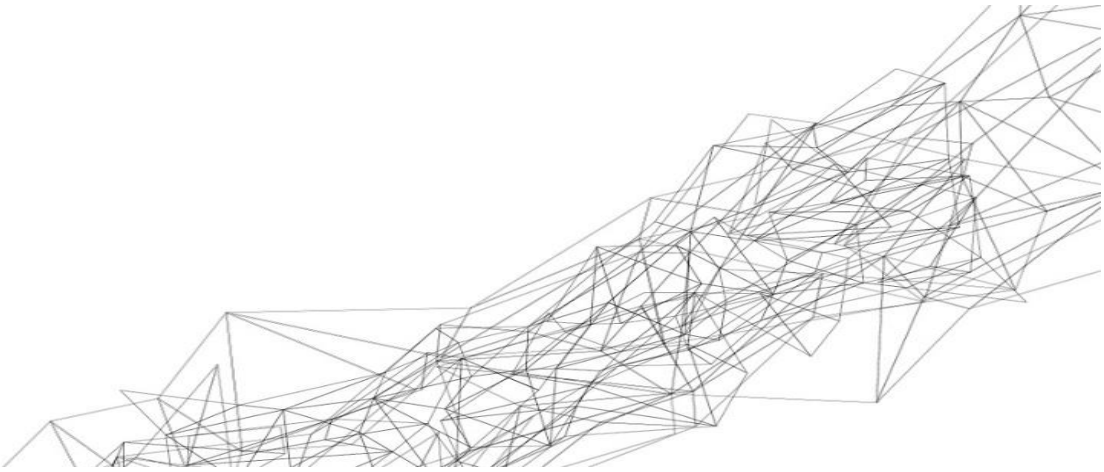
Examen du concept d'IND-MO
Rapport sur l'étude réalisée



Auteur-e-s:
FHNW
Lukas Schildknecht
Mirjam Strickler

Geotopo AG
Beatrix Ruch

Muttenz, 09.01.2021

Version 1.01

Table des matières

0 Résumé **5**

1 Introduction **7**
1.1 Contexte de départ 7
1.2 Objectifs et structure de l'étude 7
1.3 Champ d'application et public visé 7

2 Mensuration officielle en pleine mutation **8**
2.1 Idée du concept IND-MO 8
2.2 Développements aux niveaux national et international 10
2.3 Conclusion 13

3 Exigences en matière d'information **16**
3.1 Cas d'utilisation 17
3.2 Genres d'objets examinés 18

4 Concepts **19**
4.1 Orientation objet 20
4.2 Statut des ouvrages et versionnage des objets 25
4.3 Exigences en matière d'information pour la saisie 29
4.3.1 Importance des niveaux de tolérance 29
4.3.2 Exigences de précision 30
4.3.3 Degré de spécification de la géométrie (granularité géométrique) 35
4.3.4 Degré de spécification de la création des objets 36
4.3.5 Récapitulation des exigences de qualité 36
4.3.6 Concept des exigences en matière d'information spécifiques à l'utilisation pour la saisie (définition du LOIN) 39
4.4 Exigences en matière d'information pour l'utilisation 48
4.5 Preuve de qualité 50
4.6 Maîtrise et responsabilité des données, modèles fédéralistes 53
4.7 Appréciation et comparaison 55

5 Synthèse et mise en œuvre **57**
5.1 Modules à introduire 57
5.2 Conséquences 60
5.3 Scénarios 63

6 Bibliographie **65**

7 Définition des notions **68**

Liste des figures

Figure 1 : spécification LOIN pour des bâtiments, selon l'idée du concept IND-MO (Niggeler & Dettwiler, 2019) 9
Figure 2 : les domaines de la gestion du territoire, «Global Land Management Perspective», (Enemark, 2004) 10
Figure 3 : perspectives du cadastre suisse - sur le modèle de (Enemark, 2004) 11
Figure 4 : couverture étendue, LADM-v2, (van Oosterom, 2019) 11
Figure 5 : buts d'utilisation croissants du cadastre (Steudler, 2018) 12
Figure 6 : exigences en matière d'information dans MD.01 et DM.flex 16
Figure 7 : les échanges d'informations dans la MO 18
Figure 8 : subdivision des concepts 19
Figure 9 : couches d'information de MD.01 21
Figure 10 : modèle de classes conceptuel du référencement d'objets (simplifié d'après le modèle de (eCH-0129, n.d.)) 21
Figure 11 : modèle de classes conceptuel des objets « ouvrages » 22
Figure 12 : modèle de classes conceptuel du « bâtiment » 22
Figure 13 : modèle de classes conceptuel de l'objet linéaire 23
Figure 14 : comparaison entre les niveaux LOD de l'idée du concept IND-MO et le statut des bâtiments dans le RegBL 25
Figure 15 : statuts des ouvrages et traitement dans la MO 26
Figure 16 : modèle conceptuel des « versions des objets » dans la MO 26
Figure 17 : versions d'objet dans la MO 27
Figure 18 : modèle conceptuel étendu des « versions des objets » de la MO 28
Figure 19 : définition du niveau du besoin en informations (LOIN) pour la saisie des données de la MO 29
Figure 20 : critères applicables aux exigences de qualité 31
Figure 21 : bardage en clin 35
Figure 22 : mur en pierres naturelles 35
Figure 23 : façade moderne en céramique, source: https://www.mrmanufaktur.de 35
Figure 24 : concept de solution LOIN IND-MO, vue schématique 39
Figure 25 : détermination du code de position 44
Figure 26 : schéma des exigences individuelles en matière d'information - IND-MO 45
Figure 27 : groupes de statuts pour l'obtention de données 48
Figure 28 : gradation du LOG, proposition tirée de (DRAFT prEN 17412, 2019) 49
Figure 29 : écarts-types en cm pour la planimétrie (1s), source : instruction - Précision des points dans la mensuration officielle 50
Figure 30 : jeux de données possédant un lien contrôlé avec la MO (aujourd'hui) 53
Figure 31 : interactions entre la MO et les données de tiers 53
Figure 32 : exemple schématique où la MO fait office de référence 54
Figure 33 : interfaces avec des systèmes tiers 54
Figure 34 : représentation schématique des modules à introduire par rapport au modèle de données 59
Figure 35 : niveau d'exigence des modules à introduire 60
Figure 36 : conséquences des modules à introduire 61
Figure 37 : séquence d'introduction possible avec liens de dépendance entre les modules à introduire 64
Figure 38 : satisfaction des exigences en fonction de la séquence d'introduction 65
Figure 39 : calendrier d'introduction 65

Liste des tableaux

Tableau 1 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des biens-fonds 37
Tableau 2 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des ouvrages 37
Tableau 3 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des objets naturels 38
Tableau 4 : catégories d'exigences en matière d'information 41
Tableau 5 : critères et domaines de valeurs 41
Tableau 6 : critères pour l'attribution des exigences 42
Tableau 7 : exemple de déduction du code de position 42
Tableau 8 : exemple de spécification d'exigences en matière d'information 46
Tableau 9 : critères de spécification de l'obtention de données de la MO 49
Tableau 10 : catalogue des données de la MO 49
Tableau 11 : propriétés de la preuve de qualité d'objets ponctuels 51
Tableau 12 : propriétés de la preuve de qualité des arêtes 51
Tableau 13 : comparaison entre les concepts des niveaux de tolérance et de l'IND-MO 56
Tableau 14 : conséquences financières possibles de l'introduction 62
Tableau 15 : remarques relatives au projet de révision de l'OMO 71
Tableau 16 : remarques relatives au projet de révision de l'OMO -DDPS 73
Tableau 17 : remarques relatives au projet de révision de l'ordonnance technique concernant le registre foncier 73

Historique du document

Version	Date	Commentaire	Statut
0.50	13.12.2019	Version initiale	Traitement en cours
0.60	27.01.2019	Projet de texte, remise provisoire à swisstopo	Traitement en cours
0.70	29.01.2019	Intégration des enseignements (workshop), équipe de base AGRAV	Traitement en cours
0.71	05.02.2019	Projet de texte, révision en interne	Traitement en cours
0.72	11.02.2019	Pour révision par l'équipe de base AGRAV	Traitement en cours
0.80	25.02.2020	Révision prise en compte, conséquences/scénarios complétés	Traitement en cours
0.82	03.03.2020	Remise à AGRAV	Pour examen
0.90	19.08.2020	Retours d'AGRAV, corrections	Traitement en cours
1.00	14.12.2020	Restructuration de chapitres, compléments, précisions, conclusion	Pour examen
1.01	09.01.2021	Correction des fautes d'orthographe et de frappe	Feu vert accordé

0 Résumé

La révision en cours des bases légales de la mensuration officielle (MO) vise à adapter cette dernière aux changements affectant ses conditions-cadre. La MO est par ailleurs repensée, en gagnant en souplesse, pour pouvoir réagir plus simplement face à des contextes évolutifs. Cette flexibilisation concerne en premier lieu le modèle de données qui sera désormais structuré en modules sous le nom de DM.flex. Elle passe ensuite par une individualisation des exigences en matière d'information. Les concernant, le groupe de travail a développé une idée de concept sommaire dans le cadre des travaux de révision, baptisée IND-MO « Information Need Definition » de la MO.
Le présent rapport d'étude concrétise l'idée du concept IND-MO et présente les conséquences de sa mise en œuvre sur la mensuration officielle. L'étude s'adresse aux spécialistes de ce domaine.

Comme les membres du groupe de travail ont pu le constater et comme les tendances le montrent au niveau international, la mensuration officielle devrait s'employer à mieux satisfaire de nouvelles exigences. Outre sa mission traditionnelle de documentation du registre foncier, elle doit également jouer un rôle important comme source d'information fiable pour le développement et l'utilisation de l'environnement bâti. Les processus de planification, d'étude de projets, de construction mais aussi d'exploitation des bâtiments et des infrastructures, réalisés de plus en plus largement numériquement – on citera comme mots clés les concepts de Building Information Modelling BIM/GeoBIM, de Digital Twin ou de Smart City – induisent que la MO doit viser une collaboration active avec les différents acteurs concernés et mettre des géodonnées de référence fiables à la disposition des utilisatrices et des utilisateurs.

Les nouvelles utilisations de la MO entraînent des exigences pour partie supplémentaires envers ses données, tant au niveau de la précision que des informations sémantiques à référencer. Ces exigences peuvent être très ciblées et ne se fondent pas forcément sur les zones territoriales déterminées de manière constante et relativement statiques des niveaux de tolérance, à l'aide desquels les exigences qualitatives en matière d'information sont actuellement définies. Le concept IND-MO permet en revanche de spécifier une granulométrie fine de ces exigences pour répondre au plus près aux besoins spécifiques.

Le concept IND-MO prévoit la définition d'exigences minimales pour chaque classe d'objets de la MO. Ces exigences minimales peuvent être définies en fonction de la position, du statut ainsi que d'autres critères liés à des propriétés spécifiques des objets. Il est ainsi possible de prévoir des exigences différentes selon le statut associé à un objet lors des diverses phases de son cycle de vie.
Ce qui est significatif dans ce concept, c'est qu'il permet de déterminer des exigences minimales pour un objet particulier. Cela suppose toutefois que les exigences d'un objet (exigences de qualité) qui s'appliquent ainsi que les preuves empiriques (preuves de qualité) soient stockées individuellement pour chaque objet.
La description des précisions ne se limite pas aux précisions planimétriques et altimétriques des points, mais englobe aussi la précision « interne » des objets, définie via des précisions d'arêtes.
Avec ce concept, il est possible de renoncer aux niveaux de tolérance, selon la définition actuelle. Cependant, les niveaux de tolérance sont remplacés par d'autres géodonnées, à même de piloter les exigences minimales pour un objet en fonction de sa position, via une combinaison d'opérations spatiales.

Une mise en œuvre profitable du concept IND-MO suppose également un changement de paradigme dans le modèle de données de la MO, au profit d'une reproduction orientée objet des objets du monde réel. Ainsi, à la place d'objets en vue d'une orientation vers des plans, comme

les surfaces de couverture du sol, on traite des objets concrets du monde réel, comme des bâtiments ou des rues.
Pour pouvoir reproduire le cycle de vie complet d'objets – notamment d'ouvrages de tout type –, leurs états conçus et projetés doivent par ailleurs être intégralement saisis dans la MO. Les propriétés du statut doivent donc être étendues.

L'introduction d'IND-MO est envisageable à partir de 2024, dans une version de DM.flex faisant suite à la version initiale. La charge de travail inhérente à l'introduction dépend fortement des migrations de données éventuellement requises pour parvenir à la reproduction orientée objet des objets du monde réel. Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de fournir une estimation fiable des coûts à prévoir. Après un surcoût initial, on est en droit d'attendre une réduction des dépenses de mise à jour à long terme, résultant de la prise en charge de modèles tels que construits (as-built) des projets.
La plus-value apportée par une mise en œuvre conséquente d'IND-MO résulte de l'intégration de jeux de données et de processus différents sur la base des géodonnées de référence de grande valeur mises à disposition par la MO. Cette mise en œuvre facilite la collaboration entre les autorités et les acteurs du secteur privé et des synergies en découlent au niveau de la saisie et de la mise à jour de différents jeux de données.

1 Introduction

1.1 Contexte de départ

Dans le cadre de la révision en cours des bases légales de la mensuration officielle (MO), il sera proposé d'introduire un concept « Information Need Definition » définissant les besoins et donc les exigences en matière d'information dans la mensuration officielle (IND-MO). Ainsi, le concept bien connu de « Level of Information Need » (LOIN) dans le domaine du BIM (Building Information Modelling) doit être repris sous une forme adaptée (Niggeler et al., 2019).
Cette idée est née d'un constat dressé par les auteurs Niggeler et al. qui estiment que le concept des niveaux de tolérance utilisé jusqu'à présent n'est techniquement plus indispensable aujourd'hui. En outre, il est demandé dans la stratégie de la MO pour les années 2020 à 2023 que l'opportunité, la qualité et l'efficience économique des tâches, des processus, des compétences et des responsabilités soient analysées et qu'un soutien soit apporté à la transformation numérique (swisstopo, 2020).
Avec l'idée du concept IND-MO, une esquisse de solution sommaire est proposée pour le développement de la MO. Les mises en œuvre concrètes ainsi que les répercussions sur les processus et le modèle de données n'y sont pas encore abordés.

Ces efforts s'inscrivent également dans le contexte de la flexibilisation visée des structures de données de la MO, laquelle est aussi rendue possible avec la révision en cours sous l'appellation générique de DM.flex (Sinniger, 2018).

1.2 Objectifs et structure de l'étude

La présente étude a pour objectifs d'analyser la solution qu'esquisse l'idée du concept IND-MO. Elle se prononce aussi sur sa faisabilité technique et organisationnelle avant d'évaluer ses conséquences et son utilité pour les clients de la MO.
Un état des lieux est d'abord dressé au **chapitre 2**. Il porte sur les conditions-cadre et les raisons à l'origine de l'idée du concept IND-MO. Les développements intervenus au plan international sont également traités ici. Des objectifs sont finalement identifiés au chapitre 2.3 ainsi que les exigences qui en résultent pour le concept IND-MO.
Au **chapitre 3**, le concept des exigences en matière d'information, bien connu dans le domaine du BIM, est analysé et transposé dans le contexte de la MO.
Les différents « concepts » resp. domaines thématiques qui, considérés globalement, forment le concept IND-MO, sont traités au **chapitre 4**.
Le **chapitre 5** présente enfin la contribution des différents concepts aux objectifs identifiés, l'étude se concluant par des scénarios de mise en œuvre possibles.

1.3 Champ d'application et public visé

L'étude s'adresse à des spécialistes du domaine de la mensuration officielle. L'étude examine les hypothèses et les affirmations formulées dans l'idée du concept IND-MO avec un regard critique pour en évaluer la pertinence. L'étude ne vise aucunement à dresser un état des lieux pour la poursuite du développement de la mensuration officielle.

2 Mensuration officielle en pleine mutation

2.1 Idée du concept IND-MO

L'idée d'introduire un concept définissant les besoins et donc les exigences en matière d'information dans la MO se retrouve dans (Niggeler, 2019), (Niggeler & Dettwiler, 2019) et (Niggeler et al., 2019). Elle va être exposée de manière abrégée dans la suite.
Les auteurs de l'idée du concept IND-MO perçoivent différentes modifications dans le contexte de la MO requérant une adaptation et une réorientation. Selon eux, bon nombre de nouvelles applications ont besoin de données relatives aux biens-fonds et aux immeubles. La place croissante prise par le numérique dans le domaine de la construction conduit notamment à des **exigences accrues** envers ces données.

- Ne reproduire que l'état actuel est insuffisant aujourd'hui. Il est de plus en plus important que le **cycle de vie des objets** puisse être reproduit dans son **intégralité**, en incluant, en particulier aussi, les **états projetés**. Les données de la mensuration officielle doivent apporter une contribution à la création de jumeaux numériques, bases des villes intelligentes (Smart City).
- Par ailleurs, la mensuration officielle n'est pas seulement une source de données ; les données y relatives sont aussi fortement intégrées dans les processus des utilisatrices et des utilisateurs, si bien que la **collaboration numérique** est améliorée en cas de compétences réparties.
- Les objets doivent être décrits selon différents niveaux d'**information,** y compris leur **sémantique**. Il ne suffit plus de focaliser toute l'attention sur la représentation géométrique, il faut au moins connaître la précision et la fiabilité de chacun des objets.
- Les informations sur la précision doivent couvrir un spectre plus large. Aujourd'hui, les précisions de mesure des points sont définies, voire prescrites en pratique. L'attribution de zones (niveaux de tolérance) y pourvoit de manière constante. Avec les nouveaux scénarios d'utilisation, des **précisions de mesure individuelles** devront être possibles **pour chaque objet** ou type d'objet, de plus, d'autres aspects de la précision pouvant également entrer en ligne de compte (« précision interne ») devront être considérés.

