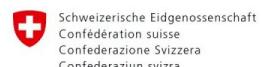




Office fédéral de topographie swisstopo



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

## Rapport technique Etude «Bâtiment officiel de Suisse»

Bundesamt für Landestopografie swisstopo  
Office fédéral de topographie swisstopo  
Ufficio federale di topografia swisstopo  
Uffizi federali di topografia swisstopo

Schlieren, le 28 juillet 2020

**Carla Thoma**  
Carla.Thoma@achtgradost.ch

**Christian Kaul**  
Christian.Kaul@achtgradost.ch

**Dr Jürg Lüthy**  
Juerg.Luethy@achtgradost.ch

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>10</b>
1.1	Contexte de départ.....	10
1.2	Mandat confié et objectifs du projet .....	10
1.3	Méthode et mode opératoire .....	11
1.4	Notions et définitions.....	12
1.5	But et contenu du présent document .....	15
1.6	Remerciements adressés à toutes les personnes ayant prêté leur concours à cette étude .....	16
<b>2</b>	<b>Analyse des acteurs et des besoins actuels des utilisateurs .....</b>	<b>17</b>
2.1	Identification des parties prenantes (stakeholder).....	17
2.2	Entrevues .....	18
2.3	Enquête écrite (en ligne) .....	21
<b>3</b>	<b>Analyse du contexte .....</b>	<b>24</b>
3.1	Bases de données nationales.....	24
3.2	Normes et standards.....	28
3.3	Modèles de données internationaux focalisés sur les informations des bâtiments .....	32
3.4	Etudes visant à associer le MTP et la MO .....	39
<b>4</b>	<b>Synthèse des analyses des parties prenantes et du contexte.....</b>	<b>40</b>
4.1	Introduction .....	40
4.2	Synthèse des exigences formulées par les acteurs d'importance.....	40
4.3	Synthèse de l'analyse du contexte .....	47
4.4	Résumé .....	50
<b>5</b>	<b>Proposition de définition du «Bâtiment».....</b>	<b>53</b>
5.1	Introduction .....	53
5.2	Définition de l'objet «Bâtiment» et ampleur de la base de données.....	53
5.3	Classification du modèle de bâtiment dans le thème général des «Ouvrages» .....	55
<b>6</b>	<b>Projet de modèle de données «Bâtiment officiel CH».....</b>	<b>59</b>
6.1	Objectif assigné au modèle de données .....	59
6.2	Variantes techniques.....	60
6.3	Discussion des variantes et recommandation .....	63
6.4	Proposition de modèle de données «Bâtiment officiel CH» .....	64
6.5	Plausibilisation du modèle de données «Bâtiment officiel CH» à l'aide d'exemples concrets .....	72
6.6	Plausibilisation du modèle de données «Bâtiment officiel CH» à l'aide de la «Documentation numérique de la propriété par étages» .....	80
6.7	Réflexions relatives au processus de mise à jour.....	83

## Liste des figures

Figure 1	Personnes et organisations interrogées .....	18
Figure 2	Nombre de commandes de swissBUILDINGS <sup>3D</sup> par an (source: swisstopo) .....	24
Figure 3	Nombre de commandes de swissBUILDINGS <sup>3D</sup> par mois (source: swisstopo) .....	25
Figure 4	Segment clients et utilisations, parts en pourcentage (source: swisstopo) .....	26
Figure 5	Formats pour l'obtention de données (source: swisstopo) .....	26
Figure 6	Représentation schématique des normes eCH pertinentes en matière de référencement d'objets - canton de Zurich .....	31
Figure 7	Vue d'ensemble des modèles de données internationaux examinés .....	33
Figure 8	Extrait du diagramme des classes de LandInfra – classification des bâtiments .....	34
Figure 9	Degrés de spécification (Level of Detail, LOD) différents dans CityGML (source: <a href="https://kartat.espo.fi/3d/citymodel_en.html">https://kartat.espo.fi/3d/citymodel_en.html</a> ) .....	34
Figure 10	Diagramme des classes de CityGML version 3, module des bâtiments .....	35
Figure 11	Représentation simplifiée du diagramme des classes d'IFC (source: Rajabifard, 2019) .....	36
Figure 12	Diagramme des classes de LADM (source: Lemmen, 2015) .....	38
Figure 13	Interlis dans le contexte de LADM (source: Germann 2017) .....	38
Figure 14	Utilisation des sources de données existant aujourd'hui pour le bâtiment .....	43
Figure 15	Intérêt envers une notion de «Bâtiment» harmonisée .....	43
Figure 16	Intérêt envers un modèle de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé au plan national .....	44
Figure 17	Exigence envers l'actualité des données .....	45
Figure 18	Exigences géométriques envers un futur modèle de données .....	45
Figure 19	Progression de l'extension du RegBL, canton par canton (source: housing-stat.ch, le 11.05.2020) <a href="https://www.housing-stat.ch/images/Erw_progression_FR.png">https://www.housing-stat.ch/images/Erw_progression_FR.png</a> , 12.07.2021 .....	47
Figure 20	Modélisation différente d'un mur dans IFC et CityGML (source: Nagel et. al. 2009) .....	49
Figure 21	Visualisation cohérente d'un bâtiment comme jeu de données IFC (source: Nardo et. al. 2019) .....	49
Figure 22	Des valeurs erronées pour l'étage dans le jeu de données IFC compliquent l'échange avec CityGML (source: Nardo et. al. 2019) .....	50
Figure 23	Influences et dépendances réciproques .....	53
Figure 24	Viaduc de Wipkingen avec les locaux insérés entre ses piles .....	56
Figure 25	Schéma du modèle d'ouvrage .....	56
Figure 26	Héritages en IFC 4 pour une dalle normale .....	61
Figure 27	Exemple d'un profil pour un schéma d'application standardisé, ici pour LADM (Felus, 2014) .....	61
Figure 28	Exemple de modèle intégrant des aspects de CityGML et d'IFC (source: El-Mekawy, 2011) .....	62
Figure 29	Structure principale du modèle de données .....	65
Figure 30	Extrait du diagramme des classes centré sur les bâtiments de forme ponctuelle .....	66
Figure 31	Extrait du modèle de données pour illustrer le lien entre objets en 3D et en 2D .....	67
Figure 32	Diagramme des classes avec des détails relatifs à la structure en 3D .....	68
Figure 33	Base pour la vue éclatée de la figure suivante (source de données: documentation SIA D 0270), les surfaces en vert représentent le terrain de façon simplifiée .....	69
Figure 34	Vue éclatée du modèle de données «Bâtiment officiel CH» (source de données: documentation SIA D 0270) .....	70
Figure 35	Complexe Steinfels Areal, vue aérienne oblique, source: Bing Maps .....	72
Figure 36	Steinfels Areal, situation depuis la Heinrichstrasse (sources Google Street View, Allreal) .....	72
Figure 37	Steinfels Areal, modèle de la ville de Zurich (une couleur par objet pourvu d'un Egid) .....	73
Figure 38	Steinfels Areal, plan de situation issu de la MO avec les EDID du RegBL en superposition (source: maps.geo.admin.ch) .....	73
Figure 39	Steinfels Areal, extrait du RegBL (source: OFS) .....	74

Figure 40	Approche pour la transposition du complexe Steinfels Areal dans le nouveau modèle de données.....	74
Figure 41	Actelion Business, vue aérienne oblique (source: Wikipedia.org) .....	75
Figure 42	Actelion Business, vue de la façade (source: Herzog & de Meuron).....	75
Figure 43	Actelion Business, plan de situation issu de la MO (n° 95), avec les EDID du RegBL en superposition (source: maps.geo.admin.ch) .....	76
Figure 44	Approche pour la transposition de l'Actelion Business Center dans le modèle de données.....	76
Figure 45	Gehry Building, vue aérienne oblique (source: Badische Zeitung / Sykcraper.com).....	77
Figure 46	Gehry Building, vue de la façade (source: sbp.de) .....	78
Figure 47	Gehry Building, plan de situation issu de la MO, avec les EDID du RegBL en superposition (source: maps.geo.admin.ch).....	78
Figure 48	Approche pour la transposition du Gehry Building dans le modèle de données .....	79
Figure 49	Construction en coque de l'église Steinkirche à Cazis (source: graubuenden.ch).....	80
Figure 50	Diagramme des classes du modèle de données de la propriété par étages (source: swisstopo) .....	81
Figure 51	Intégration d'informations issues de la propriété par étages dans le diagramme des classes du «Bâtiment officiel CH» .....	82

**Photo de la page de couverture:** gare routière de la ville de Winterthour, un toit, un support (avec un espace intérieur) – un «Bâtiment».

Source: [www.stutzbolt.ch](http://www.stutzbolt.ch)

## Abréviations

Abréviation/notion	Définition
AIHC	Accord intercantonal harmonisant la terminologie dans le domaine des constructions
AV	Mensuration officielle ( <i>amtliche Vermessung</i> )
BIM	Building Information Modelling (conception, construction et exploitation numériques), méthode selon le cahier technique SIA 2051 BIM
CCGEO	Conférence des services cantonaux de géoinformation
CECB	Certificat énergétique cantonal des bâtiments
CFF	Chemins de fer fédéraux suisses
CH	Suisse
COSIG	Coordination, services et informations géographiques. COSIG coordonne les activités de l'administration fédérale dans le domaine de l'information géographique (IG) et des systèmes d'information géographique (SIG).
CS	Couverture du sol (MO)
CSCC	Conférence des services cantonaux du cadastre
DM.flex	Modèle de géodonnées de la mensuration officielle
DTAP	Conférence des directeurs cantonaux des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement
eCH	Normes de cyberadministration (E-Government Standards) L'association eCH encourage, développe et adopte des normes dans le domaine de la cyberadministration. Pour une collaboration électronique efficace entre les autorités, les entreprises et les personnes privées. (source: ech.ch)
EDID	Identificateur fédéral d'entrée de bâtiment
EGID	Identificateur fédéral de bâtiment
EWID	Identificateur fédéral de logement
FM	Facility Management
GABMO	Gestion des adresses de bâtiment par la mensuration officielle Projet de swisstopo pour la gestion des adresses de bâtiments dans la MO
GVZ	Assurance des bâtiments du canton de Zurich ( <i>Gebäudeversicherung Kanton Zürich</i> )
IFC	Industry Foundation Classes, standard ouvert du domaine de la construction pour la description numérique de modèles de bâtiments (Building Information Modeling, BIM)
IGS	Ingénieurs Géomètres Suisses, association faîtière suisse des ingénieurs géomètres employeurs
IMO-RF	Interface pour l'échange de données entre la mensuration officielle et le registre foncier
ISO	Organisation internationale de normalisation ( <i>International Organization for Standardization</i> )
KBOB	Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics
LADM	Land Administration Domain Model
LOD/LoD	Degré de spécification ( <i>Level of Detail</i> )

**Abréviation/notion**   **Définition**

MO	Mensuration officielle
MTP	Modèle topographique du paysage ( <i>TLM en allemand</i> )
NT	Niveau de tolérance
OD	Objets divers (MO)
OFCOM	Office fédéral de la communication
OFEN	Office fédéral de l'énergie
OFEV	Office fédéral de l'environnement
OFS	Office fédéral de la statistique
OGC	Open Geospatial Consortium
ORegBL	Ordonnance sur le Registre fédéral des bâtiments et des logements
OTEMO	Ordonnance technique du DDPS sur la mensuration officielle
PPE	Propriété par étages
PV	Installation photovoltaïque
RdH	Registre des habitants
RDPPF	Restriction de droit public à la propriété foncière
RegBL	Registre fédéral des bâtiments et des logements
RF	Registre foncier
RS	Recueil systématique du droit fédéral (RS) <sup>1</sup>
SB	Surface bâtie
SG	Canton de Saint-Gall
SIA	Société suisse des ingénieurs et des architectes
TP	Transports publics

**Documents de référence**

Les documents de référence suivants ont été utilisés pour élaborer la présente étude.

Auteur(s) / éditeur	Titre	Version	Année
Allreal	Überbauung West-Side in Zürich West Urbanes Wohnen an bester Lage	-	2002 env.
Bâtir digital Suisse	Catalogue des champs d'information BIM2FM	(document de travail)	2020
CSCC	Directive – Degré de spécification en mensuration officielle Couche d'information de la couverture du sol	2	2011
CSCC	Directive – Degré de spécification en mensuration officielle Couche d'information des objets divers	2	2011
DTAP	Accord intercantonal harmonisant la terminologie dans le domaine des constructions (AIHC) Annexe 1: notions et méthodes de mesure	-	2015

<sup>1</sup> Recueil systématique du droit fédéral: <https://www.fedlex.admin.ch/fr>

Auteur(s) / édi- teur	Titre	Version	Année
	Annexe 2: croquis		
EBP	Verknüpfung von Gebäudegeometrien aus AV und TLM	-	2014
eCH	eCH-0129 Norme concernant les données Référencement d'objets	5.0	2019
Flotron	Gebäude TLM-AV (Studie zur Verschneidung von AV Grundrissen und 3D Dächern aus dem TLM)	-	2015
OFCOM	Plan d'action Suisse numérique		2018
RS	Ordonnance sur le Registre fédéral des bâtiments et des logements (ORegBL), RS 431.841	-	2017
RS	Ordonnance sur la mensuration officielle, RS 211.432.2	-	2008
RS	Ordonnance technique du DDPS sur la mensuration officielle, RS 211.432.21	-	2008
SIA	SIA 112:2014, Modèle: étude et conduite de projet	-	2014
SIA	SIA 380:2015, Bases pour les calculs énergétiques des bâtiments	-	2015
SIA	SIA 380/1:2016, Besoins de chaleur pour le chauffage	-	2016
SIA	SIA 380/1-C1:2019, Besoins de chaleur pour le chauffage – Rectificatif C1 à la norme SIA 380/1:2016	-	2019
SIA	SIA 405:2012, Géodonnées du cadastre des conduites de distribution et d'assainissement	-	2012
SIA	SIA 416:2003, Surfaces et volumes des bâtiments	-	2003
SIA	SIA 2024:2015, Données d'utilisation des locaux pour l'énergie et les installations du bâtiment	-	2015
SIA	SIA 2051:2017, Building Information Modelling (BIM) - Bases pour l'application de la méthode BIM	-	2017

## Publications scientifiques

Les publications scientifiques suivantes ont été utilisées pour élaborer la présente étude.

- DENG, Yichuan; CHENG, Jack CP; ANUMBA, Chimay. Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison. *Automation in Construction*, 2016, 67. Jg., p. 1-21.
- EL-MEKAWY, Mohamed; ÖSTMAN, Anders; SHAHZAD, Khurram. Towards interoperating CityGML and IFC building models: a unified model based approach. Dans: *Advances in 3D geo-information sciences*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. p. 73-93.
- FELUS, Yaron, et al. Steps towards 3D Cadastre and ISO 19152 (LADM) in Israel. Dans: *Proceedings of the 4th International Workshop on 3D Cadastres*. 2014. p. 9-11.
- GERMANN, Michael, et al. The LADM based on INTERLIS. Dans: *Cadastre: Geo-Information Innovations in Land Administration*. Springer, Cham, 2017. p. 113-119.
- GILBERT, Thomas, et al. *Built environment data standards and their integration: an analysis of IFC, CityGML and LandInfra*. Lehrstuhl für Geoinformatik, 2020.
- LEMMEN, Christiaan; VAN OOSTEROM, Peter; BENNETT, Rohan. The land administration domain model. *Land use policy*, 2015, 49. Jg., p. 535-545.
- LI, Lin, et al. 3D modeling of the ownership structure of condominium units. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2016, 59. Jg., p. 50-63.
- NOARDO, Francesca, et al. GeoBIM benchmark 2019: design and initial results. In: *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives*. ISPRS, 2019. p. 1339-1346.
- RAJABIFARD, Abbas; ATAZADEH, Behnam; KALANTARI, Mohsen. *BIM and urban land administration*. CRC Press, 2019.
- SUN, Jing, et al. Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models. *Journal of Spatial Science*, 2019, p. 1-21.
- ZADEH, Puyan A., et al. BIM-CITYGML data integration for modern urban challenges. *J Inf Technol Constr*, 2019, 24. Jg., p. 318-40.

## Management Summary (résumé)

La société Acht Grad Ost AG a réalisé la présente étude pour le compte de l'Office fédéral de topographie swisstopo.

Les informations sur les bâtiments sont extrêmement précieuses dans les processus opérationnels des organisations les plus diverses. Outre les données proposées par des acteurs du secteur privé, via Google Maps, Google Street View ou OpenStreetMap par exemple, trois bases de données distinctes des pouvoirs publics sont disponibles aujourd'hui sur l'intégralité du territoire suisse. Ces trois «produits» que sont le Registre des bâtiments et des logements (RegBL), la mensuration officielle (MO) et swissBUILDINGS<sup>3D</sup> ont été créés dans des optiques différentes et leurs données respectives ne sont ni synchronisées ni harmonisées pour l'heure. C'est la raison pour laquelle swisstopo a initié cette étude afin d'examiner en détail l'idée d'un nouveau produit «Bâtiment officiel CH» et d'élaborer différentes variantes.

Une analyse du contexte a été entreprise dans le cadre de cette étude. Elle s'est fondée sur des entretiens oraux et une enquête écrite qui ont mis en lumière le grand intérêt existant aussi bien pour une compréhension harmonisée de la notion de «Bâtiment» que pour une base de données officielle. A mesure que le numérique progresse dans le secteur de la construction, le besoin de pouvoir utiliser toutes les informations liées aux bâtiments de façon structurée et compréhensible par un ordinateur se fait plus fort, en dehors aussi des cercles classiques d'utilisateurs de telles informations. Les exemples de nouvelles formes d'utilisation d'un *jumeau numérique* ne manquent pas: réalité augmentée, questions énergétiques («CO<sub>2</sub> reporting») ou rapports liés aux résidences secondaires. Les délimitations pour partie différentes des bâtiments (granularité) ainsi que le fractionnement d'informations importantes entre différentes bases et divers formats de données compliquent aujourd'hui la vision d'ensemble pour les utilisateurs.

Les différentes définitions utilisées pour la notion de «Bâtiment» constituent une autre difficulté. Il est recommandé, pour ne pas ajouter de nouvelles notions supplémentaires, de recourir à la notion de bâtiment employée dans le RegBL, parce qu'elle existe déjà, qu'elle est bien établie et qu'elle est solidement étayée.

Les standards internationaux tels que CityGML pour les modèles urbains étendus et Industry Foundation Classes (IFC) dans le contexte du BIM (Building Information Modeling) sont largement répandus dans diverses branches et pourraient servir d'assise à une future base de données «Bâtiment officiel CH». Il ressort toutefois de l'analyse de différentes recherches entreprises et des informations fournies par le panel de spécialistes dans le cadre de l'analyse du contexte que des pertes sont généralement à déplorer lors d'un échange sur la base d'IFC, de sorte que des corrections manuelles sont requises a posteriori. Par ailleurs, aucune approche ne s'est encore révélée idéale pour le transfert de CityGML en IFC ou vice-versa. Au vu des objectifs assignés à la base de données et des exigences envers un modèle de données aisément utilisable, la variante d'un modèle neutre et indépendant est donc privilégiée dans l'étude. Une telle approche permet d'éliminer plus simplement les problèmes cités lors de l'échange entre le domaine du BIM et l'infrastructure de géodonnées.

Un modèle de données a été conçu jusqu'au niveau du diagramme des classes pour la solution envisagée. Des propositions pour la modélisation géométrique, des propositions et des directives de saisie pour la mise à jour complètent les prescriptions visant une structure de données harmonisée. La vraisemblance du modèle de données a été testée sur divers bâtiments et la coïncidence avec les structures proposées a été vérifiée pour le modèle de données de la documentation numérique de la propriété par étages, récemment publié.

Les réactions positives des utilisateurs actuels et potentiels d'une base de données «Bâtiment officiel CH» montrent bien que les travaux doivent se poursuivre. Le moment est idéal aux dires de certaines organisations, car bon nombre d'entre elles vont faire passer leurs processus au numérique dans les années à venir, de profondes modifications étant également attendues du côté de la MO. Si elles pouvaient déjà se fonder sur une nouvelle base de données dans ce cadre, elles en seraient très heureuses. L'intérêt se manifeste aussi par le fait que certaines personnes interrogées souhaitent prendre une part active au développement.

# 1 Introduction

## 1.1 Contexte de départ

Une évolution considérable a pu être observée ces dernières années en matière de géodonnées en 3D en général et de modèles de bâtiments en particulier. Des capteurs de meilleure qualité pour l'acquisition des données (photogrammétrie numérique, balayage laser aéroporté), des algorithmes permettant une extraction fortement automatisée d'objets spécifiques dans ces gros volumes de données de même que les capacités grandement accrues dans le domaine de la visualisation ont conduit à une impressionnante mue de l'utilisation de données en 3D, passant en l'espace de quinze ans d'une application spécialisée particulièrement coûteuse à un véritable produit de masse.

Ces dernières années, le passage au numérique des processus opérationnels a eu de fortes répercussions sur la conception des bâtiments et des infrastructures ainsi que sur le déroulement des projets. Un cercle d'utilisateurs de plus en plus large prend en effet conscience des avantages que présentent des informations numériques structurées dans le contexte de la méthode BIM par rapport à des données graphiques.

Les informations sur les bâtiments ou leurs représentations numériques servent aux buts les plus divers et sont aujourd'hui gérées par des services communaux, cantonaux et nationaux ainsi que par des acteurs du secteur privé. Chaque groupe d'utilisateurs ou presque a sa propre vision – généralement fondée sur des raisons historiques ou juridiques – des bâtiments et, par suite, sa propre définition de l'objet du monde réel correspondant exactement à une information de bâtiment, tant et si bien que les bases de données actuellement disponibles concernant les bâtiments présentent des structures très différentes les unes des autres. En raison de la diversité des compétences et des tâches, ces données numériques sur les bâtiments ne sont pas exemptes de contradictions. A cela s'ajoute le fait que la notion de «Bâtiment» n'est pas utilisée de manière homogène et que la même information est parfois gérée par plusieurs organisations. A mesure que le numérique progresse, une demande se fait de plus en plus forte, celle de pouvoir associer entre elles des données de bâtiments issues de sources différentes, de façon logique et géométriquement exacte, afin d'en tirer une vision d'ensemble.

Un futur modèle de données pour les bâtiments doit pouvoir gérer les différentes interprétations. Les définitions allant généralement de pair avec des empreintes géométriques (ou des simplifications) qui leur sont propres, une attention particulière doit être portée à cet aspect. C'est pourquoi les diverses visions sont documentées dans le premier lot de travaux, afin d'identifier les concordances, mais aussi les divergences entre définitions différentes de la notion de bâtiment.

## 1.2 Mandat confié et objectifs du projet

La société Acht Grad Ost AG a réalisé la présente étude intitulée « Bâtiment officiel de Suisse » pour le compte de l'Office fédéral de topographie swisstopo.

A terme, c'est la création d'un modèle de données homogène et officiel pour la reproduction numérique des bâtiments en Suisse qui est visée. Ce modèle devra aussi bien satisfaire les exigences actuelles que celles à venir. Ainsi, des jeux de données de bâtiments différant par leurs degrés de spécification et leurs dimensions spatiales (2D ou 3D) devront pouvoir être associés entre eux sans la moindre difficulté, tant sur le plan logique que géométrique. En outre, le modèle de données, respectivement la base de données «Bâtiment officiel CH», devra garantir que ces données peuvent servir d'assise à des applications relevant des domaines de la conception, de la construction, de la

maintenance et de l'exploitation des bâtiments. En conséquence, il est exigé, dans le mandat du projet, que l'interopérabilité avec les données BIM soit permise et garantie.

### Objectif principal de l'étude

Elaboration de bases en vue de la création d'un nouveau modèle de données interdisciplinaire baptisé «Bâtiment officiel CH».

L'étude poursuit également d'autres objectifs, à savoir:

- les parties prenantes (stakeholder) sont toutes parfaitement identifiées,
- les exigences des parties prenantes et les besoins des utilisateurs sont connus et documentés,
- les éléments existants d'importance (bases et modèles (schémas d'application) de données, processus et interfaces (formats d'échange)) sont tous connus et documentés,
- les objectifs assignés à un modèle de bâtiment officiel sont déduits de l'analyse du contexte et des parties prenantes,
- les variantes pour la mise en œuvre au plan technique et organisationnel du nouveau modèle de bâtiment sont esquissées et évaluées,
- un plan d'action pour la suite du processus est esquissé.

## 1.3 Méthode et mode opératoire

Le traitement de l'étude a été scindé en deux phases distinctes:

- lot de travaux 1 – analyse du contexte et des exigences
- lot de travaux 2 – proposition d'implémentation avec une définition possible du bâtiment, modèle de données «Bâtiment officiel CH»

### 1.3.1 Lot de travaux 1 – analyse du contexte et des exigences

Le premier lot de travaux visait à dresser un état des lieux portant à la fois sur la situation réelle en matière de données des bâtiments et sur les exigences et les besoins à satisfaire par les futures informations sur les bâtiments, afin d'en dégager une vue d'ensemble consolidée.

Le premier lot de travaux comportait les tâches suivantes:

1. Identifier les parties prenantes impliquées (régulateurs, producteurs et utilisateurs de données).
2. Examiner le produit actuel MTP. Les informations relatives à la production actuelle de swissBUILDINGS<sup>3D</sup>, les analyses et les investigations conduites (EBP – 2014 et Flotron - 2015) ainsi que les développements prévus en direction d'une «structuration RegBL» revêtent de l'intérêt pour les travaux à suivre.
3. Identifier et analyser les normes et les standards nationaux et internationaux d'importance dans le domaine des informations sur les bâtiments. Les normes et les standards disponibles aujourd'hui ont été analysés en portant une attention particulière à la structure topologique respectivement géométrique des modèles de bâtiments, considérés comme des bases potentielles pour le futur modèle de données à concevoir.
4. Elaborer le catalogue des questions pour les entretiens.
5. Réaliser les entrevues. La sélection des personnes interrogées s'est opérée selon deux critères simultanément pris en compte de façon appropriée, à savoir les différentes utilisations des informations sur les bâtiments et les diverses régions linguistiques de Suisse.

6. Réaliser une enquête en ligne. Les réflexions et les enseignements issus des étapes de travail antérieures concernant un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» ont été évalués puis validés dans le cadre d'une enquête en ligne ouverte à un éventail de participants plus large.
7. Préparer et documenter les exigences découlant des étapes du lot de travaux 1 pour un futur modèle de données (contenu, structure et exigences de qualité) pour qu'elles servent de base à la synthèse.

### 1.3.2 Lot de travaux 2 – proposition d'implémentation

Du fait des enseignements tirés des entretiens, les étapes de travail de la seconde phase ont été itératives et chevauchaient pour partie la première phase de l'étude:

1. Elaborer resp. proposer une notion de bâtiment ainsi que d'autres définitions répertoriées au paragraphe suivant. Les définitions ont constitué une base importante pour l'enquête en ligne.
2. Concevoir le futur modèle de données «Bâtiment officiel CH». Les entretiens ont permis de constater qu'une classification et une délimitation du «Bâtiment» au sein des «Ouvrages» était essentielle et même indispensable pour une compréhension commune avec d'autres branches. C'est pourquoi des modèles de données hiérarchiquement subordonnés les uns aux autres ont été élaborés en vue d'une classification.
3. Montrer que le modèle de données conçu est compatible avec les exigences de la pratique en s'appuyant pour cela sur des exemples de bâtiments. Des photos de bâtiments complexes existants ont servi à illustrer les réflexions sur le modèle de données puis à les valider.

Les travaux ont été réalisés entre août 2019 et mai 2020. Tous les enseignements tirés et tous les résultats obtenus sont rassemblés dans le présent rapport.

### 1.4 Notions et définitions

Certaines notions étant utilisées de manières très différentes aujourd'hui – un modèle de bâtiment désigne-t-il une structure d'objet ou un jeu de données? –, des notions homogènes et précises sont nécessaires pour la présente étude. Pour autant que cela soit possible, les notions sont reprises de bases légales ou de normes existantes. Les sources sont indiquées à chaque fois (cf. aussi Documents de référence en page vi), tout en sachant parfaitement que d'autres définitions existent pour certaines notions.

Dans le cadre de cette étude «Bâtiment officiel CH»<sup>2</sup>, les notions ont été définies et sont utilisées comme suit:

Notion	Définition
Base de données officielle	Une base de données établie et exploitée d'office, c.-à-d. en vertu d'une base légale définie. Ces données bénéficient d'une fiabilité et d'une crédibilité élevées du fait de leur source (l'Etat).
Bâtiment	<p>Sur un plan général:</p> <p>Construction immobilière pourvue d'une toiture fixe et généralement fermée abritant des personnes, des animaux ou des choses (AIHC).</p> <p>Pour la présente étude:</p>

<sup>2</sup> Précision importante: dans l'appel d'offres initial, l'étude était intitulée «Modèle de bâtiment officiel CH» et a été rebaptisée en «Bâtiment officiel CH» en cours de travaux. Le titre d'origine est utilisé dans les annexes du présent rapport.

