informations supplémentaires ou plus détaillées (par exemple des dessins détaillés) sont placées dans le modèle de discipline par l'auteur à l'aide de commentaires BCF.
- Tous les documents de conception sont dérivés du modèle de discipline pertinent.

**Pour le transfert des documents de conception (fichiers DWG/DXF et PDF), les dispositions suivantes s'appliquent :**

- Conformité avec les spécifications réglementaires.
- Les documents (fichiers DWG/DXF et PDF) doivent correspondre au statut vérifié et approuvé du modèle spécifique (fichier IFC). Les informations 2D contenues uniquement dans les dessins comme les cotes doivent être conformes aux informations du modèle de discipline.

**Pour le transfert de modèles natifs, les règles suivantes s'appliquent :**

- Fournir une documentation sur les logiciels de modélisation et de CAO utilisés, y compris toute extension ou tout complément de logiciel, ainsi qu'une liste de tous les éléments spéciaux supplémentaires (pour les modèles spécifiques sous forme de fichiers IFC et pour les dessins sous forme de fichiers DWG/DXF).

#### 4.3.7 Estimation des coûts sur la base d'un modèle

Le calcul des coûts sur la base d'un modèle est un cas d'usage que l'on rencontre dans différentes phases.

##### Exigences

Le calcul des coûts est effectué dans un logiciel d'estimation. Les données de *modèles de discipline* ont été préalablement vérifiées et validées par la *coordination BIM globale* pour la détermination des quantités et des volumes (statut sur la plateforme de collaboration : validé) :

- Exigence : modèle spécifique validé conformément à un *seuil de qualité*.

En fonction de la coordination entre la *coordination BIM globale* et l'équipe chargée du calcul des coûts, différentes données de *modèles de discipline* peuvent être utilisées.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

Cependant, elles sont toujours basées sur les spécifications LOIN sont exportées dans un modèle IFC.

- Exigence : contrôles de plausibilité avant et après le calcul des coûts.

Dans certains cas, les *modèles de discipline* contiennent les informations requises à des niveaux différents, de sorte qu'une procédure doit être convenue – par exemple les quantités et les masses du gros-œuvre sont déterminées à partir du modèle de l'ingénierie structurelle ou de l'architecture.

- Exigence : définition depuis quel modèle les données sont extraites pour chaque poste de coûts.

Le logiciel d'estimation doit donc non seulement être capable de lire et d'interpréter correctement les données IFC, mais aussi de gérer plusieurs modèles IFC. Les résultats du calcul de quantité et de volume sont aussi utilisés dans le descriptif pour un appel d'offres, par exemple.

#### Mise en œuvre

Les spécifications suivantes s'appliquent au calcul des coûts basé sur un modèle dans le logiciel d'estimation :

- Les *modèles de discipline* validés (fichier IFC) servent de base à la collecte de données.
- L'identification du contenu du modèle est basée sur les classes IFC, les types IFC, les affectations de matériaux et les propriétés standard déclarées.
- Les volumes et les quantités doivent être dérivées de la géométrie du modèle.

#### 4.3.8 Mise à jour des spécifications du projet en cours de conception

Le BEP est un document évolutif. Il est créé au début du projet, sur la base des spécifications et des exigences de l'*EIR du maître d'ouvrage* lié au projet. Cependant, pour rester applicable à un projet tout au long de sa durée, le BEP doit pouvoir répondre aux développements du projet et évoluer en permanence.

La *coordination BIM globale* est responsable des mises à jour du BEP. Les modifications apportées au BEP doivent toujours être coordonnées avec la *direction* et le *pilotage BIM* afin de continuer à répondre aux spécifications et aux exigences du donneur d'ordre.

Les mises à jour du BEP peuvent avoir pour origine :

- évolution des exigences de la part du donneur d'ordre;
- évolution ou adaptation des exigences de la part des prestataires;
- évolution des procédures;
- nouvelles connaissances;
- modification des spécifications pour :
  - les parties prenantes du projet;
  - les interfaces;
  - les configurations de transfert;
  - les cas d'usage.

Les modifications apportées au BEP doivent être conformes à l'*EIR du maître d'ouvrage*, bien qu'une mise à jour de l'EIR par la *direction BIM* ne soit pas toujours obligatoire.

### 4.3 Phase Étude de conception

Toutefois, il convient d'examiner si les nouvelles connaissances acquises au cours du projet doivent être incorporées dans l'OIR (base commune de plusieurs projets) du maître d'ouvrage, de sorte que ces nouvelles connaissances puissent être prises en compte dans les projets futurs. Il incombe à la *direction BIM* (soutenue par le *pilotage BIM*) de tenir à jour l'OIR du maître d'ouvrage.

#### 4.3.9 Mise à jour des données du modèle

Dans le cadre de la mise à jour des *modèles de discipline*, l'obligation d'effectuer une conception intégrée et le respect des spécifications s'appliquent aux éléments suivants :

- plateforme de collaboration et de communication;
- interfaces;
- normes;
- paternité et la responsabilité du contenu du modèle de discipline;
- coordination avec d'autres modèle de discipline;
- assurance qualité interne;
- configurations de transfert;
- modélisation;
- degré d'achèvement.

En cas de changement de parties prenantes du projet, il faut veiller à transférer les données de conception, y compris les données du modèle de discipline, afin que le nouveau responsable puisse reprendre les données sans perte.

#### 4.3.10 Processus d'autorisation de construire basé sur un modèle

Une modélisation openBIM, en tant que dépôt central pour les données et informations d'ouvrages, offre de larges potentialités pour l'ensemble du cycle de vie d'un bâtiment. Cependant, le processus de demande d'autorisation de construire n'est actuellement que peu soutenu par la méthode BIM. Les documents de demande d'autorisation actuels représentent plutôt un travail supplémentaire pour les concepteurs BIM, car des dessins 2D doivent être générés à partir des modèles et être enrichis d'une manière spécifique. Il s'agit là d'une discontinuité forte dans la gestion de l'information.

Un processus d'autorisation openBIM offre un large éventail d'avantages non seulement pour les autorités, mais aussi pour l'ensemble du secteur de la construction. Ces avantages se traduisent principalement par une plus grande transparence dans la mise en œuvre du processus et une meilleure compréhension des décisions. Une analyse détaillée révèle les avantages suivants :

- Pour les autorités, l'élimination des contrôles de routine libère du temps au profit des contrôles plus sensibles sur le plan juridique. Cela permet d'accélérer et d'améliorer la qualité du processus d'autorisation.
- Une procédure d'autorisation BIM ne peut être effectuée qu'au moyen d'un format de fichier ouvert, ce qui encourage fortement l'utilisation de l'openBIM. Cela va dans le sens des petites équipes de conception, qui peuvent utiliser leurs logiciels de modélisation plutôt que de devoir en acheter de nouveaux pour de nouveaux projets.
- Les équipes de conception bénéficient d'un contrôle de qualité automatique qui peut être effectué à tout moment, avant même qu'une demande de permis de

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

construire ne soit soumise. Cela réduit les formalités administratives, améliore la qualité du modèle soumis et par conséquent accélère le processus de demande d'autorisation de construire.

- Le processus administratif devient plus transparent.
- Le plus grand avantage pour l'industrie de la construction réside dans les exigences de LOG et LOI : habituellement, les exigences d'échange d'informations (EIR) du projet et les exigences LOG et LOI associées varient considérablement d'un projet ou d'un donneur d'ordre à l'autre. Un processus d'autorisation openBIM crée une forme commune à tous les projets – une sorte de label de qualité – car le modèle BIM autorisé doit répondre à des exigences claires en matière de LOG et de LOI. Le maître d'ouvrage et les acteurs en aval (par exemple les prestataires pour le calcul des coûts) peuvent ainsi mieux mettre en œuvre le modèle BIM dans leurs logiciels, puisque les informations sont déjà stockées et vérifiées de manière standardisée.