Il est montré que les données de la MO ne peuvent pas satisfaire ces exigences dans leur forme actuelle. Elles restent trop profondément orientées pour la production du plan du registre foncier. Le modèle de données n'est pas conçu pour reproduire de véritables objets sémantiques tout au long de leur cycle de vie. Ni le modèle de données ni les exigences en matière d'information fondées sur les niveaux de tolérance ne permettent de se prononcer sur la précision ou la fiabilité d'un objet particulier.

La solution proposée consisterait donc à introduire le concept de définition du besoin d'information basé sur le concept « Level of Information Need » (LOIN) de la méthode BIM. A titre d'exemple, des propositions de solution pour de telles définitions LOIN sont présentées, cf. figure 1 suivante.

Idée possible pour les bâtiments

LOIN-MO Exigences	100	200	300	400	500	600
LOG-MO	Croquis, locaux programmés	Enveloppe projetée du bâtiment	Projet → demande de permis	Projet autorisé → en construction	Bâtiment construit	Bâtiment démoli
LOI-MO	Catégorie de bâtiment	Catégorie de bâtiment, volume, coût estimé	Catégorie de bâtiment, volume, coût de construc-tion	EGID, EWID, adresses	EGID, EWID, adresses générateur de chaleur	EGID
Spécification	Conditions cadre / liens de dépen-dance	Dans le système de la MO	Dans le système de la MO	Dans le système de la MO	Dans le système de la MO	Historisé, archivé
Précision / fiabilité	1-2 m	1.0 m	0.1 m	0.05 m	0.05 m	0.05 m
Provenance	Maître d'ouvrage	Architecte	Architecte	Géomètre	Géomètre	Géomètre

Figure 1 : spécification LOIN pour des bâtiments, selon l'idée du concept IND-MO (Niggeler & Dettwiler, 2019)

L'idée du concept postule que les exigences en matière d'information sont principalement définies par le statut d'un objet, donc au travers de son positionnement dans le cycle de vie. Pour chaque statut, les exigences en matière d'information se déclineraient en termes de granularité géométrique (LOG), de volume d'informations sémantiques (LOI) et de précision. Des domaines numérotés seraient définis, attribuant implicitement un code de statut. Outre les valeurs prédéfinies, il devrait aussi être possible de déroger à la définition de certains critères et d'utiliser pour cela des numéros spécifiques (par exemple 550 pour une exigence étendue du niveau LOIN 500, dérogeant ainsi à ce dernier).

Il est par ailleurs avancé que « les travaux de mensuration officielle, c'est-à-dire les travaux permettant d'établir le cadastre fédéral prévu par le législateur en 1912, touchent à leur fin. Par conséquent, il n'est plus nécessaire de diviser le territoire en zones pour fixer les niveaux de qualité, mais de partir du principe que la qualité est dès maintenant inscrite dans l'objet… » (Niggeler et al., 2019). D'où la conclusion tirée: il pourra être renoncé aux niveaux de tolérance à l'avenir et les niveaux de précision et de spécification seront adaptés en fonction de l'utilisation et de l'objet (Niggeler et al., 2019).

Remarque d'ordre terminologique : la présente étude vise à analyser l'idée du concept IND-MO et à développer des concepts alternatifs ou supplémentaires. Il est ainsi fait référence à plusieurs reprises au sein de ce rapport à cette idée de concept IND-MO. C'est pourquoi la notion d'« **idée du concept IND-MO »** renvoie toujours dans la suite à la solution esquissée dans (Niggeler, 2019) et (Niggeler & Dettwiler, 2019). Les concepts complémentaires ou divergents développés dans le cadre de cette étude sont quant à eux désignés par l'expression générique de « **concept de solution »**.

2.2 Développements aux niveaux national et international

En matière de cadastre, resp. de gestion du territoire (landmanagement), l'ouverture à une utilisation plus large et plus variée s'observe aussi au niveau international. Un bonne vue d'ensemble des développements actuels dans ce secteur à l'échelle mondiale est fournie dans (Steudler, 2019). Certains des développements préconisés dans le contexte d'IND-MO, observables aussi bien au plan national qu'international, sont exposés dans ce chapitre.

On peut fondamentalement distinguer quatre domaines (ou perspectives) pour la gestion du territoire (Enemark, 2004) (cf. aussi figure 2):

- La propriété foncière (Land Tenure) : attribution et garantie des droits sur les immeubles, détermination de leurs limites, transfert de propriété à un tiers
- La valeur foncière (Land Value) : estimation de la valeur des immeubles, taxation de la propriété foncière
- L'occupation du sol (Land Use) : pilotage de l'utilisation du sol via l'aménagement du territoire, détermination des prescriptions régissant cette utilisation
- Le développement territorial (Land Development) : planification et construction de nouvelles infrastructures, autorisations à obtenir pour modifier l'utilisation du sol.

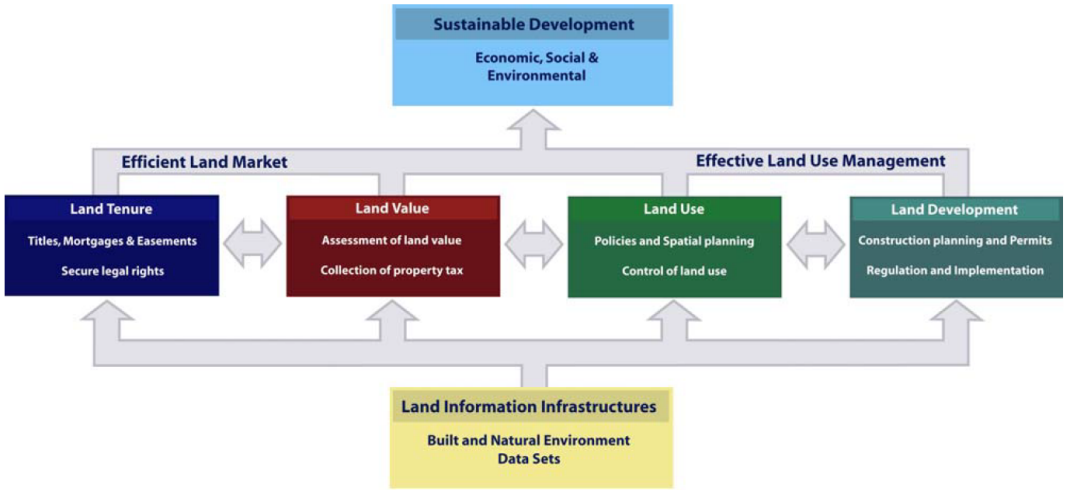


Figure 2 : les domaines de la gestion du territoire, «Global Land Management Perspective», (Enemark, 2004)

En Suisse, la gestion du territoire recourt aux trois instruments que sont la MO, le registre foncier et le cadastre des restrictions de droit public à la propriété foncière (RDPPF) ("cadastre.ch," n.d.). La figure 3 transpose dans le système cadastral suisse et sous une forme simplifiée les perspectives de la gestion du territoire identifiées dans (Enemark, 2004).

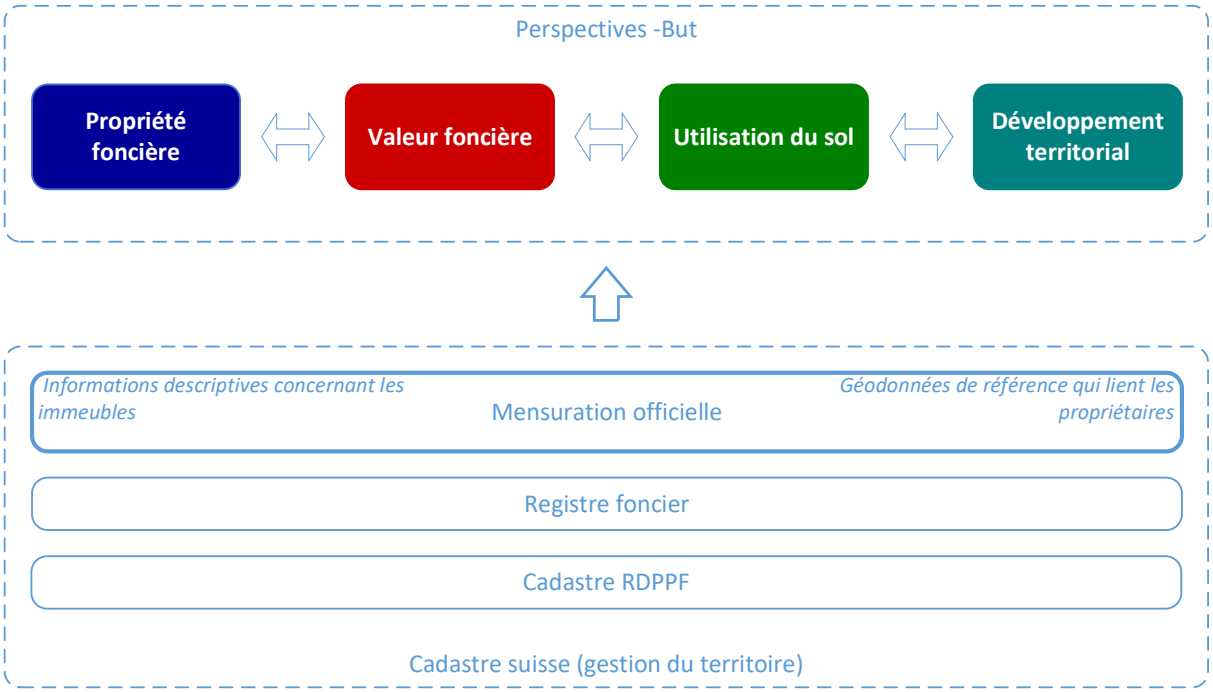


Figure 3 : perspectives du cadastre suisse - sur le modèle de (Enemark, 2004)

Il est stipulé à l'article 29, alinéa 1 (LGéo, 2008), que la mensuration officielle garantit la disponibilité des géodonnées de référence qui lient les propriétaires et des informations descriptives concernant les immeubles. Au sein de la MO, l'accent a principalement été mis jusqu'à présent sur la propriété foncière, comme l'article 1 But de l'(OMO, 2008) en fait explicitement mention (cf. plus loin également pour les développements actuels).
Le modèle de données international pour la gestion du territoire (LADM, Land Administration Domain Model) se focalise lui aussi sur la propriété foncière dans sa version 1 actuelle (ISO 19152 (LADM), 2012).
Un groupe de travail élabore cependant la version 2 du LADM actuellement. Une proposition correspondante (New Work Item Proposal) a d'ailleurs été déposée et les thèmes à traiter sont en cours d'examen. La nouvelle version vise à couvrir aussi les trois autres domaines (valeur foncière, utilisation du sol, développement foncier) et à définir des liens explicites vers le «Building Information Modelling» ("LADM Workshop," 2019). L'extension à la 3D et à la 4D est également abordée. La figure 4 présente l'extension envisagée dans la version 2 du LADM.

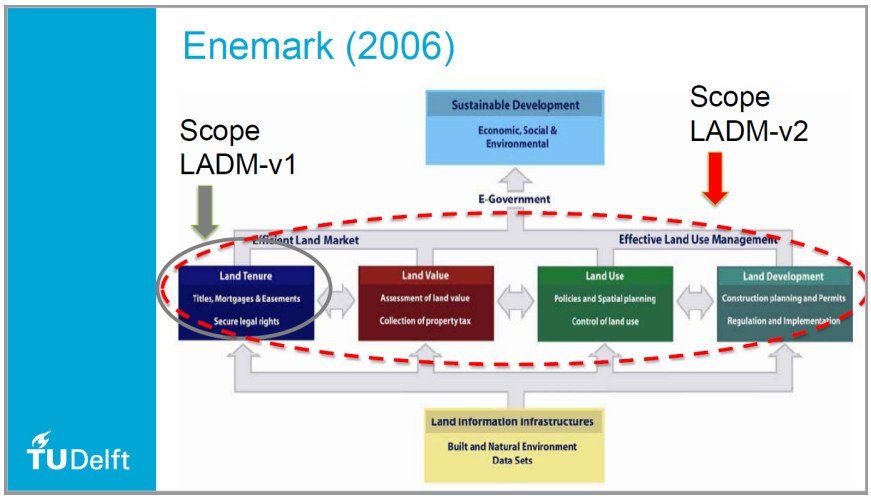


Figure 4 : couverture étendue, LADM-v2, (van Oosterom, 2019)

Dans le cadre de la vision « Cadastre 2034 », différents pays, resp. organisations ont livré leur vision du développement des systèmes de gestion du territoire. Les constats et les visions suivants, issus de la contribution des autorités australiennes (Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM), 2015) peuvent notamment être relevés dans le contexte des réflexions relatives à l'IND-MO :

- une amélioration significative de la gestion des données dans le domaine cadastral au travers du BIM est attendue, parce que les informations projetées et celles reflétant l'état actuel seront alors saisies en 3D (p. 16) ;
- l'attribution d'un contenu sémantique aux informations permet d'utiliser et d'interroger des données de provenances diverses ; en conséquence, les données cadastrales viennent s'intégrer aux autres données (p. 14) ;
- les besoins des clients doivent être pris en compte et ces derniers doivent être au cœur de la mise à disposition des données (p. 17) ;
- le cadastre est étendu à la 3D et à la 4D (p. 17).

Les visions de l'Autorité néo-zélandaise vont dans le même sens et comprennent notamment :

- une orientation objet plus forte pour la modélisation des données liées à la propriété (p. 15) ;
- l'extension du cadastre aux dimensions altimétrique et temporelle (3D et 4D) (p. 15) ;
- l'intégration du cadastre avec d'autres jeux de données (p. 32) ;
- une meilleure connexion du cadastre national aux normes et aux standards internationaux, notamment au modèle de données de LADM (p. 35).

En Suisse aussi, le but de l'utilisation des données cadastrales tend à s'étendre. Si la MO servait uniquement à la gestion de la propriété à l'origine, son utilisation a été explicitement étendue au début des années 1990, pour en faire un jeu de données de base ou de référence dans le contexte des systèmes d'information géographique. Avec l'introduction de la loi sur la géoinformation en 2008, le champ d'application cadastral a été complété par le domaine des restrictions de droit public à la propriété foncière (Steudler, 2018). La figure 5 présente l'évolution du cadastre suisse de ses origines à nos jours.

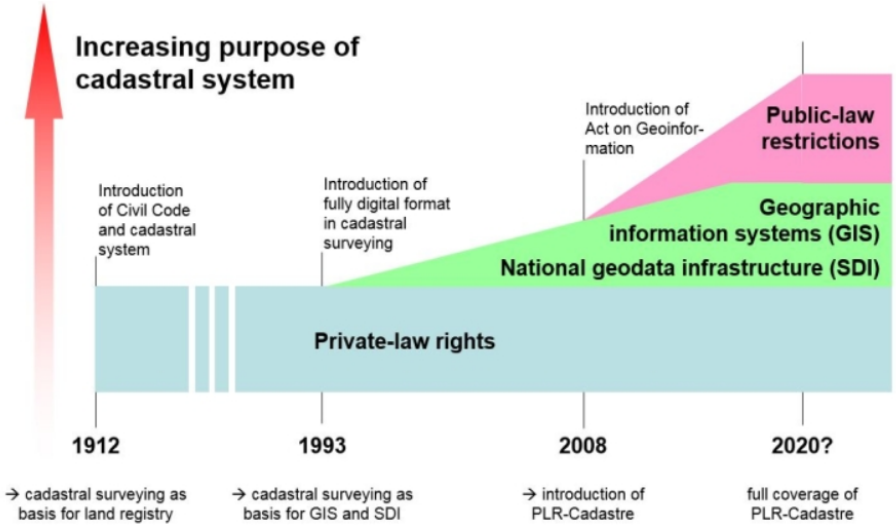


Figure 5 : buts d'utilisation croissants du cadastre (Steudler, 2018)

Quatre recommandations sont formulées dans ("Dimension Cadastre," 2017). Elles portent sur la manière dont le cadastre suisse doit poursuivre son développement s'il veut rester en phase avec le cadre technologique et sociologique évolutif dans lequel il s'inscrit. Deux tendances revêtant une importance directe dans le contexte d'IND-MO sont identifiées par les mots clés « métaplateforme » et « données intelligentes ». Elles visent toutes deux à une interconnexion

et à une intégration plus forte à l'avenir des données du cadastre avec d'autres sources de données et d'autres services. Les informations concernant les « immeubles », resp. les « bâtiments » ne sont plus exclusivement collectées et saisies par les services du cadastre, elles le sont par de multiples autres intervenants. Du reste, les données sont saisies en partie automatiquement et en temps réel (mot clé « IoT », Internet of Things).

Des développements allant vers une intégration poussée de différentes sources de données et vers des systèmes d'information cohérents sont aussi observés en dehors de la gestion du territoire comprise au sens strict. A titre d'exemple, on citera ici le programme britannique de jumeau numérique national ("NDT Programme," 2019). Il s'agit là d'une initiative qui prend appui sur les conditions cadre nationales du BIM et de la gestion de l'information « Information Management Framework » afin de développer les informations relatives à l'environnement construit. Dans un tel système intégré de gestion des informations, les données cadastrales joueront un rôle essentiel, notamment comme données de base sûres.

L'extension de l'utilisation des données cadastrales pour la gestion de l'utilisation du sol et le développement territorial nécessiteront d'aborder des thèmes que l'on peut aussi désigner par le mot clé « GeoBIM ». On considère généralement que le passage du SIG au BIM recèle un fort potentiel de développement. Toutefois, les applications concrètes, en particulier dans le domaine cadastral, ne se sont pas encore diffusées ni même établies. C'est grâce à l'initiative d'EuroSDR (une plateforme européenne de recherche dédiée aux SIG et au cadastre) qu'une vue d'ensemble des diverses activités liées à GeoBIM a été dressée, bon nombre d'entre elles relevant des thèmes de l'utilisation du sol et du développement territorial (Noardo et al., 2019). Le processus d'autorisation de construire va être traité de manière spécifique dans un projet partiel séparé.