Notion	Définition
	Bâtiment: construction immobilière durable couverte, bien ancrée dans le sol, pouvant accueillir des personnes et utilisée pour l'habitat, le travail, la formation, la culture, le sport ou pour toute autre activité humaine (selon ORegBL, art. 2, let b.).
Bâtiment officiel CH	Modèle et/ou base de données concernant des → ouvrages de type → bâtiment, conformément aux définitions et aux structures élaborées dans la présente étude.
BIM	Building Information Modelling Partie de la méthode BIM comprenant la génération et l'administration de modèles numériques avec les propriétés physiques et fonctionnelles d'un ouvrage ou d'un paysage. Les modèles numériques représentent une base de données d'informations sur l'ouvrage ou le paysage. Ils constituent une source fiable pour les décisions prises pendant l'ensemble du cycle de vie, de la planification stratégique au démontage (SIA cahier technique 2051).
Corps de bâtiment	Les corps de bâtiments suivants sont assurés avec le → bâtiment: a) les aménagements qui, suivant leur type, font corps avec le → bâtiment ou font partie de son équipement de base; b) d'autres aménagements (constructions) présentant une durabilité semblable à celle du → bâtiment et qui sont intégrés ou scellés à ce dernier de telle façon qu'il est impossible de les enlever sans causer une perte de valeur considérable ou des dommages importants au → bâtiment; une simple fixation ne vaut pas intégration; c) les installations solaires mises en place sur le → bâtiment. (Ordonnance associée à la loi sur l'assurance des bâtiments, canton de Saint-Gall, <i>Verordnung zum Gesetz über die Gebäudeversicherung Kanton SG, Art. 10</i> )
Définition officielle du bâtiment	La définition de ce qu'il convient de considérer/traiter comme un → bâtiment vaut pour toutes les autorités aux différents niveaux de l'Etat (Confédération, cantons et communes). La définition ne comporte aucune harmonisation de notions relevant du droit des constructions.
Elément de construction	Un élément de construction est une partie physiquement identifiable d'un → ouvrage, resp. d'une structure porteuse (SIA 112:2014).
Enveloppe du bâtiment	Elle se compose des → éléments de construction via lesquels les espaces conditionnés sont fermés de toute part (SIA 380:2015). En coupe horizontale, l'enveloppe du bâtiment coïncide avec la → surface de plancher.
Hauteur d'étage	Hauteur entre le niveau du sol fini de l'étage et le niveau du sol fini de l'étage supérieur (SIA 380:2015).
Information de bâtiment harmonisée	Différentes → bases de données officielles existent déjà pour les → bâtiments. Une base de données → «Bâtiment officiel CH»

Notion	Définition
	doit au moins réunir swissBUILDINGS <sup>3D</sup> (produit de swisstopo) et les différentes → bases de données officielles que sont le Registre des bâtiments et des logements (RegBL), la mensuration officielle (MO) et le répertoire officiel des adresses au sein d'un ensemble d'informations complet et harmonisé.
Jumeau numérique	Dans les domaines de la construction et de l'immobilier, un jumeau numérique (digital twin) est un modèle numérique d'ouvrage, donc une réplique numérique de la structure et du comportement d'un → ouvrage (real twin) dotée de connexions interactives avec son jumeau physique. Des informations transiennent par ces connexions (données d'état, d'utilisation ou d'analyse, ordres de commande, etc.). Les jumeaux numériques peuvent prendre des formes différentes suivant les degrés de spécification et d'automatisation ainsi que le type de connexions et d'informations. Un jumeau numérique reproduit ainsi des états (de construction et d'exploitation) d'un → ouvrage réel au fil du temps. Il peut reproduire un → ouvrage existant ou en cours de réalisation. (pour la version en allemand, cf. FHNW, <a href="https://www.3dgi.ch/3dgi2019/slides/1_3_Wahbeh_Digital_Twin_DE.pdf">https://www.3dgi.ch/3dgi2019/slides/1_3_Wahbeh_Digital_Twin_DE.pdf</a> )
Modèle de bâtiment	Par modèle de bâtiment, on entend aussi bien un jeu de données relatif à un → bâtiment que sa maquette physique. Il existe par ailleurs un risque de confusion avec le modèle de données du bâtiment qui décrit les structures, les relations et les attributs. Pour plus de clarté, les notions de modèle de données → «Bâtiment officiel CH» et de base de données → «Bâtiment officiel CH» seront donc logiquement utilisées dans la présente étude.
Ouvrage	Concept global pour toutes les constructions et installations du bâtiment et du génie civil (SIA, cahier technique 2051).
Surface bâtie	Par surface bâtie (SB), on entend la surface de terrain occupée par des → bâtiments ou des → corps de bâtiments (SIA 416:2003).
Surface de construction	La surface de construction est comprise à l'intérieur de la surface de plancher, elle est définie par les éléments formant l'enveloppe de l'immeuble et par les éléments intérieurs de la construction, par exemple les murs, cloisons, piliers, allèges, garde-corps. La surface de construction se subdivise en surface de construction porteuse et non porteuse (selon SIA 416:2003).
Surface de plancher	La surface de plancher SP est la somme des surfaces correspondant aux espaces accessibles fermés de toute part. La surface de plancher comprend aussi la surface de construction. Les surfaces de plancher comprennent les surfaces utiles principales SUP, les surfaces utiles secondaires SUS, les surfaces de dégagement SD, les → surfaces de construction SC et les surfaces d'installations SI (selon SIA 416:2003).

Notion	Définition
Surface de référence	Surface de → bâtiment, groupe de locaux ou local, utilisée pour le calcul de grandeurs spécifiques à la surface. Celles-ci permettent de spécifier et caractériser ainsi que de comparer les → bâtiments, groupes de locaux ou locaux (SIA 380:2015).
Surface de référence énergétique	Somme de toutes les → surfaces de plancher des étages et des sous-sols qui sont incluses dans l' → enveloppe thermique et dont l'utilisation nécessite un conditionnement [chauffage et/ou climatisation] (SIA 380:2015).
Surface externe de plancher	La surface externe de plancher est définie comme la somme des surfaces correspondant aux espaces situés à l'extérieur, qui ne sont donc pas fermés de toute part; elle comprend essentiellement les balcons, les terrasses, les terrasses de combles, les toitures-jardins et les garages ouverts, pour autant que ces surfaces ne communiquent pas directement avec la surface des abords (SIA 416:2003).
Volume bâti	<p>Le volume bâti (VB) est calculé à partir de la → surface de plancher (SP) et de la hauteur correspondante, sans aucun ajout ou soustraction.</p> <p>Les fondations spéciales servant à améliorer la portance du sol ne sont pas prises en compte dans le volume bâti. C'est par exemple le cas de pieux, de semelles ou de radiers en béton. (selon SIA 416:2003)</p>

## 1.5 But et contenu du présent document

Le présent rapport récapitule l'ensemble des résultats et des enseignements de l'étude «Modèle de bâtiment officiel CH».

#	Chapitre	Description
1	Introduction	<p>Ce chapitre décrit le contexte de départ, le mandat confié avec l'objectif assigné au projet ainsi que la méthode et le mode opératoire adopté.</p> <p>Les définitions d'importance pour le rapport sont également fournies ici.</p>
2	Analyse des acteurs et des besoins actuels des utilisateurs	Il est indispensable, pour un bon rapport coûts – bénéfices d'une future base de données des bâtiments, de bien connaître les parties prenantes et les besoins qui sont les leurs. Le mode opératoire, les groupes d'acteurs pris en compte et les questions font l'objet d'une documentation dans le présent chapitre.
3	Analyse du contexte	Outre la prise en compte des besoins des parties prenantes, il est important, pour une mise en œuvre avantageuse, de tenir compte des bases de données existant aujourd'hui et des schémas d'application (standardisés) avec des données de bâtiments.

#	Chapitre	Description
4	Synthèse des analyses des parties prenantes et du contexte	Les enseignements tirés de l'analyse des parties prenantes et de celle du contexte sont récapitulés dans ce chapitre.
5	Proposition de définition du «Bâtiment»	La définition de la notion de bâtiment est introduite sur la base de la synthèse et au titre de condition pour l'élaboration d'un modèle de données. Le bâtiment est replacé dans le contexte des ouvrages.
6	Projet de modèle de données «Bâtiment officiel CH»	Différentes variantes sont élaborées pour reproduire les bâtiments du monde réel dans une base de données. Un modèle concret est conçu jusqu'au niveau du diagramme des classes pour la variante privilégiée. Sa vraisemblance est testée.

## 1.6

### Remerciements adressés à toutes les personnes ayant prêté leur concours à cette étude

L'équipe du projet tient à remercier toutes les personnes interrogées pour l'engagement dont elles ont fait preuve, pour leur disponibilité et pour leur franchise lors des entretiens, même lorsque des points critiques ont été abordés. Nous remercions aussi l'ensemble des personnes ayant participé à l'enquête. C'est sur la base de leurs retours qu'il a été possible d'approfondir nos premières réflexions et d'en poursuivre le développement.

L'équipe du projet remercie également Marc Pancera d'Itten+Brechbühl AG pour les discussions aussi précieuses qu'enrichissantes que nous avons eu avec lui dans le cadre du développement d'un projet de modèle de données. Sa grande expérience en matière de conception, de construction et d'exploitation numériques (BIM et IFC) nous a permis de développer dès ce stade précoce du projet des structures de données particulièrement bien adaptées pour un futur échange de données.

Si les travaux menés dans le cadre de cette étude pour un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» ont pu être réalisés tels qu'ils l'ont été, c'est grâce à la précieuse collaboration des personnes interrogées lors des entretiens et des participants à l'enquête. Les informations ainsi communiquées ont fortement contribué au résultat final. Nous adressons donc nos remerciements les plus vifs à toutes et à tous pour cette aide et ce soutien précieux.

## 2 Analyse des acteurs et des besoins actuels des utilisateurs

### 2.1 Identification des parties prenantes (stakeholder)

Les informations et les données relatives aux bâtiments sont utilisées au quotidien dans différents domaines de spécialité. Le regard posé sur les bâtiments peut varier très fortement en fonction des tâches à accomplir et des problèmes à résoudre. Pour qu'un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» et la base de données gérée dans ce cadre soient connus des différents acteurs impliqués, soient bien acceptés et puissent donc servir au quotidien, il semble indiqué de commencer par recueillir les besoins en matière d'informations sur les bâtiments d'un large éventail d'acteurs et de les documenter. Aucune évaluation des besoins des utilisateurs n'a lieu à ce stade. Les exigences et les besoins sont enregistrés de façon aussi neutre que possible, sans porter le moindre jugement de valeur.

En recueillant les besoins des utilisateurs, on acquiert les bases sur lesquelles le futur modèle de données sera établi. Pour cela, les exigences actuelles en termes de contenu, d'ampleur et de qualité des données des bâtiments, ainsi que les exigences futures, déjà connues aujourd'hui ou d'ores et déjà prévisibles, sont recueillies et enregistrées. Les besoins doivent pouvoir être classés en fonction des bases déterminantes pour eux (régulation et normalisation existantes). Autrement dit, ces bases réglementaires doivent aussi être saisies et analysées. Un inventaire des bases de données existantes devrait également être dressé et elles devraient être prises en compte dans l'analyse, pour autant que ce soit possible. Ces analyses et ces enseignements doivent alors permettre de proposer une définition du bâtiment (cf. chapitre 5) et un projet pour un futur modèle de données (cf. chapitre 6). Les questions suivantes se posent donc pour l'identification des parties prenantes: qui peut apporter une contribution dans l'optique des points précités? Qui travaille aujourd'hui avec des informations sur les bâtiments? Qui est intéressé par les futures données des bâtiments?

Une liste de l'ensemble des acteurs potentiels a été dressée. Comme on pouvait s'y attendre, le spectre des besoins en matière d'informations sur les bâtiments est particulièrement large. En conséquence, trois catégories de parties prenantes ont été distinguées afin de tenir compte comme il convient de ce large éventail dès l'inventaire des parties prenantes et de consolider ensuite plus facilement les déclarations faites. Ces catégories se basent sur les rôles suivants endossés par les acteurs (un même acteur pouvant en endosser plusieurs):

- régulation et normalisation
- production de données
- utilisation de données

Outre le rôle endossé, il a également été tenu compte des différents regards portés sur le bâtiment pour identifier les parties prenantes. Ainsi, une vision d'ensemble aussi complète que possible du «Bâtiment» doit être prise en compte et garantie dans l'analyse du contexte de l'étude, intégrant:

- la vision juridique
- la vision normative, celle des meilleures pratiques («Best Practices»)
- la vision de l'aménagement du territoire, avec les questions qui s'y rapportent
- la vision statistique
- la vision assurantielle
- la vision énergétique
- la vision des organisations à feux bleus
- la chaîne complète de création de valeur dans le secteur de la construction
  - au stade de la planification / conception
  - au niveau technique (construction et rénovation)

- en termes d'exploitation
- du point de vue économique

La liste de toutes les parties prenantes identifiées a été dressée. Elle a servi de base pour sélectionner les personnes interrogées lors des entretiens et les participants à l'enquête écrite.

## 2.2 Entrevues

### 2.2.1 Sélection des personnes interrogées

La sélection s'est basée sur les critères suivants:

- participation équilibrée des trois rôles que sont la régulation/normalisation, les producteurs de données et les utilisateurs de données
- prise en compte de toutes les visions répertoriées du bâtiment
- couverture des différences cantonales et régionales, intégration de toutes les régions linguistiques de Suisse
- acteurs d'aujourd'hui, mais aussi de demain.

Les personnes et organisations suivantes se sont déclarées prêtes à nous accorder un entretien, qu'elles en soient remerciées:

Régulation & normalisation	Producteurs de données	Utilisateurs de données
swisstopo D+M Christoph Käser, Helena Aström Boss	swisstopo MTP Emanuel Schmassmann, Stefan Zingg	Ville de Coire Reto Conrad
OFS Patrick Kummer	Ville de Zurich Bastian Graeff	Commune d'Uzwil Francesco Rinaldo
OFEN Roger Nufer	Ville de Dietikon Peter Baumgartner	HSLU Adrian Altenburger
DTAP Andrea Loosli	Commune de Vaz Obervaz Walter Büchi	Allianz Bruno Spicher
ARE canton de Soleure Sacha Peter	FHNW Peter Scherer	POM+ Joachim Baldegger, Lukas Stöcklin
SIA, commission 2051 BIM Manfred Huber	Trigonet Andreas Barmettler	Schutz & Rettung ZH Olivier Béguin
Bâtir digital Suisse Alar Jost		CFF Patrick Suppiger, Renato Sixer
TEP-Energy GmbH Martin Jakob		Opan Concept SA Erdjan Opan

Figure 1 Personnes et organisations interrogées

### 2.2.2 Catalogue des questions posées lors des entrevues

Un catalogue de questions très complet (en allemand et en français) a été élaboré pour les entretiens. Il a été utilisé à l'identique pour toutes les personnes interrogées, indépendamment de leur rôle. Les réponses ont ainsi pu être comparées entre elles, si bien qu'une pondération des questions (et donc des réponses) est apparue à cette occasion.

Deux aspects ont bénéficié d'une attention particulière lors de l'élaboration du catalogue des questions: aborder largement tous les thèmes revêtant de l'intérêt et laisser une marge de manœuvre

suffisante pour évoquer des domaines ou des informations non répertoriés. Cela a permis de déceler des points encore insuffisamment pris en compte voire carrément manquants et de les intégrer dans l'analyse du contexte.

Le catalogue comporte environ cinquante questions, subdivisées selon les groupes suivants:

#### **Utilisation d'informations sur les bâtiments**

- Teneur des questions:
  - questions à caractère général en guise d'entrée en matière
  - utilisation d'informations sur les bâtiments, en combinaison/association aussi avec d'autres jeux de données
  - identification et localisation des bâtiments
  - exploitation de bases de données en propre
  - échange international éventuel d'informations.
- Déclarations attendues / objectif:
  - état des lieux relatif aux questions et aux tâches pour lesquelles des données et des informations sur les bâtiments sont utilisées
  - arguments en faveur du développement du modèle de données
  - connaissance d'applications / d'aiguillons pertinents pour de possibles mises en œuvre pilotes
  - questions devant principalement être abordées dans la suite de l'entretien.

#### **Définition de la notion de bâtiment, sur un plan général**

- Teneur des questions:
  - définitions de bâtiments utilisées avec leurs bases légales ou normatives éventuelles
  - délimitations connues
  - saisie de différences cantonales et régionales.
- Déclarations attendues / objectif:
  - recueil / état des lieux des définitions de bâtiments avec les points forts et le potentiel d'amélioration / de clarification.

#### **Définition de la notion de bâtiment, de manière détaillée**

- Teneur des questions:
  - subdivision / structuration des bâtiments, degré de spécification inclus.
- Déclarations attendues / objectif:
  - exigences et bénéfices propres à la subdivision des bâtiments, informations sur le degré de spécification requis incluses.

#### **Données, ampleur, saisie, mise à jour et qualité des informations**

- Teneur des questions:
  - bases de données existantes, informations relatives à la géométrie, aux attributs et à l'actualité incluses
  - compétences, processus et prescriptions (modèle, directives de saisie, exigences de qualité) concernant la gestion des données.
- Déclarations attendues / objectif:
  - connaissances relatives aux bases de données existantes avec prescriptions, processus, etc., à prendre en compte éventuellement lors de la suite du développement, que ce soit pour l'obtention ou la fourniture de données.

#### **Base de données actuelle**

- Teneur des questions:

- questions relatives à la base de données existant éventuellement, portant sur l'ampleur des données, leur couverture territoriale et la qualité des données
- questions portant sur le coût de la mise en place et de la mise à jour.
- Déclarations attendues / objectif:
  - connaissances plus détaillées relatives aux bases de données existantes avec prescriptions, processus, etc., à prendre en compte lors du développement d'un futur modèle de données
  - déclarations relatives au rapport coûts / bénéfices.

### Intérêt et utilité d'une notion et d'un modèle harmonisés

- Teneur des questions:
  - intérêt envers une notion de bâtiment harmonisée et bénéfice potentiel
  - intérêt envers un modèle de données harmonisé pour les bâtiments et bénéfice potentiel
  - exigences en termes de géométrie, d'attributs, d'actualité, de cycle de vie des bâtiments
  - contribution de l'organisation interrogée au développement d'un modèle de données harmonisé.
- Déclarations attendues / objectif:
  - intérêt porté aux développements prévus visant à définir un modèle de données «Bâtiment officiel CH»
  - exigences envers le modèle de données, à prendre en compte lors de son élaboration.

### Questions finales

- Teneur des questions:
  - clore l'entretien
  - se ménager du temps cependant, pour aborder d'autres thèmes
  - déclaration concernant les points que la personne interrogée a jugés cruciaux.
- Déclarations attendues / objectif:
  - répertorier des thèmes encore inconnus jusqu'alors
  - répertorier des thèmes n'ayant pas encore été abordés jusqu'alors lors de l'entretien
  - découvrir ce qu'il faut absolument prendre en compte lors des étapes suivantes afin de pouvoir bénéficier de l'acceptation de différents acteurs à un stade ultérieur des travaux ou de pouvoir compter sur leur compréhension.

Le catalogue des questions a été adressé à l'avance à chacune des personnes interrogées.

## 2.2.3 Déroulement et documentation des entrevues

22 entrevues ont eu lieu entre octobre 2019 et mars 2020 (cf. Figure 1). Elles se sont majoritairement déroulées sur site et ont duré deux heures en moyenne.

Les réponses ont été consignées par écrit sur les questionnaires. Les réponses fournies lors des entretiens ont permis d'identifier de premières conséquences pour le projet. Le schéma suivant présente la documentation des entretiens sur la base d'un exemple concret:

Question / déclaration	Réponse / enseignement	Conséquence pour le projet
Que pouvez-vous dire des coûts de mise en place de la base de données relative	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bien peu de choses à l'heure actuelle, malheureusement. Les coûts et les bénéfices sont diffi-</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grosse charge de travail pour la saisie initiale des données et la gestion courante. Les coûts doi-</li> </ul>

Question / déclaration	Réponse / enseignement	Conséquence pour le projet
aux informations sur les bâtiments?	<p>ciles à quantifier, ce qui complique du coup le lancement de projets en la matière. L'objectif est de réaliser une analyse des coûts et des bénéfices dans le cadre du BIM.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une analyse comparant la charge de travail et le bénéfice attendu de la saisie des données disponibles est prévue dans l'année à venir.</li> </ul>	vent être en rapport avec les bénéfices attendus pour les informations prévues dans le modèle de bâtiment officiel CH.

Les questionnaires ont été mis au net à l'issue des entretiens et ont été adressés aux personnes interrogées pour qu'elles puissent en prendre connaissance.

## 2.3 Enquête écrite (en ligne)

### 2.3.1 Sélection des participants à l'enquête écrite

Les critères appliqués à la sélection des participants à l'enquête écrite ont été les mêmes que ceux ayant servi à choisir les personnes interrogées lors des entretiens (cf. § 2.2.1). En revanche, le cercle des acteurs invités à participer activement à l'enquête écrite a pu être grandement élargi.

### 2.3.2 Questionnaire de l'enquête en ligne

Le catalogue des questions posées lors des entrevues était trop riche pour une enquête écrite. Il s'est par ailleurs avéré, lors des entretiens, que certaines notions requéraient des explications complémentaires afin de ne pas être mal interprétées. C'est pourquoi un nouveau questionnaire a été développé pour l'enquête écrite

Ce dernier a été élaboré en tenant compte des points de vue suivants (l'objectif était de maintenir la charge de travail pour les participants à un faible niveau, afin que le questionnaire soit bien accepté et que le taux de retour soit aussi élevé que possible):

- il faut moins de 20 minutes pour répondre à l'enquête → limiter le nombre de questions
- l'enquête en ligne doit valider la première synthèse ainsi que les premières réflexions relatives à la notion / définition de «Bâtiment» et au modèle de données
- il ne doit y avoir qu'un seul questionnaire pour les trois catégories / rôles (régulation / normalisation, producteurs de données, utilisateurs de données), sachant qu'une partie prenante peut endosser plusieurs rôles à la fois
- les notions utilisées doivent laisser aussi peu de marge de manœuvre d'interprétation que possible, afin d'éviter tout malentendu
- des définitions doivent être mises à disposition pour les notions spécifiques en lien avec l'étude
- structure du questionnaire: aller des aspects généraux vers les questions concrètes et du plus simple vers le plus abstrait
- types de questions: recourir aussi bien à des questions fermées qu'à des questions ouvertes, l'option «Je l'ignore» restant toujours possible pour les questions fermées

- catégories de réponses: un nombre pair de réponses était toujours proposé en présence d'affirmations («Je suis d'accord», «Je suis plutôt d'accord», «Je suis plutôt en désaccord», «Je suis en désaccord»). Ainsi, les participants ne pouvaient pas opter pour une réponse médiane neutre et devaient se prononcer en faveur ou en défaveur d'une tendance. C'est donc une affirmation plus nette qui se dégage des réponses obtenues. L'option «Je l'ignore / Aucune évaluation n'est possible à l'heure actuelle» était enfin ouverte.

L'enquête en ligne se composait des neuf questions suivantes, les affirmations attendues / l'objectif étant précisés pour chacune d'entre elles:

#### **Fréquence d'utilisation d'informations sur les bâtiments**

- Bon interlocuteur pour l'enquête écrite?
- L'indication de la fréquence d'utilisation (utilisation fréquente contre utilisation rare) peut éventuellement se révéler intéressante pour pondérer les réponses

#### **Tâches et questions en lien avec les informations sur les bâtiments au quotidien**

- Priorités pour l'utilisation des données → elles peuvent se révéler décisives pour des exigences avec des étapes de développement et une feuille de route
- Utilisations encore inconnues à ce stade

#### **Utilisation des informations sur les bâtiments actuellement disponibles**

- Quels jeux de données bénéficient de quel degré de notoriété?
- A quelle fréquence les jeux de données sont-ils utilisés?

#### **Type d'utilisation des informations sur les bâtiments actuellement disponibles**

- Comment les jeux de données sont-ils utilisés?

#### **Intérêt et utilité d'une notion de «Bâtiment» harmonisée**

- La définition du RegBL est-elle suffisante, y a-t-il des obstacles sérieux?

#### **Intérêt et utilité d'un modèle de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé**

- Y a-t-il de l'intérêt?
- De quels obstacles faut-il éventuellement tenir compte?
- Arguments en faveur du développement du modèle de données «Bâtiment officiel CH»?

#### **Déclarations relatives à un modèle de données, resp. à une base de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé**

- Vont-elles dans le sens de ce qui est prévu?
- Indications pour le modèle de données

#### **Déclarations concernant les exigences géométriques envers un modèle de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé**

- Vont-elles dans le sens de ce qui est prévu?

#### **Questions finales**

- Retour des participants sur ce qui est important à leurs yeux → Indications pour des étapes suivantes du projet

### 2.3.3 Déroulement et documentation de l'enquête écrite

L'enquête écrite a été réalisée en ligne entre mi-mars et fin avril 2020. L'outil «SurveyHero»<sup>3</sup> a été utilisé dans ce cadre. Cet outil permet d'inviter quelqu'un à participer à l'enquête via un lien personnel. Des liens non personnalisés peuvent par ailleurs être transmis, par exemple à des associations et à des organisations.

Pour que l'enquête soit bien acceptée et que le taux de retour soit élevé, les participants ont été préalablement informés de l'enquête par téléphone et invités à y prendre part. L'invitation n'a été transmise aux participants qu'ensuite, via courrier électronique, avec leur lien personnel. Au bout d'un mois environ, un courrier électronique de rappel a été adressé aux participants, pour autant qu'ils n'aient pas encore retourné leur formulaire dûment complété. Ce mode opératoire a permis d'atteindre un taux de retour élevé, de l'ordre de 70% (47 réponses). Les réponses sont ainsi solidement étayées.

Récapitulatif de l'enquête en ligne:

- envoi d'invitations personnelles: 67
- envoi supplémentaire d'un lien neutre: 1x
- refus: 3
- retours: 47
  - régulation / normalisation: 6
  - producteurs de données: 30
  - utilisateurs de données: 36
- taux de retour: env. 70%

<sup>3</sup> SurveyHero: [www.survehero.com](http://www.survehero.com)

## 3 Analyse du contexte

### 3.1 Bases de données nationales

#### 3.1.1 swissBUILDINGS<sup>3D</sup>

Avec swissBUILDINGS<sup>3D</sup> version 2.0, les bâtiments en 3D de la Suisse et de la Principauté de Liechtenstein peuvent être obtenus auprès de swisstopo sous la forme d'un jeu de données. Initialement développées à partir de données de base de VECTOR25 (version 1.0, LOD1), les données aujourd'hui disponibles (LOD2) servent aux fins les plus diverses. swissBUILDINGS<sup>3D</sup> fait partie intégrante du modèle topographique du paysage (MTP), utilisé pour différents autres produits.

Selon la directive de saisie, toute construction permanente remplissant le critère de taille minimale (8 m x 3 m) est considérée comme un bâtiment dans le MTP. Les dimensions minimales sont réduites pour des bâtiments comportant plusieurs étages ou revêtant de l'importance sur le plan cartographique. Si un bâtiment se compose de plusieurs constructions, les annexes de plus petite taille sont également prises en compte.

Les surfaces des toits sont saisies par voie photogrammétrique au plus près de la réalité (cf. information produit - swissBUILDINGS<sup>3D</sup> 2.0 de swisstopo<sup>4</sup>). Différents processus automatisés sont ensuite utilisés pour former les bâtiments (contour, plancher et murs). Suivant la situation rencontrée, les avant-toits sont saisies manuellement ou une valeur standard est appliquée. Des attributs (type du bâtiment, utilisation, parfois son nom) sont saisis pour chaque bâtiment.

Des bâtiments contigus ne sont séparés entre eux que si leurs formes de toits respectives sont différentes. Les limites de biens-fonds ou les subdivisions des constructions sur le modèle du RegBL ou de la MO ne sont pas utilisées pour l'heure. Les contours de la MO n'ont pas pu être intégrés au produit MTP, mais ont cependant été repris partout où cela était possible pour déduire les façades.

La hausse de la demande et donc le gain de notoriété du produit se traduisent par une très forte augmentation des commandes, multipliées par seize au cours des cinq dernières années (entre 2015 et 2019, cf. figure ci-dessous).

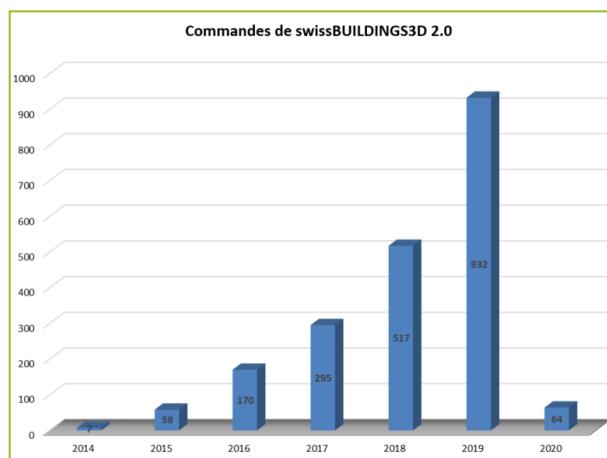


Figure 2 Nombre de commandes de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> par an (source: swisstopo)

<sup>4</sup> Information produit - swissBUILDINGS<sup>3D</sup> 2.0: <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/geodata/landscape/buildings3d2>

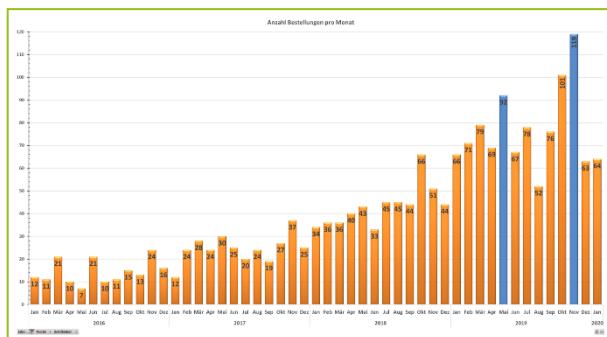


Figure 3      Nombre de commandes de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> par mois (source: swisstopo)

Des développements complémentaires du produit sont prévus pour que ce succès puisse se prolonger. La version actuelle est «axée sur la forme des toits», c.-à-d. que les bâtiments sont distingués les uns des autres sur la base de la forme de leurs toits respectifs. La formation des objets se fonde sur une logique différente dans le RegBL et dans la MO. La MO est tournée vers la représentation en 2D, de sorte que la façade principale est généralement à reproduire dans la base de données, alors qu'elle ne se prolonge pas, dans bien des cas, jusqu'à la face inférieure du toit (façades en saillie ou en retrait). Par ailleurs, les contours du MTP déduits des formes des toits coïncident parfois mal avec les contours des bâtiments issus de la MO. Les raisons en sont multiples: rotations, différences de formes (degrés de spécification différents), imprécisions en planimétrie, bâtiments manquants ou d'un seul tenant (granularités différentes). Deux études (EBP, 2014 et Flotron, 2015) ont examiné en détail les structures de bâtiments différentes du MTP et de la MO (cf. § 3.4). L'objectif visé était de trouver des approches possibles pour réunir les deux bases de données.