Une procédure d'autorisation openBIM contribuera donc de manière significative à une utilisation meilleure et plus étendue des avantages du BIM et à soutenir davantage de bureaux d'études avant et pendant le processus d'autorisation de construction. Les autorités de construction et les administrations bénéficieront des spécifications requises pour des demandes d'autorisation en openBIM. La conception BIM atteint ainsi un nouveau stade et apporte un argument important à l'utilisation du BIM.

En raison de ces avantages, de plus en plus de projets abordent désormais la question de la transformation numérique des autorités chargées de la construction ou du processus d'autorisation.

Par exemple en Autriche la ville de Vienne a développé une plateforme pour la « demande d'autorisation de construire numérique ». Les concepteurs de bâtiments peuvent accéder à cette plateforme, affiner les types de procédures et télécharger les documents de dépôt de demande de permis. Dans le cadre du projet de recherche BRISE-Vienna financé par l'UE, la ville de Vienne est allée plus loin et vise à intégrer le processus d'autorisation dans l'ensemble du cycle du projet BIM.

L'état actuel pour de nombreuses autorités locales est le niveau 0. Les documents de soumission/demande sont soumis sous forme imprimée et visualisés manuellement, saisis sur une plateforme numérique et vérifiés par l'expert compétent. La communication se fait par courrier électronique ou par lettre.

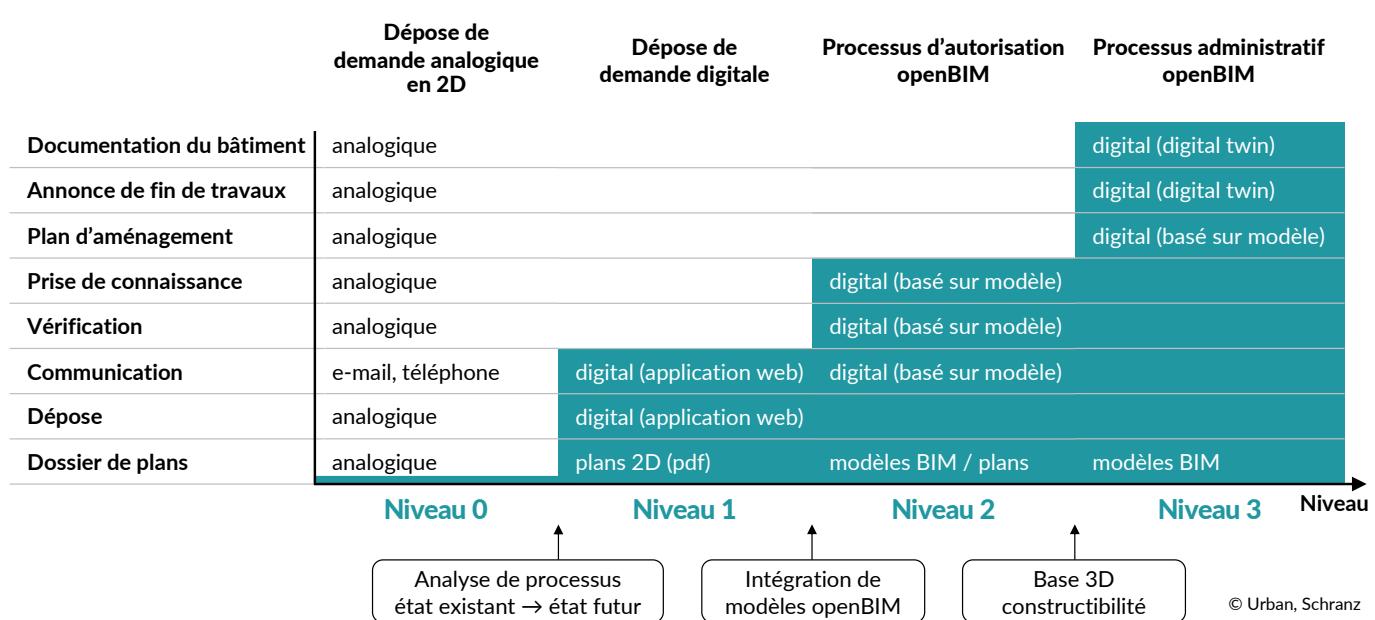
Pour atteindre le niveau 1, il faut procéder à une analyse du processus réel suivie d'une évaluation du processus cible. Cette évaluation du processus réel/cible définit les développements techniques et juridiques nécessaires. Cette étape est cruciale, car il ne suffit pas de numériser les processus existants. L'utilisation de nouveaux outils numériques (BIM, drones, IA, AR, etc.) dans les processus des autorités publiques nécessite de repenser les processus traditionnels. Il est donc nécessaire de décrire et d'analyser les processus actuels, puis de les adapter numériquement en fonction de la technologie disponible.

Le niveau 2 est atteint grâce à une demande d'autorisation basée sur un modèle (modèle de demande d'autorisation) et à un examen partiellement automatisé. La

### 4.3 Phase Étude de conception

base juridique (plan de zonage et plan d'aménagement) est toujours disponible sous forme de plans en 2D.

Au niveau 3, la construction autorisée est documentée en 3D, ce qui permet de vérifier automatiquement un nombre beaucoup plus important de questions relatives au droit de voisinage. Au niveau 3, les notifications d'achèvement sont également basées sur des modèles, ce qui permet à l'autorité de disposer d'un jumeau numérique de sa municipalité au fil du temps. La dernière étape est l'intégration dans le modèle BIM du carnet de bord actuel du bâtiment, dans lequel tous les intervalles de maintenance et les évaluations de l'état des composants pertinents sont documentés.



**Figure 4.12 :** Stades de maturité numérique du processus de l'autorité publique (exemple tiré de la pratique autrichienne)

#### 4.3.11 Réalisation du test de transfert des données vers les systèmes utilisés durant l'exploitation

La mise en place de l'exploitation – notamment basée sur les informations modélisées selon un processus BIM – représente une situation nouvelle pour de nombreux départements FM (Facility Management) qui nécessite une préparation intensive. L'exploitation d'un ouvrage est effectuée au moyen de divers systèmes, notamment le CAFM, la GMAO, la GTB, l'EMS, l'ERP (gestion des contrats de bail, relations locataires, comptabilité d'immeuble), la gestion de portefeuille et les plateforme IWMS.

C'est pour cette raison qu'un test de transfert vers les systèmes du futur exploitant est recommandé au cours du projet. Cela a lieu au plus tard lorsque le contenu du modèle entièrement coordonné et suffisamment détaillé est disponible pour la première fois à la fin de la phase de conception.

Il est donc nécessaire d'adapter l'étendue de la livraison d'informations dans le plan de livraison d'informations lors de la création du BEP (voir [section 4.2.8](#)). Diverses spécifications, qui ne doivent généralement être remplies qu'avec la documentation finale

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.3 Phase Étude de conception

sont mises en pratique à ce moment-là. Il peut s'agir de diverses tables de conversion de données des modèles. De plus, la remise de la documentation supplémentaire et son lien avec le modèle sont testés.

L'objectif du test de transfert des données est de préparer les exploitants et leurs systèmes à un stade précoce du projet. Si des problèmes sont identifiés lors du test, il reste suffisamment de temps pour les résoudre. À ce stade, tout problème lié au contenu du modèle ou à ses spécifications dans le BEP peut également être résolu.

Le test de transfert est effectué sous la direction du *pilotage BIM*, qui gère les activités de la *coordination BIM globale* et des *coordinations BIM de discipline* et assure la liaison avec les services de l'exploitant.