2.3 Conclusion

Sur la base de cet état des lieux sommaire des évolutions à attendre dans le secteur cadastral, dressé pour expliquer la genèse de l'idée du concept IND-MO, les **objectifs** généraux suivants peuvent être formulés pour encadrer le développement du modèle de données et des processus de la mensuration officielle :

O-01 La mensuration officielle doit également permettre des utilisations relevant des domaines de l'utilisation du sol (Land Use) et du développement territorial (Land Development). Elle est intégrée dans les processus de ces domaines et collabore avec les divers intervenants.

O-02 Les données de la mensuration officielle doivent par ailleurs permettre des utilisations de genres nouveaux et attirer de nouveaux utilisateurs, extérieurs au périmètre de la gestion du territoire au sens strict (utilisation par exemple via des méta plateformes).

O-03 Les données de la mensuration officielle doivent pouvoir être intégrées à d'autres jeux de données de l'environnement construit (en allant jusqu'aux smart city et aux jumeaux numériques nationaux).
Elle propose pour cela des données de référence fiables à d'autres jeux de données.

O-04 Les informations sur la qualité des objets sont orientées utilisation et définissables pour chacun d'entre eux.

Les **exigences** suivantes peuvent alors être déduites pour atteindre ces objectifs :

Exigence		Soutien à l'objectif
E-01	Les données de la mensuration officielle doivent être **orientées objet**. Avec les processus de l'utilisation du sol et du développement territorial, des objets du monde réel seront créés et gérés dans le temps. Pour les objets du monde réel s'inscrivant dans le cadre de la MO, il s'agit par suite de proposer des objets à même d'être intégrés idéalement dans les processus spécialisés de l'utilisation du sol et du développement territorial. En conséquence, les structures du modèle de données de la MO doivent être définies pour pouvoir reproduire au plus près les objets réels existant, donc en procédant à une abstraction spécifiquement orientée objets et non à une abstraction orientée produit, comme c'est le cas aujourd'hui. L'orientation vers les objets spécialisés est également une condition requise pour pouvoir reproduire les différentes phases et les divers états d'un objet spécialisé tout au long de son cycle de vie (cf. exigence E-02) et pour pouvoir servir de référence.	O1, O3
E-02	La modification des objets sur la totalité du **cycle de vie** doit pouvoir être reproduite. Pour une planification complète et à long terme de l'environnement construit, il faut également disposer d'informations qui viennent d'être conçues (issues par exemple des plans directeurs ou des plans de quartier). Ainsi, le modèle de données doit permettre également de reproduire les phases les plus précoces du cycle de vie, en particulier des ouvrages construits, pour que les données de la MO utilisées par les processus spécialisés correspondants mettent les bases ad hoc à disposition. Des exigences différentes sont associées aux diverses phases du cycle de vie en termes de degré de spécification des informations (géométrie et sémantique). La structure des données doit donc pouvoir gérer des niveaux d'exigence différents (cf. aussi exigence E-04/05).	O1
E-03	La **3ème dimension** (altitude) doit pouvoir être prise en charge. L'évolution vers la 3ème dimension est en cours dans différents domaines, par exemple dans celui de la propriété par étages. Dans le contexte du BIM, la 3ème dimension gagne aussi rapidement et grandement en importance dans les secteurs de la construction et de l'immobilier. La 3ème dimension doit donc pouvoir être générée pour que les processus précités puissent bénéficier du soutien optimal de la MO. L'introduction de la 3ème dimension constituera un défi majeur pour la MO. Une introduction sur l'intégralité du territoire semble peu probable dans la perspective actuelle à un horizon de planification réaliste. Le modèle de données devrait cependant être développé de telle manière que les objets puissent être gérés en 3D, ce qui offrirait la possibilité de mettre des informations correspondantes à disposition, tout au moins dans certaines zones (en centre-ville par exemple). Durant une longue phase de transition, le modèle de données devrait permettre de mélanger des informations mixtes dans un système hybride 2D / 3D. L'exigence concernant la 3ème dimension définie ici peut ainsi être comprise comme une exigence fonctionnelle à viser à moyen terme (modèles de données, systèmes) et non comme une exigence impérative de saisie des données sur tout le territoire. Le thème de la 3ème dimension ne sera plus abordé spécifiquement dans la suite de cette étude. Bon nombre des exigences et des concepts définis ici sont indépendants de la 3ème dimension et apportent aussi un bénéfice dans une représentation géométrique à deux dimensions.	O1
E-04	Chaque objet contient des **informations de qualité qui lui sont propres** (preuve de qualité). Les exigences envers la qualité des informations peuvent être plus élevées, dans le domaine du développement territorial notamment, qu'elles ne le sont pour une utilisation type dans le domaine de la propriété foncière. A titre d'exemple, on citera ici les exigences plus élevées en termes de précision planimétrique pour les bâtiments projetés en dehors des zones à bâtir. En outre, les exigences peuvent varier en fonction du genre d'utilisation des informations. Ainsi, des objets peuvent se voir associer une qualité qui leur est propre, indépendamment de leur appartenance à un niveau de tolérance donné. Ces spécificités doivent être connues des utilisateurs et être enregistrées en conséquence pour chaque objet individuellement (instance).	O1, O4
E-05	L'**exigence** sur la qualité peut être fixée **individuellement** (exigence de qualité). Outre la valeur effective de la qualité (exigence E-04), l'exigence sur la qualité de l'information doit également être stockée et consultable pour chaque objet (instance). Comme exposé précédemment, il est nécessaire d'individualiser la définition des exigences. Ces définitions individuelles doivent être enregistrées et consultables dans les données elles-mêmes, d'une part pour planifier les saisies et d'autre part pour garantir la traçabilité.	O1, O4

Exigence		Soutien à l'objectif
E-06	Les données de la mensuration officielle doivent présenter des **identifications d'objets stables et techniquement précis**, la **sémantique** des objets devant par ailleurs être **claire**. Les données de la mensuration officielle doivent pouvoir servir de **jeu de données de référence** pour d'autres jeux de données. Le jeu des données de la MO met donc des objets de référence à la disposition d'autres jeux de données et crée alors une référence commune pour diverses sources de données. Il permet ainsi de relier ces sources de données entre elles indépendamment du système des coordonnées géographiques et peut par conséquent jouer un rôle important pour intégrer par exemple des jeux de données répartis dans un système fédéré pour un jumeau numérique ou une ville intelligente. Pour que les objets de référence, tels que par exemple des bâtiments ou des rues, puissent être référencés, ils doivent non seulement disposer d'une identification stable, mais doivent aussi être définis de façon claire et univoque (caractéristiques et délimitations techniques et géométriques).	O3
E-07	Les données de la mensuration officielle doivent pouvoir être **mises à disposition selon les besoins à satisfaire**. Avec une extension de l'utilisation des données de la MO au domaine de l'utilisation du sol, c'est aussi le cercle des personnes qui utilisent et de celles qui réutilisent ces informations qui s'agrandit. Il est légitime de penser que les « nouveaux » utilisateurs n'auront pas une connaissance approfondie du modèle de données de la MO. Pour qu'ils puissent quand même utiliser les données à bon escient, leur mise à disposition doit être la plus « orientée client » possible.	O1

Les objectifs et les exigences fixés ici vont relativement loin et ne sont vraisemblablement pas prévus avec une telle portée dans les projets actuels de révision des ordonnances. La présente étude vise toutefois à fournir une vision d'ensemble, incluant aussi le contexte dans lequel s'inscrit la proposition de solution concrète d'IND-MO. L'annexe B répertorie les remarques formulées à propos des projets de textes des ordonnances révisées.

3 Exigences en matière d'information

La définition du besoin d'information de l'IND-MO (Information Need Definition IND-MO) vise à définir les exigences en matière d'information de la MO. Jusqu'à présent, les exigences à respecter, de même que le modèle de données associé, sont directement définis dans les ordonnances que sont l'OMO et l'OTEMO. Les exigences à satisfaire se fondent notamment sur les niveaux de tolérance (NT). Il s'agit principalement d'exigences de précision (exigences de qualité).

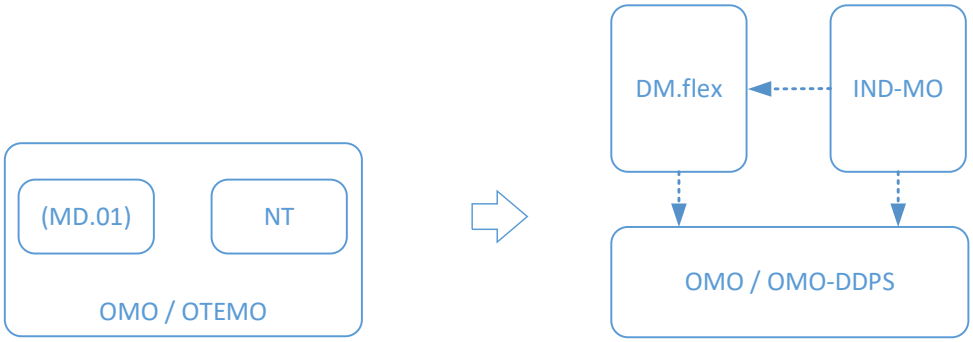


Figure 6 : exigences en matière d'information dans MD.01 et DM.flex

Avec la révision des ordonnances, le modèle de données en est détaché pour devenir un artefact autonome « DM.flex ». Les exigences concrètes en matière d'information doivent elles aussi quitter le cadre de l'ordonnance pour être gérées dans un artefact séparé « IND-MO ». Ainsi, le modèle de données DM.flex définit la structure de base, tandis qu'IND-MO définit les règles de saisie et les prescriptions de qualité pour les données dans cette structure.

L'idée du concept IND-MO développée dans le cadre de la révision des ordonnances prend explicitement appui sur des concepts et des notions relevant du BIM pour les adapter à la MO. Le thème des exigences en matière d'information est au centre des débats aujourd'hui dans le « monde du BIM ». Une grande valeur lui est accordée actuellement dans les projets menés en pratique et une certaine confusion l'entoure, se traduisant également par des utilisations contradictoires des notions de LOD et de LOIN (cf. à ce sujet l'encadré réservé à ce thème, ci-après). Au niveau international, différentes activités de normalisation sont en cours pour élaborer des méthodes de définition des exigences en matière d'information. Le document « Building Information Modelling - Level of Information Need - Concepts and principles » (prEN 17412/LOIN (draft), 2019) est considéré comme le plus pertinent.

L'orientation BIM de l'idée du concept IND-MO se reflète dans l'expression « Information Need Definition », directement déduite de « Level of Information Need » (LOIN). L'idée proposée se fonde par ailleurs explicitement sur les développements de Bâtir Digital Suisse ("Swiss BIM LOIN-Definition (LOD)," 2018). C'est également cette base qui provoque un certain flou entourant l'utilisation parfois trompeuse des notions de LOD et de LOIN. Les développements figurant dans l'encadré ci-après visent à établir une distinction claire en cette matière.

Les exigences en matière d'information dans la méthode BIM
La méthode **BIM (**Building Information Modelling) s'impose de plus en plus largement dans les domaines de la planification, de la construction et de l'exploitation des bâtiments ou de tout autre type d'ouvrage. La planification, la construction et l'exploitation sont traitées numériquement, ce qui suppose de recourir à des modèle numériques d'ouvrages en combinaison avec des formes d'organisation et à des processus appropriés (SIA 2051, 2017).

Les modèles numériques d'ouvrages peuvent être très détaillés, suivant les exigences et le degré de spécification formulés pour les informations. Deux concepts différents se sont donc développés dans le contexte du BIM (LOD et LOIN) pour adapter au mieux le degré de spécification à l'utilisation concrète envisagée.
Dans le concept du niveau de développement (**Level of Development (LOD)**), un ensemble défini d'informations ainsi que le degré d'abstraction géométrique sont déterminés pour chaque classe spécialisée et pour chaque phase de projet. Cette détermination est généralement entreprise par des organismes de normalisation ou par les branches professionnelles comme par exemple aux Etats-Unis ou au Royaume-Uni. Le degré de spécification des différentes classes spécialisées est ainsi défini de façon centralisée, indépendamment de tout projet. L'avantage réside dans une utilisation homogène et donc dans une prescription relativement claire et transparente des informations à attendre lors d'une remise de données. Toutefois, de tels « catalogues » ne peuvent pas assurer la prise en compte des particularités de projets spécifiques et d'exigences qui leur sont propres. C'est pourquoi on parle aussi d'un principe dit « Push », le fournisseur « poussant » en quelque sorte les informations vers les autres participants conformément à une spécification constante, sans établir aucune distinction. Cela a tendance à conduire à la saisie puis à l'échange d'un nombre trop élevé d'informations inutiles.
Les développements internationaux les plus récents dans le monde du BIM vont en revanche vers un principe dit « Pull », pour lequel la personne commandant les informations spécifie clairement celles qui sont concrètement utiles. On spécifie alors un niveau du besoin en informations ou « **(Level of) Information Need (LOIN) »** (DRAFT prEN 17412, 2019). Il permet de définir, pour chacune des classes spécialisées concernées, les niveaux d'information et le degré d'abstraction géométrique nécessaires. L'avantage de ce principe réside dans le fait que seules les données effectivement requises seront préparées et mises à disposition. Il a des inconvénients majeurs qui portent d'une part sur la complexité des échanges individuels de données qui sont aussi plus exigeants en termes de communication et, d'autre part, qui impose à tous les intervenants de disposer de connaissances plus fines en matière de gestion des données.

3.1 Cas d'utilisation

Pour pouvoir spécifier les exigences en matière d'information, il faut que l'auteur de la commande et le fournisseur, parties prenantes à l'échange d'informations, soient clairement identifiées, resp. que le but de l'utilisation envisagée des informations soit clair. Dans le contexte de la MO, deux cas d'utilisation sont à distinguer ; à savoir : le recensement et la saisie des données de la MO d'une part et leur utilisation d'autre part.

Recenser et saisir / gérer les informations de la MO
Ce cas d'utilisation englobe aussi bien le recensement des objets ayant une existence physique sur le terrain, via une mensuration, que la définition d'objets planifiés ou d'objets simplement prévus. La récolte des informations porte sur la saisie de la géométrie et celle des attributs. Une partie des données de la MO n'est, aujourd'hui, déjà plus saisie directement par les responsables de la mise à jour de la MO, mais est reprise d'autres ensembles de données. Ce mode réparti de récolte de données va gagner en importance à l'avenir.
La saisie des objets dans les systèmes informatiques de la mensuration officielle fait aussi partie de ce cas d'utilisation. Elle comprend aussi bien la saisie initiale que la mise à jour.

Utiliser les informations de la MO
Ce cas d'utilisation couvre l'exploitation des données de la MO et leur distribution à des systèmes tiers ou à des utilisateurs. Il serait souhaitable que l'utilisation se renforce dans les domaines de l'utilisation du sol et du développement territorial.

Les exigences envers l'échange d'informations diffèrent fondamentalement dans les deux cas d'utilisation, raison pour laquelle le traitement sera séparé dans les descriptions conceptuelles suivantes. Dans le cas de la saisie, c'est une approche LOIN qui est proposée, afin d'individualiser les exigences en matière d'information. S'agissant de la large utilisation par des tiers, c'est en revanche une approche LOD qui est préconisée, définissant les exigences en matière d'information de manière plus constante (cf. figure 7).

Figure 7 : les échanges d'informations dans la MO

3.2 Genres d'objets examinés

Dans la présente étude, les cas d'utilisation sont examinés en s'intéressant tout particulièrement aux genres d'objets suivants de la MO :

Biens-fonds (droits réels)
Les biens-fonds sont traditionnellement le contenu le plus important de la mensuration officielle. Il s'agit d'un jeu de géodonnées de référence très important pour diverses applications. Même lorsque le développement de la MO se poursuit, la sécurité juridique de la propriété foncière doit rester garantie, ainsi les répercussions sur les biens-fonds sont toujours vérifiées.

Bâtiments (ouvrages)
Les bâtiments sont des objets isolés et faiblement étendus. Utilisés aux fins les plus diverses, leurs valeurs sont également très différentes. Elles ne dépendent du reste que de manière limitée de leur position.
Dans l'optique actuelle de la propriété foncière (Land Tenure) par rapport au domaine de la gestion du territoire, les bâtiments n'ont qu'une faible importance (de nature descriptive au registre foncier). Leur importance croît cependant à mesure que l'attention se porte vers le développement territorial.
Outre les bâtiments, les « ouvrages » au sens large, notamment inclus dans le modèle de données actuel comme des objets divers, des ouvrages d'art ou des rues, verront leur importance croître dans le jeu des données de référence de la MO. Dans la présente étude, on parlera donc plus volontiers d'ouvrages de manière générale, les bâtiments en constituant toutefois la catégorie principale.

Objets naturels
Les objets naturels qui constituent une troisième catégorie, aux côtés des objets juridiques et des ouvrages, vont aussi être analysées dans le cadre des exigences en matière d'information pour la saisie de l'environnement naturel. Cette catégorie se distingue surtout des deux autres par ses délimitations spatiales moins précises.

4 Concepts

Sur la base des observations précédentes concernant la poursuite du développement de la MO, de l'idée du concept IND-MO et des réflexions générales sur les exigences en matière d'information, il est possible d'identifier différents « concepts », resp. domaines thématiques qui, compris globalement, forment un concept de solution IND-MO, à même de respecter les exigences et les objectifs fixés.

Ces concepts vont être définis et discutés dans les chapitres suivants. La figure 8 présente les différents concepts en incluant des renvois vers les chapitres où ils sont décrits en détail.