Au cours d'une nouvelle étape de développement, swisstopo prévoit de structurer les bâtiments «axés sur la forme des toits» comme ils le sont dans le RegBL. Une association logique de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> et du RegBL devient ainsi possible.

C'est surtout le champ d'application actuel des données qui nous intéresse dans le cadre de la présente étude, afin de connaître les besoins des utilisateurs et de les intégrer dans les réflexions portant sur un futur modèle de données. L'analyse du segment clients et utilisations montre que les données servent en grande partie aujourd'hui aux aménagistes, aux architectes et aux ingénieurs de bases pour les aménagements les plus divers (aménagement du territoire, développement de sites, plans d'urbanisme), pour des visualisations et pour diverses analyses spatiales (bruit, ombres, visibilité, etc.) (cf. Figure 4). Ces champs d'application doivent être couverts dans l'analyse des parties prenantes, pour en déduire leurs besoins actuels et futurs en cette matière.

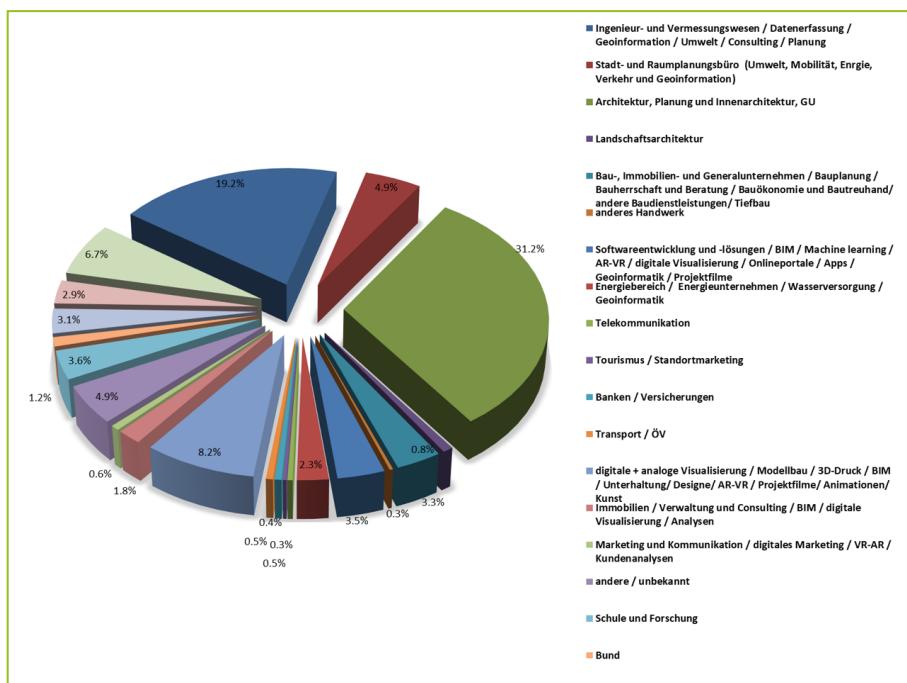


Figure 4 Segment clients et utilisations, parts en pourcentage (source: swisstopo)

swissBUILDINGS<sup>3D</sup> est géré dans une structure de données conforme à CityGML. Un profil spécifique a été défini puisque seule une partie des structures de données revêt de l'intérêt. Différents autres formats sont déduits pour la diffusion des données. Aujourd'hui, les trois quarts (!) des données sont obtenues au format DXF (Figure 5).

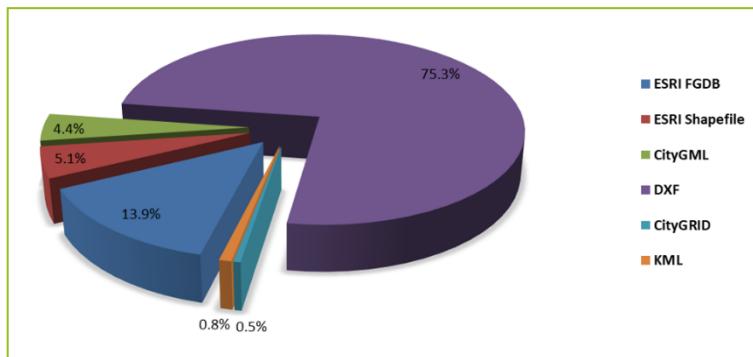


Figure 5 Formats pour l'obtention de données (source: swisstopo)

### 3.1.2 Registre fédéral des bâtiments et des logements (RegBL)

Le Registre fédéral des bâtiments et des logements a été établi à des fins statistiques à l'aide des données du recensement de la population de l'an 2000. S'il fait désormais figure de système d'information national sur les bâtiments, c'est surtout à la révision totale de l'ordonnance sur le RegBL (ORegBL), entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> juillet 2017, qu'il le doit (cf. aussi housing-stat.ch). L'article 2 de cette ordonnance décrit la notion de «Bâtiment» (proposition de définition d'un «Bâtiment» cf. chapitre 5). Différentes clés d'objets sont par ailleurs définies dans le RegBL, utilisées par d'autres applications, cas par exemple de l'identificateur fédéral de bâtiment (EGID), de l'identificateur fédéral d'entrée de bâtiment (EDID) et de l'identificateur fédéral de logement (EWID).

Le RegBL contient des informations portant sur les projets de construction, les bâtiments, les logements, les entrées de bâtiments et les rues. Un identificateur univoque est attribué à chaque entrée pour simplifier l'échange de données. Le catalogue des caractères décrit les données contenues dans le RegBL et fournit une vue d'ensemble de la structure et du contenu du registre.

L'Office fédéral de la statistique (OFS) gère le RegBL en étroite collaboration avec les offices communaux ainsi qu'avec les services spécialisés de la Confédération et des cantons. Les offices des constructions des communes ou des cantons saisissent dans le RegBL, via les interfaces mises à disposition, les projets de construction, de rénovation ou de démolition soumis à autorisation. Les services compétents tiennent le RegBL à jour en continu.

Les processus de police des constructions et le RegBL entretenant des liens étroits, il est logique que le RegBL soit la première application pour la saisie de nouvelles constructions projetées. A cette étape, l'adresse (EDID) et l'identificateur du bâtiment (EGID) sont attribués pour le projet de (nouvelle) construction. Il est donc indispensable de subdiviser correctement un ouvrage en plusieurs bâtiments s'il le faut, conformément à l'article 2 ORegBL, à ce stade. En pratique, il s'avère toutefois que les prescriptions de saisie ne sont pas toujours respectées par les communes. Les études menées montrent également que divers attributs du catalogue des caractères ne sont pas correctement mis à jour, mais cela provient parfois du fait que les propriétaires ne lancent pas les procédures d'autorisation de construire requises. L'OFS et les cantons déploient actuellement des efforts visant à améliorer la qualité des données.

Utilisé à des fins statistiques, de recherche et de planification, le RegBL sert aussi à l'accomplissement de tâches légales au niveau fédéral, cantonal ou communal. La révision totale de l'ORegBL a simplifié l'utilisation à des fins administratives des informations contenues dans le registre.

En raison de la finalité initiale (recensement de la population), seuls les bâtiments utilisés à des fins d'habitation sont saisis dans le RegBL. La saisie n'a été étendue à tous les bâtiments qu'avec la révision totale de l'ordonnance sur le RegBL en 2017. Une synchronisation avec les informations sur les bâtiments de la MO devient ainsi possible et la structuration des objets peut être harmonisée entre le RegBL et la MO. Ces travaux d'extension sont en cours et seront vraisemblablement achevés à la fin de l'année 2020. Un jeu de données couvrant intégralement le territoire sera alors disponible, comportant les informations du registre pour tous les bâtiments.

### 3.1.3 Mensuration officielle

La tâche principale de la mensuration officielle consiste à lever les limites des immeubles et à assurer la tenue à jour de ces données. Ce faisant, la mensuration officielle apporte une contribution importante à la garantie de la propriété foncière. Comprenant notamment les informations descriptives relatives aux bâtiments, aux voies de communication, aux eaux, aux autres occupations du sol et aux données administratives, la mensuration officielle forme le jeu de données de référence pour la quasi-totalité des autres géo informations indispensables pour de multiples applications relevant aussi bien de l'économie, de l'administration que de la vie privée. Ainsi, de nombreux systèmes d'information géographique tels que les plans locaux, les plans de villes et les plans de zones se fondent sur les données de la mensuration officielle. Considérées globalement, ces données constituent un produit national répondant à des normes homogènes. Des données numériques de la mensuration officielle couvrent 81% de la superficie de la Suisse, la couverture numérique des zones à bâtir dépassant même 95%.

Faisant partie intégrante des données de la MO, les bâtiments sont par conséquent des données de référence au sens du droit de la géo information, si bien qu'un caractère officiel leur est attaché. Il

est encore renforcé par la possibilité de se faire délivrer des extraits analogiques et numériques certifiés conformes. De tels extraits de la mensuration officielle sont des titres authentiques au sens de l'article 9 CC, de sorte que la valeur accordée aux informations sur les bâtiments de la MO est également élevée sur le plan juridique.

Des processus connexes tels que les procédures d'autorisation de construire ou d'aménagement tirent avantage de cette situation puisque les extraits certifiés de la MO y sont prescrits en qualité de bases. Il en résulte en outre un lien étroit entre le système d'annonces de la MO et divers processus dans la commune, permettant d'actualiser très vite les informations sur les bâtiments dans la MO. Au début des travaux au plus tard, chaque bâtiment est saisi comme un objet projeté dans les données de la MO. Et grâce à la conception numérique des constructions, ces informations sont généralement très proches de leurs versions définitives. Mais c'est surtout une structure d'objet définie dans l'espace qui est disponible dans la MO au début des travaux, comprenant également les identificateurs (EGID, EDID) et les attributs principaux dès ce stade.

Ainsi, parce que ses données servent de base pour des projets au sein de diverses procédures, la MO constitue une norme de fait indispensable pour les informations géométriques sur les bâtiments.

L'instrument de la mise à jour périodique de la mensuration officielle (MPD) permet un réexamen périodique systématique des informations contenues dans les données de la MO. Trois cas de figure peuvent être distingués pour les bâtiments: un nouveau bâtiment sans entrée dans la MO, un bâtiment démolи encore documenté dans la MO et des modifications géométriques conséquentes du bâtiment, comme l'ajout d'un nouveau jardin d'hiver. Dans chacun de ces cas, les données de la MO sont mises à jour dans le cadre de la MPD et l'office des constructions de la commune en est informé, ce qui garantit le déclenchement des processus consécutifs liés aux bâtiments (mise à jour du RegBL, autorisation de construire délivrée a posteriori, attribution d'adresses et de numéros de maisons, etc.). La MPD apporte ce faisant une contribution importante à l'obtention d'informations officielles fiables sur les bâtiments.

La définition du RegBL est d'ores et déjà reprise directement dans la définition des bâtiments de la MO (art. 14 OTEMO). Les bâtiments, constructions et corps de bâtiments sont reproduits sur les couches de la MO «Couverture du sol» et «Objets divers» comme des surfaces en 2D. C'est en principe la «percée» de l'enveloppe du bâtiment à la surface du sol qui est saisie comme un bâtiment. Cette projection horizontale est structurée de façon relativement détaillée, par exemple au moyen de petits décrochements de la façade, etc. Les décrochements verticaux du bâtiment ne sont en revanche saisis qu'en présence de différenciations marquées et donc avec une certaine réserve. Les possibilités de représentation limitées en 2D y sont aussi pour quelque chose. Le modèle de données actuel de la MO n'est pas encore un vrai modèle d'objet en matière de bâtiments. On le voit par exemple au niveau de la gestion des parties de bâtiments souterraines, où aucune définition définitive n'est prescrite au niveau fédéral de sorte que certains cantons gèrent les constructions souterraines comme un tout, alors que d'autres ne gèrent que les parties souterraines dépassant de l'enveloppe du bâtiment dans la projection en 2D.

## 3.2 Normes et standards

### 3.2.1 Normes SIA

Dans le cadre de leur activité, les aménagistes et les ingénieurs ont besoin de bases, de données et d'informations extrêmement diverses. Les exigences formulées dans plusieurs normes SIA en matière d'informations relatives aux empreintes géométriques d'un bâtiment ont été examinées pour la

présente étude. Les remarques portant sur les normes ont été recueillies durant les entretiens conduits (cf. chapitre 2). Aucune analyse systématique d'autres normes SIA n'a été réalisée concernant leur pertinence possible pour la présente étude.

SIA 416: les surfaces et les volumes qui en sont déduits sont définis dans cette norme. Ces définitions s'appliquent dans diverses autres normes. Deux notions sont à retenir du point de vue de notre étude: la surface de plancher et la surface externe de plancher, puisqu'une distinction est établie ici entre le bâtiment effectif et les surfaces externes qui lui sont cependant associées.

La norme SIA 380 (base pour les analyses énergétiques des bâtiments) revêt une importance particulière pour l'utilisation de données de bâtiments. Les cantons doivent rendre des comptes périodiquement à la Confédération en vertu de l'ordonnance sur le CO<sub>2</sub> (art. 16: les cantons rendent compte régulièrement à l'OFEV des mesures techniques qu'ils ont prises en vue de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> des bâtiments). Ces comptes rendus se fondent sur des indications relatives aux enveloppes des bâtiments et aux surfaces de référence énergétiques définies dans la norme SIA 380. Les surfaces de référence énergétiques s'appuient sur les définitions de surfaces figurant dans la norme SIA 416.

La norme SIA 112 revêt aussi de l'intérêt pour la présente étude. Les différentes phases du cycle de vie d'un ouvrage y sont définies et décrites. L'accent étant mis ici sur les données, ce sont les phases au cours desquelles des données sont consommées, resp. produites qui présentent de l'intérêt. Durant la phase de «planification stratégique», des bases et des documents sont ainsi rassemblés dans le domaine de prestations 112 «Descriptif et visualisation». Les modèles de bâtiments en 3D sont régulièrement pris en compte ici (cf. § 3.1.1). Ces bases sont complétées et améliorées au besoin durant les phases ultérieures (étude préliminaire, étude de projet). La documentation portant sur le nouveau bâtiment est constituée parallèlement à l'acquisition de ces informations. A la fin de la phase 53 «Mise en exploitation», il est exigé dans le domaine de prestations 532 «Descriptif et visualisation», qu'une documentation complète de l'ouvrage soit disponible, prenant en compte toutes les modifications apportées au projet. Toutes les informations requises pour assurer la mise à jour de la base de données des bâtiments sont alors présentes.

Au niveau des modèles de bâtiments, le cahier technique SIA 2051 «Building Information Modelling (BIM) – Bases pour l'application de la méthode BIM» ne doit pas manquer à l'appel, puisqu'il s'agit du premier document de la SIA portant sur le thème du BIM, resp. de la construction numérique. Comme son titre permet de le conclure, ce cahier technique ne décrit aucune prescription concrète concernant la construction numérique, mais pose les bases du passage au numérique qui entraîne des modifications substantielles. L'introduction de certaines notions et d'une organisation possible des processus dans le contexte national (de la construction) est donc importante au plan suisse.

### 3.2.2 eCH-0129 Norme concernant les données Référencement d'objets

L'idée directrice du groupe spécialisé eCH «Référencement d'objets» peut être résumée en ces termes: «*La standardisation de la structure, de la signification et de la sémantique des données d'objets (en particulier les données concernant des bâtiments, immeubles et registre foncier) constitue la condition préalable pour pouvoir les transmettre électroniquement sans intervention manuelle. Il est ainsi possible d'automatiser toute une série de déroulements administratifs et de procédures d'échange de données.*» (cf. aussi ech.ch)

Le référencement d'objets se compose des procédures avec l'administration publique (dont les événements et les annonces) des cinq domaines suivants:

- construction: cycle de vie de bâtiments
- mensuration officielle: localisation et géométrie de l'objet

- assurance: estimation de bâtiments pour l'évaluation des risques et la prévention contre les dommages
- estimation fiscale des immeubles et bâtiments pour les impôts et les assurances
- registre foncier: propriétaires, servitudes (droits et obligations)

Divers acteurs des secteurs privé et public prennent part à ces procédures.

Pour faciliter la collaboration, un modèle de données d'échange commun a été créé, permettant la description de toutes les entités pertinentes. Les différentes annonces ont enfin été définies pour ces acteurs sur la base des procédures et du modèle de données d'échange.

Le modèle de données d'échange sur lequel se fondent toutes les annonces est défini dans la norme eCH-0129. Toutes les entités sont définies, y compris leurs caractéristiques et leurs identificateurs ainsi que les relations qu'elles entretiennent entre elles.

Les annonces propres aux domaines correspondants sont spécifiées dans les normes eCH-0130 (construction), eCH-0131 (annonces de la mensuration officielle à des tiers), eCH-0132 (annonces des assureurs de bâtiments à des tiers), eCH-0133 (évaluation en matière de référencement d'objets), eCH-0134 (annonces du registre foncier à des tiers), eCH-216 (mise à jour du RegBL).

Les procédures suivantes revêtent une importance particulière concernant le cycle de vie des constructions:

- dépôt d'une demande de construction pour un nouvel édifice: selon la norme eCH-0216, le projet de construction est saisi au plus tard dans le RegBL à la délivrance de l'autorisation de construire (et un numéro RegBL lui est donc attribué). Tous les processus de livraison de données sont décrits dans la norme: comment saisir le projet, le modifier, traiter la démolition de bâtiments, etc. Une partie de ces annonces est transmise au service de la MO qui procède alors à la mise à jour des informations sur les bâtiments.
- Le numéro d'assurance est attribué sur la base des demandes de construction, conformément à la norme eCH-0132 et l'objet à assurer potentiellement est saisi (statut «projeté»). Une fois l'autorisation de construire obtenue, une assurance durée de construction est souscrite pour l'objet à assurer (statut «en cours de construction»). Le numéro d'assurance est aussi bien transmis à l'autorité en charge des constructions qu'au service de la MO.
- Des informations actualisées sont transmises à différents destinataires au terme d'une mise à jour (mutation) dans la MO. Il s'agit par exemple des offices du registre foncier qui obtiennent les informations nécessaires pour l'état descriptif du bien-fonds via l'IMO-RF. Les règles techniques pour la structure des annonces figurent dans la norme eCH-131 (à ne pas confondre avec le modèle de données IMO-RF pour le contenu effectif).

Des données de bâtiments sont également modélisées dans ces normes, en conjonction avec d'autres informations. Le modèle d'échange complet, au titre de modèle d'utilisation, n'est en cours de constitution que dans quelques rares cantons. Les normes d'annonce vont s'imposer de plus en plus largement. L'interface entre la mensuration officielle et le registre foncier sera par exemple convertie aux nouvelles normes d'annonce eCH durant les années à venir.

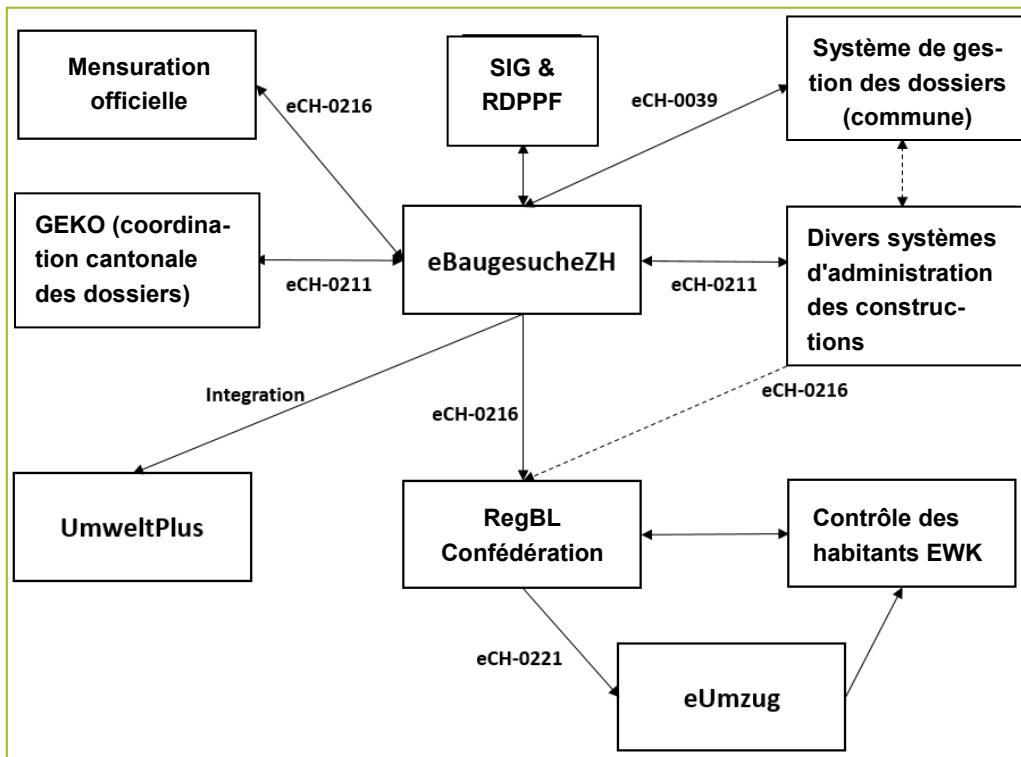


Figure 6 Représentation schématique des normes eCH pertinentes en matière de référencement d'objets - canton de Zurich

### 3.2.3 Bâtir digital Suisse, catalogue des champs d'information BIM2FM

En matière de construction numérique et de BIM, diverses activités de normalisation et de standardisation sont en cours depuis quelques années aux niveaux national et international. La vision internationale est décrite au paragraphe suivant. En Suisse, un guide intitulé «Catalogue des champs d'information BIM2FM» a été développé au début de l'année 2020 pour les professionnels de la maîtrise d'ouvrage. Selon ses auteurs, il vise à créer une base spécialisée (et non technique) permettant de commander facilement les données de Facility management pertinentes pour l'exploitation et la gestion.

Le guide se focalise sur la garantie d'informations relatives à un ouvrage revêtant de l'importance durant la phase d'exploitation. Comparée aux phases de conception et de réalisation, cette phase est nettement plus longue et les architectes ne lui accordent pas toujours toute l'attention qu'elle mérite, selon différentes sources. En ce sens, l'existence de ce guide est parfaitement justifiée. Pour ce qui est de son contenu, le catalogue des champs d'information ne fait pas totalement honneur à son titre, BIM2FM, puisqu'aucune association des objets et des attributs avec le modèle de données de Building Smart (IFC) n'apparaît dans les documents.

### 3.2.4 Interlis

Contrairement aux normes et standards précédemment présentés qui régissent le contenu des données, Interlis est un ensemble d'outils complet destiné à standardiser la modélisation des données. Il comprend un langage de description de données conceptuel et un ensemble de règles visant à générer automatiquement une structure de transfert. Interlis a été développé au début des années

90 en Suisse pour la numérisation de la mensuration officielle. Aujourd’hui, Interlis est prescrit par différentes lois<sup>5</sup> comme langage de description de données et comme mécanisme de transfert. La législation impose donc de développer un modèle pour tous les jeux de géodonnées de base et de le décrire en Interlis. Les données d’un tel jeu ne doivent pas être exclusivement mises à disposition en Interlis, mais elles doivent aussi l’être dans ce format. Du fait de son orientation vers la modélisation et le transfert de données, Interlis (resp. les produits logiciels fondés sur lui) permet de vérifier la conformité au modèle d’une base de données. D’autres contrôles, garantissant le respect de directives de saisie, peuvent aussi être décrits de façon neutre envers les applications, grâce aux possibilités de modélisation étendues.

Au cours des dernières années, Interlis s’est très largement imposé dans le paysage géomatique suisse et cette domination lui vaut d’être apprécié au plan international au niveau du «Land Administration Domain Model» (cf. § 3.3.4). Une diffusion plus large est cependant difficile, Interlis n’étant qu’une norme nationale et n’est donc reconnu officiellement ni par l’ISO ni par l’OGC.

Pour simplifier les modélisations les plus diverses, certaines géométries de base en 2D sont définies en Interlis. De nouveaux types ont dû être élaborés pour le modèle de données de la propriété par étages, afin d’assurer une couverture optimale des objets en 3D.

### 3.3 Modèles de données internationaux focalisés sur les informations des bâtiments

Au niveau international, les normes et les standards techniques les plus divers ont été développés par l’ISO et l’OGC au cours des deux dernières décennies, afin d’accroître l’interopérabilité entre les applications. Si certaines normes couvrent des aspects primordiaux comme la définition de systèmes de référence de coordonnées (ISO 19112), les géométries de base (ISO 19107) ou des services abstraits et concrets (ISO 19119 resp. 19128, 19142), d’autres sont plus proches de la mise en application, comme les spécifications de contenu informationnel (ISO 19131), les métadonnées (ISO 19115) ou la qualité des données (ISO 19157). En outre, différents modèles de données standardisés ont été développés dans une optique d’interopérabilité sémantique. Dans le contexte d’informations focalisées sur les bâtiments, des modèles de données ont été élaborés et publiés par les organisations les plus diverses. Et même si ces modèles comprennent tous des informations sur les bâtiments, leurs contenus et leurs objectifs principaux restent très différents, comme le montre bien la figure suivante. Dans la suite, deux standards de l’OGC et deux normes ISO vont être présentés plus en détail.

<sup>5</sup> Notamment la loi sur la géoinformation et les ordonnances associées (dont l’ordonnance technique sur la mensuration officielle).



Figure 7     Vue d'ensemble des modèles de données internationaux examinés

### 3.3.1 LandXML / LandInfra

Au départ, LandXML a été développé dans les pays anglo-saxons pour l'échange d'informations de la conception vers les géomaticiens (implantation) et des géomaticiens vers les bureaux d'étude (levés de situation). Le schéma a notamment été largement employé sur des projets de génie civil.

Dans le domaine cadastral, le modèle revêt surtout une certaine importance dans les pays où la primauté est accordée aux titres. Ainsi, en Australie, les données dans le modèle LandXML peuvent servir à produire un «ePlan» (plan cadastral pour documenter la propriété / titre)<sup>6</sup>.

Au lieu de poursuivre le développement de LandXML, l'OGC a publié un nouveau standard intitulé LandInfra en 2016<sup>7</sup>. Le modèle de données reste situé à l'interface entre l'étude des projets et la géomatique. S'il permet une modélisation simple des installations, le modèle comprend également des informations sur la propriété de même que les levés ou les implantations.

Même si le nouveau modèle LandInfra a bénéficié d'une coordination plus étroite avec d'autres standards tels qu'IFC et LADM, son orientation anglo-saxonne est manifeste (ex.: approfondissement des informations sur les bâtiments limité à ceux qui sont à usage d'habitation). Le fait de réunir ensemble la propriété, l'occupation du sol (land use), les infrastructures les plus diverses et la géomatique entraîne par ailleurs un manque de profondeur, en ce sens que tous les aspects ne sont définis que sous forme générale.

<sup>6</sup> Cf. aussi <https://www.icsm.gov.au/what-we-do/electronic-lodgement-and-transfer-survey-data-working-group>

<sup>7</sup> Cf. <http://docs.opengeospatial.org/is/15-111r1/15-111r1.html>

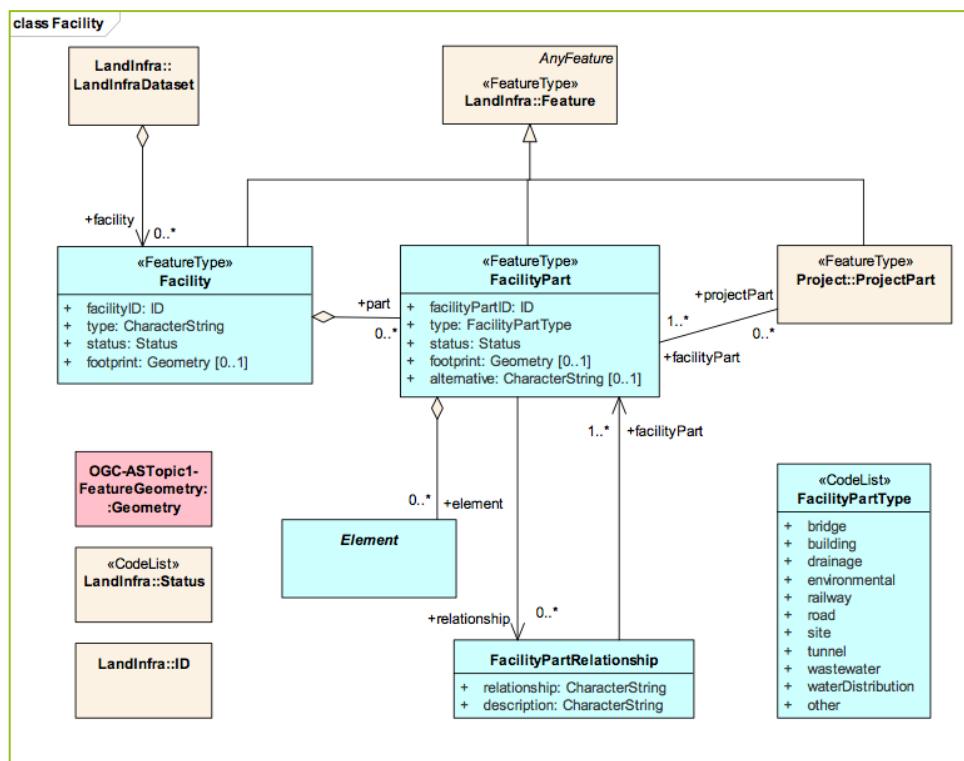


Figure 8 Extrait du diagramme des classes de LandInfra – classification des bâtiments

### 3.3.2 CityGML

La disponibilité croissante de photos aériennes à haute résolution et de nuages de points en 3D issus de vols Lidar a permis de constituer, à partir de 2005 environ, des modèles urbains en 3D couvrant des villes entières. C'est en 2008 que la première version de CityGML a été publiée comme standard OGC, pour la production et l'utilisation de ces modèles urbains. Ce standard était initialement tourné vers la visualisation de bâtiments et a introduit différents degrés de spécification dans ce cadre, cf. Figure 9. A mesure que la résolution des données de base augmentait, le modèle de données intégrait toujours plus de types d'objets, tant et si bien qu'il accueille aujourd'hui des ouvrages tels que des tunnels et des ponts, des cours et des plans d'eau, de la végétation, ainsi que des équipements et du mobilier, au sein des ouvrages ou à l'extérieur de ces derniers (ex.: signaux lumineux, arrêts des transports publics).