## 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

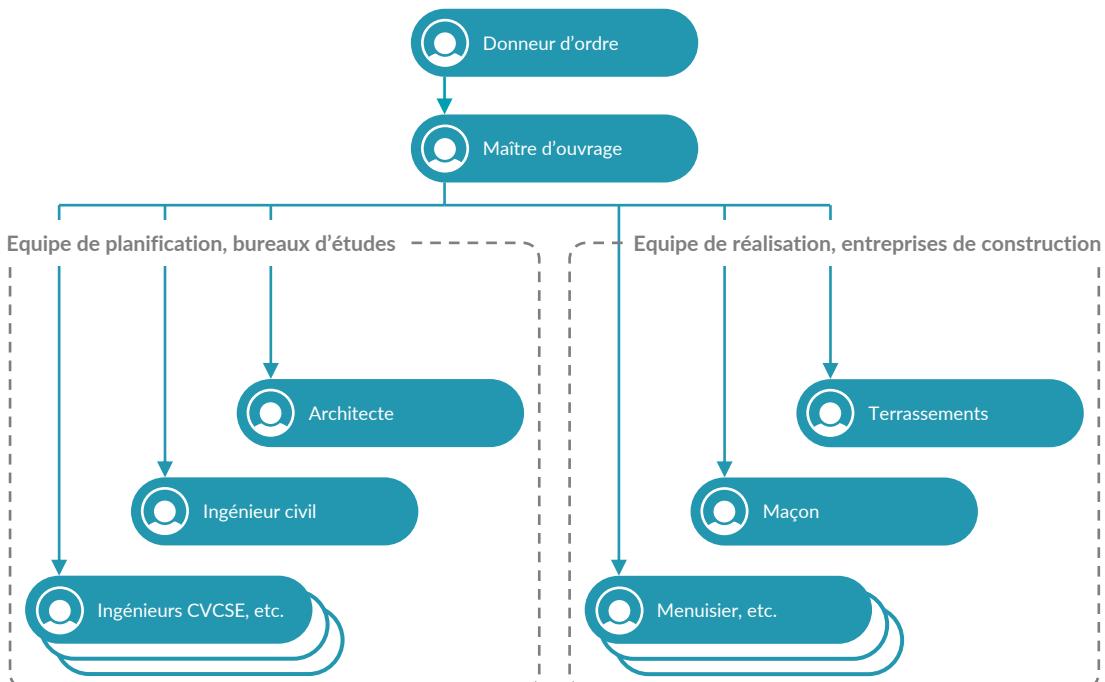
Cette section traite de l'acquisition de prestations de construction; l'acquisition de prestations de conception (et donc de fourniture d'information) est traitée dans la section 4.2.6 (*Appel d'offres et adjudication de prestations de conception*).

#### 4.4.1 Modèles d'exécution du projet

Cette section ne traite pas spécifiquement d'un aspect BIM mais vise à clarifier la compréhension des sections 4.4 et 4.5.

En fonction des pays ou des ouvrages, divers modèles d'organisation sont possibles, comme représenté sur les figures ci-dessous.

Dans le modèle de la figure 4.13, les parties prenantes impliquées dans la phase de réalisation (étapes de conception et de construction) sont mandatées par le maître d'ouvrage. La coordination entre ceux-ci est généralement confiée à l'architecte, à l'ingénieur civil ou à un prestataire spécialisé. Le rôle de coordination n'est pas lié à un lien hiérarchique ou contractuel.



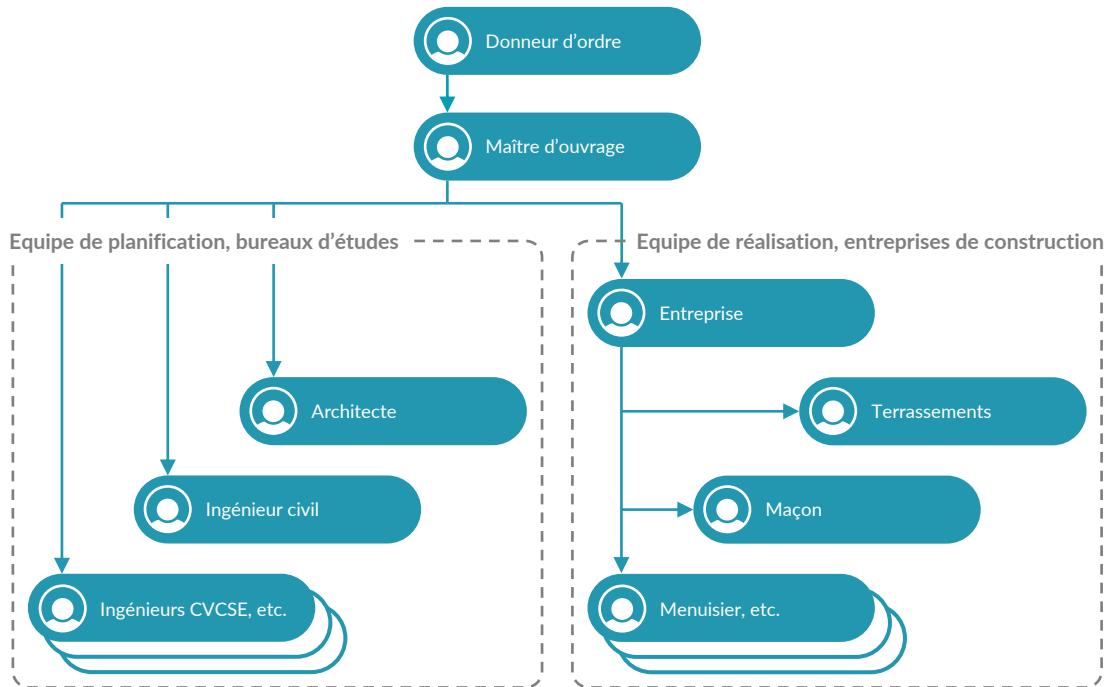
**Figure 4.13 :** Modèle de réalisation « traditionnel »

Dans le modèle de la figure 4.14, pour la partie réalisation des travaux est confiée à une entreprise (souvent il s'agit d'entreprises de maçonnerie, mais il peut aussi s'agir d'entreprises spécialisées). Celle-ci mandate des sous-traitants pour les travaux qu'elle n'exécute pas elle-même.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

- En Suisse, ce modèle s'appelle « entreprise générale ».
- Au Canada, ce modèle s'appelle « réalisation traditionnelle ».