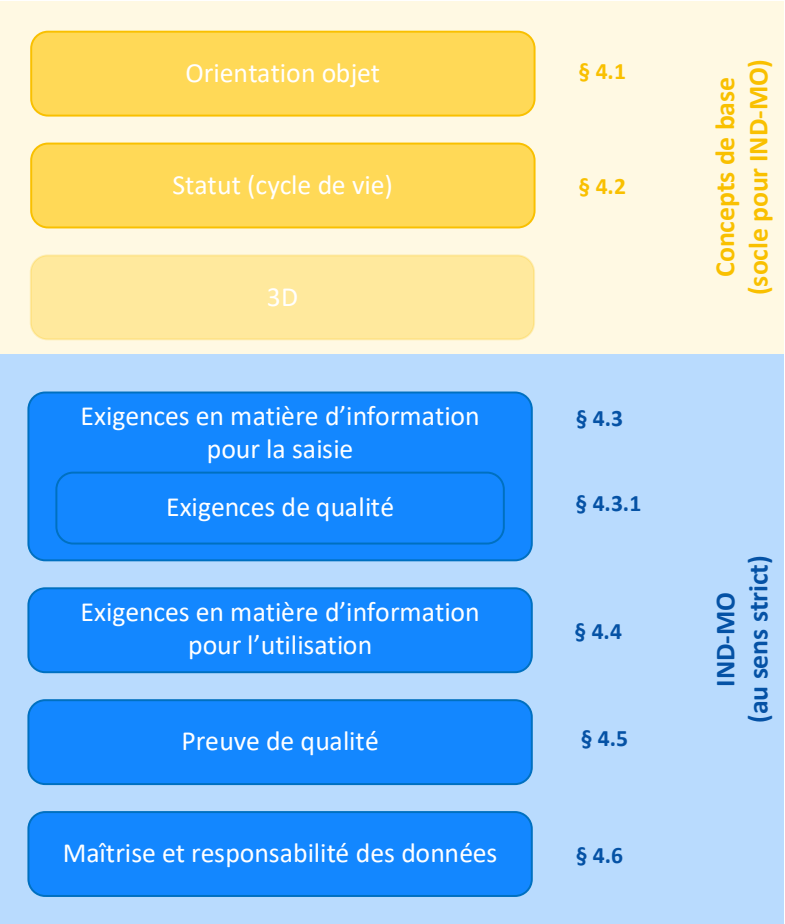


Figure 8 : subdivision des concepts

Deux concepts de base constituant un véritable socle pour l'IND-MO sont introduits pour commencer. Il s'agit de l' « **orientation objet** » et du « **statut** ». La troisième dimension fait elle aussi partie des concepts de base fondamentaux. Elle n'est cependant pas discutée plus avant dans le cadre de la présente étude. Si elle est nécessaire pour satisfaire pleinement les exigences d'IND-MO, ses répercussions vont cependant bien au-delà de ce concept et il est impossible de les traiter ici.
Les concepts constitutifs de l'IND-MO au sens strict sont décrits à la suite des concepts de base, à partir du chapitre 4.3 « **Exigences en matière d'information pour la saisie** ». Les exigences de qualité sont au centre de l'attention ici et font l'objet d'un examen approfondi. De plus, la signification des niveaux de tolérance est discutée et une solution de substitution possible est présentée.
Le chapitre 4.4 est consacré aux **exigences en matière d'information pour l'utilisation** et donc à la mise à disposition des données de la MO à des tiers.

Le chapitre 4.5 décrit les extensions requises pour la **preuve de qualité**. Elles sont liées à l'individualisation des exigences en matière d'information et garantissent la fiabilité de ces dernières.
C'est sans véritable lien avec les exigences effectives en matière d'information que des réflexions portant sur la **conservation et la responsabilité réparties des données** sont présentées au chapitre 4.6. Elles peuvent résulter d'une utilisation plus large des données de la MO.

Le chapitre 4 « Concepts » se conclut par une **appréciation** des concepts exposés et une comparaison avec l'idée initiale du concept IND-MO.

4.1 Orientation objet

Pour que les données de la MO soient utilisables aussi dans les domaines de l'utilisation du sol et du développement territorial, elles doivent notamment reproduire le cycle de vie complet des objets et pouvoir être référencées sans équivoque par et avec d'autres jeux de données.
C'est donc pour assurer la prise en charge de ces aspects qu'une modélisation conceptuelle complète des données est entreprise, reproduisant les objets spécialisés du monde réel dans le cadre d'une démarche orientée objet[1]. Les objets respectant le paradigme orienté objet possèdent une identité (et une identification) univoque tout au long de leur cycle de vie et sont reproduits comme une entité propre. Un référencement depuis des jeux de données de tiers et un couplage à des informations contenues dans des systèmes fédérés sont ainsi permis et facilités.
Un objet peut changer d'état au fil de son existence, mais il conservera toujours le lien avec ses autres états grâce à son identité invariable (cf. aussi le chapitre 4.2).

Le modèle de données actuel MD.01 ne respecte que de façon restreinte le paradigme de l'orientation objet pour les objets du monde réel. Si des « objets spécialisés » sont bien identifiables dans le modèle de données, ils concernent surtout le domaine de la propriété foncière et l'établissement de plans. Ainsi, les objets spécialisés pertinents pour la mensuration et la garantie des droits fonciers tels que les points limites ou les biens-fonds sont par exemple modélisés dans des classes (tables) qui leur sont propres. Il en va de même des différentes classes qui sont nécessaires pour l'établissement de plans.
Des classes indépendantes font en revanche défaut dans le MD.01 pour de nombreux objets du monde réel relevant de l'utilisation du sol et du développement territorial. La reproduction de l'environnement « construit » est considérée comme étant particulièrement importante pour l'utilisation future de la MO. Ces objets, les ouvrages, sont tout au plus disponibles comme des objets indépendants de manière indirecte. A titre d'exemple, on citera la classe spécialisée centrale des « Bâtiments » qui ne peut être déduite qu'indirectement des genres de la couverture du sol ou des objets divers. Les informations concernant les rues (routes) sont réparties entre la couverture du sol, les objets divers (en souterrain) et les adresses de bâtiments (localisation).
La figure 9 présente les couches d'information du MD.01. Les couches contenant des informations relatives à des ouvrages sont mises en évidence. Cette représentation très simple permet à elle seule de se rendre compte que les ouvrages ne sont pas reproduits systématiquement comme des objets spécialisés.

[1] Dans cette démarche, telle qu'elle est par exemple décrite dans (COSIG, 2011), les objets pertinents du monde réel sont d'abord décrits sur une couche spécifique sémantique. Une abstraction est générée sur cette base au niveau conceptuel au moyen de langages (UML par exemple) et de règles formels, en décrivant aussi la structure des données de façon précise au plan formel (modèle de données conceptuel).

Figure 9 : couches d'information de MD.01

Quelques adaptations seront apportées au modèle de données MD.01 lors de l'introduction de la première version du DM.flex, comme par exemple l'introduction d'identificateurs plus stables, de l'abandon de classes pour l'établissement de plans (bord de plan) ou du transfert des objets « projetés » dans les « tables principales » avec une information de statut appropriée. Ces adaptations ne suffiront toutefois pas à elles seules à assurer la prise en charge adéquate des nouvelles exigences imposées aux données de la MO.
Une modélisation entièrement repensée selon l'approche orientée objet sur la base des objets pertinents du monde réel devrait être visée dans les versions ultérieures du DM.flex.

Différents modèles de données existants peuvent servir d'exemple de modèle conceptuel. C'est notamment le cas de ceux du référencement d'objets (eCH-0129, (eCH-0129, n.d.), cf. aussi figure 10), CityGML (CityGML 3.0 CM, n.d.) ou du modèle de données (encore à développer) de la version à venir de LADM.
Dans l'idéal, le modèle de données de la MO devrait également pouvoir transformer ces informations dans ces modèles de données « connexes » resp. prendre modèle sur eux en complément.

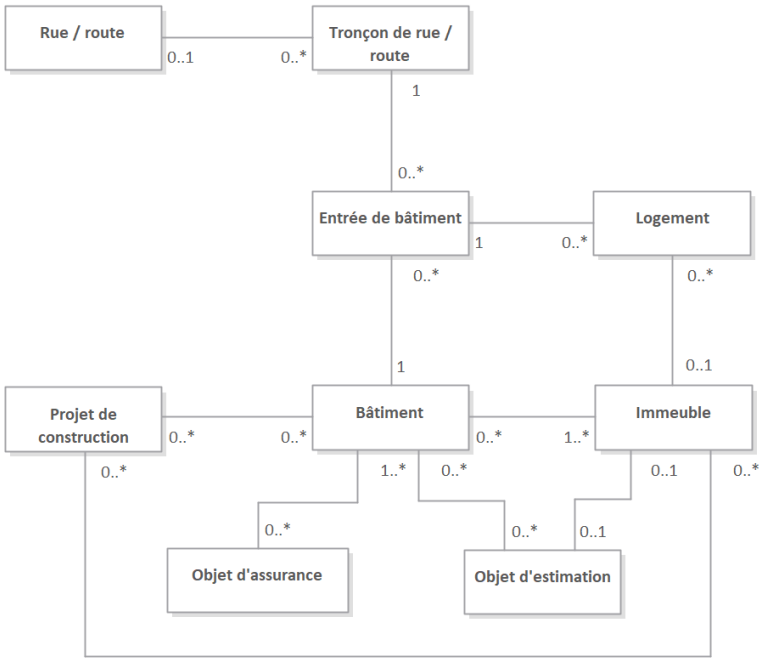


Figure 10 : modèle de classes conceptuel du référencement d'objets (simplifié d'après le modèle de (eCH-0129, n.d.))

Il est proposé de reproduire systématiquement les « ouvrages »[2] dans la MO. Des différences potentielles au niveau de l'expression géométrique et de la fonction du système de référence doivent être possibles. La figure 11 présente une approche possible pour la systématisation des ouvrages dans le modèle de données de la MO. Les ouvrages peuvent être subdivisés en objets « locaux » et « linéaires », selon leur extension spatiale.

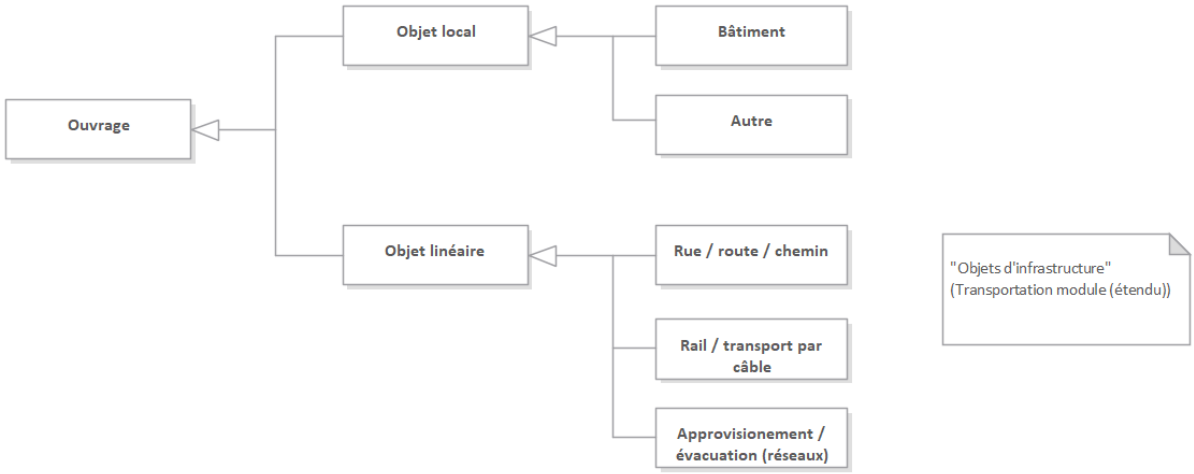


Figure 11 : modèle de classes conceptuel des objets « ouvrages »

Les objets locaux comprennent les bâtiments ainsi qu'une collection disparate d'« autres » englobant bon nombre des objets divers du MD.01. Leur extension spatiale est plutôt modeste (règle empirique : incluse dans un « terrain à bâtir »). Le référencement d'objets locaux porte toujours sur l'objet entier, c.-à-d. que la MO ne propose aucune sous-structure pour ces objets, vers lesquels il pourrait être renvoyé avec des références stables. Les bâtiments, en tant que classe spécialisée la plus importante des objets locaux, peuvent être traités comme ils le sont aujourd'hui dans MD.01 pour ce qui est de leur définition.

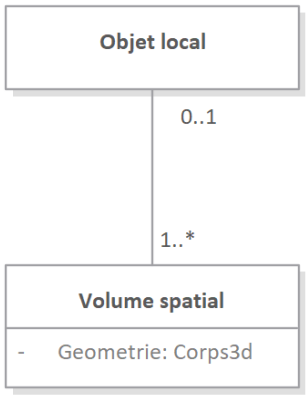


Figure 12 : modèle de classes conceptuel du « bâtiment »

Les objets locaux sont au moins représentés dans l'espace par une ou plusieurs géométries volumiques. Cette géométrie reproduit l'enveloppe extérieure de l'ouvrage. Des clarifications supplémentaires devront permettre de déterminer si une subdivision « interne » plus fine serait opportune pour reproduire les détails de construction des bâtiments. De telles subdivisions supplémentaires sont par exemple entreprises dans le modèle de données de CityGML. Du point

[2] Une notion aux contours plus larges, celle de « manmade objects », a aussi été utilisée dans le cadre de la révision des ordonnances. La notion d'« ouvrage » est cependant utilisée dans la présente étude.

de vue de la MO, la reproduction de tels détails semble plutôt critique dans l'optique de la garantie de la qualité des informations. Les géométries des détails constructifs des ouvrages devraient plutôt être mis à disposition en dehors du jeu de données de la MO, par exemple par les propriétaires eux-mêmes, et être mis en lien avec le jeu de données de la MO via un référencement univoque sur l'objet local.
Contrairement aux arguments susmentionnés précédemment, les efforts déployés en faveur de la propriété par étages en 3D pourraient faire naître des exigences requérant de gérer des structures internes de bâtiments dans les données de la MO, comme les unités d'habitation, les parties construites importantes du point de vue statique, etc. Plus la quantité de détails nécessaires à la structure interne des bâtiments, resp. des ouvrages, est importante, plus la collaboration avec les autres parties prenantes aux processus (aménagistes et architectes) doit être étroite.

Les objets linéaires comprennent les infrastructures que sont les rues et les routes, le rail et les transports par câble, ainsi que les réseaux (d'approvisionnement et d'évacuation). Les cours d'eau présentent la même caractéristique linéaire. Ils peuvent cependant prendre un aspect naturel ou prendre un caractère d'ouvrage, de sorte qu'il est recommandé de les modéliser dans une classe séparée. C'est pourquoi ils ne sont pas mentionnés dans la figure 12. Toutefois, les mêmes règles pourraient leur être appliquées en matière de linéarité dans une implémentation du modèle de données. Les objets linéaires possèdent par essence une plus grande extension spatiale. La localisation par rapport à un tel objet ne concerne généralement pas l'objet dans son entier, mais uniquement une portion de ce dernier. Le secteur concerné peut se résumer à un point ou constituer un tronçon complet de l'objet linéaire. La figure 13 présente le modèle de classes conceptuel pour la structuration d'objets linéaires.

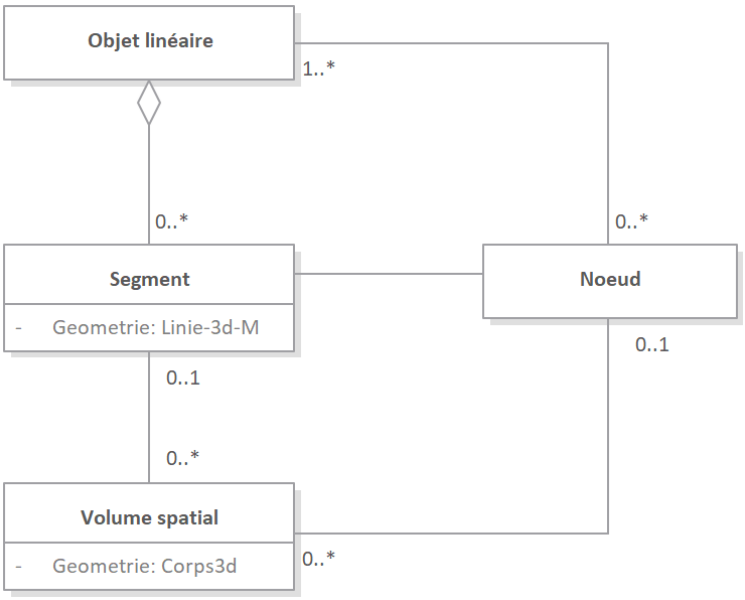


Figure 13 : modèle de classes conceptuel de l'objet linéaire

La forme linéaire des objets est reproduite par des segments de lignes en 3D. Un positionnement pourrait aussi leur être associé (valeurs mesurées), ce qui permettrait alors de disposer d'un système de référence linéaire complet[3].
Le complément avec des nœuds constituant les éléments de liaisons entre les segments permet de réaliser des topologies de réseaux.

[3] Dans le cas d'un système de référencement linéaire selon (ISO 19148, n.d.), des objets peuvent être référencés par rapport à un axe (géométrie linéaire). Le positionnement est ainsi réalisé via une distance sur cet axe. Chaque position sur cet axe doit donc être associée à une indication de distance (valeurs mesurées).