Figure 9 *Degrés de spécification (Level of Detail, LOD) différents dans CityGML (source: [https://kartat.espoo.fi/3d/citymodel\\_en.html](https://kartat.espoo.fi/3d/citymodel_en.html))*

Un bâtiment peut être modélisé avec une granularité très fine dans la version 3.0 actuelle, à telle enseigne que des étages (Storey), des logements (Subdivisions), des constructions (Constructive

Element), des pièces, des équipements (cuisine, salle de bains) voire du mobilier (armoire, table, etc.) peuvent être documentés dans CityGML et faire également l'objet d'échanges. Le modèle de données comporte par ailleurs un schéma temporel, de sorte que différents états temporels d'un objet peuvent être reproduits.

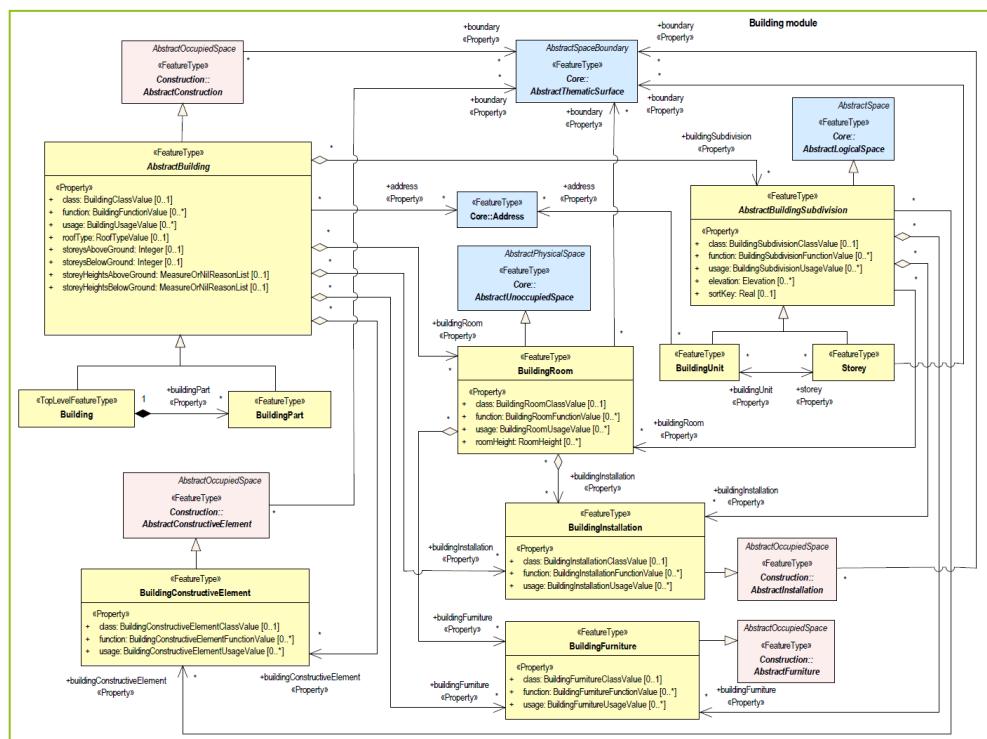


Figure 10 Diagramme des classes de CityGML version 3, module des bâtiments

La force de CityGML réside dans son bon ancrage dans la géomatique. Différents producteurs proposent des applications pour la saisie et la gestion dans des structures conformes au modèle. Outre ces outils, les prescriptions de saisie et les standards de qualité élaborés par le groupe intitulé «Special Interest Group 3D»<sup>8</sup> revêtent aussi de l'intérêt pour l'interopérabilité sémantique. La possibilité de définir un profil de CityGML adapté à une utilisation concrète permet tout aussi bien de restreindre le standard que de l'étendre. Ainsi, un profil réduit devrait toujours être conforme au standard, tandis que le standard CityGML doit pouvoir se déduire d'un profil (aussi désigné par l'expression «Application Domain Extension») correctement étendu.

Différents outils sont de plus disponibles pour la conversion vers et depuis CityGML. Des données de bâtiments de diverses villes ou régions voire de pays entiers sont d'ailleurs disponibles dans ces structures de modèle. swissBUILDINGS<sup>3D</sup> (avec un profil qui lui est propre) est géré dans des structures conformes à CityGML, tout comme les modèles urbains de Bâle, de Berne ou de Zurich.

### 3.3.3 Industry Foundation Classes

En comparaison d'autres branches, la transition numérique a débuté relativement tard dans le secteur de la construction. En Suisse, si les premières prescriptions d'harmonisation ont été introduites

<sup>8</sup> Cf. <https://www.sig3d.de/>

dès 1994 par la SIA sous la forme de désignations des couches (layer) pour DXF (GeoBat DXF), il a fallu longtemps pour que leur développement aille au-delà de simples prescriptions de représentation. Au niveau international, les premiers efforts déployés dans le secteur de la construction, prenant la forme d'Industry Foundation Classes (IFC), remontent à l'an 2000 environ.

IFC est utilisé à grande échelle en pratique depuis dix ans environ et la notion de Building<sup>9</sup> Information Modeling (BIM) s'est imposée de plus en plus largement pour la conception et la construction numériques durant cette période. L'acronyme BIM décrit généralement une méthode englobant et soutenant la collaboration et l'échange de données entre tous les acteurs impliqués, à l'échelle du cycle de vie entier des ouvrages. La modification principale par rapport aux documentations numériques antérieures des ouvrages réside dans l'existence d'un modèle de données complet, avec des classes, des relations, des attributs et des listes d'énumération définis, les données attributaires et géométriques n'étant toutefois pas séparées les unes des autres.

Au fil des ans, le modèle de données a grandement gagné en ampleur, afin que tous les éléments possibles et imaginables d'un ouvrage soient définis. La version actuellement en vigueur, soit IFC 4.1, contient environ 800 classes (entités) et 200 énumérations. La Figure 11 propose une vue d'ensemble des classes principales dans le contexte des bâtiments.

Le modèle permet d'étendre quasiment à volonté toutes les définitions et ces possibilités sont manifestement utilisées intensivement en pratique. Les producteurs de logiciels permettent des extensions fondées sur de simples informations orales, même pour des définitions existant déjà dans le modèle. Les extensions à volonté, non standardisées, rendent cependant impossible toute utilisation au-delà des limites du système.

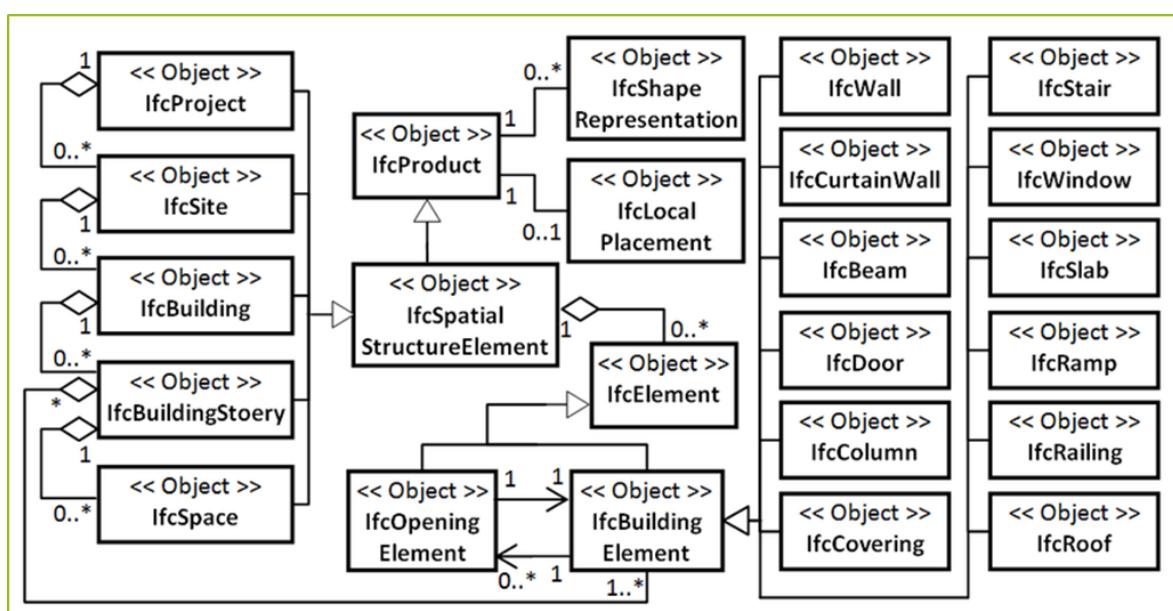


Figure 11 Représentation simplifiée du diagramme des classes d'IFC (source: Rajabifard, 2019)

Comparée à d'autres pays, la Suisse est nettement à la traîne en matière d'introduction de la méthode BIM. Si le BIM est bien implanté depuis de nombreuses années en Grande-Bretagne, en Scandinavie ou à Hong-Kong, seules quelques rares constructions ont été conçues et réalisées avec son aide dans notre pays. La méthode a cependant connu un bel essor au cours des deux ou

<sup>9</sup> Remarque: building désigne ici la construction dans son ensemble et non les seuls bâtiments.

trois dernières années et elle devrait parvenir à s'imposer en Suisse dans les toutes prochaines années. Voilà ce qui est écrit dans le plan d'action Suisse numérique: «*L'objectif est que la Confédération et toutes les entreprises qui lui sont proches (y compris les CFF) appliquent la méthode BIM pour l'immobilier à partir de 2021 et pour les infrastructures à partir de 2025.*» A la lumière de la longue expérience acquise en matière d'interopérabilité sémantique de géodonnées, ce calendrier ne semble réaliste que si l'on renonce à l'un des objectifs majeurs de la transition numérique, à savoir la collecte unique des données et leur utilisation à plusieurs reprises. Cette estimation repose sur le fait qu'un seul catalogue des champs d'information est connu à ce jour (cf. § 3.2.3) de sorte qu'il n'existe pour l'heure ni modèle de données basé sur IFC ni directives de saisie. La base technique requise pour disposer de données harmonisées fait donc défaut aujourd'hui. Les différents acteurs pourront donc structurer les données au gré de leurs préférences, dans les limites d'IFC. La réutilisation par un autre service ne sera tout simplement pas possible en l'état.

### 3.3.4 Land Administration Domain Model

Le Land Administration Domain Model (LADM) est issu d'un tout autre domaine de spécialité. Ce modèle a été élaboré pour disposer d'un mécanisme formel de description de la propriété et des droits fonciers (données cadastrales ou relatives aux titres). LADM a été publié comme norme en 2012 du fait du large soutien dont le modèle a bénéficié au sein du comité ISO TC211.

Il offre une base évolutive pour développer et améliorer des systèmes cadastraux plus efficaces, fondés sur une architecture guidée par les modèles. Le recours à LADM permet aux parties impliquées, que ce soit au sein d'un même pays ou entre des pays différents, de communiquer, resp. d'utiliser et d'échanger des données sur la base d'un vocabulaire commun (c.-à-d. d'une ontologie).

LADM couvre les composants relatifs aux informations de base du cadastre, y compris ceux qui se trouvent au-dessus de l'eau et des terres, ainsi que les éléments situés en surface et en sous-sol. C'est un modèle conceptuel abstrait comprenant trois lots distincts (cf. aussi le code couleurs sur la Figure 12):

- les parties (Party, en vert): pour la gestion d'informations concernant les individus et les organisations
- les unités administratives (AdministrativeSource, en jaune): pour décrire des droits, des responsabilités et des restrictions (droits de propriété)
- les unités spatiales (Spatial Units, en bleu): pour la documentation de parcelles et de l'espace juridique de bâtiments et de réseaux publics. L'empreinte spatiale d'une unité est définie par les classes géométriques figurées en rouge.

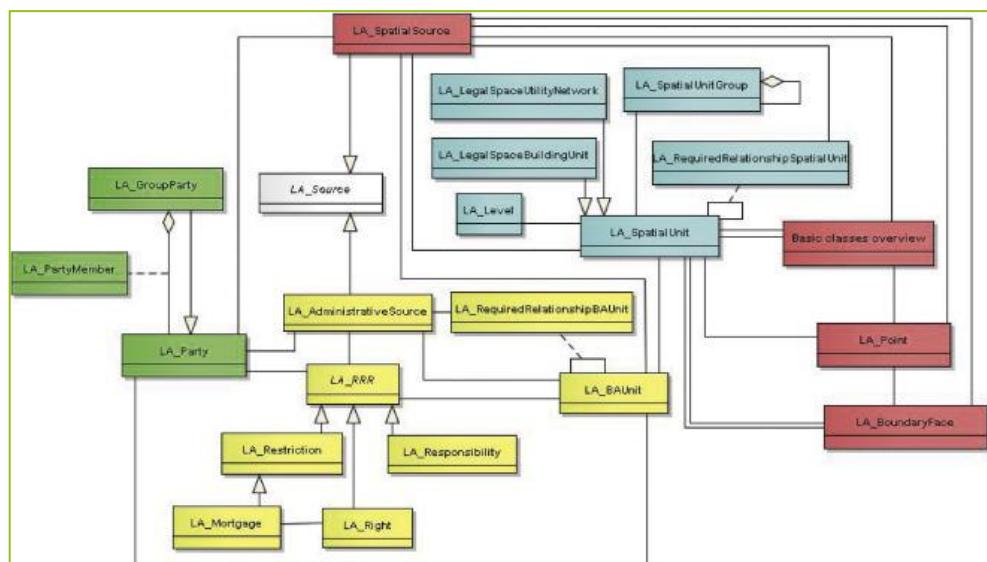


Figure 12 Diagramme des classes de LADM (source: Lemmen, 2015)

LADM est générique, mais extensible. Il est courant que des attributs, des exploitants, des associations et des classes supplémentaires soient nécessaires pour un profil régional ou national spécifique. Le modèle de données de la MO a d'ores et déjà été modélisé comme profil LADM (cf. Germann, 2017). Le diagramme des classes a été étendu par un descriptif Interlis pour apporter davantage de précisions.

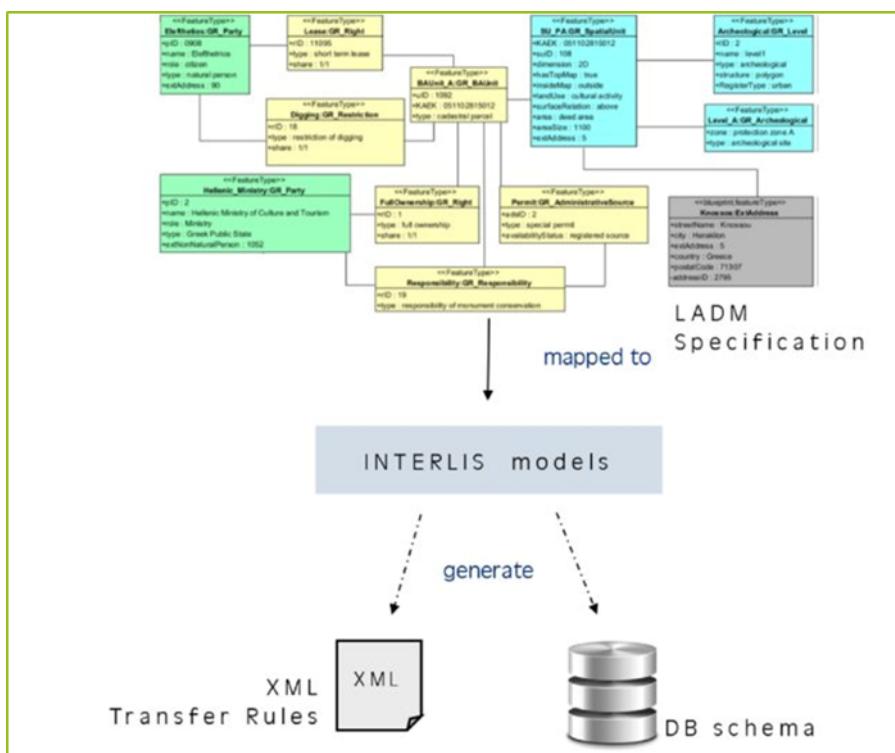


Figure 13 Interlis dans le contexte de LADM (source: Germann 2017)

LADM a aussi été utilisé pour la documentation de la propriété par étages dans différents projets. Les limites du modèle pour une description générale de bâtiments et donc pour une utilisation plus large des informations les concernant apparaissent dans diverses approches traitant des possibilités de le combiner avec d'autres modèles de données. A titre d'exemple, on citera ici la contribution de Lin Li (2016).

### 3.4 Etudes visant à associer le MTP et la MO

Dans le concept initial du modèle topographique du paysage MTP (2004), il était prévu que les toits soient saisis et gérés en 3D dans le MTP. Les contours principaux et les détails des bâtiments auraient dû être intégrés dans le MTP à partir de la MO. Les bâtiments en 3D auraient ainsi dû être formés à l'aide des toits en 3D et des contours en 2D. Les représentants des cantons et de swisstopo étaient cependant d'avis divergents à l'époque concernant les conditions d'utilisation applicables aux uns et aux autres. Les données des bâtiments n'ont donc pas pu être intégrées au MTP à partir de la MO en raison de ces divergences de vues.

Les contours principaux et les détails des bâtiments issus de la MO ont cependant pu servir de données d'arrière-plan lors de la saisie des toits en 3D dans le MTP. Il a été constaté, dans ce cadre comme lors des travaux menés par différents utilisateurs de swissBUILDINGS<sup>3D</sup>, que des différences sémantiques mais également des écarts géométriques existaient entre les toits en 3D et les contours en 2D.

La présente étude vise à jeter les bases permettant de remédier aux différences sémantiques grâce à une définition homogène des bâtiments et à un modèle.

swisstopo a fait procéder à deux études en 2014 (EBP) et en 2015 (Flotron) pour déterminer les causes des écarts entre les structures des bâtiments de la MO et du MTP, mais également pour trouver des moyens de réunir les deux bases de données. Ces deux contributions revêtent de l'intérêt dans l'optique de la présente étude, puisque la future base de données officielle des bâtiments devra réunir des informations provenant de différentes sources.

Aucune de ces deux études n'avait pour mission de déterminer les causes des écarts géométriques.

Les principaux enseignements tirés de ces deux analyses sont les suivants:

- L'étude d'EBP montre une forte corrélation<sup>10</sup> entre la MO et le MTP pour environ 75 000 bâtiments à Olten (sur 185 000 bâtiments en tout, soit une proportion de 40 %). L'étude de Flotron montre l'existence d'un lien logique dans 52 % des cas dans la zone d'essai d'Olten.
- Les contradictions entre les deux bases de données peuvent être résumées ainsi:
  - les classifications des objets du monde réel en bâtiments / non-bâtiments ne coïncident pas entre elles (les directives de saisie présentent des divergences significatives)
  - la résolution géométrique et la précision géométrique (précision planimétrique) divergent entre elles
  - aspects temporels – le calendrier de saisie des données pour le MTP et la fréquence de mise à jour de la MO ne s'accordent pas.

<sup>10</sup> La forte corrélation englobe les types de relation suivants: contains, within et overlap (pour autant que le recouvrement dépasse 95% en surface).

## 4 Synthèse des analyses des parties prenantes et du contexte

### 4.1 Introduction

Les enseignements tirés des entretiens réalisés, de l'enquête conduite et de l'analyse du contexte sont résumés dans la synthèse. Elle documente les résultats issus de l'enquête menée auprès des utilisateurs et des investigations portant sur les bases de données et les normes/standards (nationaux et internationaux) existants. C'est à partir de la synthèse de l'analyse du contexte et des exigences formulées que les objectifs et les conditions-cadre fixés à un futur modèle de données sont définies.

La synthèse ne comporte aucune proposition de solution. Les enseignements sont décrits et reproduits dans ce chapitre sans porter le moindre jugement de valeur. Une évaluation et une appréciation seront entreprises aux étapes suivantes des travaux, décrites en détail aux chapitres 5 Proposition de définition du «Bâtiment» et 6 Projet de modèle de données .

### 4.2 Synthèse des exigences formulées par les acteurs d'importance

#### 4.2.1 Synthèse des entrevues

Les personnes interrogées ont été sélectionnées de façon à recueillir les besoins et les exigences en matière d'informations sur les bâtiments pour l'éventail d'utilisations le plus large possible. Les différentes visions du bâtiment prises en compte sont énumérées au paragraphe 2.1.

Les déclarations faites durant les entretiens ont montré que l'objectif ainsi visé a pu être atteint. Les trois rôles différents (régulateurs, producteurs, utilisateurs) sont représentés à parts à peu près égales, si bien que les déclarations enregistrées ne seront pas pondérées dans la suite.

Les principales déclarations recueillies lors des entrevues, dans l'optique d'une notion de «Bâtiment» harmonisée et d'un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH», pourraient être résumées ainsi:

- les informations sur les bâtiments revêtent une grande, voire une très grande importance pour la plupart des personnes interrogées qui portent un intérêt élevé à très élevé à leur homogénéisation
- les données des bâtiments sont utilisées aux fins les plus diverses aujourd'hui; avec un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» et une base de données fondée sur lui, d'autres synergies tomberont sous le sens (ex.: efficacité énergétique / CO<sub>2</sub>-reporting, prescriptions relatives aux résidences secondaires, «SmartCity»)
- le moment actuel est optimal pour procéder à une harmonisation, car le passage au numérique du secteur de la construction entraîne une forte «dynamique du marché»
- les exigences suivantes sont notamment posées à un «Bâtiment officiel CH»:
  - des notions homogènes doivent être employées, tenant compte des définitions du RegBL (notion de bâtiment) et de la SIA (surfaces et volumes des bâtiments)
  - les définitions ne doivent pas être en contradiction avec les notions ou les grandeurs figurant dans le droit des constructions
- les bases de données, les normalisations et les processus existants doivent être utilisés, il ne s'agit pas de tout rebâtir de zéro
- la délimitation avec les autres ouvrages est importante.

D'autres enseignements importants ont été tirés des entretiens réalisés. Ils peuvent être regroupés comme suit:

### **Utilisation d'informations sur les bâtiments**

- le RegBL et la MO en tant que registre/cadastre officiel sont connus de la plupart des personnes interrogées
- le RegBL est utilisé comme base pour de nombreuses tâches, mais il est demandé que la qualité des informations attributaires soit améliorée
- swissBUILDINGS<sup>3D</sup> est connu de nombreuses personnes interrogées pour les visualisations
- les clés du RegBL (EGID, EDID et EWID) sont bien connues et revêtent une importance cruciale pour diverses utilisations; leur signification va s'accroître, parce que leur emploi va se généraliser à l'avenir (ex.: en remplacement du numéro d'assurance du bâtiment)
- l'actualité et le cycle de vie du RegBL sont appréciés
- la fiabilité des données de base va gagner en importance, puisque différentes bases de données (pour partie propriétaires) vont être combinées entre elles.

### **Exigences et utilité d'une notion de «Bâtiment» harmonisée**

- les définitions de bâtiment suivantes sont utilisées actuellement (les définitions détaillées des notions sont décrites au chapitre 5):
  - RegBL
  - MO
  - SIA, notamment aussi les définitions des surfaces et des volumes des bâtiments
  - aménagement du territoire et droit des constructions
  - définitions non normatives, comme celle de l'assurance privée ou de swissBUILDINGS<sup>3D</sup>
  - définitions individuelles, «visant une solution» (non consignées par écrit)
- utilité d'une notion harmonisée: compréhension! La plupart des personnes interrogées soulignent l'importance et l'utilité d'une notion harmonisée. Elle simplifierait la compréhension entre des disciplines différentes et préviendrait bien des malentendus.

### **Exigences envers un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» issues de l'enquête auprès des utilisateurs**

- l'EGID se propose en qualité de clé:
  - exigence générale pour permettre l'association d'autres données
  - la localisation dans l'espace ou l'association via la référence spatiale doit être possible
  - l'interaction avec les données de la mensuration officielle est génératrice de confiance
- la 3D comme une exigence générale; le degré de spécification modulé en fonction du but poursuivi doit être analysé
- les informations sur l'utilisation du bâtiment («but») sont importantes, mais les volumes devraient être subdivisés en conséquence en cas d'utilisations multiples
- l'année de construction et les informations concernant les rénovations entreprises sont considérées comme des attributs cruciaux.

### Questions finales et retours d'ordre général recueillis lors des entretiens

- l'utilité d'un futur modèle ou d'une future base de données doit être clairement mise en évidence
  - si des données sont utilisées, leur emploi peut engendrer un gain au niveau de leur qualité
  - pour que les données soient utilisées, leur ampleur doit faire l'objet d'une analyse critique (préférer la qualité au détriment du volume des données)
- la participation active à la suite du projet a été souhaitée voire proposée par divers acteurs.

#### 4.2.2 Synthèse de l'enquête écrite

Une synthèse préliminaire a été réalisée à la suite des entretiens conduits. Elle a servi de base à l'élaboration du questionnaire de l'enquête écrite. De premières réflexions portant sur la proposition de notion de bâtiment et le projet de modèle de données «Bâtiment CH» ont ainsi pu être validées.

47 personnes ont pris part à l'enquête et le large cercle de participants a permis une «vision étenue» du bâtiment, d'où la large base d'appui souhaitée et la validation des réflexions menées pour la suite des travaux. Des informations détaillées relatives à toutes les réponses fournies figurent dans l'analyse de l'enquête écrite (partie intégrante du rapport).

Les déclarations principales de l'enquête écrite peuvent être résumées ainsi:

- confirmation de la signification des données des bâtiments: les trois quarts environ des personnes interrogées indiquent utiliser des informations sur les bâtiments tous les jours ou toutes les semaines
- fort intérêt pour une notion harmonisée (64 %)
- la notion de «Bâtiment» du RegBL couvre partiellement ou totalement les besoins pour 91% des personnes interrogées, une seule d'entre elles ayant répondu qu'elle ne les couvre pas
- intérêt fort à très fort pour le modèle, resp. la base de données «Bâtiment officiel CH» (env. 83%); l'importance accordée se traduit aussi par le taux de retour de la question sur l'utilité: avec 37 réponses, c'est le taux le plus élevé; diverses déclarations à ce sujet figurent dans la suite
- avec 71% de réponses positives, l'intérêt pour une participation (à des projets pilotes, en tant qu'élément moteur d'une mise en œuvre ou simplement dans le cadre d'enquêtes) est élevé.

Les développements suivants servent de base à la poursuite des réflexions sur la notion de «Bâtiment» et également d'exigences (géométrie et attributs) pour l'élaboration du projet de modèle de données. Les thèmes évoqués et les déclarations reproduites viennent surtout compléter les enseignements tirés des entretiens conduits:

### Utilisation des sources de données actuellement disponibles

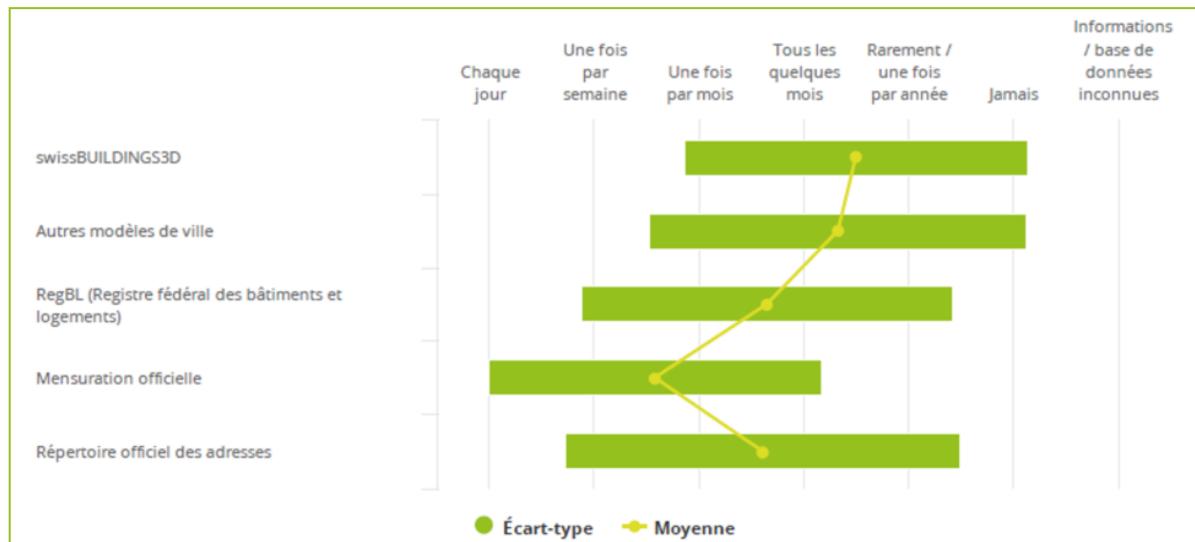


Figure 14 Utilisation des sources de données existant aujourd’hui pour le bâtiment

Quelques déclarations/citations complémentaires concernant d’autres sources de données utilisées:

- Google Maps et notamment StreetView sont également utilisés fréquemment pour évaluer des empreintes locales au sol.
- «Relevés de scan pour les modèles de terrain et tels que construits; photogrammétrie pour les clarifications / études préliminaires, scan laser pour la rénovation du bâti existant»
- «Informations concernant l'utilisation, le type de construction, la forme du toit, le chauffage par le sol ou par le plafond (usage quotidien)»
- «Bâtiments 3D cadastraux produits par le service»
- «D'autres sources de données (variables selon les cantons) sont également intégrées dans les comptes rendus cantonaux, par exemple des données issues de CECB, du contrôle des installations de combustion, de demandes de subvention, de demandes de construction, d'assurances de bâtiments, etc.»