**Figure 4.14 :** Modèle de réalisation « tous corps d'état »

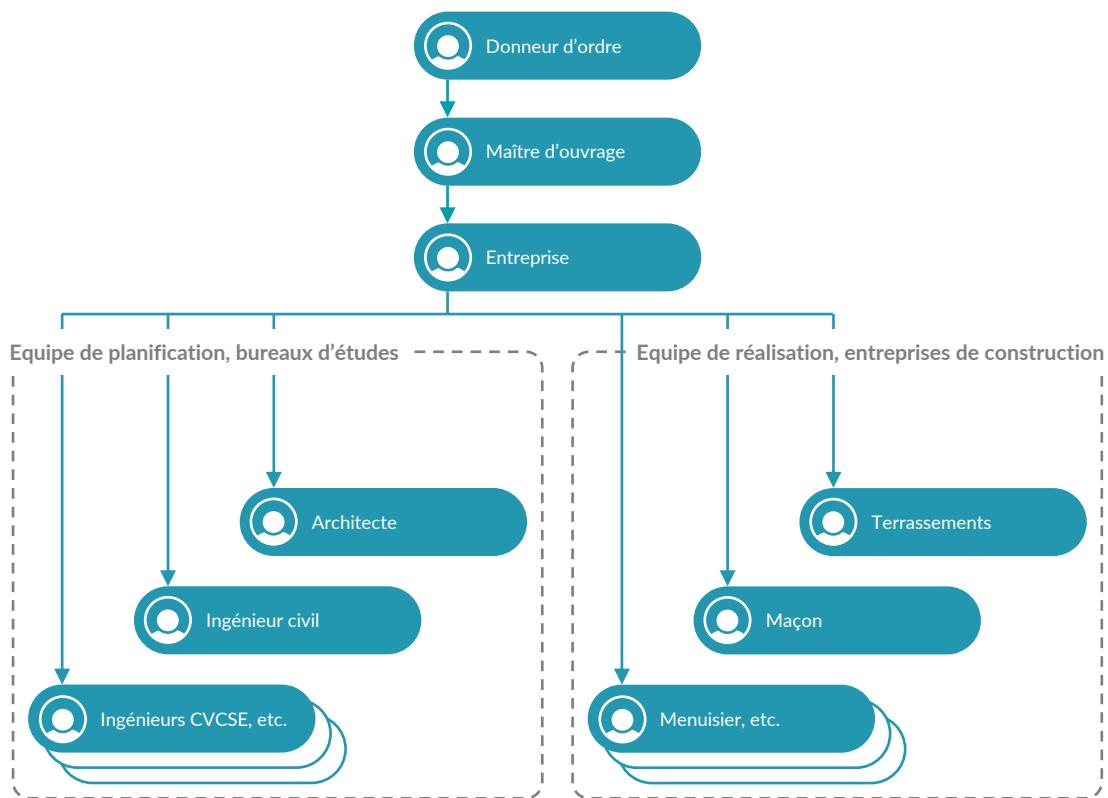
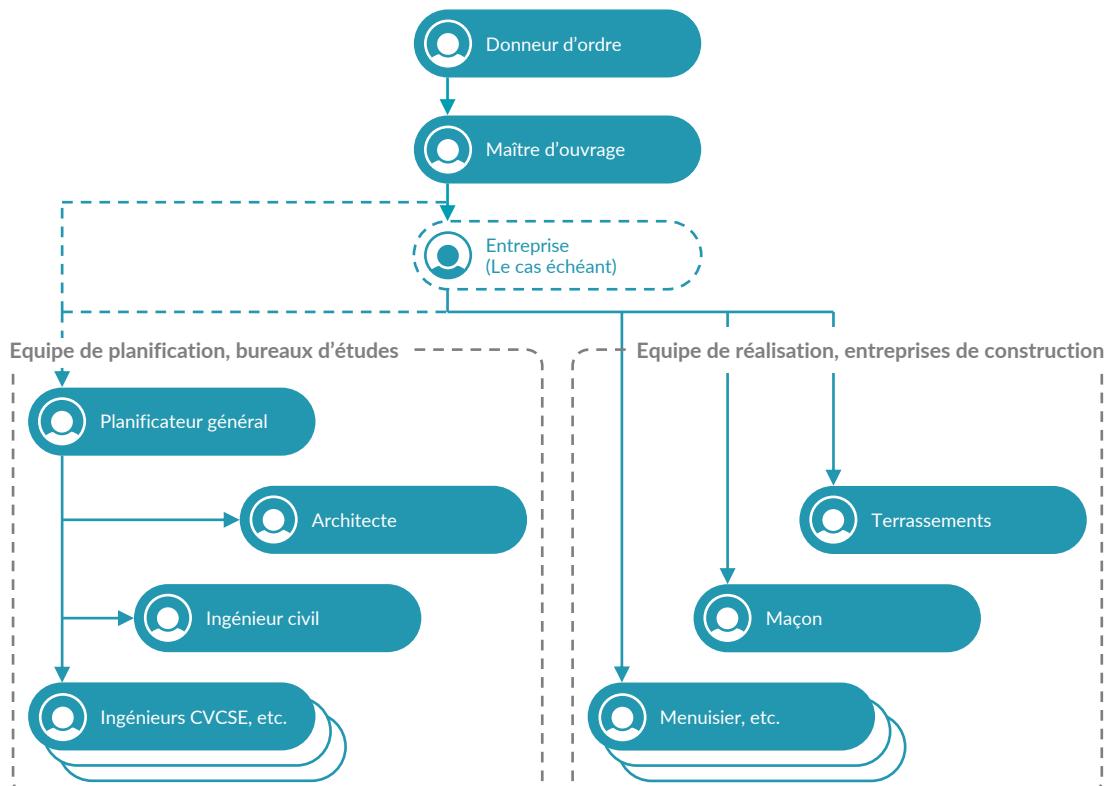
Dans le modèle de la [figure 4.15](#), un seul prestataire est mandaté ; il sera responsable de toute la phase de réalisation, tant pour la conception que pour la construction et la mise en service.

- En Suisse, ce modèle s'appelle « entreprise totale ».
- Au Canada, ce modèle s'appelle « conception-construction ».

Il est également possible de mandater un seul prestataire pour l'ensemble de l'étape de planification et de conception. Celui-ci fera recours à des sous-traitants pour certaines (ou toutes les) disciplines. Le modèle de la [figure 4.16](#) peut se combiner indifféremment avec le modèle « traditionnel », « entreprise générale » ou « entreprise totale ». En général, le rôle de planificateur général est assumé par l'architecte, l'ingénieur civil ou un bureau spécialisé.

Dans la pratique, pour un projet donné, même si un modèle est prépondérant, il y a parfois des exceptions (par exemple les travaux de démolition sont confiés à une entreprise mandatée directement par le maître d'ouvrage bien que le reste de la réalisation soit effectuée en modèle « entreprise générale ou totale »).

## 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

**Figure 4.15 :** Modèle de réalisation « conception-réalisation »**Figure 4.16 :** Modèle de réalisation « planificateur général »

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

En Suisse, les trois modèles sont pratiqués. Les plus grands projets sont en général exécutés en entreprise générale ou en entreprise totale. Souvent un projet est exécuté en modèle traditionnel ou planificateur général jusqu'à la phase d'approvisionnement. Puis la réalisation est faite en modèle entreprise totale.

En France, le modèle entreprise totale est souvent pratiqué. En particulier dans le cas des hôpitaux ou d'infrastructures, l'entreprise totale a également la charge de l'exploitation pendant un nombre d'années déterminé.

En France, le modèle traditionnel dit des corps d'état séparés est largement majoritaire. En marché public on a parfois recours au modèle de conception-réalisation, réalisée par des entreprises de conception-réalisation, lorsque l'ampleur du projet le justifie.

La section 4.4 traite aussi bien de l'approvisionnement de prestations de construction par le maître d'ouvrage que des sous-traitants par une entreprise générale ou totale.

Dans tous ces modèles, la plupart des bureaux d'étude et entreprises de construction sont des parties désignées, dans le sens où elles devront fournir des informations dans un modèle. Le rôle de *coordination BIM globale* est souvent ancré du côté de l'équipe de planification, il est parfois confié à l'un des prestataires ou à un prestataire spécialisé.

La section 4.4 traite de l'approvisionnement, de l'achat de prestations de construction. Cependant, des prestations de planification en font également partie :

- Réalisation de plans de fabrication par l'entreprise de menuiserie ou de ventilation. Ceux-ci se basent respectivement sur les plans de l'architecte ou de l'ingénieur en ventilation, mais décrivent les dimensions des pièces individuelles, leur fixation, etc. En fonction des exigences BIM, certaines données géométriques ou alphanumériques doivent être fournies dans ce cadre. Par exemple la position exacte d'organes de ventilation actifs (clapets de réglage du débit, clapets coupe-feu, etc.) est définie dans le cadre des plans de fabrication. Cette position étant pertinente pour la maintenance, elle devra donc être transmise dans l'AIM.

En Suisse, on parle de plans d'atelier, ou plans de montage.

Au Canada, on parle de dessins d'atelier.

- Saisie de données lors de l'installation : pour les installations techniques pour la future maintenance, le numéro de série de l'appareillage doit être connu. Celui-ci doit être transmis par l'entreprise en charge de l'installation de l'appareillage concerné. Il en va de même aussi pour des modèles/types laissés au choix de l'entreprise mais qui doivent être connus pour la maintenance.

En fonction du modèle de réalisation retenu et du marché, il faut garder à l'esprit que certaines entreprises ou artisans ne disposent pas de compétences BIM. Dans un tel cas, il peut être intéressant de leur adjoindre un organisme chargé des prestations BIM (par exemple la saisie de numéros de série des appareillages installés peut être confiée à un tel organisme lors de la phase de réalisation).

## 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

### 4.4.2 Applications du BIM dans la phase d'approvisionnement

Les applications possibles du BIM dans la phase d'appel d'offres sont les suivantes :

- collaboration;
- planification et gestion des quantités;
- communication des exigences applicables à l'ouvrage, par exemple classes de résistance feu, types de matériaux, équipements, etc.;
- communication des données faisant partie d'une offre (par exemple le prix de certains éléments, les propositions de matériaux, ou d'éventuelles variantes);
- aspects BIM de l'offre;
- évaluation des offres basée sur des modèles.

Les sections suivantes traiteront de ces divers cas d'usage.