Au-delà de leur caractère linéaire, les objets linéaires sont aussi associés à des corps solides en 3D qui représentent l'espace occupé en 3D par l'objet, à l'instar de la couverture du sol actuelle qui reproduit la surface considérée.
Dans cette proposition, les volumes dans l'espace ne correspondent pas à de véritables objets du monde réel. Il s'agit uniquement de représentations géométriques, de manière analogue à la couverture du sol. En conséquence, ils ne peuvent pas non plus servir directement au référencement. Les volumes peuvent faire l'objet d'une mise à jour partielle, avec une granularité spatiale quelconque, en principe. Autrement dit, en cas de transformation de l'ouvrage, par exemple une simple réfection de route sans modification de tracé, le segment reste inchangé et seul le volume occupé dans la zone considérée est actualisé.
La mise à jour des segments des objets linéaires devrait être une tâche bénéficiant d'une coordination centrale. Toutefois, la complexité de la mise à jour des systèmes de référence linéaires est importante, si l'on doit garantir une actualisation dans les formes prévues des objets servant de références.

Il est impossible, dans le cadre de la présente étude, d'évaluer l'existence d'un vrai besoin pour la mise à disposition de systèmes de référence linéaires par la MO. D'autres analyses et investigations fouillées devraient être consacrées à ce sujet. Un tel besoin serait surtout attendu dans les domaines de l'utilisation du sol et du développement territorial. Le bénéfice pourrait résider dans la combinaison entre elles de différentes sources de données pour lesquelles un système de référence commun faisait défaut jusqu'à présent. Les systèmes de référence linéaires ou topologiques pourraient être une alternative au système de référence planimétrique MN95. L'intégration de nombreux jeux de données, par exemple pour des questions de mobilité dans le contexte des villes intelligentes ou des jumeaux numériques, pourrait être traitée par ce biais.

Les adaptations orientées objet du modèle de données portant sur les objets spécialisés ont également des répercussions sur les classes d'objets orientées « plan » qui restent toujours nécessaires. A titre d'exemple, certains genres de couverture du sol seront générés à partir des objets spécialisés. Ainsi, il sera nécessaire de recourir à des opérations et à des déductions géométriques pour réaliser la partition du territoire garantie aujourd'hui par la topologie AREA.

Recommandation

- Créer un modèle de données conceptuel de la MO, orienté objet et basé sur des objets du monde réel ; y compris la délimitation resp. les points communs avec des jeux de géodonnées de base et des répertoires connexes (répertoire des rues, répertoire des cours d'eau, lignes ferroviaires, etc.).
- Clarifier le besoin de systèmes de référence linéaires sur la base des objets d'infrastructure.

4.2 Statut des ouvrages et versionnage des objets

La reproduction des aspects temporels liés aux états des objets est aussi bien identifiée dans l'idée du concept IND-MO que dans les tendances observées à l'international. Ces aspects temporels peuvent être reproduits selon des concepts différents avec des degrés de complexité très variés. Les développements suivants se concentrent uniquement sur les aspects propres à l'idée du concept IND-MO.

Dans le contexte de l'idée du concept IND-MO, les aspects temporels sont repris indirectement de la chronologie resp. des différentes phases du déroulement d'un projet. Il est donc proposé d'harmoniser les informations de statut des ouvrages avec le RegBL ou de prendre en charge celles du RegBL. Par ailleurs, les phases du cycle de vie seront abordées avec les niveaux LOD 100 à 600 dans l'idée de concept proposée, sur la base des modèles de phases courants en planification, lesquels définissent une séquence chronologiquement logique d'états d'objets, tout comme les informations de statut.
Le RegBL définit sept possibilités pour le statut d'un bâtiment, allant de « projeté » à « démoli ». La clarification des exigences a cependant montré qu'une option supplémentaire devait être prévue pour la MO, quand aucune demande d'autorisation de construire n'a encore été déposée. On pense par exemple ici à des routes uniquement définies par des plans directeurs. Les statuts du RegBL devraient donc être complétés par un statut « conçu », applicable aux objets planifiés avant le dépôt de la demande d'autorisation de construire, cf. aussi Figure 14.
Les niveaux proposés dans l'idée du concept IND-MO (Niggeler & Dettwiler, 2019) pour le cycle de vie peuvent être mis en correspondance directe avec les statuts étendus du RegBL, vu qu'ils sont techniquement identiques. Les statuts particuliers « non réalisé » et « non utilisable » ne trouvent cependant pas d'application dans le modèle de la MO, cf. Figure 14 ici aussi.

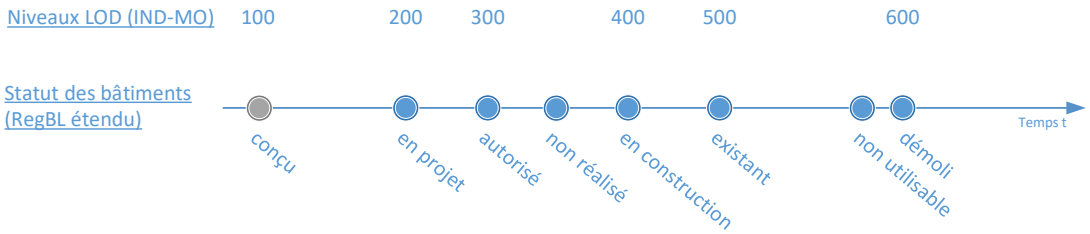


Figure 14 : comparaison entre les niveaux LOD de l'idée du concept IND-MO et le statut des bâtiments dans le RegBL

Remarque : la figure ne présente qu'une chronologie possible pour les différents statuts. Elle ne se prononce en rien sur les chronologies possibles ou permises pour les statuts.

Avec les règles actuelles de mise à jour de la MO, un objet n'est saisi dans le système qu'au moment de l'autorisation de construire. Avec les règles actuelles du MD.01, seules deux statuts sont donc possibles : « projeté » et « valable ». Le statut « annulé » viendra s'y ajouter à l'introduction du DM.flex-v1.
L'adaptation du modèle de données DM.flex-v1, à savoir le fait de renoncer aux tables projet au profit de la définition du statut du bâtiment avec un attribut explicite, est sans influence sur le traitement du statut d'un bâtiment du point de vue conceptuel. Ainsi, on constate aussi des lacunes au niveau du traitement des informations de statut dans les concepts actuels de la MO par rapport aux exigences propres à l'IND-MO : les statuts antérieurs à l'autorisation ne sont pas couverts et aucune distinction n'est établie pour les différents statuts existants entre l'autorisation et l'entrée en vigueur. La Figure 15 présente le traitement du statut dans les concepts actuels de la MO.

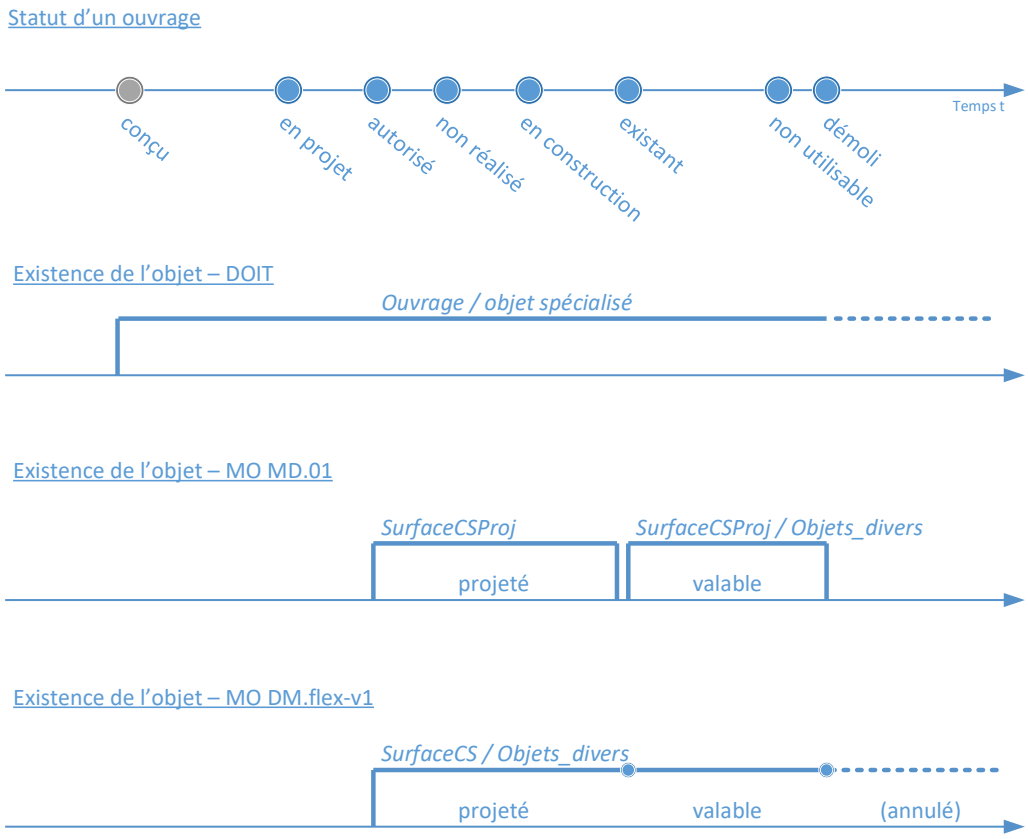


Figure 15 : statuts des ouvrages et traitement dans la MO

Avec le DM.flex-v1, les objets ne sont plus « sortis » de la MO, mais restent intégrés dans le système comme des objets supprimés. Une historisation de tous les états en vigueur (avec le statut « valable ») est ainsi garantie dans le système. Une historisation des états projetés est en revanche impossible.

La procédure actuellement implémentée dans la MO concernant le statut et les versions des objets peut être décrite comme suit au niveau conceptuel :

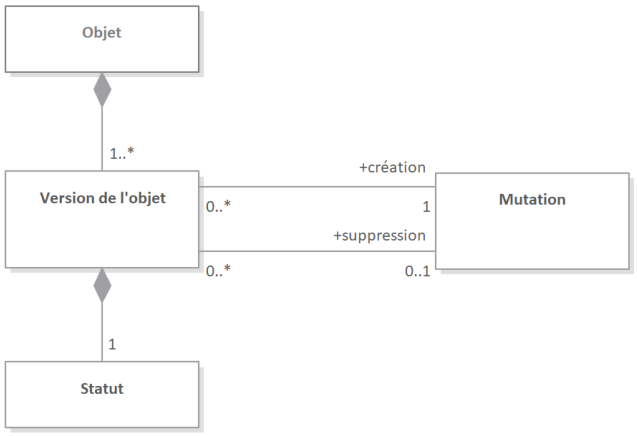


Figure 16 : modèle conceptuel des « versions des objets » dans la MO

Un objet, par exemple un bâtiment, possède au moins une version. La version d'un objet est explicitement gérée dans la MO, comme un jeu de données, par exemple la surface de la couverture du sol. L'objet lui-même n'est pas disponible dans la MO comme un objet indépendant. Il n'existe implicitement qu'au travers de son identification dans sa ou ses versions d'objet. Une

nouvelle version d'objet est créée lors d'une mutation. Une version d'objet prend fin lorsque la mutation qui le supprime entre en vigueur. Les versions d'objets ne peuvent être modifiées que lorsqu'elles en sont encore à l'état « projeté ». D'ordinaire, une version d'objet passe du statut « projeté » à « valable » avant de passer à « annulé ».

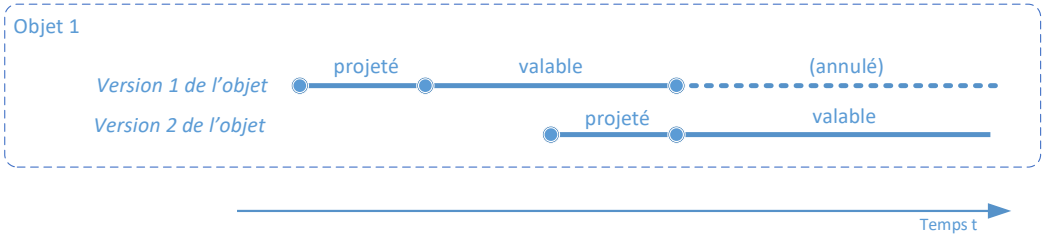


Figure 17 : versions d'objet dans la MO

Si un objet dont une version est en vigueur est modifié, alors une nouvelle version est créée pour cet objet, via une mutation de création correspondante. En principe, un objet peut posséder un nombre quelconque de versions, une seule d'entre elles pouvant toutefois être en vigueur à la fois.

Au vu des concepts existants et des propositions issues de l'idée du concept IND-MO, trois champs d'action peuvent être dégagés :

- CA1 : subdivision plus fine du statut durant la phase de projet avec une reproduction également de la phase de conception
- CA2 : historisation de chacun des différents statuts (en fonction des exigences effectives qui doivent encore faire l'objet d'une validation explicite)
- CA3 : identification univoque des différentes versions d'objets, avec une définition spécialisée.

CA1 : subdivision plus fine du statut durant la phase de projet avec un traitement également de la phase de conception

Le statut actuel « projeté » doit faire l'objet d'une subdivision plus fine et englober tous les statuts avant « valable », conformément à la Figure 14. Du point de vue purement technique, une telle extension semble relativement simple à réaliser en étendant le domaine de valeurs correspondant. Sans la nécessité d'une historisation (cf. paragraphe suivant), le concept actuel avec les versions d'objets pourrait être repris tel quel. Les passages d'un statut à l'autre durant les phases de projet interviendraient au sein d'une même version de l'objet. Les suites de statuts permises pourraient être définies au moyen de règles supplémentaires.
Les défis à relever se situent plutôt au niveau des processus ici. Il faut clairement identifier les idées conceptuelles à intégrer effectivement dans la MO ainsi que la manière dont elles doivent l'être. Actuellement, la législation considère la date de dépôt de la demande d'autorisation de construire comme la date à partir de laquelle un projet prend réellement vie aux yeux des autorités et peut par suite être saisi dans la MO. Une telle date clé fait défaut pour les états de planification antérieurs, si bien qu'une homogénéisation de leur saisie est difficile à définir. On pourrait considérer qu'une saisie précoce s'impose lorsque les phases de planification précoces figurent déjà dans la législation, cas par exemple des plans directeurs et des plans de quartier.
La mise à jour d'informations de statut plus fines exige un rythme d'actualisation plus soutenu et une harmonisation plus étroite, notamment avec le RegBL resp. les autorités délivrant les autorisations de construire qui conduisent aussi les informations sur les statuts.

CA2 : historisation de chacun des différents statuts

Il est explicitement demandé dans (Niggeler & Dettwiler, 2019) que l'information concernant un statut reste disponible alors qu'il y a désormais un autre statut associé à l'objet. Autrement dit, les informations sur le statut doivent être intégralement historisées.

Au vu des concepts actuels, chaque version d'objet pourrait être subdivisée en une ou plusieurs versions du statut. Une telle version du statut reproduirait exactement le statut d'une version de l'objet. Le concept de mutation de versions d'objets pourrait être conservé en principe, mais une version d'objet n'aurait plus alors qu'une fonction de regroupement et d'identification et plus d'information sémantique ne lui serait alors associée. Avec des règles supplémentaires lors de l'acquisition, on devrait pouvoir garantir que seules les suites de statuts autorisées puissent être saisies.
Une telle séparation du statut et de la version d'un objet a cela d'intéressant qu'elle permet de distinguer clairement les deux visions de la planification / étude de projet d'une part et des aspects juridiques du registre foncier d'autre part.

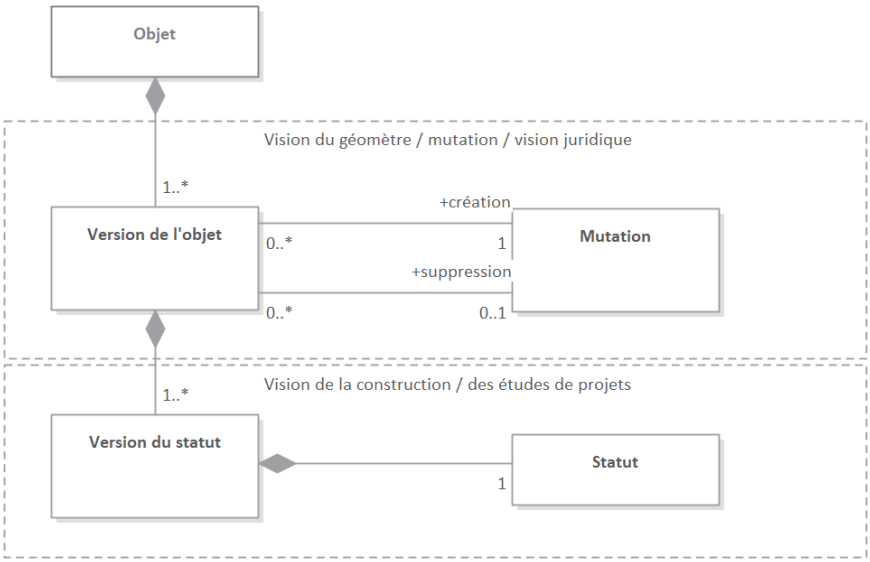


Figure 18 : modèle conceptuel étendu des « versions des objets » de la MO

Il serait également possible de repenser complètement le mécanisme d'historisation, afin de rendre l'historisation des différentes informations de statut encore plus explicite. Cela aurait cependant des conséquences d'une très grande portée sur les systèmes de mise à jour.

CA3 : identification univoque des différentes versions des objets, avec une définition spécialisée

Jusqu'à présent, seule l'identification des objets entiers (bâtiments, rues) était systématique, par exemple via l'EGID. Si les différentes versions des objets ou des statuts revêtent une plus grande importance à l'avenir pour le développement territorial et l'utilisation du sol, alors les systèmes tiers et les acteurs extérieurs à la MO doivent aussi pouvoir les identifier de manière univoque. Des mécanismes appropriés doivent être définis pour cela. Outre la clé système purement technique, il faut également examiner des clés conceptuelles garantissant techniquement une saisie correcte des versions des objets.
Du point de vue de la gestion des données, l'identification de la mutation pourrait servir à identifier les différentes versions des objets (en combinaison avec l'objet lui-même). Toutefois, il y aura lieu de vérifier que l'identification de la mutation est une entité réellement pertinente pour des acteurs extérieurs à la MO. Comme alternative, on pourrait aussi envisager d'utiliser le projet de construction, déjà défini dans le modèle de données du référencement d'objets, pour une identification sans équivoque de versions d'objets (cf. aussi Figure 10). L'inconvénient de cette approche de solution est qu'elle ne peut s'appliquer qu'à des objets liés à de « vrais » projets de construction.