### Intérêt et utilité d'une notion de «Bâtiment» harmonisée

Notion de «Bâtiment» du RegBL: cette notion couvre-t-elle les besoins?

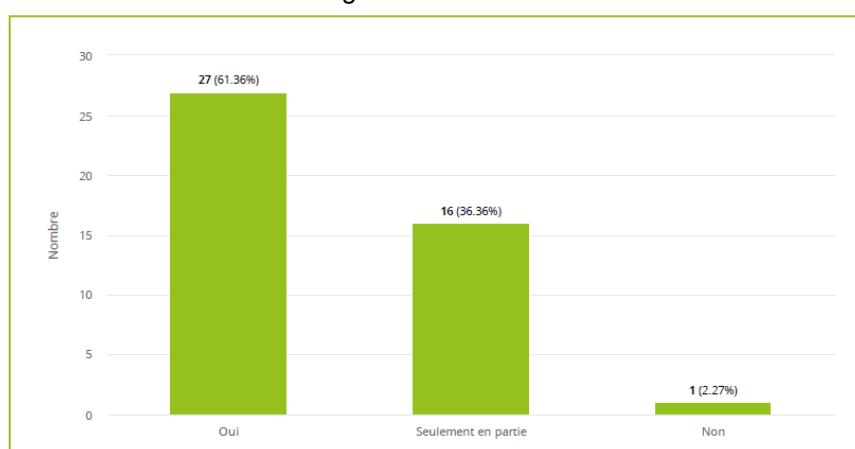


Figure 15 Intérêt envers une notion de «Bâtiment» harmonisée

Déclarations complémentaires portant sur le fait de savoir si l'introduction de cette notion restreint l'activité ou entraîne des problèmes:

- «*Oui, car cela va imposer un énorme travail de normalisation. De plus, le canton de Neuchâtel a déjà beaucoup de cas d'utilisation des bâtiments qui devraient être revus, d'où un coût élevé.*»
- «*Une grande partie des bâtiments ferait défaut et cela conduirait à des résultats erronés pour les analyses de visibilité, les simulations d'ombres, les calculs de propagation du bruit ou les couloirs de sécurité.*» (cette déclaration n'a malheureusement pas été concrétisée)

Les réponses suivantes ont été apportées à la question «Que manque-t-il dans la définition?»:

- «*Un positionnement par rapport à la notion d'«Ouvrage» (SIA 2051, 1.1.8) et donc de la clarté vis-à-vis des secteurs du bâtiment et du génie civil:*
  - «*Concept global pour toutes les constructions et installations du bâtiment et du génie civil*»
  - «*Un complément pour la reproduction numérique du bâtiment, cf. par exemple «Modèle numérique d'ouvrage» (SIA 2051, § 1.4.3):*

*Représente un ouvrage ou certaines de ses parties et est formé à partir de données numériques.»*

#### Intérêt et utilité d'un modèle de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé au plan national

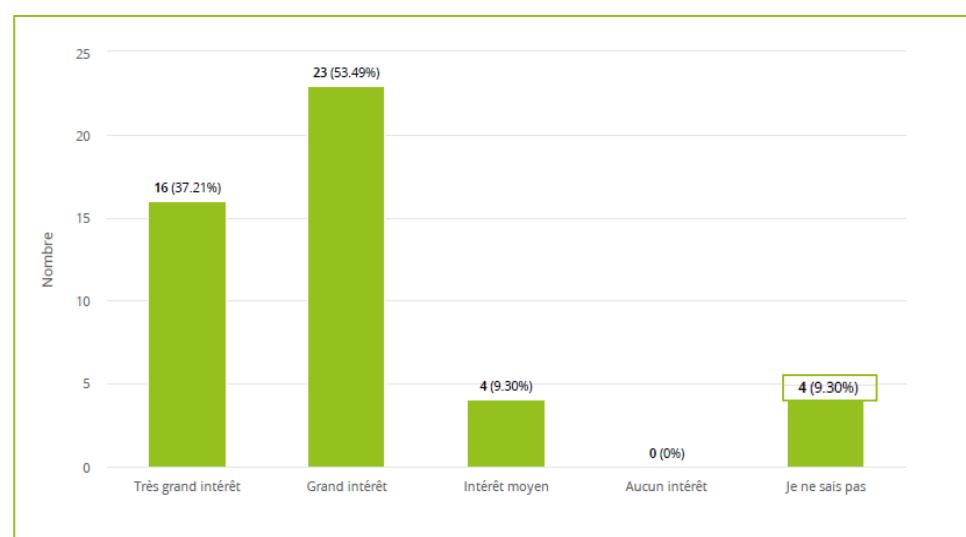


Figure 16      Intérêt envers un modèle de données «Bâtiment officiel CH» harmonisé au plan national

Déclarations complémentaires relatives à l'utilité, témoignant dans le même temps des attentes.

- «*Aujourd'hui, il y a trop d'interfaces analogiques ou non définies lors du processus de génération d'un nouveau bâtiment. L'architecte définit le contour principal, la commune attribue l'adresse et les données du RegBL, le géomètre saisit le bâtiment projeté. Le géomètre pourrait aussi endosser un rôle plus actif en matière de fonctions de contrôle (distances envers les limites, adressage correct, etc.). Question des champs de compétence respectifs des uns et des autres dans le cadre d'un processus de planification BIM.*»
- «*C'est idéal pour les entreprises du secteur privé, ainsi que pour toutes les analyses qui pourraient être faites à l'échelle nationale. Par contre, il faut être sûr que TOUS les cantons comprennent la définition du modèle de la même manière, car sinon cela ne sert à rien.*»

### Déclarations concernant un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH» - exigence envers l'actualité des données

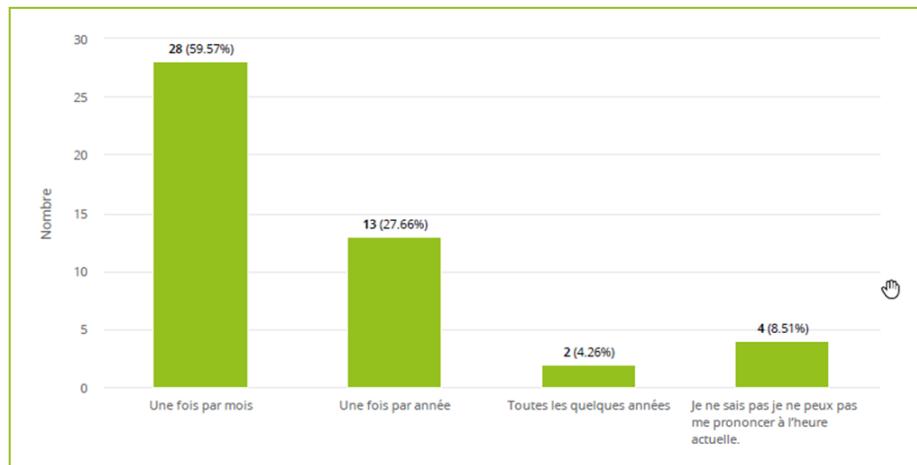


Figure 17 Exigence envers l'actualité des données

Déclarations complémentaires concernant les exigences envers les attributs:

- «Volume bâti, surface utile, resp. surface habitable, parfois aussi année de construction, genre d'utilisation, type de bâtiment»
- «Morphologies des bâtiments (point de niveau, hauteurs), informations portant sur le toit (forme de toit, utilisation du toit → énergétique oui/non, végétalisé oui/non), état de rénovation, matériau de la façade (pierre/métal/matière plastique/verre/bois, proportion de verre en % de la surface de la façade)»
- «Ce n'est pas seulement le bâtiment qui devrait être pourvu d'un statut (projeté, réalisé, caduc), mais aussi chacune de ses entrées. Certaines entrées de bâtiments sont obturées, même lorsque le bâtiment continue d'exister.»

### Exigences géométriques envers un futur modèle de données «Bâtiment officiel CH»

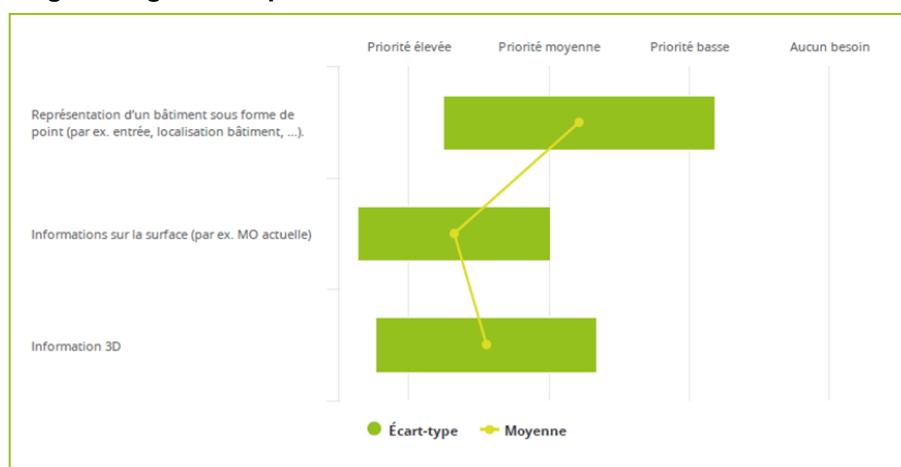


Figure 18 Exigences géométriques envers un futur modèle de données

**Questions absentes du questionnaire resp. thèmes qui n'y ont pas été abordés:**

Ci-dessous une sélection de déclarations:

- «*Cette réflexion devrait être élargie également à la modélisation des bâtiments 3D: cette dimension est indispensable pour pouvoir intégrer les bâtiments dans une réflexion smart city: analyse des îlots de chaleur, potentiel solaire et économies énergétiques, analyses d'impact (environnemental, socio-économique, mobilité,...), intégration de l'IOT dans les infrastructures, ... Le territoire ne s'arrêtant pas aux limites cantonales mais étant continu, une norme commune permettrait de faciliter grandement les analyses transverses.*»
- «*Données / informations concernant l'exploitation.*»
- «*Passage au numérique, interfaces → exigences de format pour les données (prise en charge simple des données dans d'autres systèmes), prise en compte des normes et standards internationaux et nationaux → voir où il est possible, resp. judicieux de le faire, délimitation claire.*»
- «*Comment l'autorisation et l'accès sont-ils régis? A mon sens, toute personne qui s'enregistre devrait pouvoir accéder aux données. Qui doit gérer ce système et qui décide des informations à enregistrer et de la manière de les enregistrer? Le système d'informations total des bâtiments devrait être en relation avec tous les systèmes d'importance et être muni de filtres d'accès pour certains domaines.*»
- «*Situation juridique et base légale pour une définition harmonisée des bâtiments.*»
- «*Situation de la propriété au sein du bâtiment, format des données, lien avec les efforts déployés au niveau international par MS & co., intégration des leaders technologiques tels que Google ou autres semblables.*»

**Retours généraux sur ce qui apparaît important aux yeux des participants**

- Intérêt à participer à la suite du projet: 26
- Confidentialité des informations transmises en lien avec l'enquête écrite:
  - utilisation dans le seul cadre de l'enquête
  - les informations de contact sont connues du mandant.
- «*Nous vivons actuellement dans un monde de numérisation. Il est important de penser à une base interactive avec d'autres acteurs. Le BIM est en essor et il serait triste de passer à côté de cela. A Genève, plusieurs offices travaillent ensemble sur ce sujet. Il serait encore plus intéressant que cela se développe dans d'autres cantons voire dans toute la Suisse afin que tous travaillent de la même façon.*»
- «*Dans le contexte de smartcity, il faut avoir suffisamment d'informations pour servir de base pour ces applications. Il est important de tenir compte du contexte des régions, il ne faut pas avoir les mêmes détails en ville et en montagne. Il faut collaborer pour avoir une seule définition et ainsi être la référence pour tout le monde. Il faut faire le travail une seule fois et ne pas faire X versions.*»
- «*Viser une harmonisation à l'échelle de la Suisse entière sans exigences cantonales supplémentaires. Se fonder sur le cycle du bâtiment, intégrer les modèles BIM. Question de la gestion d'autres ouvrages tels que les ouvrages d'art. La gestion de ces constructions va gagner en importance (âge, changement climatique, etc.)*»
- «*Le modèle de données doit être conçu de manière à être pratique, apte à couvrir les besoins concrets et ne doit pas se laisser exclusivement guider par ce qu'il est techniquement possible de faire. La règle suivante s'applique fréquemment aux yeux des notaires et du registre foncier: moins signifie davantage. Notamment aussi parce que la loi permet de gérer des imprécisions en matière de propriété et de servitudes.*»

## 4.3 Synthèse de l'analyse du contexte

### 4.3.1 Synthèse de la situation actuelle en matière d'informations sur les bâtiments (bases de données nationales)

En Suisse, trois bases de données (MO, RegBL et swissBUILDINGS<sup>3D</sup>) sont actuellement disponibles à l'échelle nationale en matière d'informations sur les bâtiments. Une fiabilité élevée est accordée aux données de la MO en raison de leur importance pour garantir la propriété foncière. La quantité d'informations est très réduite et se limite en fait aux informations de position. Les règles de mise à jour sont clairement fixées et la base de données est actualisée en continu. Les définitions des bâtiments de la MO sont harmonisées avec celles du RegBL.

Un catalogue d'attributs très riche est associé au RegBL et revêt un grand intérêt pour différentes tâches et analyses. Il est cependant notoire que les données du RegBL ne sont ni complètes ni exemptes d'erreurs. Parmi les problèmes fréquemment rencontrés, on citera ici une subdivision non indispensable d'une enveloppe en plusieurs bâtiments, alors qu'il ne s'agit que de plusieurs entrées. Lors de la rénovation et de la modification de bâtiments existants, les attributs ne sont pas toujours mis à jour (exemple mentionné à plusieurs reprises: le remplacement d'un chauffage au fioul par une pompe à chaleur). L'harmonisation entre le RegBL et la MO est encore en cours dans plusieurs cantons à l'heure où ces lignes sont rédigées. Autrement dit, de nombreux objets n'existent que dans la MO et sont donc absents du RegBL pour l'instant.

Le RegBL étant intégré dans les procédures d'autorisation de construire, les données sont toujours d'une grande actualité, même dans le cas des constructions projetées.

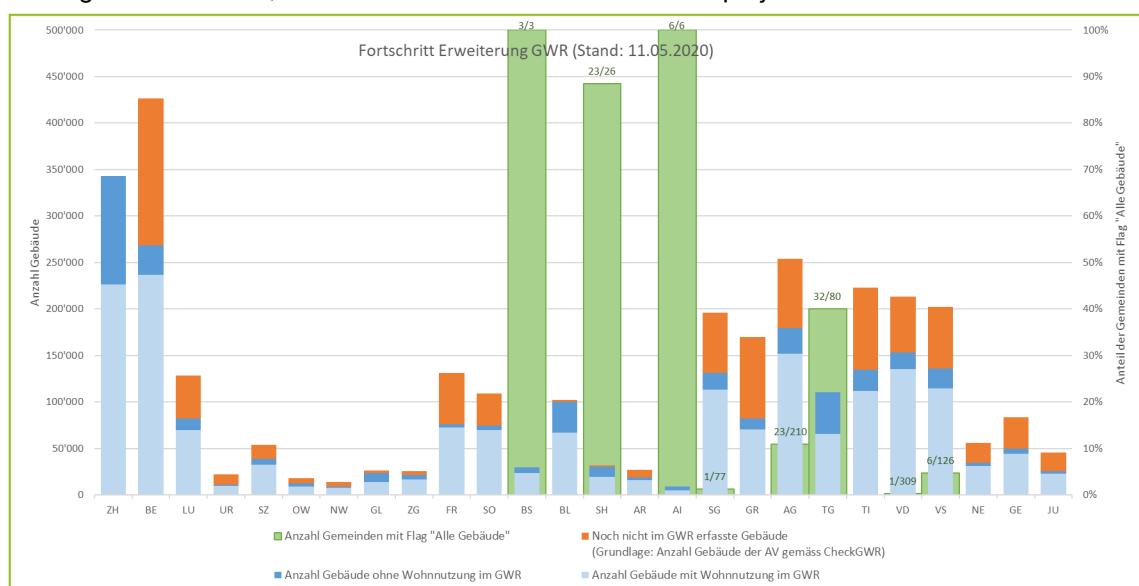


Figure 19 Progression de l'extension du RegBL, canton par canton (source: [housing-stat.ch](https://www.housing-stat.ch/images/Erw_progression_FR.png), le 11.05.2020<sup>11</sup>) [https://www.housing-stat.ch/images/Erw\\_progression\\_FR.png](https://www.housing-stat.ch/images/Erw_progression_FR.png)

<sup>11</sup> Interprétation: dans le canton de Thurgovie, les données du RegBL et de la MO sont intégralement harmonisées dans 32 communes sur 80, tous les bâtiments de la MO sont déjà contenus dans le RegBL. Dans le canton d'Argovie, 70 000 bâtiments environ de la MO restent encore absents du RegBL.

La base de données de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> couvre le pays entier par conception. Du fait de la méthode de saisie (axée sur la forme des toits), les structures des objets ne respectent pas les définitions de la MO et du RegBL. Certaines villes ont bâti leurs modèles urbains en 3D dans le respect des structures d'objets de la MO, cas par exemple de la ville de Zurich (cf. aussi Figure 37). Les données sont vérifiées, resp. mises à jour tous les trois ans, en raison des cycles de vol prévus.

Les études réalisées ont montré qu'en plus des structures d'objets différentes, les informations géométriques de la MO et de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> ne coïncident pas aussi bien entre elles que ce que les exigences de précision pourraient laisser supposer. Les causes en sont multiples, la présente étude n'ayant cependant pas vocation à en dresser la liste complète (cf. § 3.4). Le développement de swissBUILDINGS<sup>3D</sup> doit se poursuivre pour coïncider à l'avenir avec les structures du RegBL et de la MO, de façon à permettre une mise en relation simple d'informations via l'EGID.

#### 4.3.2 Synthèse des modèles de données internationaux

Au niveau international, plusieurs modèles de données ont été développés en lien avec la thématique des bâtiments au cours des dix dernières années. Les modèles examinés que sont LandInfra (auparavant LandXML), CityGML, IFC et LADM sont mis en œuvre dans différents pays et constituent autant de bases potentielles pour un modèle de données «Bâtiment officiel CH». Il est intéressant de noter au passage qu'aucun modèle de données n'est encore explicitement lié aux concepts de «Smart City» et de «jumeau numérique» si présents aujourd'hui. Les données ayant été disponibles très tôt à large échelle en CityGML, différents projets Smart City utilisent ces (structures de) données, resp. ces objets servent de référence pour des capteurs ou pour d'autres bases de données. La notion de «jumeau numérique» et l'idée associée d'utilisation de ce jumeau pour des simulations de tous ordres suggère une représentation d'un objet du monde réel avec une granularité très fine dans une base de données. De là à privilégier ici le format IFC, il n'y a qu'un pas.

Chaque modèle a sa propre sémantique et donc ses propres prescriptions pour transférer un objet réel dans la base de données. Les différences entre modèles se déclinent d'autant moins aisément que de bonnes prescriptions pour la saisie des objets n'existent pas partout. Ainsi, dans le standard IFC, un «Mur» définit l'objet projeté resp. construit séparant deux espaces. Un mur a donc toujours une certaine épaisseur (corps volumique) et peut aussi comporter plusieurs couches (cas par exemple d'un mur extérieur composé d'une construction porteuse, d'une isolation et d'un revêtement). Dans le cas de LADM, le mur sert à délimiter la propriété et sert surtout à savoir où elle s'arrête: au niveau de la face interne, au milieu ou au niveau de la face externe? Pour CityGML enfin, un mur est défini comme une surface visible. Les faces interne et externe d'un même mur sont par conséquent des objets distincts.

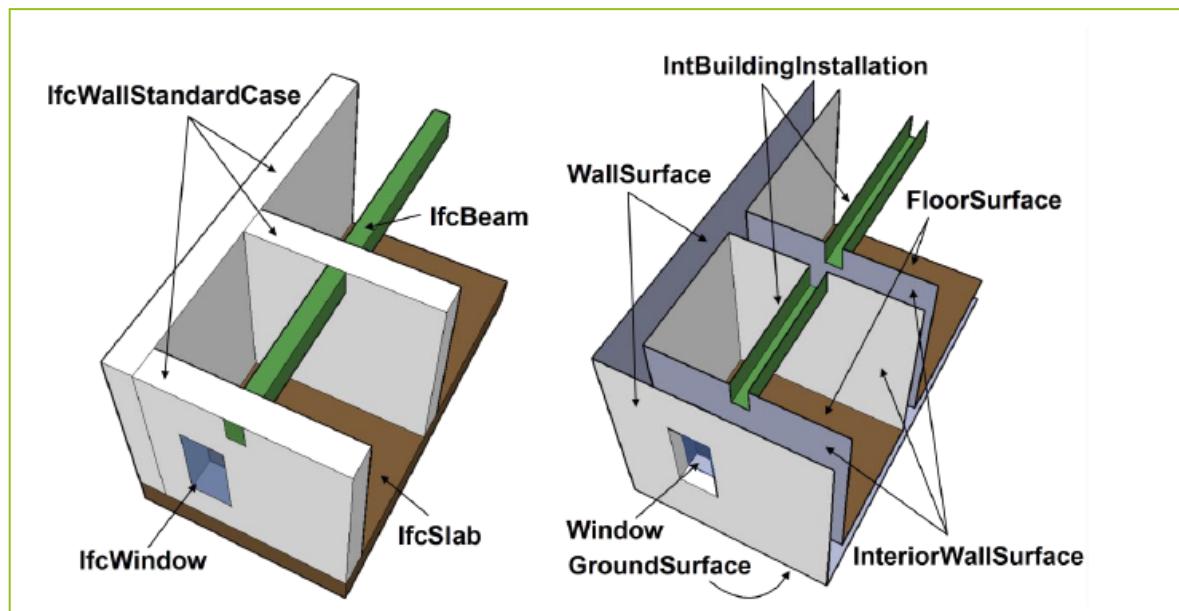


Figure 20 Modélisation différente d'un mur dans IFC et CityGML (source: Nagel et. al. 2009)

Il n'y a donc pas lieu de s'étonner que diverses approches aient été testées pour transformer les données entre les modèles. Il ressort cependant de différentes études que ces transformations ne fonctionnent pas de manière satisfaisante, cf. notamment Deng (2016), Gilbert (2020), Noardo (2019), Sun (2019) ou Zadeh (2019). Les sémantiques différentes des modèles ne sont toutefois pas seules en cause ici, les données de base disponibles qui ne correspondent pas aux modèles standards jouant également un rôle dans ce cadre.

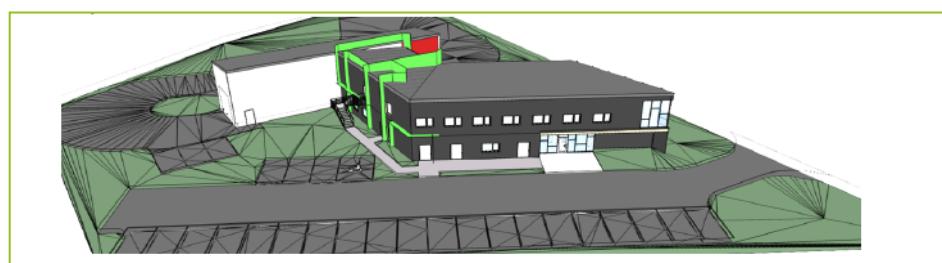


Figure 21 Visualisation cohérente d'un bâtiment comme jeu de données IFC (source: Nardo et. al. 2019)

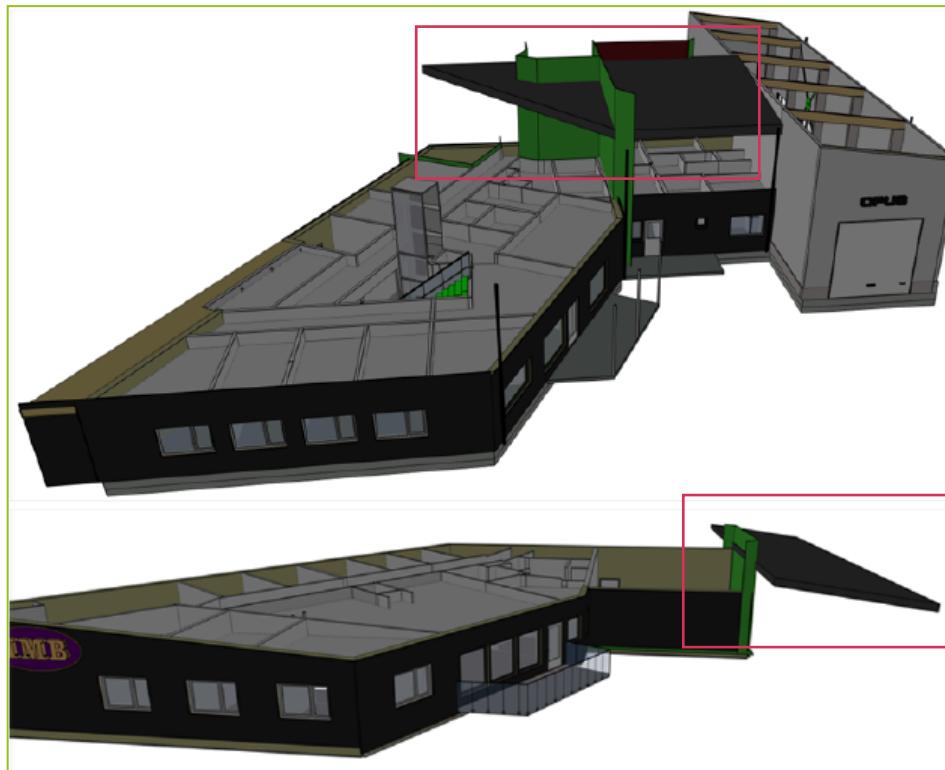


Figure 22 Des valeurs erronées pour l'étage dans le jeu de données IFC compliquent l'échange avec CityGML (source: Nardo et. al. 2019)

L'adéquation d'un standard international à servir de base pour le modèle de données «Bâtiment officiel CH» dépend en fin de compte des objectifs principaux assignés à l'utilisation du modèle. La disponibilité des données peut également influer sur le choix du modèle, mais les frais inhérents à leur saisie et à une éventuelle conversion ne doivent pas non plus être négligés.

#### 4.4 Résumé

##### 4.4.1 Objectifs d'un futur modèle et d'une future base de données «Bâtiment officiel CH»

Au vu des enquêtes conduites, le futur modèle, resp. la future base de données «Bâtiment officiel CH» devra présenter les caractéristiques suivantes:

1. Un objet de la base de données «Bâtiment officiel CH» respecte la structuration des objets du RegBL. Motif: la base de données du RegBL existe dans toutes les communes et un grand nombre d'attributs est disponible pour chaque objet (cf. plus loin)
  - a) l'identificateur EGID du RegBL jouera aussi un rôle directeur dans la future base de données
  - b) le concept de temporalité du RegBL correspond à la compréhension actuelle du cycle de vie d'un ouvrage (projet, construction et exploitation avec des modifications, démolition).
2. Un objet de la future base de données englobe tous les éléments de construction souterrains et aériens, pour autant qu'ils soient déterminants pour le but visé
  - a) les annexes qui ne sont pas gérées dans la mensuration officielle ne sont pas incluses; motif: la base de données doit se fonder au maximum sur des bases de données existantes;

- swissBUILDINGS<sup>3D</sup> ne contient aucune installation souterraine extérieure à l'enveloppe d'un bâtiment
- b) les installations techniques (cheminées, installations frigorifiques) ne sont pas incluses, sauf si elles font partie intégrante de la destination du bâtiment (ex. : cheminées d'une usine d'incinération des ordures ménagères); motif: ces installations ne sont pas demandées par les utilisateurs et ne sont pas disponibles dans les bases de données actuelles
  - 3. Les données ne devraient pas dater de plus de 3 à 6 mois environ. Cela correspond à la fréquence de livraison (trimestrielle) des données du RegBL par les communes à l'OFS, respectivement aux prescriptions de la mensuration officielle. Les réponses recueillies lors des enquêtes montrent que ces valeurs correspondent aux besoins actuels.
  - 4. Les grandeurs déterminantes (surfaces et volumes) selon les normes SIA peuvent être déduites d'un objet (volume bâti, surface de plancher, surface de référence énergétique)
    - a) le modèle ne contient aucune notion relevant du droit des constructions et ne définit aucune grandeur d'importance en cette matière (ex.: hauteur de bâtiment, parce qu'elle dépend du terrain); on évite ainsi que la base de données puisse servir à engager des poursuites en justice (la maison du voisin est trop haute).
  - 5. La base de données doit permettre d'accomplir les tâches principales suivantes:
    - a) la visualisation (partie intégrante de projets de construction numériques),
    - b) des analyses et des simulations (de bruit par exemple),
    - c) la combinaison avec d'autres bases de données, dans l'espace ou via la clé utilisée,
    - d) la reproduction d'informations projetées, existantes et historiques,
    - e) la déduction de valeurs clés géométriques (cf. point 4),
    - f) la description des biens-fonds au profit du registre foncier.