Bien que les bénéfices du BIM soient pleinement mis en valeur dans des projets suivant des modes de réalisation collaboratifs, il est possible d'appliquer le BIM dans un contexte de réalisation traditionnel.

Ce qui distingue le processus d'appel d'offre d'un projet en contexte BIM, c'est le questionnement que doit se faire le donneur d'ordre concernant ses besoins informationnels.

### 4.4.3 Collaboration

L'usage d'un environnement de données commun (Common Data Environment, CDE) peut faciliter plusieurs aspects du processus d'appel d'offres :

- Centralisation des données : les modèles BIM, les quantitatifs et autres documents d'appel d'offres sont mis à disposition des soumissionnaires de manière organisée et sécurisée.
- Gestion de la procédure d'appel d'offres : Structuration des échanges, recueil des offres et de suivi de l'évaluation des soumissionnaires.
- Mise en œuvre des procédures BIM : après adjudication, le CDE peut servir à assurer la continuité des échanges et contribuer à respecter le plan d'exécution BIM (BEP).

Cependant, l'utilisation du CDE doit être adaptée aux compétences des entreprises candidates. Si certaines n'ont pas d'expérience en BIM, des solutions alternatives doivent être envisagées (voir [section 4.4.5](#)).

Le CDE peut aussi être utilisé comme base pour le traitement de la procédure et les données du modèle peuvent être mises à la disposition des soumissionnaires pour examen.

Les documents compilés constitutifs du marché de travaux sont généralement mis à disposition sur le CDE du projet. La norme du projet BIM est généralement responsable de la plateforme de collaboration et elle doit en assurer l'accès aux soumissionnaires. Il est essentiel que le CDE soit opérationnel avant le lancement de l'appel d'offres afin de garantir un échange d'informations sécurisé entre les différentes parties prenantes.

Pour assurer une mise en œuvre efficace de l'appel d'offres et de l'attribution, il est recommandé d'établir plusieurs prérequis :

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

- Mettre en place un flux de travail prédéfini pour structurer les interactions et échanges de données;
- Adapter les droits d'accès pour impliquer les soumissionnaires tout en garantissant la confidentialité des informations;
- Déployer les éléments nécessaires au bon déroulement du processus d'appel d'offres et d'adjudication;
- Réaliser un test préalable pour s'assurer du bon fonctionnement des fonctionnalités prévues.

Le résultat est un CDE optimisé pour les processus d'appel d'offres. Ainsi, les soumissionnaires peuvent déposer leurs offres directement sur le CDE, garantissant une gestion centralisée et sécurisée des propositions.

Note : L'éventail des fonctions requises pour mener à bien le processus d'appel d'offres et d'attribution ne fait pas toujours partie d'un CDE. Diverses applications se concentrent spécifiquement sur la mise en œuvre de ce cas d'utilisation.

#### 4.4.4 Modèle BIM comme élément du dossier d'appel d'offres

Un dossier d'appel d'offres pour des prestations de construction couvre en général les domaines suivants :

Domaine	Exemples	Support BIM possible
Cadre administratif du futur marché de travaux	Proposition de contrat d'entreprise, paiements, délais, modifications de projet, etc.	Non
Conditions générales	« Comment doivent être exécutées les prestations de construction ? » • interfaces avec le maître d'ouvrage, séances • sécurité sur le chantier, etc.	Non
	Fiches des locaux Programme des locaux	Oui, modèle d'exigences
	Exigences concernant la documentation à fournir, EIR	Oui
Conditions techniques	• Exigences matériau • Exigences protection incendie • Exigences thermiques • Exigences acoustiques • Exigences d'exploitation	Partiellement
Descriptifs	Descriptifs de l'ouvrage par discipline	Partiellement
Plans		Oui
Formulaires pour l'offre du soumissionnaire		Partiellement

#### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

Les données du modèle BIM peuvent être utilisées comme base pour la demande d'offre et peuvent ainsi être intégrées dans le dossier d'appel d'offres pour structurer la demande faite aux entreprises.

Dans la pratique, un usage courant consiste à exploiter le modèle BIM pour permettre aux soumissionnaires d'estimer les volumes et quantités des prestations. Cependant, certaines informations non incluses dans le modèle restent traitées de manière conventionnelle (par exemple des éléments de second œuvre spécifiques comme les pare-vapeur).

Dans cette optique, il peut être nécessaire de créer un modèle spécifique pour les besoins de l'appel d'offres. Les données pertinentes à ce type de modèle peuvent être extraites via une définition de vue de modèle (Model View Definition, MVD). Un MVD agit comme un filtre pour créer un sous-ensemble du schéma de la maquette numérique originale.

Un autre cas d'usage courant est la définition d'exigences au moyen d'un modèle. Cet usage s'applique particulièrement bien lorsqu'une grande latitude est accordée à l'équipe de réalisation (liberté de choix de matériaux, de conception, etc.). Cette manière de faire est souvent pratiquée dans la réalisation en « entreprise totale ». On parle alors d'un appel d'offres fonctionnel, par opposition à un appel d'offres dans lequel tous les matériaux, marques, modèles sont décrits.

Dans un tel cas, les exigences concernant les locaux à construire, leur spécificité (surfaces, type de sols, équipement électriques, apports de lumière naturelle, etc.) doivent être fournis. Des exigences concernant les flux logistiques, les relations entre locaux, les exigences de sécurité, etc. peuvent également être formulées. Toutes ces exigences peuvent aisément être rassemblées dans un modèle d'exigences.

En outre, lors de l'appel d'offres, il convient également d'identifier les données et informations nécessaires à l'exploitation de l'ouvrage. Cette partie est d'ailleurs souvent négligée. Dans le cas d'un projet BIM, l'EIR et le BEP doivent impérativement être joints au dossier d'appel d'offres. Le cas échéant, ceux-ci doivent être mis à jour.

**►** Au Canada, c'est le plan de gestion BIM (PGB) qui est joint à l'appel d'offre. Le plan d'exécution BIM (PEB) est le document fourni par les soumissionnaires, en réponse au PGB.

#### 4.4.5 Processus BIM d'appel d'offres

En mode de réalisation traditionnelle, l'équipe de conception prépare le dossier d'appel d'offres en intégrant les aspects BIM dès cette phase. Ce dossier comprend généralement :

- Les quantitatifs et volumes extraits des modèles : ces données aident les soumissionnaires à évaluer leurs offres.
- L'EIR finalisé : il sert de cadre de référence pour garantir une homogénéité dans les offres reçues.
- La stratégie de fourniture d'informations : elle précise comment les entreprises devront transmettre leurs données BIM pendant le projet.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

- Les critères d'évaluation BIM des soumissionnaires : ils permettent de comparer les offres en tenant compte de la maturité BIM des entreprises candidates.

En structurant ces éléments en amont, le processus d'appel d'offres garantit une sélection basée sur des critères techniques et informationnels pertinents.

#### 4.4.6 Soumission BIM des offres

Les entreprises intéressées par l'appel d'offres soumettent leur offre via le CDE en respectant les exigences définies dans l'EIR. Leur dossier inclut plusieurs documents clés :

- l'offre détaillée, conforme au cahier des charges et aux quantitatifs fournis, y compris des variantes d'exécution éventuelles clairement identifiées comme telles;
- un modèle BIM faisant partie de l'offre (« modèle d'offre »).

 Au Canada, les soumissions publiques ne se font pas via le CDE mais via une plateforme d'appels d'offres.

Un modèle d'offre peut typiquement contenir les éléments suivants :

- Variantes d'exécution proposées par le soumissionnaire. Celles-ci doivent être clairement identifiées comme telles.
- Proposition de réalisation dans le cas où une grande latitude de conception est laissée à l'équipe de réalisation.
- Données pour évaluation des offres :
  - renvoi à des positions de prix (« cette porte coûte le prix de la position XXX »);
  - renvoi à des propositions de contrats de maintenance, etc.

Le contenu du modèle d'offre doit être précisément défini, par exemple au moyen d'un « mini-EIR » spécifique à ce modèle.