Recommandation
- Vérifier la pertinence de l'historisation des différents statuts et spécifier des exigences ad hoc.
- Poursuivre le développement des champs d'action 1 à 3.

4.3 Exigences en matière d'information pour la saisie

C'est pour que les personnes chargées de l'acquisition et de la mise à jour des données de la MO sachent quels sont les objets à saisir et quelles sont les exigences à respecter dans ce cadre que les exigences en matière d'information sont définies pour la saisie des données. Aujourd'hui, ces exigences sont précisées dans les ordonnances que sont l'OMO et l'OTEMO, modèle de données inclus, ainsi que dans des instructions et des directives.

Figure 19 : définition du niveau du besoin en informations (LOIN) pour la saisie des données de la MO

Les exigences concernent pour l'essentiel les catégories suivantes :
- le catalogue des objets,
- les exigences de précision et de fiabilité,
- le degré de spécification de la géométrie,
- le degré de spécification de la création des objets,
- les attributs et les domaines de valeurs.

La définition de ces exigences se fonde principalement sur les niveaux de tolérance. L'idée du concept IND-MO est de renoncer à l'avenir aux niveaux de tolérance et d'adapter les exigences de qualité à l'utilisation et à l'objet concernés (Niggeler et al., 2019). Cette proposition est analysée par la suite. L'importance actuelle des niveaux de tolérance par rapport aux exigences en matière d'information est mise en évidence et les critères supplémentaires requis lorsque la MO est rendue disponible pour de nouvelles utilisations sont également présentés.
Un concept de solution est développé sur cette base, reprenant et affinant l'approche de la définition du LOIN proposée dans l'idée du concept IND-MO. La terminologie des catégories d'exigences de la MO est adaptée dans ce cadre à la méthode BIM. La compréhension entre les utilisateurs et les producteurs des données de la MO doit ainsi être favorisée.

4.3.1 Importance des niveaux de tolérance

Les niveaux de tolérance sont aujourd'hui définis à l'article 3 OTEMO et servent de référence dans le contexte suivant :
- précision / fiabilité : LOA (Level of Accuracy)
  - définition des exigences de précision et de fiabilité (OTEMO art. 24 ss)
  - la notion de niveau de précision (LOA) du contexte du BIM est souvent utilisée pour décrire les précisions ; elle est également utilisée par l'IND-MO[4]
- degré de spécification de la géométrie (granularité géométrique) : LOG (Level of Geometry)

[4] Si la notion de niveau de précision (LOA) est encore peu présente en Suisse, elle est largement utilisée dans les publications allemandes et américaines (Etats-Unis). Les exigences de précision y sont groupées en classes. La présente étude ne se réfère pas explicitement à ces classes, mais uniquement à la notion elle-même.

  - définition du degré de spécification des bâtiments (OTEMO, art. 14, al. 2)
  - la notion de niveau de géométrie (LOG) du contexte du BIM est souvent utilisée pour décrire la granularité géométrique ; elle est également utilisée par l'IND-MO
- degré de spécification de la création des objets :
  - définition de surfaces minimales de la couche d'information couverture du sol (OTEMO art. 13)
  - valeurs indicatives pour la densité des points fixes planimétriques (OTEMO art. 49).

Il est par ailleurs précisé que les cantons sont compétents pour fixer les niveaux de tolérance dans chaque cas particulier et pour fixer les exigences relatives au niveau de tolérance 1 (exigences les plus élevées) (OTEMO, art. 5). Les géométries des partitions du territoire sont gérées comme des objets surfaciques dans le modèle de données de la MO.

Le fait de renoncer aux niveaux de tolérance implique donc une redéfinition complète des exigences en matière de précision et de degré de spécification.

4.3.2 Exigences de précision

Si les exigences de qualité imposées aux données de la MO dépendent avant tout de l'utilisation visée, elles sont aussi tributaires des processus de mise à jour. C'est pourquoi les critères applicables aux exigences de qualité vont d'abord être discutés dans l'optique de la gestion du territoire (vision de l'utilisateur) puis sur la base des processus actuels et futurs possibles (vision du producteur), afin de procéder à une analyse systématique des exigences et des limitations. L'influence d'un niveau de précision modifié sera abordée ensuite.

Critères applicables aux exigences de qualité dans l'optique de la gestion du territoire
Le concept des niveaux de tolérance a fait toutes ses preuves pour l'orientation de la MO vers les domaines de la propriété foncière et de la valeur foncière. Pour vérifier s'il sera possible de renoncer à l'avenir aux niveaux de tolérance, il convient donc d'examiner les critères dont les exigences de qualité dépendent vraiment. On part pour cela du principe que l'utilisation des donnés de la MO s'étend aux quatre domaines de la gestion du territoire :

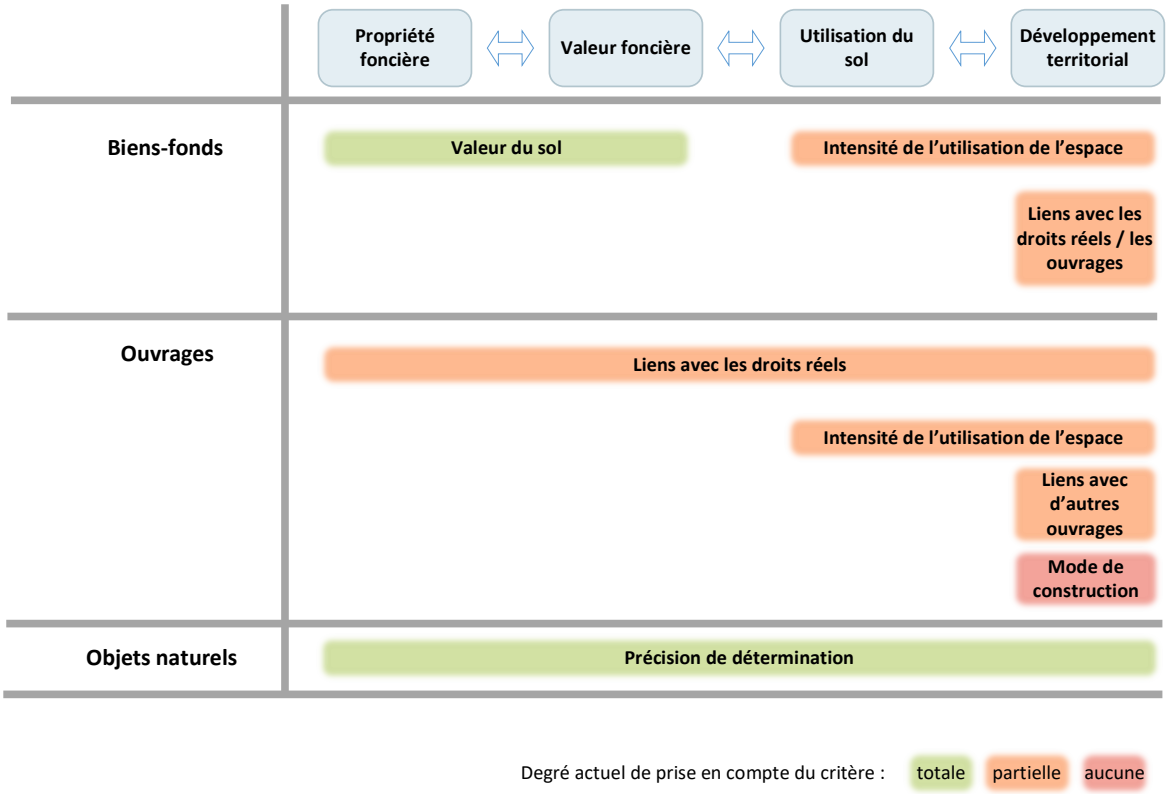


Figure 20 : critères applicables aux exigences de qualité

Biens-fonds
Du point de vue de la propriété foncière et de la valeur foncière, c'est avant tout la valeur du sol qui conditionne les exigences de qualité d'un morceau de territoire. Plus ce dernier a de la valeur, plus il est important que sa géométrie soit définie avec précision. Du point de vue de l'utilisation du sol et du développement territorial, la précision est importante lorsqu'il s'agit de déterminer les utilisations et les développements permis par le droit pour une parcelle. La notion d'intensité d'utilisation de l'espace entre ici en ligne de compte et les restrictions de droit public à la propriété foncière (RDPPF en abrégé) constituent des facteurs limitants. C'est notamment à la transition entre des niveaux d'utilisation différents de l'espace que la précision de saisie de la parcelle peut affecter l'attribution correcte de l'intensité permise de l'utilisation. A titre d'exemple, on peut citer l'attribution à une zone d'affectation ou la position de la parcelle par rapport aux zones réservées ou aux alignements. En outre, le lien territorial entretenu avec d'autres droits réels ou avec des ouvrages constitue un critère très important pour le développement territorial, décisif pour la qualité. Pour déterminer des droits réels le long d'ouvrages ou à des intervalles donnés par rapport à eux, le niveau de qualité requis est plus élevé qu'en l'absence de tout lien de cet ordre.

Ouvrages
Du point de vue de la propriété foncière et de la valeur foncière, c'est principalement le lien territorial entretenu avec les droits réels qui revêt de l'importance pour les ouvrages. A proximité de limites de biens-fonds et de servitudes, il faut pouvoir identifier le côté duquel se trouve l'ouvrage. A cette fin, la position de l'ouvrage doit être mise en rapport avec la transition entre les niveaux pour que l'intensité possible de l'utilisation de l'espace dans les domaines de l'utilisation du sol et du développement territorial puisse être déterminée. Le lien territorial entretenu avec d'autres ouvrages revêt encore de l'importance en matière de développement foncier, des distances entre eux devant par exemple être respectées (dispositions en matière de protection incendie). Au-delà de ces critères, le mode de construction de l'ouvrage est déterminant dans le domaine du développement territorial. Si l'ajout d'une annexe est par exemple prévu pour un

ouvrage existant, son exécution via une construction massive permet de rattraper des incertitudes bien supérieures vis-à-vis de l'existant qu'une construction préfabriquée. Le mode de construction sert ici à mettre en évidence le fait que des critères susceptibles de justifier des exigences en matière d'information peuvent résulter de l'ouvrage lui-même.

Objets naturels
La précision de détermination est fondamentalement mauvaise pour les objets naturels, de sorte qu'elle est prépondérante par rapport à la précision de mesure. La précision de détermination est donc le critère décisif pour les exigences de qualité.

Le système actuel ne couvre que partiellement les critères identifiés sur la Figure 20. Ainsi, les niveaux de tolérance reproduisent (de manière approchée) les disparités entre les valeurs du sol des zones urbaines jusqu'aux régions improductives. Toutefois, l'intensité de l'utilisation de l'espace est tout au plus prise en compte via la différenciation entre zone constructible et non constructible. Aujourd'hui, des exigences de qualité plus élevées ne sont pas prévues en dehors de la zone constructible. Elles seraient cependant nécessaires si des constructions y étaient entreprises. De même, diverses RDPPF sont également présentes dans la zone non constructible et il faudrait en tenir compte si des développements de constructions étaient planifiés et entrepris.
Il n'existe pas actuellement d'exigences de qualité explicites pour le traitement de la relation entre les ouvrages et les droits réels sur les immeubles. Des exigences implicites existent néanmoins, car dans la zone constructible, où ces relations spatiales sont plus fréquentes, les exigences sont plus élevées que dans la zone non constructible. Pour des ouvrages isolés et des habitations extérieures à la zone constructible, les exigences de qualité sont cependant très limitées à l'heure actuelle. Avec l'extension de l'utilisation des données de la MO au développement territorial, le besoin en bases plus précises pour ces relations spatiales croîtra, notamment à proximité des ouvrages.

Une exigence explicite existe d'ores et déjà pour la précision de détermination. Ainsi, dans le domaine des objets naturels, il n'y a pas lieu d'intervenir dans la définition des exigences de qualité.

En raison de l'extension de l'utilisation des données de la MO aux quatre domaines de la gestion du territoire, le **mode de construction** devient un critère **nouvellement identifié.** Il déterminant car il s'agit d'un critère indépendant de la position. Jusqu'à présent, hormis la précision de détermination, tous les autres critères identifiés étaient dépendants de la position.

Processus
Les exigences de précision et de fiabilité revêtent de l'importance pour le processus de saisie. Le principe de liberté des méthodes ayant cours dans la MO est un élément central pour la qualité des mesures de terrain à gérer, aussi bien pour les saisies initiales que pour les mises à jour. Il résulte de la subdivision actuelle du territoire en niveaux de tolérance que des objets (instances) d'une même classe sont saisis différemment selon leur localisation. Cela concerne :
- la méthode de mesure,
- le concept de mesure,
- la précision absolue (qualité du géoréférencement),
- la précision interne (précision relative au sein d'un objet).

Ce lien est souhaité parce que les niveaux de tolérance visent à optimiser le rapport entre les coûts et les bénéfices. L'innovation est également encouragée et il est ainsi possible de recourir très vite à de nouvelles technologies pour la production.

Il est mentionné dans l'idée du concept IND-MO, que chaque point en Suisse peut être déterminé sans problème aujourd'hui entre 20 et 30 cm, voire entre 5 et 10 cm en y mettant davantage de moyens (Niggeler & Dettwiler, 2019). Même si les nouvelles méthodes de mesure permettent d'atteindre une très bonne précision en bien des endroits, certains paramètres liés à la position menacent de déséquilibrer le rapport entre les coûts et les bénéfices. Il s'agit notamment :

- de conditions défavorables de mesure par la présence de forêts et/ou par la topographie (en montagne),
- de la qualité du cadastre dans des zones affectées de tensions ou dans des zones de territoires en mouvement permanent.

Des objets pour lesquels les critères de la Figure 20 sont identiques mais qui diffèrent au niveau de ces deux derniers paramètres ne présenteront donc pas le même rapport coûts - bénéfices. Par conséquent, il semble judicieux d'étendre les critères identifiés sur la Figure 20 par les deux critères limitants pour les coûts que sont les « conditions défavorables de mesure » et la « qualité du cadastre ».

Il est par ailleurs probable, avec la généralisation de la méthode BIM dans le secteur de la construction, que le processus de saisie des données évolue pour les ouvrages. A l'avenir, les maîtres d'ouvrages réclameront des modèles tels que construits (as-built) aux aménagistes. Ils pourront servir de base à la mise à jour de la MO et ce processus pourrait alors se présenter comme suit :

- contrôle de la précision interne du modèle tel que construit par la prise de cotes sur la construction (éventuellement limitée aux cotes principales),
- géoréférencement par la détermination absolue d'un point d'angle de l'ouvrage et de la direction d'une de ses arêtes.

Le statut avant la réalisation de l'ouvrage sera lui aussi mis à jour dans la MO sur la base de modèles numériques d'ouvrages (modèles BIM). Le contrôle et le géoréférencement du modèle se feront alors uniquement par calcul. Il est donc judicieux à l'avenir, au vu de cette réflexion, de définir de manière séparée, **en fonction du statut**, les exigences portant sur **la précision interne** et sur la **qualité du géoréférencement (précision absolue)**.

Il ne faut cependant pas s'imaginer que la méthode BIM s'appliquera à la conception de tous les ouvrages dans le futur. Dans le cas notamment de transformations ou d'ajouts de faible envergure, il est vain d'espérer que des modèles tels que construits soient mis à la disposition de la MO. Le processus de mise à jour traditionnel continuera donc à s'appliquer longtemps encore. Dans les deux cas, les frais de mise à jour seront supportés par la personne qui les occasionne, conformément au principe de causalité en vigueur en la matière.
Selon les règles législatives actuelles, l'auteur de la saisie n'a aucun moyen d'en influencer le résultat (degré de spécification, qualité). Les exigences supplémentaires éventuelles doivent être saisies et gérées en dehors de la MO. Si des **exigences supplémentaires individuelles** pour la saisie pouvaient être autorisées ou documentées dans la MO, les avantages, resp. les conséquences suivants en résulteraient :

- la contribution de la MO au cycle de vie des ouvrages pourrait être améliorée, la mise à jour pouvant alors servir de base à un prochain cycle,
- la chance pour la MO d'obtenir plus vite de meilleures informations sur les constructions existantes qui seront ensuite à la disposition de tous les utilisateurs de la MO,
- les propriétaires des constructions seraient mieux intégrés dans le processus de mise à jour, d'où une meilleure acceptance de la mise à jour,
- pour que les données de la MO puissent être utilisées comme un jeu de données homogène, des règles devraient préciser la manière dont un objet, saisi avec des exigences supplémentaires, peut être réduit aux exigences minimales.