#### 4.4.2 Conditions-cadre pour les réflexions sur le modèle

Les exigences suivantes priment en matière de mise en œuvre et d'utilisabilité des données:

- 6. Mettre à disposition rapidement une base de données complète couvrant le pays entier et d'une qualité définie (harmonisée) en vue de son utilisation,
  - les bases de données disponibles devraient pouvoir être transférées dans le futur modèle de données sans la moindre perte d'information
  - plusieurs représentations de la géométrie devraient être acceptées (comme c'est le cas pour les bases de données actuellement disponibles)
  - les extensions impératives à l'échelle de la base de données entière devraient être réduites au minimum
  - des extensions optionnelles devraient être possibles en raison des exigences pour partie différentes des groupes d'utilisateurs et des besoins différents selon la densité des constructions
- 7. Bâtir sur des bases de données, des normalisations et des processus existants
  - la proximité avec les modèles des bases de données officielles existantes sur les bâtiments est indispensable
  - la proximité avec le futur type de documentation des ouvrages (méthode BIM avec IFC comme format d'échange) est à viser
  - une mise à jour décentralisée via le système d'annonces existant dans les communes peut garantir l'actualité des données.

Ces objectifs, ces exigences et ces conditions-cadre forment la base à partir de laquelle les limites du système ont été fixées (définition de la notion de «Bâtiment») et un modèle de données a été développé pour un futur «Bâtiment officiel CH». Les deux prochains chapitres contiennent les développements correspondants.

## 5 Proposition de définition du «Bâtiment»

### 5.1 Introduction

La définition du bâtiment proposée dans le cadre de ces développements ne peut pas être de nature théorique et abstraite. Elle est influencée par les définitions existantes, marquée par le but que vise son utilisation et doit se fonder sur les possibilités judicieuses offertes par la modélisation.

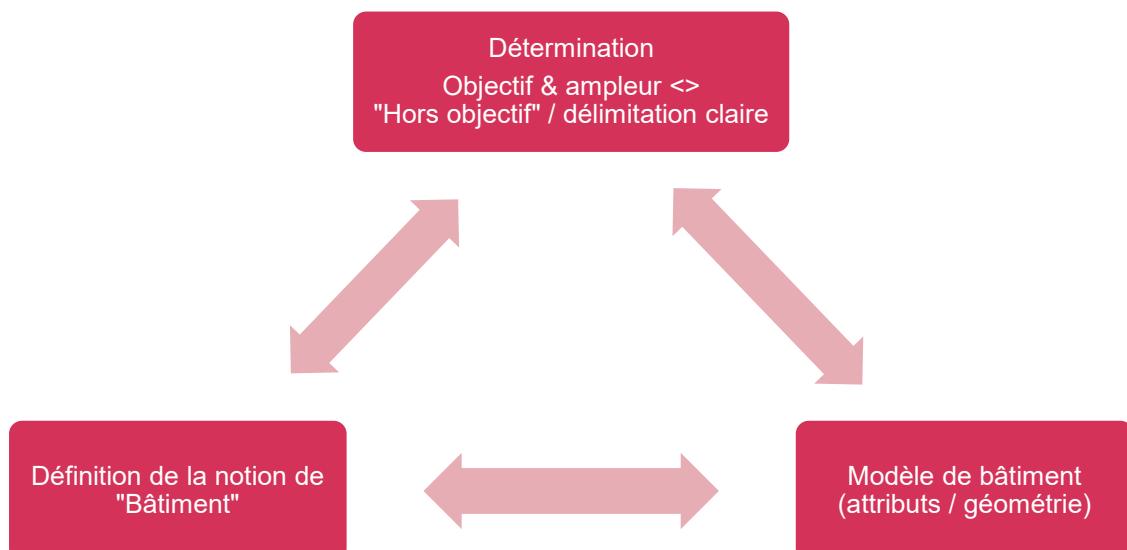


Figure 23 Influences et dépendances réciproques

### 5.2 Définition de l'objet «Bâtiment» et ampleur de la base de données

#### Thèse

La définition et la délimitation de l'objet «Bâtiment» se fondent sur les règles existantes du RegBL.

Un bâtiment est une construction immobilière durable couverte, bien ancrée dans le sol, pouvant accueillir des personnes et utilisée pour l'habitat, le travail, la formation, la culture, le sport ou pour toute autre activité humaine; dans le cas de maisons jumelées, en groupe ou en rangée, chaque construction ayant son propre accès depuis l'extérieur et séparée des autres par un mur porteur de séparation vertical allant du rez-de-chaussée au toit est également considérée comme un bâtiment.

#### Motifs

- La définition d'un bâtiment forgée pour le RegBL est ancrée dans la législation nationale (art. 2 ORegBL).
- La définition d'un bâtiment figurant dans la MO (art. 14 OTEMO) reprend celle du RegBL.
- D'autres définitions utilisées selon l'analyse des parties prenantes peuvent être formulées différemment, mais leur contenu porte exactement sur les mêmes objets, cas par exemple de celle de l'association suisse d'assurances: «*Est un bâtiment, selon les règles de la technique en matière des assurances, tout produit immobilier issu de l'activité dans la construction, y compris ses parties intégrantes, couvert d'un toit, renfermant des locaux utilisables et construit à titre d'installation permanente.*»

- Il ressort de l'analyse des parties prenantes que les groupes cibles les plus divers s'appuient d'ores et déjà sur les structures d'objets du RegBL et utilisent les identificateurs EGID et EDID.
- L'harmonisation entre la mensuration officielle et le RegBL actuellement entreprise représente une charge de travail très lourde et requiert un gros engagement. Il en résulte une base de données bien structurée et harmonisée à l'échelle nationale, apte à être utilisée de manière optimale pour la nouvelle base de données.

### Conséquences

L'ampleur de la base de données devrait également se fonder sur celle du RegBL, si bien que les objets suivants devraient figurer dans la base du modèle de bâtiment, selon l'article 7 ORegBL:

- les projets de construction, au plus tard au moment de l'octroi de l'autorisation de construire;*
- tous les bâtiments avec leurs entrées (y compris les adresses) et, pour les bâtiments avec usage d'habitation, les logements qui en font partie<sup>12</sup>;*
- d'autres objets construits ou d'autres types de projets de construction.*

*Les règles suivantes s'appliquent par ailleurs:*

- Les bâtiments projetés, leurs entrées et leurs logements doivent être enregistrés au plus tard au moment de l'octroi de l'autorisation de construire.*
- L'OFS définit dans le catalogue des caractères dans quels cas les objets selon l'al. 1 sont exceptés de l'enregistrement dans le RegBL.*
- Les objets, constructions et installations militaires assujettis à l'ordonnance du 2 mai 1990 concernant la protection des ouvrages militaires ne sont pas enregistrés dans le RegBL<sup>13</sup>.*
- Les bâtiments démolis (démolition complète) restent dans le jeu de données, le statut doit être adapté.*

L'ampleur du jeu de données du registre est précisée au paragraphe 1.4 «Description de l'entité «Bâtiment»» du catalogue des caractères du RegBL<sup>14</sup>.

Les bâtiments se classent en 4 catégories:

- les bâtiments exclusivement à usage d'habitation (maisons individuelles ou à plusieurs logements);
- les bâtiments destinés principalement à l'habitation, avec un usage annexe (tels que les bâtiments d'habitation abritant des commerces, les maisons paysannes etc.);
- les bâtiments destinés principalement à d'autres usages que l'habitation (par exemple les bâtiments administratifs, les écoles, etc. contenant le logement du concierge, mais également les hôtels, les hôpitaux, les homes, etc.);
- les bâtiments sans usage d'habitation.

Les habitations mobiles ou temporaires (par exemple caravanes, baraques, comptoirs de vente, etc.), qui ne sont pas des bâtiments au sens du RegBL fédéral, peuvent être enregistrées dans le RegBL fédéral comme des habitations provisoires, pour autant qu'elles abritent des personnes enregistrées dans des registres des habitants communaux ou des établissements enregistrés dans le Registre des entreprises et des établissements (REE).

<sup>12</sup> La subdivision d'un bâtiment en logements n'est prévue que pour la propriété par étages, dans le cas de la base de données du modèle de bâtiment.

<sup>13</sup> Les installations militaires visibles de l'extérieur sont enregistrées dans la MO. En vertu de ce principe, la saisie de bâtiments souterrains et de conduites enterrées, d'autres corps de bâtiments, d'abris, de tunnels et de réservoirs est notamment interdite.

<sup>14</sup> Version 4.1 du 20 décembre 2018, § 1.4

D'autres ouvrages de construction peuvent être enregistrés dans le RegBL fédéral comme constructions particulières bien qu'ils ne répondent pas à la définition du bâtiment du RegBL fédéral (par exemple ouvrages de construction sans enveloppe fermée, tels que des hangars ouverts, des parkings, des arrêts de transports publics couverts), étant donné que la mensuration officielle, par exemple, les considère comme objets divers.

L'empreinte du bâtiment comme objet de géodonnées en 2D est définie dans la mensuration officielle, à l'article 14 OTEMO, en plus de l'identification des ouvrages pertinents comme «Bâtiment» par le RegBL:

1. *Par bâtiments, on entend:*
  - *les bâtiments au sens de l'art. 2 let. b de l'ordonnance du 9 juin 2017 sur le Registre fédéral des bâtiments et des logements;*
  - *d'autres constructions durables, bien ancrées dans le sol, couvertes d'un toit et utilisées dans un but déterminé.*
2. *La surface du bâtiment est déterminée par les parties de la façade principale dotées de la plus grande surface extérieure verticale. Les décrochements de façade de plus de 10 cm pour les NT 2 et 3 et de plus de 50 cm pour les NT 4 et 5 sont levés.*

Les anciens projets «GABMO» de la mensuration officielle poussaient déjà à l'harmonisation des structures d'objets entre la MO et le RegBL. Dans le cadre de l'extension en cours de la base de données du RegBL à tous les bâtiments (pas seulement ceux à usage d'habitation), cette harmonisation est mise en œuvre de manière intégrale partout.

### Bilan

- Un objet de bâtiment de la base de données «Bâtiment officiel CH» correspond toujours à un objet de bâtiment du RegBL.
- Les structures d'objet et la granularité du modèle de bâtiment officiel se fondent sur les règles du RegBL, respectivement de la MO.
- Un objet de bâtiment est présent dans la base de données «Bâtiment officiel CH» durant l'intégralité de son cycle de vie. Un objet n'est jamais supprimé, son statut est modifié.

### Défi

L'harmonisation du RegBL et de la MO a permis et permet encore d'atteindre des niveaux de développement précieux et essentiels pour les informations en 2D. La base de données existante en 3D swissBUILDINGS<sup>3D</sup> s'écarte toutefois de cette structure d'objet pour cause d'approche différente adoptée pour la production. Les défis consistent donc à compléter dans la troisième dimension les structures d'objets existantes en 2D, resp. à faire coïncider les données en 3D existantes avec les structures d'objets du RegBL. La feuille de route pour la suite du processus doit indiquer un chemin praticable pour y parvenir.

## 5.3 Classification du modèle de bâtiment dans le thème général des «Ouvrages»

Les «Bâtiments» conçus durant les premières années de la construction numérique et du développement de la méthode BIM l'ont presque tous été selon le nouveau paradigme. Des méthodes adaptées à tous les autres ouvrages et des modèles de données afférents ont été développés depuis lors et sont désormais appliqués. C'est pourquoi le modèle de classes d'IFC a fait l'objet de nouvelles extensions considérables au cours des dernières années. Il est de plus en plus question,

dans les discussions, de modèle numérique d'ouvrage et de moins en moins de «modèle numérique de bâtiment». La notion de «modèles numériques d'ouvrages» (le terme d'ouvrage désignant ici toutes les constructions et installations du bâtiment et du génie civil) a du reste été introduite dans le cahier technique SIA 2051 BIM de 2017. Le thème du «Bâtiment» doit donc être pensé dans le contexte plus large des «Ouvrages».

Des ouvrages des types les plus divers, servant aux usages les plus variés, sont par ailleurs combinés entre eux, de sorte que la définition d'une structure de bâtiment comprend très vite d'autres types d'ouvrages. Les différents locaux insérés entre les piles du viaduc ferroviaire de Wipkingen sont un bon exemple à citer ici, puisqu'ils n'existaient pas sans la structure du viaduc.



Figure 24 Viaduc de Wipkingen avec les locaux insérés entre ses piles<sup>15</sup>

Une vision généralisée est conçue pour permettre une classification optimale des modèles de bâtiments dans la notion abstraite de modèle d'ouvrage. Il n'est pas question de proposer une définition close ici, il s'agit surtout de montrer comment gérer des ouvrages imbriqués les uns dans les autres, comprenant un bâtiment en qualité d'objet principal ou partiel.

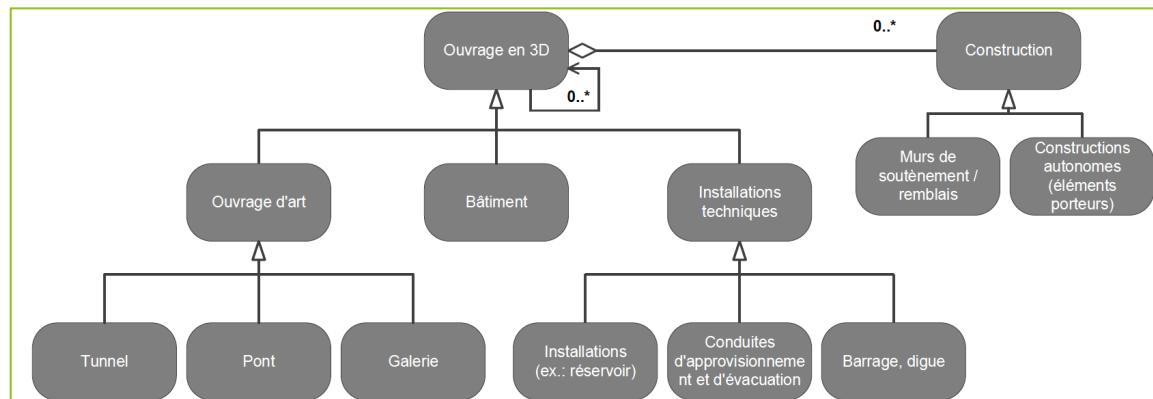


Figure 25 Schéma du modèle d'ouvrage

### Légende

↑ Héritage: l'objet de la classe spécifique hérite des attributs de la classe générale.

◆ Composition: relation entre un tout (objet principal) et ses parties, une partie ne pouvant pas exister sans le tout (condition d'existence).

<sup>15</sup> Source de la photo: [www.baunetzwissen.de](http://www.baunetzwissen.de)



Agrégation: relation entre un tout (objet principal) et ses parties, une partie pouvant aussi exister sans le tout.

Association: relation entre deux classes ou davantage.

[1] Cardinalité d'un attribut - attribut obligatoire.

[0..1] Cardinalité d'un attribut - attribut facultatif.

1 – 1..\* Cardinalité d'une association: un tout se compose d'une ou de plusieurs parties.

1 – 0..\* Cardinalité d'une association: un tout peut comprendre une ou plusieurs parties ou n'en comprendre aucune.

Le diagramme des classes est expliqué dans le tableau suivant.

Dans le projet de modèle d'ouvrage en 3D, les voies de passage et les installations techniques sont distinguées comme des catégories indépendantes possibles, en plus des bâtiments. Sans entrer dans le détail des éléments de construction, le modèle devrait reproduire les constructions importantes qui ne sont implantées qu'en lien avec un autre ouvrage. La relation entre constructions et ouvrages est modélisée comme une composition (losange plein), une construction n'existant pas sans l'ouvrage.

Classe	Description
Ouvrage en 3D	<p>Un ouvrage en 3D est une construction artificielle, bâtie en surface, sous terre ou à la transition entre les deux.</p> <p>Les constructions érigées en surface et qui ne s'en détachent quasiment pas (routes, installations ferroviaires) ne font pas partie de cette classe.</p> <p>Un ouvrage peut se composer de plusieurs parties, chacune d'entre elles pouvant être d'un type différent. Cette subdivision doit empêcher qu'un ouvrage vu comme un seul et même objet de l'extérieur ne puisse être attribué qu'à une seule catégorie (cf. exemple sur la Figure 24).</p> <p>Chaque catégorie peut comporter sa propre définition d'attributs, héritant de ceux de la classe parente (généralisation représentée via un triangle creux sur le diagramme).</p> <p>Un ouvrage complexe peut aussi être reproduit par plusieurs ouvrages, réunis à leur tour dans un objet d'ordre supérieur (emboîtement par mise en relation de la classe avec elle-même).</p>
Voie de passage	<p>Les voies de passage qui ne se situent pas exclusivement à la surface du sol (et sont ainsi classées comme des parties intégrantes d'un modèle numérique de terrain) sont reproduites dans cette classe. Ces ouvrages servent essentiellement aux déplacements de personnes ou de véhicules.</p> <p>Les voies de passage regroupent notamment les catégories suivantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• tunnels</li> <li>• ponts, passerelles</li> <li>• galeries</li> </ul>
Bâtiment	<p>Les ouvrages qui constituent des bâtiments au sens de la définition du RegBL (cf. § 5.2) entrent dans cette catégorie. La subdivision plus fine des bâtiments est exposée au paragraphe 6.4.</p>
Installations techniques	<p>La classe «Installations techniques» regroupe les trois catégories suivantes d'ouvrages:</p>

Classe	Description
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installations           <p>Il existe divers ouvrages en surface et sous terre qui pourraient être des bâtiments au vu de leur forme mais qui n'entrent pas dans le cadre de la définition du RegBL. A titre d'exemples, on citera ici les réservoirs d'eau, les cabines de distribution, les stations de transformation ou les conteneurs à déchets enterrés. Ils sont tous regroupés au sein de la catégorie «Installations».</p> </li> <li>• Conduites d'approvisionnement et d'évacuation           <p>Au-delà des conduites, les réseaux souterrain et aérien d'approvisionnement et d'évacuation comprennent aussi de nombreux ouvrages, surtout souterrains, tels que des galeries, des canalisations visitables, différents bassins de rétention, etc.</p> </li> <li>• Barrages, digues           <p>Si des murs peuvent appartenir à un ouvrage par construction (cf. classe suivante «Construction»), ils peuvent également constituer des installations techniques indépendantes. Les barrages de centrales hydroélectriques en sont de parfaits exemples.</p> </li> </ul>
Construction	<p>Les catégories suivantes font partie des principales constructions érigées pour protéger et soutenir des bâtiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• murs de soutènement, remblais</li> <li>• constructions autonomes et éléments porteurs</li> </ul> <p>Ces objets ne constituent pas des installations indépendantes, en leur absence l'ouvrage est techniquement inenvisageable.</p> <p>La notion de «Construction» est reprise de la norme SIA 416 (la surface de construction fait partie de la surface de plancher).</p>

## 6 Projet de modèle de données «Bâtiment officiel CH»

### 6.1 Objectif assigné au modèle de données

Les objectifs pour le modèle et la base de données «Bâtiment officiel CH» sont formulés dans la synthèse. Avec l'introduction de la définition de la notion au chapitre précédent, c'est une condition-cadre importante, à savoir la structuration des objets, qui a été fixée pour le modèle de données. Comme on peut le voir sur la Figure 23, divers autres facteurs d'influence doivent être pris en compte lors de l'élaboration du modèle. Ils servent à évaluer les différentes variantes du modèle. Les facteurs d'influence sont décrits dans la suite sous la forme d'exigences.

#### Exigences liées à la modélisation technique

1. Des modèles concis, dont on a donc une vision d'ensemble claire, ont fait toutes leurs preuves.
  - la limite du système et l'objectif/ce qui dépasse l'objectif doivent être définis
  - les modèles de données (trop) riches en informations sont fréquemment mal utilisés et l'affection des attributs est souvent erronée; l'interopérabilité sémantique s'en trouve compliquée<sup>16</sup>
  - les modèles de données laissant une grande liberté (pas de champs obligatoires, relations optionnelles) sont problématiques dans l'optique d'une base de données harmonisée
  - des informations déductibles ne doivent pas être prévues dans le modèle
  - une structure de type modulaire avec des extensions potentielles assure la pérennité du développement.
2. Des standards largement répandus avec un écosystème riche offrent des avantages au niveau de la mise en œuvre.
  - des standards internationaux tels que CityGML et IFC bénéficient du soutien natif d'un grand nombre d'applications logicielles. Les frais inhérents à la saisie et à la mise à disposition des données peuvent être inférieurs à ceux de solutions propriétaires en raison d'une concurrence plus forte.
3. Une structure modulaire ou une capacité d'extension du modèle de données permet de tenir compte de besoins très divers.
  - l'éventail des utilisateurs d'informations sur les bâtiments est très large; une organisation modulaire avec des structures de base claires peut permettre une extension ciblée par domaines
  - le concept des modèles de données partiels, liés entre eux par des liens logiques a fait toutes ses preuves, en particulier pour le référencement d'objets selon eCH-0129
  - les modèles hiérarchiques ont fait leurs preuves en Suisse, par exemple dans le domaine des conduites de réseaux (SIA 405).

#### Exigences en lien avec la granularité des informations

4. Le bâtiment est délimité par son enveloppe extérieure (espace conditionné)
  - le toit ainsi que les façades et les planchers, s'ils existent, forment l'enveloppe extérieure, cela correspond aux définitions des normes SIA 416 et SIA 380
  - un balcon ou une loggia complète un bâtiment (surface externe de plancher selon SIA 416)
  - un toit sur support(s), dépourvu de façades, est décrit par au moins une surface de toiture et un pilier (cf. photo de couverture pour un exemple)
  - des bâtiments construits côte à côte sont séparés l'un de l'autre par une «façade intérieure».

<sup>16</sup> A titre d'exemple, on citera ici les expériences en matière d'échange de fichiers IFC ou d'évacuation des eaux urbaines

5. La granularité géométrique se fonde sur les prescriptions de saisie de la MO<sup>17</sup>. Cette règle s'applique aussi à la troisième dimension (formes de toits, superstructures et toits plats)
  - les exigences ont fait leurs preuves en pratique
  - les informations de la base de données «Bâtiment officiel CH» et de la MO ne doivent pas être en contradiction entre elles
  - l'espace en 3D est reproduit au moyen de surfaces planes; les surfaces complexes (comme des coques) sont approchées par des maillages triangulaires<sup>18</sup> et la topologie doit être garantie (modèles «étanches»).
  - les surfaces sont exemptes de toute épaisseur par défaut, elles définissent la limite entre l'ouvrage et son environnement (air/sol) ; une épaisseur peut avoir du sens en dehors de l'enveloppe du bâtiment (ex.: balcons, avant-toits, etc.).
6. Des fonctions ou des matériaux différents n'entraînent pas une subdivision des objets. Des fenêtres, portes ou portails ne sont par exemple pas inclus en tant qu'objets dans la façade.
  - avec les méthodes actuelles, la saisie des données génère une charge de travail totalement disproportionnée avec le bénéfice résultant des informations.
7. Des installations telles que des panneaux solaires, des antennes ou des climatisations ne font pas partie intégrante du modèle
  - la durée de vie des objets est plus courte et l'expérience montre que la mise à jour ne peut pas être garantie
  - ces installations peuvent être définies et gérées par certains utilisateurs comme des extensions du modèle.

## 6.2 Variantes techniques

En vertu des schémas d'application mis en évidence dans l'analyse du contexte et en raison des exigences définies au chapitre précédent, trois variantes possibles se dégagent pour la solution:

1. «prise en charge en l'état»: prendre en charge un standard international tel quel
2. «adaptation»: adapter un standard international
3. «modèle neutre»: concevoir notre propre modèle, neutre

### 6.2.1 Variante 1 – «prise en charge en l'état» d'un standard international

Cette variante se base sur la prise en charge d'un standard, déjà disponible au plan international et solidement établi (CityGML ou IFC), en qualité de structure de données obligatoire pour la Suisse. Aucune prescription supplémentaire n'est formulée envers les structures du modèle ou le contenu dans l'idée que les meilleures approches s'imposeront pour l'implémentation. L'orientation générale du modèle reste à clarifier: sera-t-il plutôt tourné vers la visualisation (et donc vers les structures de CityGML) ou vers la conception, la construction et l'exploitation (et donc vers IFC)? Les deux standards ont chacun leurs forces (ainsi que leurs faiblesses) et sont largement répandus. Cette variante de modèle devrait aussi comprendre la transformation entre les deux standards. L'échange entre les deux modèles étant impossible sans déplorer de pertes au vu de la situation actuelle<sup>19</sup>, le mappage et les prescriptions de transformation devraient être définis.

<sup>17</sup> Exemple: un décrochement de façade > 0,1m [NT 2/NT 3] resp. 0,5m [NT4/NT5] est reproduit

<sup>18</sup> Les types de données et de géométries devront être spécifiés en détail à un stade ultérieur. Il s'agit par exemple de savoir comment reproduire des surfaces ou des volumes qui se fondent sur des arcs de cercles.

<sup>19</sup> Cf. par exemple les publications de Deng (2016), Gilbert (2020), Noardo (2019), Sun (2019) ou Zadeh (2019)

## 6.2.2 Variante 2 - adaptation d'un standard international

Différents schémas d'application tels qu'IFC et CityGML permettent l'établissement d'un profil individuel. Un profil peut tout aussi bien comprendre des extensions qu'exclure des objets standards (classes, relations, attributs, valeurs d'énumération). En conséquence, il est possible de déduire un profil relativement épuré d'un modèle plutôt riche – tout en respectant les structures minimales requises. Un profil CityGML est d'ores et déjà utilisé pour swissBUILDINGS<sup>3D</sup>.

Le volume d'informations nécessaire devrait être intégralement couvert au niveau des classes et des relations, au vu du schéma. Les classes utilisées sont à la fois disponibles en CityGML et en IFC, mais sont désignées de manière différente. IFC mettant un modèle très complet à disposition pour reproduire tous les ouvrages possibles jusqu'aux détails les plus infimes, de nombreuses autres classes et héritages devraient figurer dans le modèle pour garantir les structures requises (cf. aussi Figure 26). La complexité d'un profil avec une ampleur réduite constitue un handicap dans les discussions pour l'instant abstraites au stade actuel du projet.

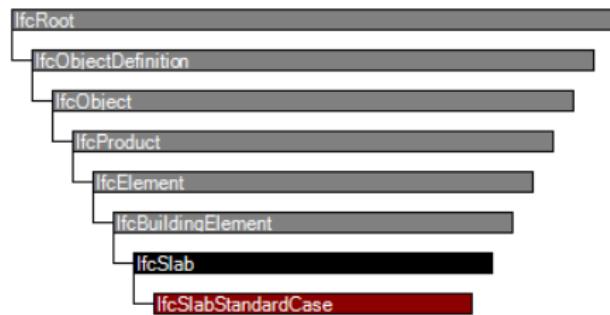


Figure 26 Héritages en IFC 4 pour une dalle normale

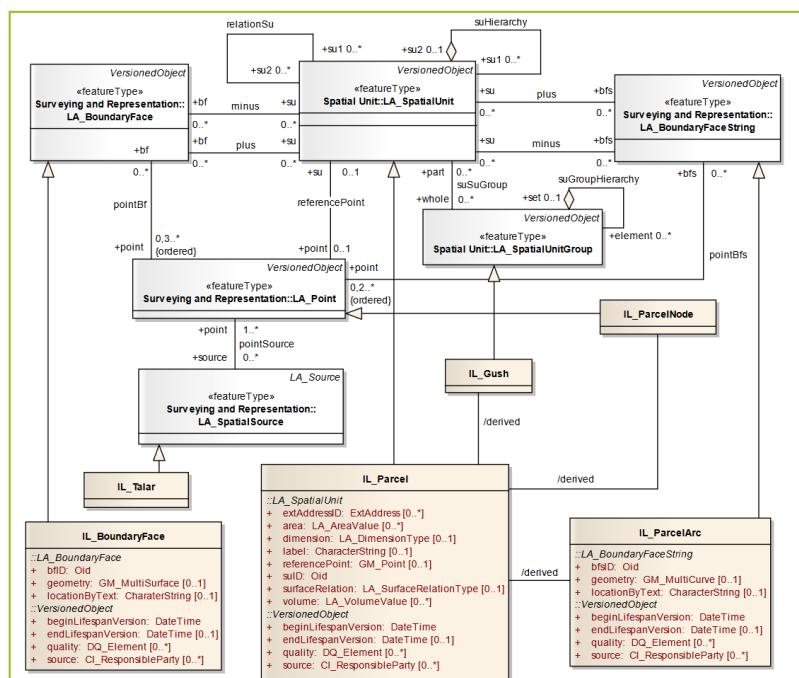


Figure 27 Exemple d'un profil pour un schéma d'application standardisé, ici pour LADM (Felus, 2014)

### 6.2.3 Variante 3 – propre modèle, neutre

C'est un modèle spécifique qui est défini dans cette variante. Il est donc défini indépendamment des standards existants sur le plan technique et doit donc couvrir de façon optimale les besoins propres à la base de données «Bâtiment officiel CH». Les exigences envers le modèle introduites au paragraphe 6.1 imposent toutefois de tenir compte des aspects suivants pour un modèle neutre, indépendant de toute application:

- swissBUILDINGS<sup>3D</sup> est une base de données complète, structurée selon CityGML et
- il faudra compter de plus en plus avec des données de bâtiments au format IFC à l'avenir.