Si des prestations BIM sont également acquises en même temps que des prestations de construction, les aspects et processus décrits dans la [section 4.2.6](#) doivent être pris en compte. Dans un tel cas l'offre comprendra notamment :

- un pré-BEP, précisant comment l'entreprise compte gérer les aspects BIM du projet;
- une évaluation des capacités BIM de l'entreprise, indiquant son niveau de maturité et ses outils.

#### Aspects réglementaires et environnementaux

Dans un appel d'offres BIM, la soumission ne se limite pas aux aspects techniques et financiers : elle intègre aussi la performance environnementale du projet. En France, la **RE2020** impose des calculs précis sur la consommation énergétique, l'empreinte carbone et le confort d'été des bâtiments. Pour y répondre, les entreprises doivent fournir des variantes compatibles avec ces exigences, en s'appuyant sur des données fiables comme celles de la **base INIES**.

Cette base centralise les **FDES** (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire) et les **PEP** (Profils Environnementaux Produits), qui renseignent des paramètres clés :

#### 4.4 Phase Approvisionnement (Appel d'offres et adjudication)

potentiel de réchauffement global (GWP), consommation d'énergie primaire, impact sur les ressources naturelles, etc. L'intégration de ces données dans la maquette BIM permet d'évaluer et d'optimiser la performance environnementale du projet dès la phase de soumission.

Ainsi, les entreprises doivent veiller à proposer des solutions constructives alignées avec les objectifs environnementaux, en exploitant le BIM comme outil d'analyse et d'aide à la décision. Cela garantit une sélection de matériaux et de systèmes respectant les seuils réglementaires et facilite les échanges entre les parties prenantes pour un projet plus durable.

##### 4.4.7 Evaluation des offres basée sur des modèles

Les étapes suivantes sont effectuées :

- Contrôle si la maquette d'offres répond aux exigences (par exemple si les types de matériaux ont été renseignés).
- Extraction de données pour évaluation des offres. Par exemple des prix unitaires peuvent être extraits afin de les comparer avec les offres des autres soumissionnaires. Ou si des propositions de contrats de maintenance ont été exigées, leur prix peut être extrait de la maquette et être pris en compte dans une comparaison de prix portant sur les coûts du cycle de vie.
- Concernant l'évaluation des capacités BIM des soumissionnaires, elle est à faire de façon analogue à ce qui est décrit dans la [section 4.2.6](#).

##### 4.4.8 Passation de marché, conclusion du contrat et commande d'informations

###### Aspects légaux : comment donner valeur contractuelle à une maquette d'offre

Adopter la maquette numérique BIM comme document contractuel n'est présentement pas une pratique très répandue dans l'industrie. Un tel changement implique des conséquences légales mal comprises et fait souvent face à de la résistance provenant des associations et des ordres professionnels.

Il est cependant important de mentionner qu'une maquette numérique BIM peut être intégrée à un contrat en tant que document de référence. Quelques mesures peuvent cependant être prises afin d'éviter de potentiels conflits juridiques.

Il est tout d'abord préférable d'adopter des normes ouvertes afin d'assurer un accès universel aux informations contenues au sein de la maquette numérique. Il est ensuite important de définir le processus de modification, de mise à jour et de validation de la maquette numérique. Finalement, il doit être stipulé quels sont les usages prévus pour la maquette numérique qui sera produite par les parties prenantes impliquées.

Le maintien des responsabilités professionnelles est à risque si le cadre juridique entourant l'utilisation de la maquette numérique n'est pas adapté à la nouvelle réalité numérique de l'industrie. L'accès à l'information, le droit à l'utilisation de la donnée et la protection de la propriété intellectuelle demeurent des sujets importants pour lesquels il faut trouver des consensus parmi les professionnels impliqués avant de pouvoir espérer utiliser la maquette numérique comme document contractuel.

## 4.5 Phase Réalisation des travaux

La transformation numérique des processus dans l'industrie de la construction offre aux entrepreneurs l'opportunité d'améliorer la performance de leurs équipes lors de la réalisation des projets. Les outils numériques peuvent :

- aider à optimiser les coûts en réduisant les dépenses inutiles et en maximisant l'efficacité des ressources, ainsi que prévoir et contrôler les coûts lors de la progression du chantier;
- respecter les délais en minimisant les retards et les interruptions;
- contribuer à la qualité du projet et à la sécurité du chantier en facilitant l'application systématique des normes qui cadrent la réalisation des travaux et la gestion du chantier.

Cette transformation est stratégique pour rester compétitif et répondre aux exigences croissantes du secteur de la construction. Il est cependant nécessaire pour une entreprise de promouvoir les avantages du BIM et d'offrir un soutien adéquat à ses équipes afin de contrer la résistance au changement. Parmi les bénéfices que le BIM peut apporter aux entrepreneurs lors de l'exécution de la phase de construction d'un projet, il y a :

- une visualisation et une planification améliorées qui permettent d'anticiper les problèmes avant la mise en œuvre du chantier et facilite notamment la prise de décisions;
- une collaboration et une coordination accrue à l'aide de communications centralisées et en temps réel, simplifiant ainsi la gestion de conflits et d'erreurs;
- une gestion plus agile des données qui permet une analyse approfondie de la performance des ressources utilisées;
- une productivité accrue via l'automatisation de tâches redondantes et la synchronisation des processus de façon à réduire les tâches sans valeur ajoutée.

À l'étape de construction, le BIM ne se limite pas à la coordination en amont, mais s'étend jusqu'au terrain pour optimiser l'exécution des travaux. L'approche BIM to Field permet aux équipes chantier d'accéder à la maquette via des outils mobiles ou des stations d'implantation connectées. Facilitant ainsi la localisation des éléments à construire, la consultation d'informations techniques et le suivi des travaux en temps réel. Cette connexion entre le modèle et le terrain améliore la qualité d'exécution, réduit les erreurs et automatise la production de livrables. Le BIM devient alors un outil opérationnel au service de la performance sur site.

### 4.5.1 Documentation

Des questions de responsabilité professionnelle et de propriété intellectuelle peuvent devenir des barrières légales qui empêchent les entrepreneurs d'utiliser librement les maquettes numériques provenant d'architectes ou d'ingénieurs.

Des litiges pourraient résulter de la modification ou de l'usage d'une maquette numérique sans le consentement du professionnel l'ayant produit. Pour cette raison, les maquettes numériques sont parfois entièrement recréées, dupliquant les efforts et défiant du même coup les principes d'efficacité et de productivité que le BIM est supposé apporter. Les solutions possibles face à ces enjeux sont dépendantes des jurisdictions applicables.

## 4.5 Phase Réalisation des travaux

### 4.5.2 Contrôle des coûts

Pendant la phase de construction, la soumission des situations intermédiaires est un enjeu déterminant dans la maîtrise de la gestion du chantier. Dans le cadre d'un projet en BIM, l'avancement du projet fait l'objet d'un suivi supporté par le modèle d'information du projet à l'aide des technologies de relevé et de récolelement numérique.

Simuler l'évolution du chantier et tenir à jour son évolution permet de mieux gérer les corps de métier présents sur le site et réduire les tâches sans valeur ajoutée. Cette possibilité de coordination accrue facilite la prise de décisions lorsque surviennent des imprévus et réduit les dépassements de coûts en lien avec des interruptions ou des manques de ressources au chantier. De plus, la gestion de la livraison des matériaux peut être faite en fonction des besoins réels du chantier, réduisant ainsi les pertes et les coûts liés au stockage.

La maquette numérique facilite également le calcul de quantité et l'estimation des coûts en lien avec les matériaux. En automatisant certaines tâches, la mise à jour de l'estimation ou le suivi du budget se font plus rapidement et avec moins de risques d'erreurs que s'ils sont effectués de façon traditionnelle.

La maquette numérique peut devenir un outil de choix pour gérer le chantier et contrôler les coûts. En intégrant les données de l'échéancier du projet avec les données en lien avec les coûts prévus et encourus, il est possible d'optimiser les ressources disponibles, mieux prévoir les dépenses et réduire les effets négatifs causés par les imprévus.