Niveau de précision

Il est proposé, dans l'idée du concept IND-MO, de relever l'exigence de précision pour les bâtiments dont le statut est « existant » à 3 cm (Niggeler & Dettwiler, 2019). En raison des besoins croissants en informations plus précises sur les relations spatiales des ouvrages, cela est compréhensible. Cependant, suivant la matérialisation, la valeur indiquée se rapproche déjà beaucoup de la précision de détermination des coins de bâtiments. A titre d'exemples, on citera ici les bardages en bois (Figure 21) ou les murs en pierres naturelles (Figure 22). L'architecture moderne n'est pas en reste (Figure 23) et fournit elle aussi des exemples où la définition actuelle de la délimitation de la surface du bâtiment, par les parties de la façade principale dotées de la plus grande surface extérieure verticale, n'est pas applicable ("Directive - degré de spécification en mensuration officielle - couche d'information de la couverture du sol," 2011). Cette problématique n'est fondamentalement pas nouvelle, mais elle est renforcée par l'exigence de précision plus élevée et, d'autre part par l'extension de l'utilité des données de la MO, qui rend la traçabilité de la détermination de la géométrie du bâtiment plus importante également pour les utilisateurs des données de la MO. Une extension des directives de saisie pourrait porter des améliorations, au moins partiellement. On pourrait par exemple imposer que l'enveloppe approchée du pourtour extérieur soit prise en compte dans la MO pour les façades présentant un contour en 3D. Comme il est impossible de couvrir tous les cas de figure avec des directives de saisie, il est important de faire savoir en complément aux utilisateurs, via les informations sur la qualité contenues dans le jeu de données de la MO, qu'une certaine marge de manœuvre existe en matière de **précision de détermination de l'ouvrage**. L'introduction d'une différenciation pour l'attribut Defini_exactement, qui existe déjà dans le modèle MD.01 et dont la valeur est actuellement « oui » pour tous les bâtiments, pourrait permettre de résoudre cette question. L'exigence de qualité LOA et LOG devrait pouvoir être réduite ou désactivée dans le même temps. La mise en œuvre pourrait intervenir de l'une des manières suivantes :

1. via un LOA / LOG prédéfini, applicable à tout objet pour lequel Defini_exactement = oui (sur le modèle de la catégorisation actuelle des points limites définis exactement ou non (Instruction sur les précisions des points dans la mensuration officielle)),
2. via une détermination individuelle de LOA / LOG en fonction des spécificités effectives (sur le modèle des points de détail non définis exactement aujourd'hui (OTEMO art. 29, al. 2)),
3. sans modification de LOA / LOG, mais avec une désactivation de ce dernier et une documentation de la qualité effectivement atteinte. L'exigence du LOA / LOG reste ainsi maintenue.

Si la variante 1 sert aujourd'hui pour les points des biens-fonds et la variante 2 pour les objets naturels, la variante 3 semble la plus appropriée pour les ouvrages et sera choisie pour la suite.

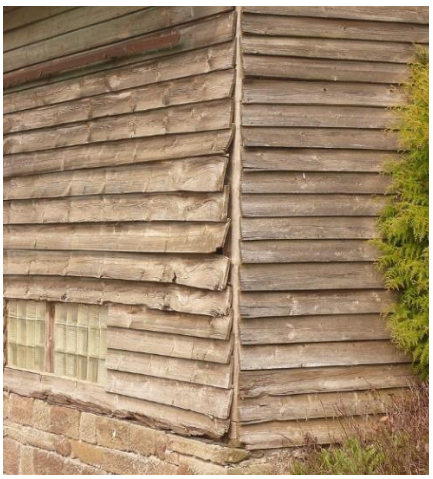


Figure 21 : bardage en clin
Source : https://de.wikipedia.org/wiki/Stuelpschalung

Figure 22 : mur en pierres naturelles
Source : https://www.soz-etc.com/natur/trockenmauer/003-bau.html

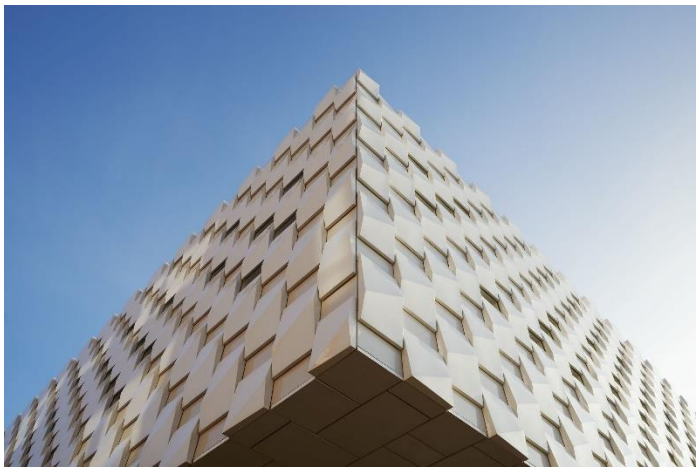


Figure 23 : façade moderne en céramique, source: https://www.mrmanufaktur.de

4.3.3 Degré de spécification de la géométrie (granularité géométrique)

Aujourd'hui, la granularité géométrique des objets est aussi pilotée par les niveaux de tolérance (cf. définition du degré de spécification des bâtiments (OTEMO art. 14, al. 2)). Cette façon de faire, totalement tournée vers la production de plans dans une gamme d'échelles fixée, est désormais dénuée de sens à l'ère du numérique.
Une définition pilotant le degré de spécification du LOG sur la base de l'utilisation ou de l'intérêt public est autrement plus actuelle. Dans la directive de saisie ("Directive - degré de spécification en mensuration officielle - couche d'information de la couverture du sol," 2011), le degré de spécification auquel il est recouru pour les espaces ouverts au public est supérieur à celui adopté pour des espaces n'accueillant pas de public. Une définition du LOG à deux niveaux existe donc déjà aujourd'hui.
Un niveau supplémentaire, avec une représentation plus simple et plutôt symbolique de la géométrie, sera requis avec l'extension du jeu de données de la MO à des objets présentant un statut antérieur à la demande d'autorisation de construire. Il en résulte qu'un LOG à trois niveaux au moins devra être introduit en cas de mise en œuvre des concepts liés à l'IND-MO pour les ouvrages.

A titre d'extension, on peut tout aussi bien envisager une subdivision plus fine avec des niveaux supplémentaires que l'introduction d'un LOG pour d'autres objets. Les deux options sont proposées dans l'idée du concept IND-MO (Niggeler & Dettwiler, 2019). Aucune analyse de l'utilité de ces extensions n'a été entreprise dans le cadre de la présente étude.

4.3.4 Degré de spécification de la création des objets

Il s'agit ici de piloter les critères à satisfaire pour permettre la génération d'une instance d'objet. Aujourd'hui, le degré de spécification de la création des objets est mis en œuvre dans la MO pour définir des surfaces minimales par niveau de tolérance et genre de couverture du sol (OTEMO art. 13). La surface minimale à partir de laquelle un objet doit être saisi est ainsi définie. Ces surfaces minimales visent à préserver l'équilibre du rapport coûts-bénéfices. C'est pourquoi il est recommandé de conserver la définition des surfaces minimales de la couche d'information de la couverture du sol et de les mettre en relation avec des critères dépendant de la position. Si des statuts différents sont introduits pour ces genres de couverture du sol, il faudra examiner la pertinence d'une définition des surfaces minimales en fonction de différents statuts.
La définition de valeurs indicatives pour la densité des points fixes planimétriques constitue une thématique similaire. Elles sont actuellement aussi définies en fonction des niveaux de tolérance. L'objectif est à nouveau de respecter le rapport coûts-bénéfices et de piloter la création ou non d'un objet en fonction de sa position.

Si le LOG peut être géré comme une exigence en matière d'information pour l'objet, il n'est pas possible d'enregistrer l'information directement, faute d'objet, pour le degré de spécification de la création des objets. Le pilotage doit passer par des instructions de saisie, comme dans le cas de figure actuel. Cela signifie en retour que l'analyse de pertinence du levé d'un objet en fonction de sa position doit être entreprise durant le processus de saisie ou calculée en temps réel, comme c'est déjà le cas aujourd'hui.

4.3.5 Récapitulation des exigences de qualité

Les critères applicables aux exigences de qualité sont récapitulés ci-après pour les biens-fonds, les ouvrages et les objets naturels. En outre, l'influence sur les exigences d'information LOA, LOG et degré de spécification de la création des objets y est décrite.

Biens-fonds

	Critère	LOG	LOA (absolu)
Dépendant de la position	Valeur du sol		X
	Intensité de l'utilisation de l'espace		X
	Liens avec les droits réels / les ouvrages		X
	Conditions défavorables de mesure		X
	Qualité du cadastre		X
	Précision de détermination	X	X
	Statut	X	X

Tableau 1 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des biens-fonds

Ouvrages

	Critère	LOG	LOA (absolu)	LOA (interne)	Spécification (formation des objets)	Remarque
Dépendant de la position	Intensité de l'utilisation de l'espace		X		X	
	Liens avec les droits réels / les ouvrages		X			
	Conditions défavorables de mesure		X			
	Qualité du cadastre		X			
	Mode de construction	X	X	X		Exemple d'une propriété justifiant de relever l'exigence minimale
	Utilisation (espace public)	X			X	
	Précision de détermination	(X)	(X)	(X)		Si la précision de détermination est moins bonne que LOA / LOG, ces derniers sont désactivés
	Statut	X	X	X	X	

Tableau 2 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des ouvrages

Objets naturels

Critère	LOG	LOA (absolu)	Spécification (création des objets)	Remarque
Utilisation (espace public)	X		X	
Précision de détermination	X	X		Détermination individuelle de LOG / LOA selon la précision de détermination
Statut	X	X	X	

Tableau 3 : critères applicables aux exigences de qualité pour la saisie des objets naturels

Les tableaux précédents décrivent les critères pertinents pour la **détermination des exigences en matière d'information** pour chacune des trois catégories d'objets que sont les biens-fonds, les ouvrages et les objets naturels. Il s'agit d'une part des **critères dépendant de la position** et d'autre part de la **précision de détermination**, l'**utilisation (espace public)** et le **mode de construction** venant s'y ajouter dans le cas des ouvrages. Le mode de construction est cité ici à titre d'exemple, parce qu'il permet d'illustrer le fait que l'ouvrage lui-même peut être à l'origine de critères pouvant justifier des exigences individuelles supplémentaires en matière d'information.
On notera par ailleurs que l'influence de ces critères s'étend à des exigences différentes en matière d'information : le **degré de spécification (LOG)**, la **précision (LOA)** et le **degré de spécification de la formation des objets**. Si les exigences en matière d'information peuvent être enregistrées avec l'objet pour le LOG et le LOA, c'est totalement impossible pour le degré de spécification de la création des objets. Des instructions de saisie doivent être rédigées à cette fin, l'analyse de pertinence de la détermination d'un objet en fonction de sa position devant être entreprise durant le processus de saisie ou calculée en temps réel.

Toutes ces réflexions sont venues nourrir un nouveau concept qui va être présenté au chapitre suivant.

4.3.6 Concept des exigences en matière d'information spécifiques à l'utilisation pour la saisie (définition du LOIN)

C'est sur la base de l'approche LOIN, préconisée dans l'idée du concept IND-MO, et des enseignements tirés de l'analyse précédemment entreprise des exigences de qualité qu'un concept de solution est proposé pour les exigences en matière d'information spécifiques à l'utilisation pour la saisie, présentant les caractéristiques principales suivantes (cf. aussi Figure 24).

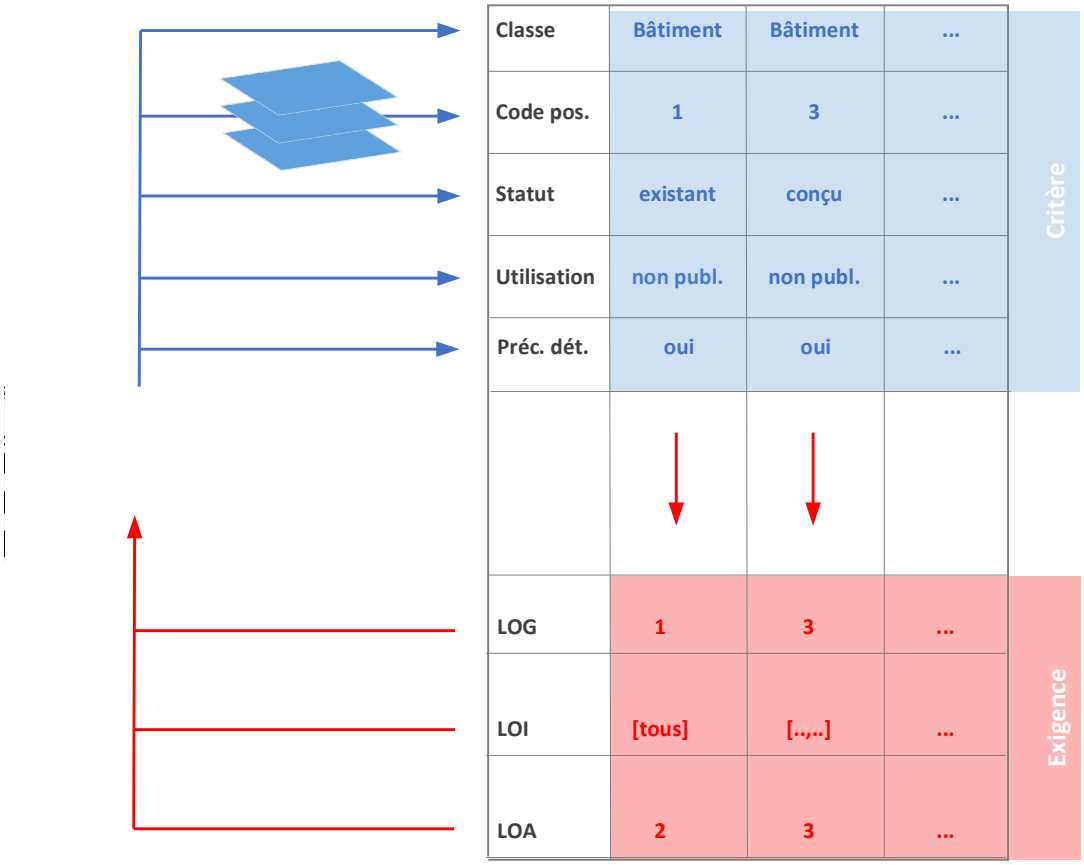


Figure 24 : concept de solution LOIN IND-MO, vue schématique

- Les exigences en matière d'information pour un objet concret de la MO dépendent de différents critères, resp. sont fixées par ces derniers.
- Pour les ouvrages, ces exigences dépendant de critères sont des exigences minimales. Elles peuvent être relevées individuellement au besoin, par instance d'objet.
- Les critères pilotant les exigences (critères déterminants) sont des propriétés pouvant être déduites de l'objet lui-même ou de la classe d'objets elle-même.
- La position de l'objet est aussi prise en compte dans ce cadre, un « code de position » étant défini à partir de la position. Il est déterminé au moyen d'opérations territoriales, à l'aide de jeux de géodonnées. Un critère dépendant de la position existe alors, comme pour les niveaux de tolérance. Contrairement à ces derniers, il est cependant utilisé de manière plus dynamique et plus souple.
- Une distinction entre degré de spécification géométrique (LOG), niveaux d'information (LOI) et précision (LOA) est établie pour les exigences en matière d'information.

Ces différents aspects sont exposés de manière plus détaillée, ci-après.

4.3.6.1 Catégories d'exigences

On peut distinguer quatre catégories différentes d'exigences en matière d'information : LOG, LOI, LOA (absolu) et LOA (interne). Elles sont décrites en détail dans le tableau suivant :

Catégorie d'exigence	Remarque
LOG : granularité géométrique (Level of Geometry)	Degré d'agrégation ou de spécification auquel la géométrie de l'objet est décrite. 2 ou 3 niveaux doivent être définis pour le degré de spécification de la géométrie, sur le modèle de la spécification dans (DRAFT prEN 17412, 2019). – C: détaillée – B: simplifiée – A: symbolique Cf. aussi Figure 28.
LOI : attributs (Level of Information)	Quantité d'attributs nécessaires à la description de l'objet. Les attributs pertinents pour un objet spécialisé sont spécifiés individuellement. En principe, le LOI définit les attributs à saisir obligatoirement parmi ceux que compte le modèle de données DM.flex. En comparaison de l'échange de données d'ouvrages avec le BIM, la spécification LOI est peu importante pour la MO en raison du faible nombre d'attributs. Si la MO doit servir de référence pour de nombreuses informations différentes, elle ne doit pas en assurer la gestion elle-même.
LOA : précision absolue (Level of Accuracy)	Il est proposé de distinguer quatre niveaux d'exigences de précision par classe spécialisée. Les exigences de précision en planimétrie et en altimétrie doivent être gérées séparément. **Précision planimétrique** *Ouvrages* Échantillonnage possible de la précision planimétrique (écart-type) pour des points d'ouvrages définis exactement : – 1: précision très élevée < 3 cm – 2: précision élevée < 5 cm – 3: précision moyenne < 15 cm – 4: faible précision < 30 cm *Biens-fonds* Échantillonnage possible de la précision planimétrique (écart-type) pour des points limites définis exactement : – 1: précision très élevée < 3 cm – 2: précision élevée < 5 cm – 3: précision moyenne < 7 cm – 4: faible précision < 15 cm *Objets naturels* La précision planimétrique correspond à la précision de détermination. **Précision altimétrique** *Ouvrages* Échantillonnage possible de la précision altimétrique (écart-type) pour des points d'ouvrages définis exactement : – 1: précision très élevée < 6 cm – 2: précision élevée < 10 cm – 3: précision moyenne < 25 cm – 4: faible précision < 100 cm *Biens-fonds* Échantillonnage possible de la précision altimétrique (écart-type) pour des points limites définis exactement : – 1: précision très élevée < 6 cm – 2: précision élevée < 10 cm – 3: précision moyenne < 20 cm – 4: faible précision < 50 cm *Objets naturels* La précision altimétrique correspond à la précision de détermination.

Catégorie d'exigence	Remarque
LOA : precision interne (Level of Accuracy)	Une exigence de précision interne est définie en plus pour les ouvrages. Elle prescrit une valeur pour les états projetés, applicable à la saisie des données aux stades de la planification / de l'étude de projets. Pour les objets existants, elle définit l'exigence envers la précision de mensuration à atteindre. **Ouvrages** Échantillonnage possible de la précision (écart-type) des longueurs d'arêtes de l'objet : – 1: précision très élevée < 1cm – 2: précision élevée < 3 cm – 3: précision moyenne < 10 cm – 4: faible précision < 30 cm

Tableau 4 : catégories d'exigences en matière d'information

Pour chaque classe spécialisée, les exigences peuvent être fixées individuellement par catégorie (cf. aussi Figure 26). Il s'agit d'exigences minimales devant être impérativement respectées afin de garantir une qualité fiable à la MO, homogène à l'échelle suisse.