Le modèle doit donc permettre un échange bidirectionnel avec les deux standards que sont IFC et CityGML. Une première approche de modèle unifié («Unified Building Model») avec des aspects tirés à la fois de CityGML et d'IFC a été publiée par El-Mekawy (2011). De tels «modèles sandwiches» se justifient par le fait qu'un échange direct entre IFC et CityGML s'est révélé impossible au niveau de qualité souhaité jusqu'à présent.

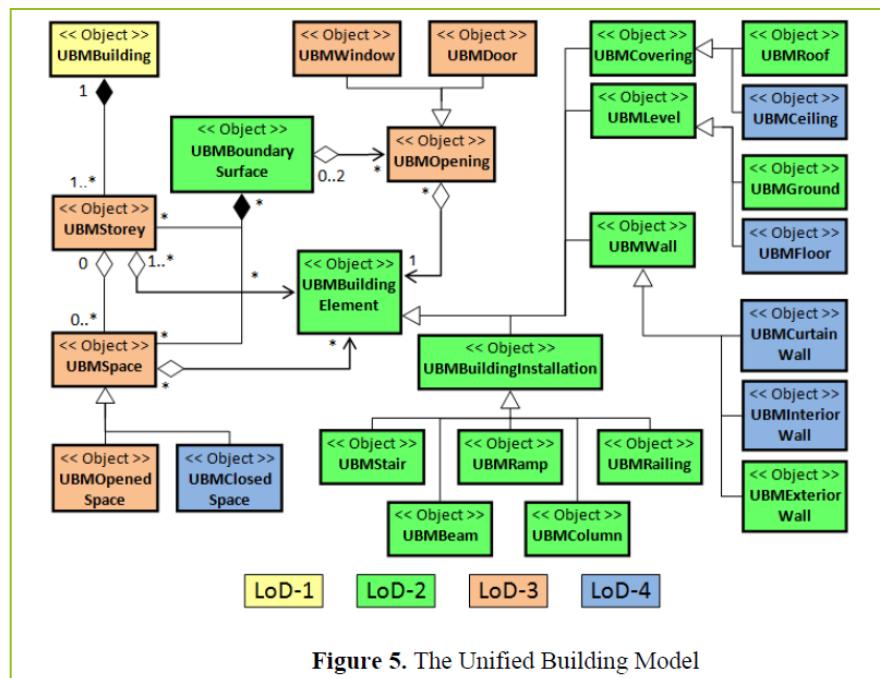


Figure 5. The Unified Building Model

Figure 28 Exemple de modèle intégrant des aspects de CityGML et d'IFC (source: El-Mekawy, 2011)

L'approche précitée n'est pas parvenue à s'imposer en pratique. Le mélange de classes issues de structures de modèles trop différentes les unes des autres peut constituer une explication possible. Dans l'instanciation concrète, des géométries d'IFC auraient par exemple été mélangées avec des géométries de CityGML (UBMFloor et UBMGround). Il en résulte que si un modèle neutre peut prendre en charge des notions utilisées de part et d'autre (celle de «Toit» par exemple), une description précise est toutefois requise pour cela et des règles de transformation entre IFC et CityGML doivent simultanément être élaborées.

### 6.3 Discussion des variantes et recommandation

Du point de vue de cette étude et dans l'état actuel des connaissances, les avantages et les inconvénients suivants sont attachés aux différentes variantes:

#	Variante	Avantages	Inconvénients
1	Standard international (notamment IFC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forte dynamique, large éventail de produits logiciels disponibles pour les deux formats</li> <li>Potentiel pour tous les types d'ouvrages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complexité et ampleur du modèle de données (IFC et CityGML)</li> <li>Il n'est guère possible de peser sur la poursuite du développement (IFC et CityGML)</li> <li>IFC a été développé dans un autre but et le degré de spécification géométrique est trop fin, il est inutile pour de nombreuses applications (ex.: fenêtres, portes) → La focalisation sur l'essentiel est remise en question.</li> <li>La qualité des données IFC est insuffisante aujourd'hui (le schéma n'est pas respecté, extensions propriétaires) – forte charge de travail de mise au net qui n'est pas compréhensible.</li> <li>Transformation IFC ↔ CityGML problématique.</li> </ul>
2	Adaptation d'un standard international	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analogues à la variante 1</li> <li>L'utilisation de composantes d'IFC comme ifcSystem et ifcGroup permet un profil simple</li> <li>Structure modulaire envisageable plus simplement, proximité avec le schéma swissBUILDINGS<sup>3D</sup> (profil CityGML) possible – protection des investissements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analogues à la variante 1, le modèle étant toutefois un peu simplifié.</li> </ul>
3	Modèle neutre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modèle épuré</li> <li>Orientation proche de celle des bases de données existantes</li> <li>Proximité avec le schéma swissBUILDINGS<sup>3D</sup> (profil CityGML) possible – protection des investissements</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Charge de travail supplémentaire pour le mappage vers et depuis IFC resp. CityGML</li> <li>Pas d'écosystème existant</li> </ul>

#	Variante	Avantages	Inconvénients
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximité avec les standards nationaux plus simple à garantir (ex.: adresses, eCH-0129 Référencement d'objets)</li> <li>• Modèle intégralement contrôlé par le maître des données</li> <li>• Structure modulaire</li> <li>• Interfaces bidirectionnelles avec CityGML et IFC possibles (→ un profil devrait être défini pour chaque format).</li> </ul>	

La variante 1 est abandonnée en raison des objectifs assignés à la base de données et des exigences envers le modèle de données. La variante 3 remplit au mieux les objectifs, même si la charge de travail que nécessite un échange de bonne qualité vers et depuis IFC resp. CityGML ne doit pas être négligée. Une structure de modèle concrète est donc élaborée pour cette variante. La variante 2 offre également des perspectives intéressantes, mais sa modélisation n'est pas poursuivie pour l'instant. Les possibilités conceptuelles attachées à l'adaptation d'une norme internationale à un profil (suisse) peuvent permettre d'envisager qu'un modèle de données élaboré pour la variante 3 puisse devenir un profil d'une norme internationale à un stade ultérieur du projet.

## 6.4 Proposition de modèle de données «Bâtiment officiel CH»

Légende de la représentation du modèle:



Héritage: l'objet de la classe spécifique hérite des attributs de la classe générale.



Composition: relation entre un tout (objet principal) et ses parties, une partie ne pouvant pas exister sans le tout (condition d'existence).



Agrégation: relation entre un tout (objet principal) et ses parties, une partie pouvant aussi exister sans le tout.



Association: relation entre deux classes ou davantage.

[1] Cardinalité d'un attribut - attribut obligatoire.

[0..1] Cardinalité d'un attribut - attribut facultatif.

1 – 1..\* Cardinalité d'une association: un tout se compose d'une ou de plusieurs parties.

1 – 0..\* Cardinalité d'une association: un tout peut comprendre une ou plusieurs parties ou n'en comprendre aucune.

Code couleurs des classes:

Standardklassen  
(Gebäude-  
datenbestand)

Standardisierte  
Erweiterungen

Klassen  
Stockwerk-  
eigentum

Le modèle de données relatif au bâtiment est différencié au niveau le plus élevé sur la base de ses diverses empreintes géométriques. Un bâtiment naît avec une géométrie ponctuelle (cf. paragraphe suivant). Sa géométrie en 2D et en 3D peut toujours être complétée à un stade ultérieur.

Il est possible que la base de données «Bâtiment officiel CH» résulte de l'agrégation de plusieurs sources (RegBL, MO et bâtiments en 3D). La provenance des données étant sans intérêt pour l'utilisateur, elle ne doit pas être visible. Un bâtiment doit par conséquent être à disposition sous la forme d'un jeu de données unique comprenant toutes les informations géométriques et tous les attributs disponibles.

Les classes sont expliquées de façon approfondie et affinées dans les paragraphes suivants. On notera que les désignations des classes se fondent sur des définitions existantes, pour autant que ce soit possible. Il est inévitable, au vu de l'utilisation très diverse de notions dans le contexte de la construction, que certains groupes d'utilisateurs se servent autrement d'un terme employé ici.

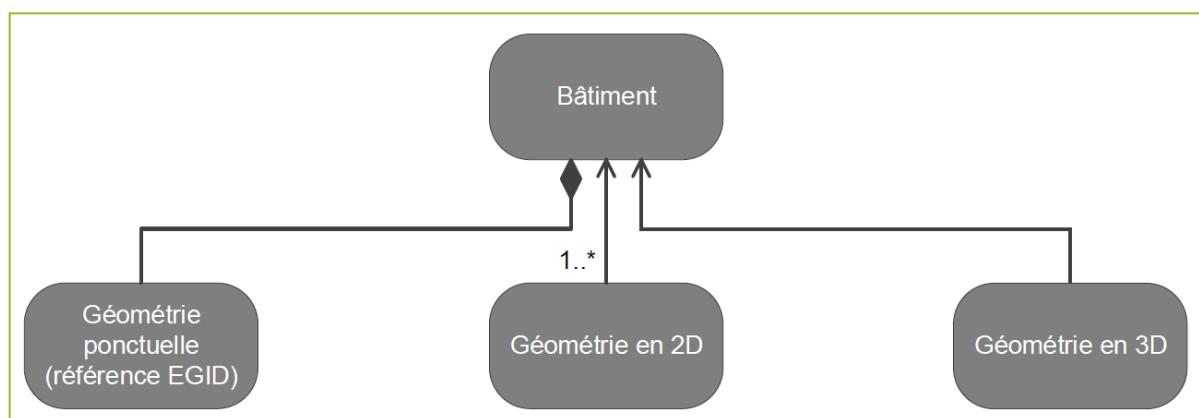


Figure 29 Structure principale du modèle de données

#### 6.4.1 Classe «Géométrie ponctuelle»

Les coordonnées d'un point garantissant la localisation fiable d'un bâtiment constituent son mode de représentation le plus simple. La référence ponctuelle peut être structurée en 2D, pour des raisons de simplicité et dans l'optique des aspects d'utilisation précédemment esquissés. Elle contient également l'identificateur fédéral de bâtiment (EGID). L'identification univoque à l'échelle suisse est ainsi garantie via l'EGID pour tout le bâtiment considéré. Afin que les données soient aussi cohérentes que possible, les références ponctuelles devraient être reprises des données du RegBL (EGID et coordonnées E/N du bâtiment). Les nouveaux bâtiments prennent d'abord la forme de projets dans le RegBL, du fait de l'intégration de ce dernier dans le processus d'autorisation de construire. Le RegBL est ainsi le système directeur de la base de données «Bâtiment officiel CH».

Différents attributs, généralement orientés registres, peuvent alors être couplés à cette empreinte. Toutes les données du RegBL librement disponibles selon l'ordonnance sur le Registre des bâtiments et des logements (ORegBL) sont intégrées par l'intermédiaire de cette méthode<sup>20</sup>.

<sup>20</sup> Art. 16 ORegBL: «L'OFS publie sur Internet les données du RegBL du niveau d'accès A selon l'annexe 1.» Sur la base de cet article, l'utilisation de ces données dans le cadre des structures du modèle de bâtiment constituerait une publication supplémentaire sur Internet.

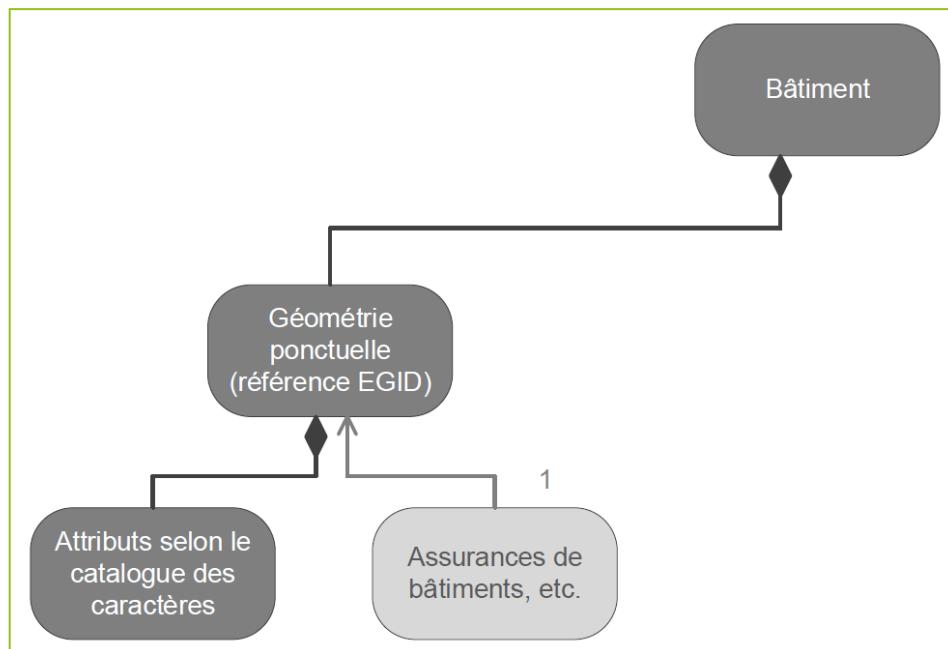


Figure 30 Extrait du diagramme des classes centré sur les bâtiments de forme ponctuelle

D'autres thèmes du RegBL peuvent être complétés dans la même logique, cas par exemple des données énergétiques. La référence ponctuelle offre une base fiable pour d'autres utilisations orientées EGID comme les assurances des bâtiments. Avec cette logique, chaque utilisation basée sur l'EGID peut venir s'«arrimer» séparément au modèle et profiter de la base de données existante.

#### 6.4.2 Classe «Géométrie en 2D»

L'abstraction d'un bâtiment sous la forme d'une géométrie en 2D repose sur une longue tradition et constitue aujourd'hui le cas standard dans la majorité des utilisations tournées vers les plans.

Comme déjà évoqué, se pencher sur les structures en 3D forcément plus complexes restera inutile dans bien des cas de figure standardisés à l'avenir. C'est pourquoi l'option de la géométrie en 2D doit aussi être proposée à dessein dans le nouveau modèle de données.

Un jeu de données en 2D couvrant intégralement le territoire et comprenant tous les bâtiments existe dans la mensuration officielle (état MO93). Son harmonisation avec les données du RegBL est en cours actuellement. Pour garantir une constitution rapide de la base de données, les géométries en 2D existantes de la MO93 peuvent être mises à disposition très vite dans les nouvelles structures de données. Dans la «Directive sur la saisie des bâtiments dans la mensuration officielle (MO) et le Registre des bâtiments et des logements (RegBL)», l'interaction entre les données de la MO et du RegBL est décrite en détail, notamment du point de vue de l'utilisation de l'EGID. Toutes les surfaces auxquelles un EGID est attribué sont réunies dans une version réduite aux géométries en 2D. D'autres éléments de surface de la MO décrivant un bâtiment sont mis à disposition dans une version séparée, cas par exemple des «Corps de bâtiments en 2D».

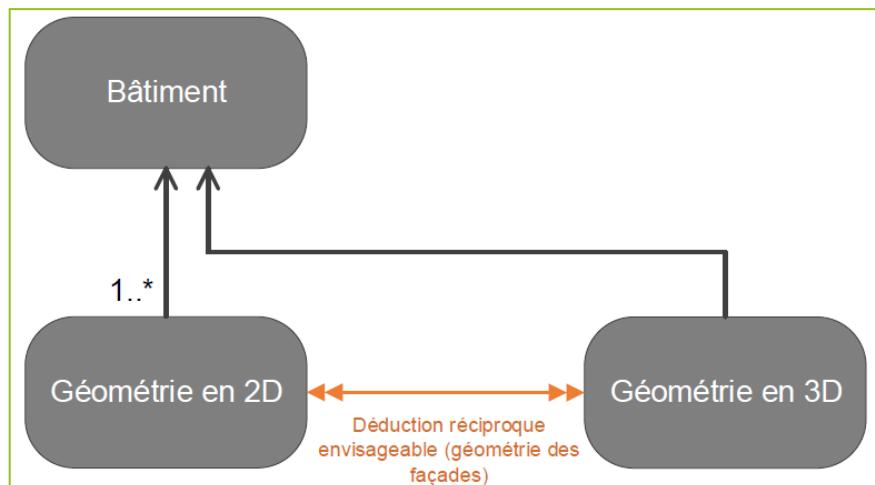


Figure 31 Extrait du modèle de données pour illustrer le lien entre objets en 3D et en 2D

Avec la poursuite du développement vers des données de bâtiments en 3D, les structures officielles des bâtiments devront être disponibles en 3D à l'avenir. Les géométries en 2D et en 3D doivent donc être cohérentes entre elles dès maintenant. On peut du reste penser que les deux représentations géométriques s'influencent mutuellement. Ces évolutions doivent assurément être étroitement coordonnées avec le développement des nouvelles structures de données de DM.flex dans la MO, une extension de la MO à la troisième dimension étant aussi proposée, par exemple, dans DM.flex.

Le modèle de données «Bâtiment officiel CH» présenté ici peut postuler cette déduction réciproque à l'heure actuelle, mais ne peut pas se prononcer plus avant sur sa mise en œuvre. Les structures et les règles détaillées pour la déduction devront être élaborées durant la phase suivante du projet. L'implémentation concrète de la déduction ne serait cependant pas requise pour lancer la mise à disposition des nouvelles structures de données si la base de données actuelle de la MO devait permettre de couvrir à elle seule la classe de la géométrie en 2D.

#### 6.4.3 Classe «Géométrie en 3D»

La classe de la géométrie en 3D (respectivement ses sous-classes) permet de décrire la géométrie de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment ainsi que les éléments de construction d'importance situés hors du bâtiment. L'enveloppe d'un bâtiment englobe tous les éléments se trouvant en sous-sol et en surface. La figure suivante présente une vue d'ensemble du diagramme des classes avec les différentes empreintes de la géométrie en 3D. Les explications relatives aux différentes classes lui font suite. Le diagramme des classes complet peut être trouvé à l'annexe 5.

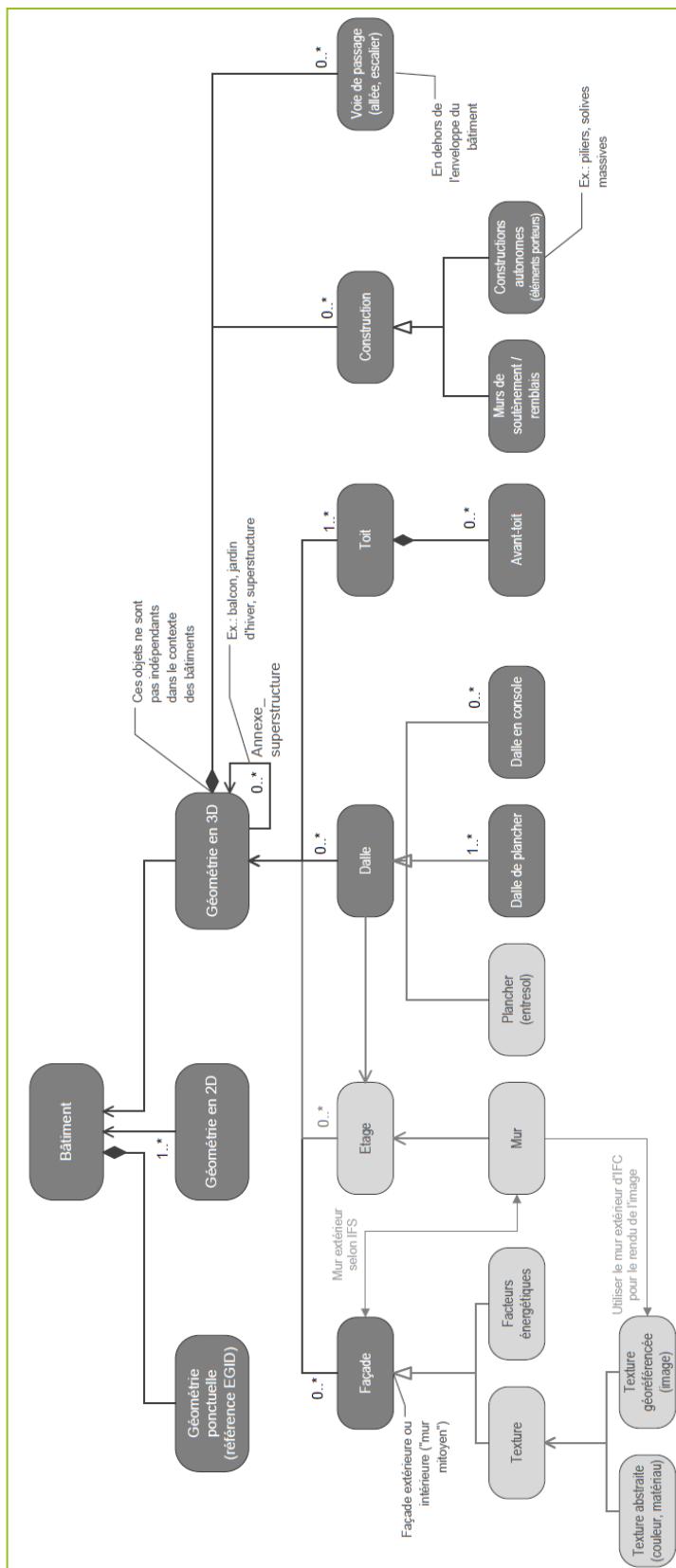


Figure 32 Diagramme des classes avec des détails relatifs à la structure en 3D

Les trois classes standards «Façade», «Dalle» et «Toit» forment la structure de base pour le corps en 3D du bâtiment. Dans sa version minimale, un bâtiment en 3D ne se compose que d'un toit, sans murs ni dalle de plancher. C'est pourquoi une structure de toit au moins doit toujours être présente. La structure de base prévue (toit, façade, dalle) met un corps de bâtiment en 3D compact à la disposition des utilisateurs, sans détails plus fins. Selon la règle 80/20, c'est une grande partie des besoins d'utilisation qui peut ainsi être couverte de manière relativement pragmatique. Les objets qui définissent l'enveloppe (fermée) du bâtiment sont généralement reproduits au moyen de surfaces planes (cf. § 6.1, point 5). Pour la vue éclatée (figure 34), tous les objets extérieurs à l'enveloppe du bâtiment ont été dotés d'une épaisseur, afin qu'ils offrent une bonne représentation de l'extension visible pour les visualisations. Cela concerne les avant-toits, les balcons (considérés comme des cas particuliers de dalles en console), les éléments de construction et les voies de passage. Des clarifications plus poussées concernant les géométries prévues suivront dans le cadre d'une étude de faisabilité.

Les deux classes «Construction» et «Voie de passage» ont déjà été brièvement introduites au chapitre 5, à propos du modèle d'ouvrage. Lorsque de tels éléments sont présents dans le contexte étroit du bâtiment et n'en sont donc pas indépendants, ils doivent renvoyer à l'objet en 3D associé dans les données.

D'autres corps de bâtiments (annexes, jardins d'hiver, superstructures, etc.) peuvent être reproduits comme des objets indépendants de la «Géométrie en 3D» et être réunis à l'objet principal via l'emboîtement de la classe. Ces corps de bâtiments se trouvent toujours à l'extérieur de l'enveloppe et forment ainsi des «surfaces externes de plancher» selon la norme SIA 416.

La classe «Etage» constitue une extension standardisée du modèle: les structures sont clairement définies, mais les données ne sont saisies qu'en présence d'un besoin concret (ex.: propriété par étages).



Figure 33 Base pour la vue éclatée de la figure suivante (source de données: documentation SIA D 0270), les surfaces en vert représentent le terrain de façon simplifiée

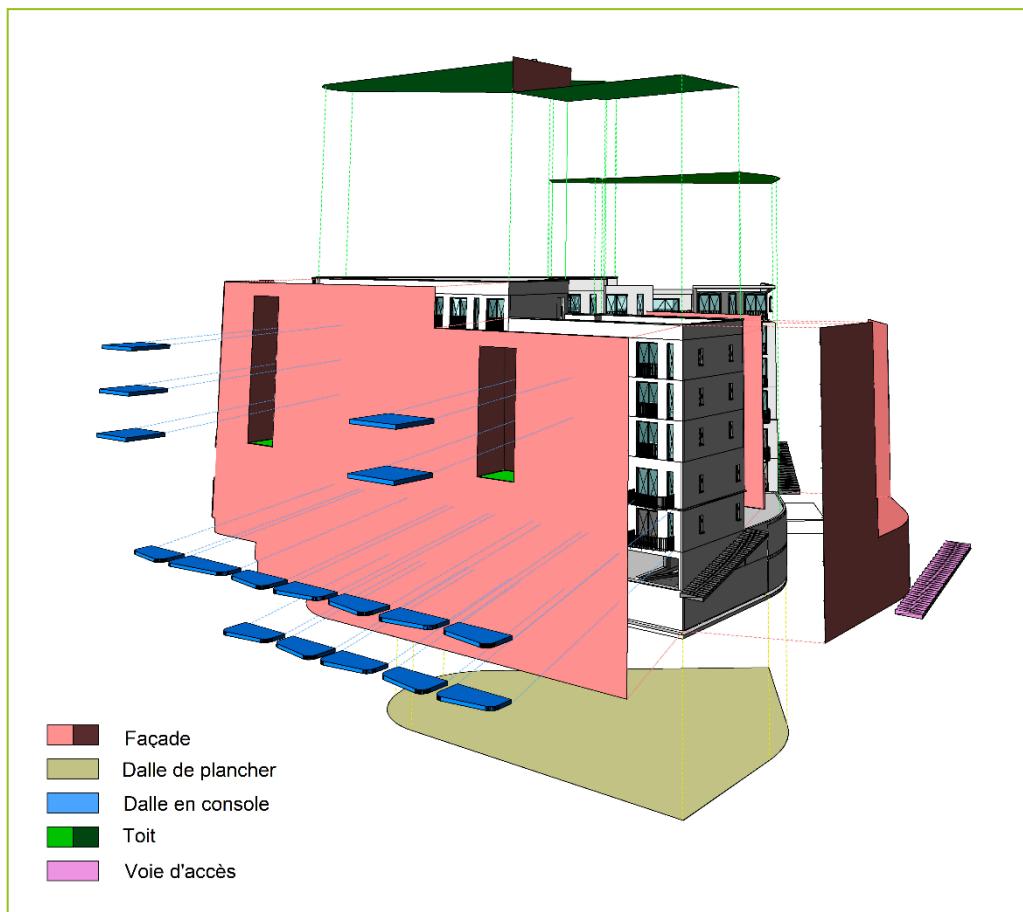


Figure 34    Vue éclatée du modèle de données «Bâtiment officiel CH»  
 (source de données: documentation SIA D 0270)

Les différents éléments de la géométrie en 3D sont maintenant décrits plus avant.

#### Classe «Toit»

Les objets des toits forment la structure minimale d'un bâtiment. Ils en forment la limite supérieure. La classe «Toit» comprend les objets qui délimitent la géométrie du bâtiment. Une structure simple en résulte, par exemple pour le calcul de volumes. Les avant-toits éventuels figurent dans la classe «Avant-toits» comme une spécialisation séparée, afin de pouvoir être activés et désactivés simplement par les utilisateurs.

#### Classe «Dalle»

Les structures horizontales du bâtiment sont reproduites dans la classe «Dalle». Lorsque de telles structures existent, une dalle de plancher au moins doit être présente. Elle forme la limite inférieure du bâtiment. En raison de son accessibilité et de la tradition (référence altimétrique du secteur de la construction), la face supérieure de la dalle de plancher est gérée en standard dans le modèle.

Dans la classe «Dalle en console» sont gérées des dalles qui forment la limite inférieure du bâtiment, mais ne se trouvent ni sur ni dans le sol (il s'agit quasiment de «dalles de plancher en l'air» qui font donc partie de l'enveloppe du bâtiment), ou qui se trouvent en dehors de l'enveloppe du bâtiment (ex.: dalle de balcon). La classe «Plancher (entresol)» constitue une extension standardisée

du modèle: les structures sont clairement définies, mais les données ne sont saisies qu'en présence d'un besoin concret (ex. : propriété par étages). Un plancher subdivise l'intérieur d'un bâtiment en plusieurs niveaux horizontaux, de sorte que l'épaisseur du plancher doit être gérée. Ces informations peuvent être reprises de structures de données IFC.

### Classe «Façade»

Les façades relient les dalles de plancher ou en console aux structures du toit et enveloppent le bâtiment en le délimitant par rapport à son environnement. Dans la plupart des cas, la façade est ainsi l'enveloppe verticale. Elle peut se composer des façades extérieures classiques (au-dessus du sol), de la face extérieure des murs de la cave (en sous-sol) ou de murs intérieurs en application de la définition d'objet du RegBL («critère de démolition», les murs mitoyens de la MO en règle générale). Les objets des façades peuvent être complétés par différentes textures ou par d'autres informations supplémentaires, comme l'énergie utilisée.

La façade peut être déduite directement d'une structure IFC comme un mur extérieur. En outre, des textures éventuellement disponibles en IFC peuvent être reprises, des textures pouvant également être calculées à partir de celles d'autres objets (fenêtres, portes, etc.).

### Classe «Etage»

La classe «Etage» constitue une extension standardisée du modèle: les structures sont clairement définies, mais les données ne sont saisies qu'en présence d'un besoin concret (ex.: propriété par étages).

La classe «Etage» comprend uniquement la liste des objets géométriques délimitant l'étage.

Horizontalement, il s'agit des différents types de dalles, une épaisseur devant impérativement être associée aux dalles en console et aux toits dans ce cas de figure.