### 4.5.3 Réalisation d'une documentation sur les produits basée sur des modèles

Les prochaines évolutions réglementaires européennes sur les produits, notamment le Passeport Numérique des Produits (prévu en 2027) mais d'ores et déjà, toute la documentation réglementaire qui accompagne la mise en œuvre des produits dans un projet sont autant de contraintes administratives qui peuvent être prises en charge par le BIM. En effet, en véhiculant l'information entre l'industrie de la construction et l'industrie manufacturière, le BIM favorise la traçabilité des matériaux via la transparence du processus de gestion de la donnée. En intégrant de l'information sur l'origine des matériaux et sur leur impact environnemental à la maquette, il devient aisément de simuler la performance globale d'un projet et évaluer sa conformité aux réglementations en vigueur.

Afin de faciliter l'usage du BIM pour la documentation des produits, il est recommandé d'opter pour des formats ouverts et de standardiser les protocoles d'échange de la donnée afin de respecter les principes d'interopérabilité des systèmes.

 Les Fiches Déclaratives Environnementales et Sanitaires (FDES) sont des documents de référence essentiels dans le secteur de la construction, introduits en 2004 et régis depuis 2014 par la norme NF EN 15804+A1. Elles contiennent des données cruciales sur les produits utilisés dans la construction, notamment en matière d'impact environnemental et sanitaire.

## 4 Mise en œuvre d'un projet BIM

### 4.5 Phase Réalisation des travaux

Les FDES sont utilisées par les professionnels de la construction pour :

- évaluer l'impact environnemental et sanitaire d'un projet de construction ;
- fournir des données quantitatives et qualitatives sur le cycle de vie des produits ;
- intégrer ces données dans l'analyse du cycle de vie (ACV) des bâtiments.

Avec l'arrivée de la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020), les FDES deviennent cruciales pour évaluer les émissions de CO<sub>2</sub> des produits utilisés dans la construction. Les FDES sont répertoriées dans la base de données INIES, qui est la référence en France pour ces fiches. Les professionnels peuvent y accéder pour consulter le catalogue complet des fiches disponibles.

Les modèles d'information du projet disposant des liens avec la base de données INIES et les identifiants FDES constituent un atout en fournissant des informations essentielles pour l'évaluation environnementale des produits et améliorer la performance environnementale des projets de construction.

■ L'Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) est une réglementation de l'UE qui vise à améliorer la durabilité des produits sur le marché européen en renforçant leur circularité, leur performance énergétique, leur recyclabilité et leur durabilité. La Construction Products Regulation (CPR) est une réglementation qui régit la mise sur le marché des produits de construction au sein de l'UE. Elle a été mise à jour pour intégrer des exigences de durabilité et de traçabilité, notamment à travers l'introduction du Digital Product Passport (DPP). Le Digital Product Passport (DPP) est un système numérique qui fournit des informations complètes et en temps réel sur les produits, y compris les produits de construction. Il est conçu pour soutenir la durabilité, la traçabilité et la conformité avec la CPR mise à jour. Il est destiné à maintenir :

- informations techniques et environnementales (inclus des données sur la performance, l'impact environnemental et l'utilisation des produits) ;
- accessibilité (les parties prenantes peuvent accéder aux DPP via des codes QR ou d'autres supports numériques) ;
- traçabilité (chaque DPP est lié à un système d'identification unique pour assurer la traçabilité à travers la chaîne d'approvisionnement) ;
- conformité obligatoire (les produits de construction ne peuvent pas être mis sur le marché de l'UE sans un DPP valide).

Les modèles d'information du projet disposant des identifiant DPP des produits constituent source fiable d'information pendant le cycle de vie de l'ouvrage.

#### 4.5.4 Compilation et remise de la documentation des ouvrages exécutés (DOE)

Le dossier des ouvrages exécutés (DOE) et le dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) sont des documents fournis après exécution par le titulaire au maître d'œuvre, lorsqu'il demande la réception des travaux.

L'ensemble des dossiers des ouvrages exécutés comprend notamment :

- les plans conformes à la réalisation ;
- les fiches techniques des matériaux et produits mis en œuvre ;

#### 4.5 Phase Réalisation des travaux

- les spécifications de pose, les notices de fonctionnement;
- les prescriptions de maintenance des éléments d'équipement mis en œuvre;
- les conditions de garantie des fabricants attachées à ces équipements;
- les constats d'évacuation des déchets et les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage (DIUO) préalablement validés par le maître d'œuvre.

Le contenu du dossier des ouvrages exécutés (DOE) est fixé dans les documents particuliers du marché. Le DIUO rassemble les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors des interventions ultérieures et, notamment, lors de l'entretien de l'ouvrage.

Dans le cadre d'un projet en BIM, ces documents sont remis sous un format numérique conforme au format et aux caractéristiques définis par les documents particuliers du marché, et le plan d'exécution BIM (BEP).

Selon la série de normes ISO 19650, le modèle d'information du projet (PIM) élaboré pendant la phase de réalisation, contribue au modèle d'information de l'actif (AIM). La conformité du PIM à l'AIM résulte des exigences d'information du projet (PIR) et des exigences d'échange d'information (EIR) mises en œuvre au sein de l'environnement de données commun.

Dans ce contexte, les DOE et DIUO comprennent les modèles d'information du projet conformes aux exigences d'information de l'actif.

## Normes relatives au BIM (Liste non exhaustive)

- EN 15643-3** « Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Évaluation des bâtiments – Partie 3 : cadre pour l'évaluation de la performance sociale »
- EN 16310** « Services d'ingénierie – Terminologie destinée à décrire les services d'ingénierie pour les bâtiments, les infrastructures et les installations industrielles »
- EN 17412-1** « Modélisation des informations de la construction – Niveau du besoin d'information – Partie 1 : concepts et principes »
- FD CEN/TR 17654** « Guide pour la mise en œuvre des exigences en matière d'échange d'informations (EIR) et de plans d'exécution BIM (BEP) au niveau européen sur la base des normes EN ISO 19650-1 et 2 »
- FD ISO/TR 23262** « Interopérabilité SIG (géospatial)/BIM »
- ISO 10303-11** « Systèmes d'automatisation industrielle et intégration — Représentation et échange de données de produits — Partie 11 : Méthodes de description : Manuel de référence du langage EXPRESS »
- ISO 10303-21** « Systèmes d'automatisation industrielle et intégration — Représentation et échange de données de produits — Partie 21 : Méthodes de mise en application : Encodage en texte clair des fichiers d'échange »
- ISO 10303-22** « Systèmes d'automatisation industrielle et intégration — Représentation et échange de données de produit — Partie 22 : Méthodes de mise en application : Interface normalisée d'accès aux données »
- ISO 10303-28** « Systèmes d'automatisation industrielle et intégration — Représentation et échange de données de produits — Partie 28 : Méthodes d'implémentation : représentations XML de schémas et de données EXPRESS en utilisant des schémas XML »
- ISO 12006-2** « Construction immobilière — Organisation de l'information des travaux de construction — Partie 2 : cadre pour les classifications »
- ISO 12006-3** « Construction immobilière — Organisation de l'information des travaux de construction — Partie 3 : Schéma pour l'information basée sur l'objet »
- ISO 12911** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Cadre pour la spécification de la mise en œuvre du BIM »
- ISO 16739-1** « 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 19148** « Information géographique — Référencement linéaire »
- ISO 19650-1** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 1 : Concepts et principes »
- ISO 19650-2** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 2 : Phase de réalisation des actifs »

**ISO 19650-3** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 3 : Phase d'exploitation des actifs »

**ISO 19650-4** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 4 : Échange d'informations »

**ISO 19650-5** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) — Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction — Partie 5 : Approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité »

**ISO/DIS 19650-6** « Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 6 : Health and safety information »

**ISO 22057** « Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil — Modèles de données pour l'utilisation des déclarations environnementales de produits (DEP) pour les produits de construction dans la modélisation des informations de la construction (BIM) »

**ISO 23386** « Modélisation des informations de la construction et autres processus numériques utilisés en construction — Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires de données interconnectés »

**ISO 23387** « Modélisation des informations de la construction (BIM) — Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des biens construits — Concepts et principes »