Les subdivisions verticales entre deux dalles sont gérées dans la classe «Mur». Ces informations peuvent être reprises de bases de données IFC. Un mur a toujours une certaine épaisseur. Contrairement à la surface de la façade qui couvre le bâtiment entier, un mur extérieur ne court que du plancher au plafond de l'étage concerné (cf. aussi Figure 34).

### Classes «Construction» et «Voie de passage»

Les constructions sont des parties importantes d'un bâtiment qui sont indispensables pour lui, mais elles ne marquent pas sa définition de leur empreinte. Il s'agit par exemple de structures de solives massives sous des dalles en console ou de murs de soutènement imposants sous un bâtiment construit sur un terrain en pente.

Les mêmes réflexions s'appliquent aux voies de passage qui desservent un bâtiment et qui ne peuvent assumer d'autre rôle que celui-là. Il s'agit par exemple de rampes, d'allées, d'escaliers, etc.

Ces deux thèmes ne sont pas modélisés comme des classes spécialisées de la géométrie du bâtiment en 3D, mais comme des compositions. Le caractère différent de ces informations doit ainsi être souligné.

### Attributs

Il est renoncé à affiner le modèle par des attributs dans le cadre de cette étude.

## 6.5 Plausibilisation du modèle de données «Bâtiment officiel CH» à l'aide d'exemples concrets

La vraisemblance des structures et des relations prévues dans le modèle de données est vérifiée au moyen de quelques exemples concrets. Des bâtiments très différents les uns des autres, existant dans des bases de données disponibles aujourd'hui (MO, RegBL, swissBUILDINGS<sup>3D</sup>), sont analysés avant que la reproduction du monde réel soit esquissée dans les structures de données prévues.

### 6.5.1 Complexe Steinfels Areal à Zurich

#### Situation

Le complexe Steinfels Areal a changé de destination au terme de son utilisation industrielle. Différents bâtiments existants ont été étendus et complétés entre 2000 et 2003. Plusieurs nouveaux bâtiments ont également été érigés. La symbiose entre l'ancien et le nouveau se traduit de manière très imposante au niveau du «Wolkenbügel» (ou «repasse-nuages»), une barre longue de 160 mètres qui est venue coiffer les édifices bordant la Heinrichstrasse.

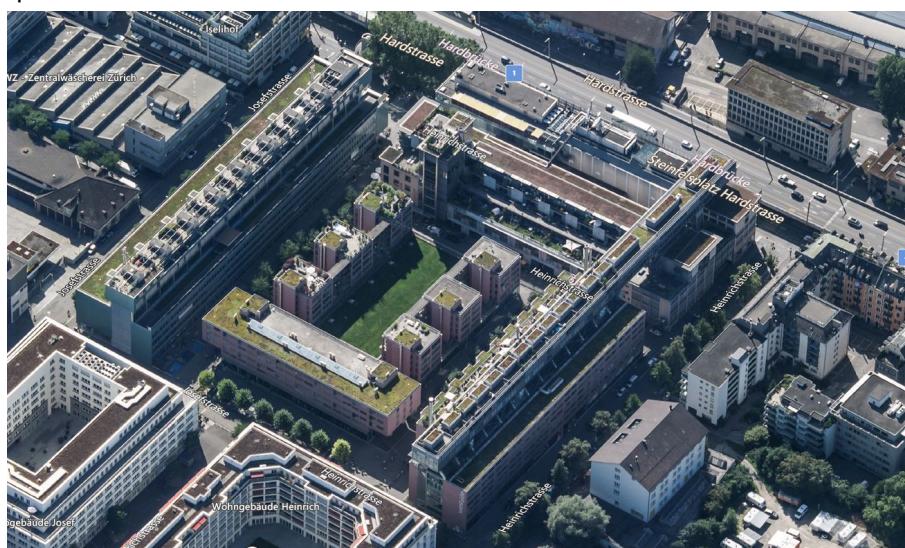


Figure 35 Complexe Steinfels Areal, vue aérienne oblique, source: Bing Maps



Figure 36 Steinfels Areal, situation depuis la Heinrichstrasse (sources Google Street View, Allreal)

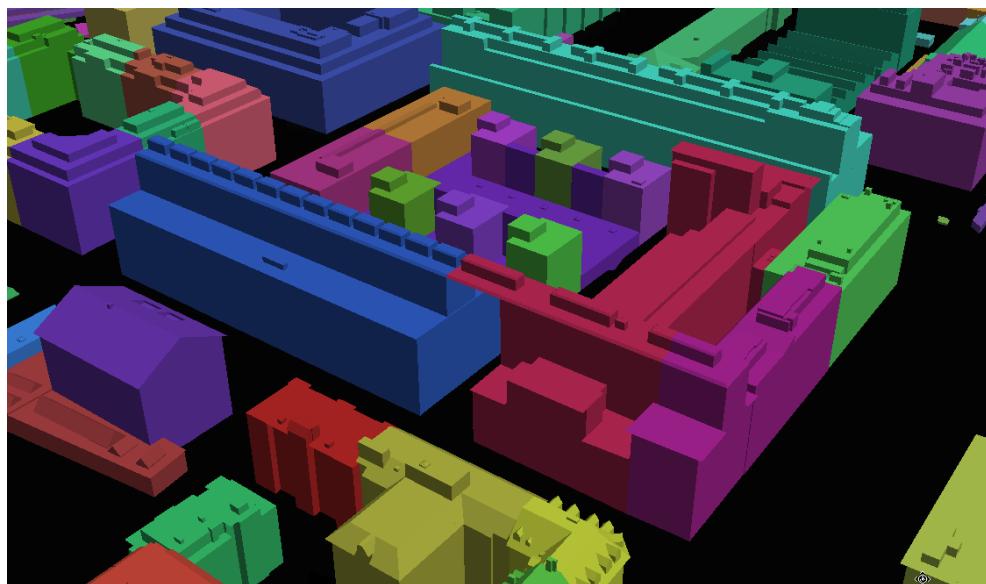


Figure 37 Steinfels Areal, modèle de la ville de Zurich (une couleur par objet pourvu d'un EGID)



Figure 38 Steinfels Areal, plan de situation issu de la MO avec les EDID du RegBL en superposition (source: maps.geo.admin.ch)

Heinrichstrasse 267d, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267e, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267f, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267g, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267h, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267i, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267k, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267l, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267m, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267n, 8005 Zürich						
Heinrichstrasse 267o, 8005 Zürich						

Gemeinde	261	Zürich	Eidg. Gebäudeidentifikator	003 169 155
<b>Parzellenummern</b>				
GB-Kreis	ParzNr.	Amtliche Gebäudenummer		
283	IQ6785	28301402		
Gebäudekoordinaten	X-Wert	Y-Wert	Gebäudekategorie	Gebäude mit teilweiser Wohnnutzung
	26811759	1249221	Gebäudeklasse	Bürogebäude
Gebäudestatus	bestehend		Gebäudefläche (in m <sup>2</sup> )	3186
Baujahr	Renovation	Abbruch	Anz. Geschosse	11
1957	1946-1960	Nach 2015		
Druckdatum:	31.03.2020 11:35	1 / 6	Utilisateur	Invité

Figure 39 Steinfels Areal, extrait du RegBL (source: OFS)

### Transposition dans le nouveau modèle



Figure 40 Approche pour la transposition du complexe Steinfels Areal dans le nouveau modèle de données

### 6.5.2 Actelion Business Center à Bâle

#### Situation

Le bâtiment conçu par Herzog & de Meuron a été mis en service en 2011. Avec ses éléments de construction imbriqués les uns dans les autres, l'ouvrage fait penser à une sculpture Tetris. Du point de vue de la base de données, l'empilement de blocs de taille variable ou les façades et les soutènements non verticaux constituent un vrai défi.



Figure 41    Actelion Business, vue aérienne oblique (source: Wikipedia.org)



Figure 42    Actelion Business, vue de la façade (source: Herzog & de Meuron)



### 6.5.3 Gehry Building, Campus Novartis

#### Situation

Le bâtiment sculptural à cinq étages a été conçu par Frank Gehry pour Novartis et fait partie de la rénovation du campus entier. Mis en service en 2009, le bâtiment sert de bureau à environ 150 collaborateurs et comporte en outre un auditorium et un restaurant. Avec ses éléments de construction imbriqués les uns dans les autres, l'ouvrage fait penser à une sculpture Tetris. Les géométries incurvées et les arêtes non verticales revêtent un intérêt tout particulier pour le modèle de données.



Figure 45 Gehry Building, vue aérienne oblique (source: Badische Zeitung / Sykcraper.com)

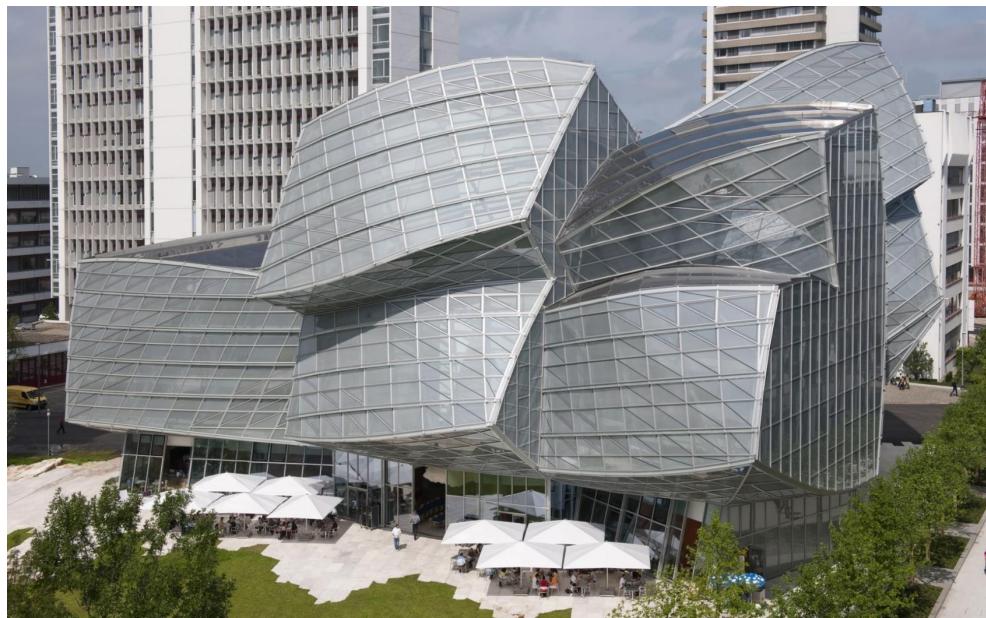


Figure 46 Gehry Building, vue de la façade (source: sbp.de)



Figure 47 Gehry Building, plan de situation issu de la MO, avec les EDID du RegBL en superposition (source: maps.geo.admin.ch)

### Transposition dans le nouveau modèle de données

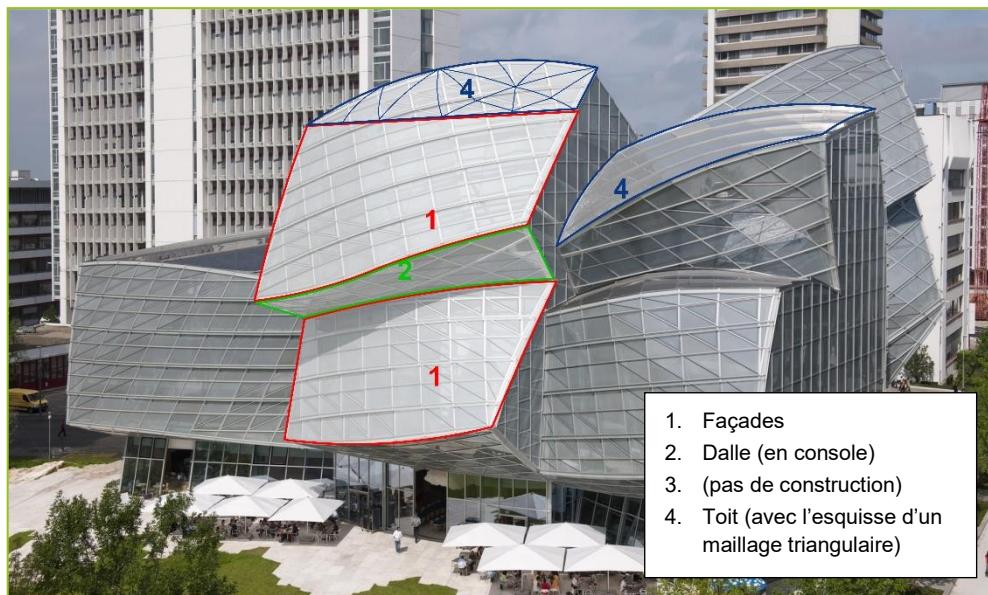


Figure 48     *Approche pour la transposition du Gehry Building dans le modèle de données*

#### 6.5.4 Bilan

Les exemples présentés fournissent un bon aperçu de la complexité des géométries des bâtiments en Suisse et n'ont pas valeur de plausibilisation définitive. Il apparaît que le nombre relativement faible d'objets différents peut se révéler utile pour une attribution simple, univoque et d'une parfaite traçabilité des parties visibles des bâtiments à leurs classes. Le dernier des exemples produits (le Gehry Building) illustre d'ailleurs parfaitement cette problématique: il est nécessaire qu'une surface homogène du point de vue structurel soit subdivisée en plusieurs parties du fait de son changement constant d'inclinaison. La séparation en différents éléments doit être définie avec un maximum de simplicité et de traçabilité afin que la base de données soit homogène. Une première approximation pour le toit, également usuelle apparemment dans le domaine de la construction, pourrait être formulée en ces termes: «*Là où la neige subsiste, c'est le toit*» (cf. Figure 49). Le plancher est le pendant du toit. L'élément de liaison est une façade. Avec cette approche, les surfaces parfois inclinées et tortueuses des bâtiments historiques peuvent elles aussi être reproduites.

L'exemple suivant illustre une nouvelle fois la problématique, respectivement l'approche retenue pour la solution, avec une très grande clarté.



Figure 49 Construction en coque de l'église Steinkirche à Cazis (source: [graubuenden.ch](http://graubuenden.ch))

## 6.6 Plausibilisation du modèle de données «Bâtiment officiel CH» à l'aide de la «Documentation numérique de la propriété par étages»

La documentation de la propriété par étages devrait constituer une des futures utilisations des données des bâtiments officiels. Le plan de répartition est exigé dans la législation en qualité de preuve géométrique de la propriété par étages. Sous la direction de swisstopo, un groupe de travail a élaboré une recommandation pour la documentation numérique de cette forme de propriété. Cette recommandation contient également un modèle de données visant à déduire le plan de répartition d'une base de données structurée.

Le plan de répartition fait clairement apparaître les parties de l'immeuble sur lesquelles des droits exclusifs et des droits de jouissance exclusifs sont constitués au profit d'une unité d'étage. Le plan de répartition décrit la position dans l'espace, la délimitation et la composition des unités d'étage; il montre aussi les surfaces des appartements ou des locaux commerciaux ou autres formant un tout et disposant d'un accès propre (art. 68 ORF).

### 6.6.1 Modèle de données de la propriété par étages

Il semble donc naturel de penser que la documentation de la propriété par étages puisse se fonder (pour les bâtiments concernés...) sur la base de données «Bâtiment officiel CH». Le modèle de données de la propriété par étages figurant dans la recommandation est reproduit dans la suite.

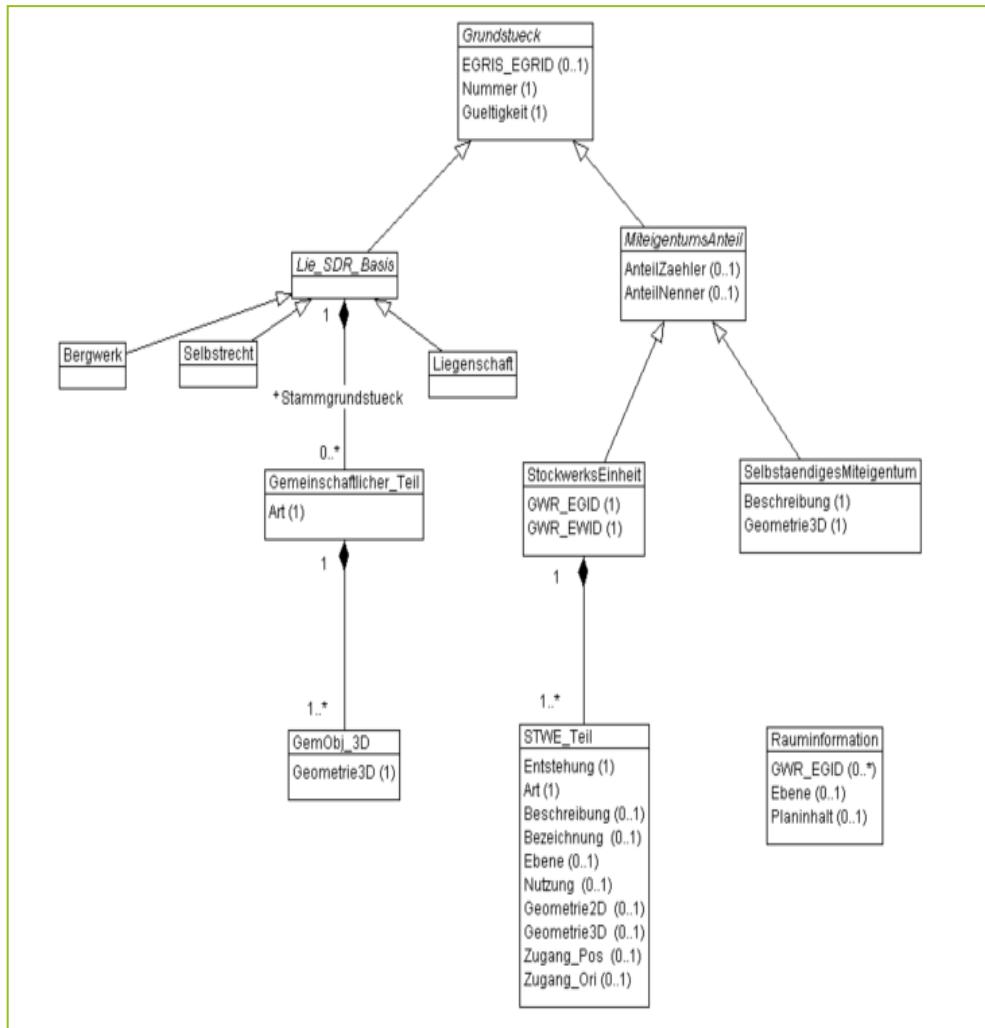


Figure 50 Diagramme des classes du modèle de données de la propriété par étages (source: swisstopo)

Les classes décrites dans la suite revêtent un intérêt particulier:

- **UniteEtage:** la propriété par étages englobe le droit à faire un usage exclusif de certaines parties d'un bâtiment (locaux formant un tout par eux-mêmes comme logement ou local annexe) et à y procéder à des aménagements intérieurs. Ce droit est appelé droit exclusif. Toutefois, la classe peut aussi servir à organiser un droit exclusif pour constituer une copropriété indépendante, par exemple pour des garages souterrains.
- **Part\_PPE:** toute partie d'une unité d'étage formant un tout géométrique par elle-même (un logement et des locaux annexes) et certains droits de jouissance exclusifs (balcons, places de stationnement couvertes) sont gérés comme des objets indépendants avec une géométrie en 3D.
- **CoproprieteIndepandante:** la copropriété ordinaire, comme une place de stationnement couverte, est documentée de manière indépendante dans cette classe.
- **PartieCommune:** les parties communes sont gérées comme des géométries en 3D au sein du bâtiment correspondant. Dans l'espace, les parties communes et les parts de copropriété doivent former ensemble le volume complet du corps du bâtiment.

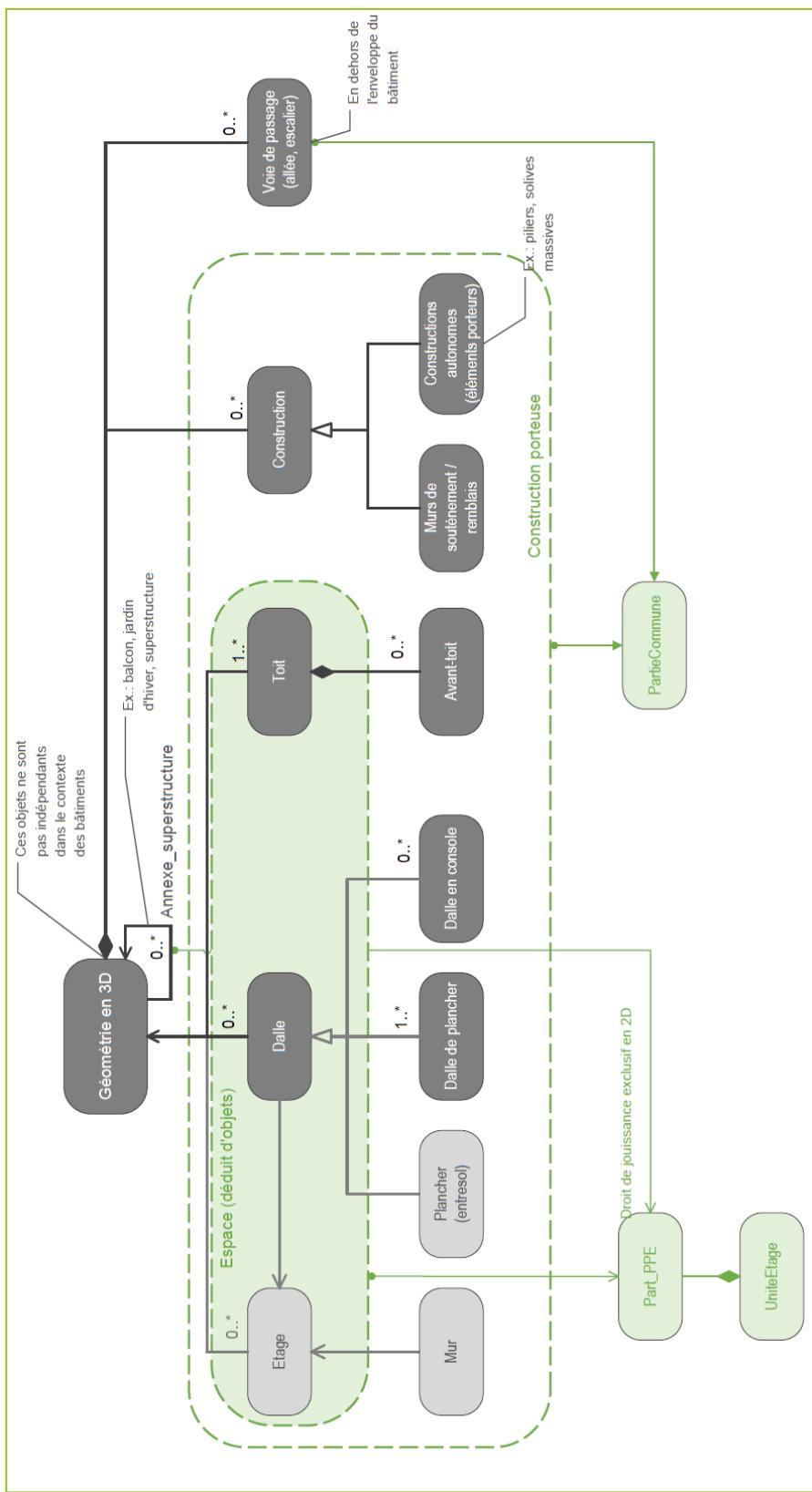


Figure 51 *Intégration d'informations issues de la propriété par étages dans le diagramme des classes du «Bâtiment officiel CH»*

## 6.6.2 Lien avec le modèle de données «Bâtiment officiel CH» (ontologie)

La partie commune se compose des constructions porteuses et des voies de passage. En conséquence, la documentation de ces objets doit intégrer leur extension en 3D correcte. Dans le cas d'une construction porteuse, un mur séparant des locaux ou des logements doit donc être géré avec son épaisseur dans les données (cf. aussi § 6.4.3). La gestion des façades comme des «vitres» (c.-à-d. des surfaces dénuées d'épaisseur), privilégiée pour la visualisation ou d'autres tâches, se montre insuffisante ici.

Le reste de la structure comme les locaux ou les parts de la propriété par étages peut être déduit à partir des parties communes. Ces objets sont dotés de leur propre géométrie. Les exigences géométriques issues du modèle de données de la propriété par étages peuvent être satisfaites du fait de la déduction à partir des parties communes. Les annexes et les superstructures telles que les balcons et les jardins d'hiver s'apparentent à des droits de jouissance exclusifs, c.-à-d. que ces éléments devraient pouvoir être modélisés comme tels. Une ou plusieurs parts de propriété par étages peuvent être logiquement réunies pour former une seule unité d'étage.

## 6.6.3 Bilan

L'utilisation d'un objet de la base de données «Bâtiment officiel CH» pour la documentation d'une propriété par étages au sens de la recommandation de swisstopo semble plausible au vu de l'examen réalisé. Les conditions suivantes doivent être remplies:

1. Les structures de base de toit – façade – dalle de plancher doivent être organisées comme des objets avec leurs épaisseurs (corps volumiques), dans le respect des extensions standardisées.
2. Les murs et les entresols (dalles) doivent être présents dans la base de données, dans le respect des extensions standardisées.
3. Les exigences géométriques telles que l'absence de lacunes ou de recouvrements entre les objets doivent être satisfaites.

Les objets essentiels étant modélisés comme des corps volumiques, il semble logique d'utiliser un jeu de données IFC comme base pour une documentation de la propriété par étages. Les constructions porteuses d'importance sont reprises de ce jeu de données et il est procédé aux simplifications requises pour l'utilisation dans le cas général (façades comprises comme des surfaces, réduction de la complexité géométrique).

## 6.7 Réflexions relatives au processus de mise à jour

Les exigences formulées par les utilisateurs dans le cadre de l'analyse du contexte montrent que l'actualité et l'intégralité de la base de données revêtent une grande importance (cf. § 4.4.1).

Comme il en a déjà été fait état au paragraphe 6.4, les processus de mise à jour des trois bases de données disponibles au plan national, produites par des services officiels ne sont pas les mêmes. Le RegBL se fonde sur les processus liés aux procédures d'autorisation de construire. Ces procédures étant très bien acceptées par la population, le nombre de constructions ou d'annexes illégales est relativement réduit, de sorte que le processus de mise à jour du RegBL est très fiable.

C'est via un système d'annonces (cf. § 3.2.2) que la MO est informée des modifications des bâtiments. Le géomètre compétent saisit immédiatement le bâtiment comme un objet projeté. Ainsi, une empreinte en 2D du bâtiment est disponible rapidement. Au terme de sa construction, le bâtiment doit être levé dans le délai imparti et l'état projeté doit céder sa place aux données définitives. En

outre, de nombreuses constructions érigées en l'absence de toute autorisation sont vues lors des mises à jour périodiques (MPD) et sont également enregistrées durant le processus de mise à jour qui permet aussi, par voie de conséquence, de déceler les constructions démolies. Via le système d'annonces, la commune où se trouvent ces bâtiments est informée des différences constatées lors de la MPD, si bien que la saisie dans le RegBL et, au besoin, la procédure ordinaire d'autorisation de construire peuvent être engagées. Les procédures sont bien établies pour le RegBL et la MO et ont fait toutes leurs preuves en pratique.

swissBUILDINGS<sup>3D</sup>, proposé par swisstopo, est au contraire produit et actualisé de manière totalement indépendante de tout système d'annonces. La gestion des données est basée sur les survols réalisés pour les produits les plus divers de swisstopo, couvrant la Suisse entière selon un cycle de trois ans. Les photos aériennes sont utilisées pour détecter des modifications par rapport au MTP actuel et mettre ce dernier à jour en conséquence. Par rapport aux processus de mise à jour du RegBL et de la MO, cette actualisation n'est pas liée à un système d'annonces. Les modifications doivent donc être directement décelées sur les clichés. L'actualité des données est par suite inférieure à celle des deux autres bases de données. A l'inverse, cette méthode permet de déceler des modifications apportées à des constructions en l'absence de la délivrance de toute autorisation. La procédure de la MPD de la MO est certes comparable, mais sa fréquence n'est pas la même.

A l'avenir, les «jumeaux numériques» pourraient servir de source supplémentaire pour l'actualisation de la base de données «Bâtiment officiel CH». La stratégie fédérale en matière de BIM exige que la Confédération et toutes les entreprises qui lui sont proches (les CFF par exemple) appliquent la méthode BIM à partir de 2021. Il devient ainsi envisageable qu'une bonne partie des constructions nouvellement érigées ou des transformations d'une certaine ampleur soit disponible dans le modèle de données IFC d'ici à quelques années. Une orientation de la mise à jour vers une combinaison du RegBL (comme «portier») et des «jumeaux numériques» (pour les attributs et les géométries en 3D) ne semble pas réaliste actuellement. A notre connaissance, les cantons (hormis celui de Genève) ne profitent pas de la transition numérique en cours pour passer à des données de bâtiments structurées dans le cadre de la procédure de demande de construction. A la fin de l'année 2018, 84 % des bâtiments étaient uniquement à usage d'habitation. Il est donc légitime d'estimer qu'aucune donnée utilisable ne proviendra de la méthode BIM dans un proche avenir pour la grande majorité des nouvelles constructions. A l'inverse, la saisie géométrique de ces bâtiments à l'aide des processus existants ne devrait pas se montrer si complexe dans bien des cas.

## Bilan

Du point de vue de l'étude, les procédures de mise à jour utilisées actuellement, mariant un système d'annonces, un échange de données automatisé entre les acteurs et une mise à jour périodique, constituent une combinaison idéale pour garantir une base de données actuelle et complète. L'utilisation de «jumeaux numériques», transmis aux communes dans le cadre des procédures d'autorisation de construire, peut aider à réduire les coûts de la mise à jour permanente et devrait par conséquent faire l'objet d'investigations plus poussées.