**ISO 29481-1** « Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 1 : Méthodologie et forma »

**ISO 29481-2** « Modèles des informations de la construction — Protocole d'échange d'informations — Partie 2 : Cadre d'interaction »

- NF EN 17549-2** « Modélisation des informations de la construction (BIM) – Structure des informations basée sur l'EN ISO 16739-1 pour l'échange de modèles de données et de feuilles de données pour les objets de construction – Partie 2 : Objets de construction configurables et exigences »
- NF EN 17632-1** « Modélisation d'informations de la construction (BIM) – Modélisation et liaisons sémantiques (SML) – Partie 1 : Schémas de modélisation génériques »
- NF EN ISO 7817-1** « Modélisation des informations de la construction (BIM) – Niveau du besoin d'information – Partie 1 : Concepts et principes »
- NF EN ISO 16739** « Classes de fondation d'industrie (IFC) pour le partage des données dans le secteur de la construction et de la gestion des installations »
- NF EN ISO 19650-1** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : concepts et principes »
- NF EN ISO 19650-2** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 2 : phase de réalisation des actifs »
- NF EN ISO 19650-3** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 3 : phase d'exploitation des actifs »
- NF EN ISO 19650-4** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 4 : échange d'informations »
- NF EN ISO 19650-5** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 5 : approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité »
- NF EN ISO 22014** « Objets de bibliothèque pour l'architecture, l'ingénierie, la construction et l'utilisation »
- NF EN ISO 22057** « Développement durable dans les bâtiments et ouvrages de génie civil – Modèles de données pour l'utilisation des déclarations environnementales de produits (DEP) pour les produits de construction dans la modélisation des informations de la construction (BIM) »
- NF EN ISO 23386** « Modélisation des informations de la construction et autres processus numériques utilisés en construction – Méthodologie de description, de création et de gestion des propriétés dans les dictionnaires de données interconnectés »
- NF EN ISO 23387** « Modélisation des informations de la construction (BIM) – Modèles de données pour les objets de construction utilisés durant le cycle de vie des biens construits – Concepts et principes »

**SIA 112** « Modèle : Étude et conduite de projet »

**SIA 405** « Geodonnées du cadastre des conduites de distribution et d'assainissement »

**SIA 2014** « CAO / DAO-Échange de données – Structure et codification des calques »

**SIA 4008** « Cadastre des conduites – Lignes directrices relatives à la norme SIA 405 »

**SIA 4013** « Ligne directrice Échange de données CAO – Organisation et planification »

**SN EN ISO 19650-1** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 1 : concepts et principes »

**SN EN ISO 19650-2** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 2 : phase de réalisation des actifs »

**SN EN ISO 19650-3** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 3 : phase d'exploitation des actifs »

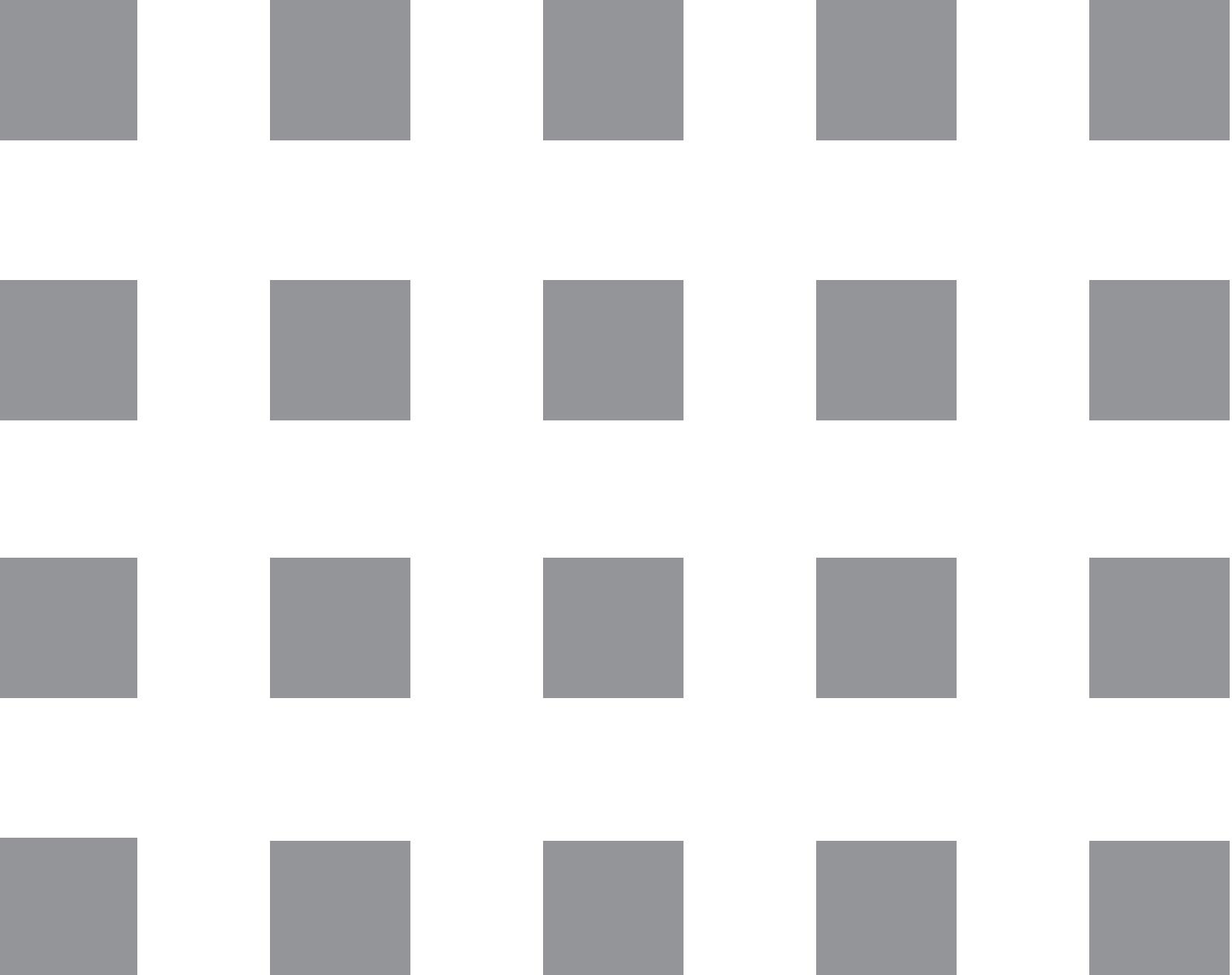
**SN EN ISO 19650-4** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 4 : échange d'informations »

**SN EN ISO 19650-5** « Organisation et numérisation des informations relatives aux bâtiments et ouvrages de génie civil, y compris modélisation des informations de la construction (BIM) – Gestion de l'information par la modélisation des informations de la construction – Partie 5 : approche de la gestion de l'information axée sur la sécurité »

**XP CEN/TS 17623** « BIM Propriétés pour l'éclairage – Luminaires et capteurs »

## Notes





buildingSMART propose avec le programme de « Certification Professionnelle » (« Foundation » et « Practitioner ») un standard de qualité internationalement comparable pour la certification des compétences openBIM. BIMcert couvre cette formation BIM. La formation « Practitioner » se concentre sur les domaines de la coordination openBIM et du management openBIM. Ce livre est dédié à la formation de l'openBIM et décrit tous les domaines qui y sont associés. Il commence par un aperçu des bases de la digitalisation et des principaux concepts de l'openBIM. Cela constitue le socle pour la formation « Foundation » (connaissances de base).

Les personnes intéressées d'un point de vue théorique ainsi que les praticiens trouvent ensuite une analyse approfondie de la standardisation openBIM et de l'IFC, suivie d'un aperçu plus détaillé de notions telles que le MVD, BCF, CDE, LOIN, IDS, bSDD et UCM. Avec ces connaissances, les praticiens trouveront dans le chapitre « Réalisation de projets BIM » le savoir-faire fonctionnel nécessaire à la pratique en coordination openBIM ou management openBIM.