4.3.6.2 Critères déterminants

Les exigences en matière d'information sont attribuées **en fonction de différents critères** tels que la position, le statut, l'utilisation de l'ouvrage et la précision de détermination comme cela a été déduit au chapitre 4.3.2 et suivants, puis récapitulé au chapitre 4.3.5. Avec ces critères, il est par exemple possible de ne réclamer que des précisions réduites et des attributs limités aux phases les plus précoces (dépendance par rapport au statut) ou d'exiger des précisions géométriques plus élevées selon la position des objets (dépendance par rapport à la position).
Les critères déterminants varient d'une classe d'objets à l'autre. Des exemples possibles sont présentés et déduits au chapitre 4.3.2 ss. Le tableau ci-dessous récapitule les critères qui y sont définis ainsi que les domaines de valeurs proposés.

Critères	Domaine de valeurs
Position	Code de position : 1 / 2 / 3 / 4
Statut	conçu / en projet / autorisé / non réalisé / en construction / existant / non utilisable / démoli (conformément au statut des bâtiments dans le RegBL)
Utilisation (espace public)	publique / non publique
Précision de détermination (définie exactement)	oui / non

Tableau 5 : critères et domaines de valeurs

Les critères ne s'appliquent pas tous aux différentes catégories d'exigences. Ainsi, la position est sans influence sur le degré de spécification géométrique ou les niveaux d'information et influe uniquement sur la précision (absolue). Seul le statut a un effet sur toutes les catégories d'exigences, puisque des exigences réduites se montrent suffisantes pour la totalité d'entre elles, notamment dans les phases les plus précoces.
Le critère de la précision de détermination produit un effet particulier. Si elle est plus mauvaise que les exigences définies pour un ouvrage, alors il est physiquement impossible d'atteindre ces exigences qui restent pourtant théoriquement maintenues. Dans le cas d'objets naturels, le LOA correspond directement à la précision de détermination et le LOG en subit aussi fortement l'influence. S'agissant en revanche des biens-fonds, des LOA différents sont d'ores et déjà demandés suivant qu'un point est Defini_exactement ou non.
Le Tableau 6 indique les critères déterminants pour la fixation d'exigences minimales en matière d'information selon la catégorie de ces exigences.

Critères	Catégorie d'exigence			
	LOG	LOI	LOA (absolu)	LOA (interne)
Position			x	
Statut	x	x	x	x
Utilisation (espace public)	x			
Précision de détermination	(x)		(x)	(x)

Tableau 6 : critères pour l'attribution des exigences

Position / code de position

La position, resp. le code de position constitue un critère bien particulier. Différentes propriétés liées à la position s'exprime à travers lui. Toutes peuvent influer sur les exigences minimales en matière d'information, comme l'intensité de l'utilisation de l'espace, les relations spatiales avec d'autres objets, des conditions défavorables de mesure et la qualité du cadastre. Cf. aussi à ce sujet les considérations au chapitre 4.3.2 ss.
Comme ces propriétés peuvent apparaître dans des combinaisons les plus diverses pour un objet spécifique, le code de position est déterminé au moyen d'une analyse spatiale par coordonnée planimétrique, resp. par objet. Les propriétés précédemment identifiées comme étant liées à la position sont estimées pour cela au moyen de géodonnées existantes. La mise en œuvre concrète pourrait se présenter ainsi :

Critère	Jeu de géodonnées de base	Analyse spatiale	Remarque
Valeur du sol	Plans d'affectation (affectation principale)	Zones à bâtir / zone non constructible	simplification
Intensité de l'utilisation de l'espace	Plans d'affectation (affectation principale)	Zones mixtes et de centres, utilisation publique / autres zones à bâtir / zone non constructible	
	Zones réservées et alignements (routes / voies ferrées / aéroports / approvisionnement & évacuation)	A l'intérieur des zones réservées ou des alignements / à l'extérieur des zones réservés ou des alignements	Exploitation uniquement hors des zones à bâtir
Liens avec les droits réels / les ouvrages	Données de la MO Biens-fonds	Distance par rapport à la limite du bien-fonds par exemple inférieure / supérieure à 4m	Exploitation uniquement hors des zones à bâtir
	Données de la MO Ouvrages	Autres ouvrages dans un rayon par exemple de 100m / pas d'autres ouvrages dans un rayon par exemple de 100m	Exploitation uniquement hors des zones à bâtir
Conditions défavorables de mesure	Limites de zones agricoles	Région d'estivage / pas une région d'estivage	
	Plans d'affectation (affectation principale)	Forêt / pas de la forêt	
Qualité du cadastre	Zones où les tensions sont négligeables	Zones où les tensions sont négligeables / zones affectées de tensions	

Tableau 7 : exemple de déduction du code de position

L'exemple du Tableau 7 montre que les critères identifiés peuvent en principe être reproduits par une analyse spatiale. L'approximation du critère de la valeur du sol par le plan d'affectation

correspond à une forte simplification. Elle semble cependant justifiée du point de vue de l'utilité publique. Il est également fait appel aux plans d'affectation pour la reproduction du critère d'intensité de l'utilisation de l'espace, en combinaison toutefois avec les zones réservées et les alignements à titre d'exemple pour un jeu de données RDPPF supplémentaire. Les données de la MO elles-mêmes fournissent la base pour une analyse d'objets voisins. Il est enfin fait appel à d'autres jeux de données, à savoir aux limites des zones agricoles, définissant la région d'estivage, ainsi qu'aux zones où les tensions sont négligeables. La détermination des zones forestières peut quant à elle s'effectuer au moyen des zones d'affectation.
Le recoupement ainsi proposé en recourant à des jeux de données RDPPF et à des objets issus des données de la MO détecte les domaines souhaités en dehors des zones à bâtir avec des exigences de précision accrues, mais entraînerait un morcellement très prononcé des zones à bâtir. Cet effet indésirable est prévenu en permettant à certains critères de ne produire un effet sur le code de position qu'à l'extérieur des zones à bâtir. Le principe proposé est illustré par l'exemple de la Figure 25, ci-après.

Une première attribution du code de position a lieu via une analyse des zones où les tensions sont négligeables et des zones d'affectation. Les autres critères ne s'appliquent qu'en dehors des zones à bâtir, pour définir des exigences accrues ou réduites dans le cas de la région d'estivage, à une coordonnée planimétrique donnée.

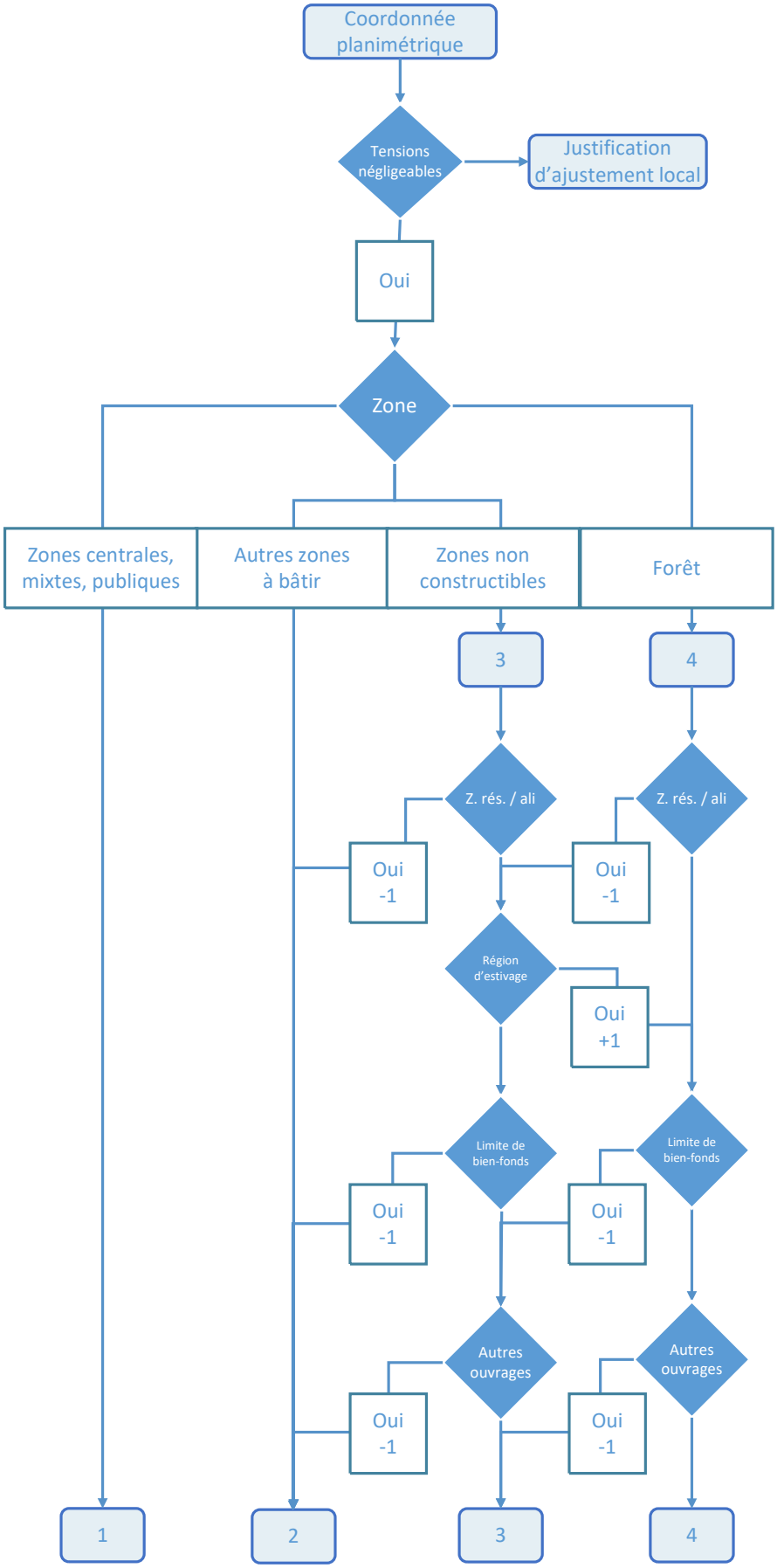


Figure 25 : détermination du code de position

Le code de position est déterminé par coordonnée planimétrique. Dans la plupart des cas, il sera identique sur toute l'étendue d'un objet et correspondra ainsi au code de position de cet objet. Il existera cependant des objets pour lesquels ça ne sera pas le cas. Il est donc proposé que le code de position ponctuel avec l'exigence la plus élevée au sein de l'objet (chiffre le plus faible pour le code) s'applique à tout l'objet dans de tels cas.
Les jeux de géodonnées sur lesquels se fonde le code pouvant subir des modifications de situation, les codes de position d'un emplacement peuvent aussi varier au fil du temps. Ainsi, les exigences en matière d'information qui en résultent peuvent également varier pour un emplacement, de sorte qu'elles sont dynamiques.
La détermination du code de position peut par ailleurs être adaptée si les besoins des utilisateurs viennent à changer, sans que le concept s'en trouve modifié. L'analyse spatiale peut alors être complétée par d'autres jeux de données.
Des règles doivent donc régir l'effet résultant d'une modification des exigences dynamiques en matière d'information sur la mise à jour d'un objet. Dans le cas normal, une modification des exigences dynamiques en matière d'information applicables à un objet ne devrait pas déclencher de mise à jour. Il est aussi envisageable, toutefois, que de telles exigences accrues de façon dynamique doivent s'appliquer sans délai. Leur saisie devrait alors être financée conformément au principe de causalité (par la personne à l'origine de la modification).

Avec le code de position, il est préconisé que si l'on peut renoncer à une répartition statique du territoire avec des niveaux de tolérance, il n'en reste pas moins que la **prise en compte d'une position** est opportune pour la détermination d'exigences en matière d'information.

4.3.6.3 Relèvement individuel de l'exigence minimale

Les exigences minimales s'appliquent à l'identique à tous les objets (instances) d'une classe spécialisée. Il est cependant possible de relever au besoin les exigences pour une instance particulière (du fait, par exemple du mode de construction, cf. aussi chap. 4.3.2). Cela permet donc d'intégrer dans la MO des données saisies avec une qualité supérieure et de documenter directement aussi les exigences ainsi augmentées dans la MO. Il s'agit des conditions préalables pour pouvoir réutiliser ultérieurement les données avec une qualité garantie. C'est surtout pour les ouvrages qu'un besoin en exigences supplémentaires peut être décelé. Le concept est cependant applicable à toutes les classes spécialisées.
La figure suivante illustre schématiquement le concept décrit de spécification des exigences en matière d'information.

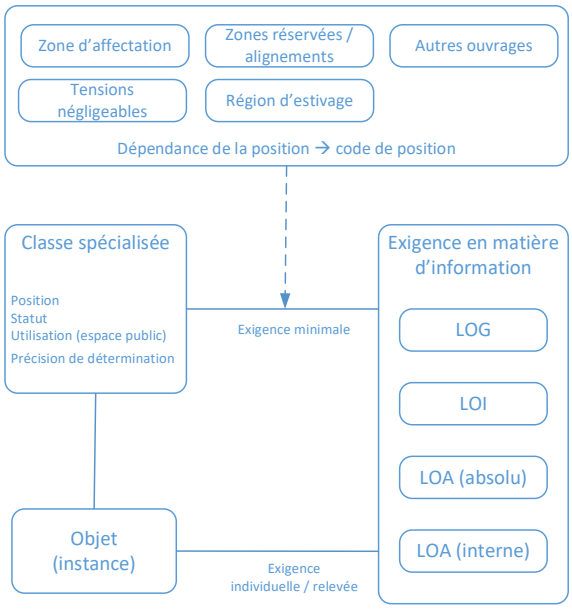


Figure 26 : schéma des exigences individuelles en matière d'information - IND-MO

La Figure 26 présente l'attribution automatique des exigences minimales par instance d'objet d'une classe spécialisée. Ces exigences peuvent être augmentées individuellement. Cette augmentation peut être déclenchée par le propriétaire concerné ou par les pouvoirs publics ; le principe de causalité s'appliquant à la couverture des frais inhérents aux informations supplémentaires (ils sont supportés par celui qui les occasionne).

Considérations sur la mise en œuvre

Le Tableau 8 ci-dessous fournit un exemple de spécification d'exigences en matière d'information, conforme au concept précédemment esquissé. Pour la classe spécialisée « Bâtiment », sept spécifications d'exigences y sont prédéfinies, fixées en fonction du statut, de la position, de l'utilisation de l'ouvrage et de la précision de détermination d'un objet, si bien qu'une attribution automatique est possible.
La position d'un objet est classée au moyen d'un code de position, résultant de l'analyse spatiale avec les propriétés résultant de la position.

	Classe spécialisée	Bâtiment						
Identification	Statut	conçu	en projet	autorisé	en construc.	existant	existant	existant
	Position (code pos.)	1	1	1	1	1	2	3
	Utilisation ouvrage *	nPub	nPub	nPub	nPub	nPub	nPub	nPub
	Précision détermin.	-	-	-	-	oui	oui	oui
Exigence	LOG	3	3	3	2	1	1	1
	LOA (absolu)	4	2	2	1	1	2	3
	LOA (interne)	4	2	2	1	1	1	1
	LOI							
	- statut bâtiment	x	x	x	x	x	x	x
	- numéro bâtiment	-	-	x	x	x	x	x
	- nom de l'objet	-	-	-	-	-	-	-

Tableau 8 : exemple de spécification d'exigences en matière d'information

* nPub: non publique

Les exigences en matière d'information doivent faire partie des données de la MO elles-mêmes. Les structures pour la définition de ces exigences peuvent être définies comme un module du DM.flex. Les exigences minimales peuvent être fixées par des services centraux.
Au moment de la saisie d'un objet dans le système, l'exigence minimale est fixée via une analyse spatiale. Les exigences en matière d'information pouvant changer en raison de la dépendance envers la position, l'exigence déterminante au moment de la fixation doit être enregistrée pour chaque objet.
Avec l'enregistrement de l'exigence pour chaque jeu de données, requis de toute façon, ces informations sont aussi directement disponibles lors de diffusion de données et de contrôles de données et n'ont pas besoin d'être redéterminées via des analyses spatiales.

Cette méthode peut devenir très complexe, comme le montre l'exemple précédent.
Une grande partie de la complexité résulte du fait que 6 statuts différents doivent être décrits. Pour la saisie des données sur le terrain, on peut se restreindre au seul statut « existant ». Lorsque le code de position est assimilé au LOA (absolu) comme dans l'exemple précédent pour le statut « existant », alors le concept est facile d'utilisation dans le travail au quotidien. Il

permet au géomètre de disposer pour chaque objet de tous les paramètres qui pilotent sa précision et son degré de spécification. **C'est une simplification par rapport à aujourd'hui**, où il doit aussi tenir compte de la plupart de ces paramètres (ou d'autres semblables), mais où il lui faut d'abord rassembler les informations correspondantes (partitions du territoire pour les zones où les tensions sont négligeables et les niveaux de tolérance, écarts-types maximaux définis).

Recommandations

- La formule de calcul du code de position doit encore faire l'objet d'un examen plus poussé.
- Des clarifications sont requises pour la gestion de la précision de détermination des ouvrages.
- Des règles doivent régir l'effet produit par une modification des exigences dynamiques en matière d'information sur la mise à jour des objets.

4.4 Exigences en matière d'information pour l'utilisation

Les données de la MO sont utilisées de bien des manières. Aux côtés de quelques processus standardisés, surtout dans la sphère des autorités, on dénombre aussi de multiples utilisations individuelles, aux objectifs variés, qu'il est impossible de définir de façon exhaustive.

Les données de la MO doivent être mises à disposition de façon à permettre un maximum d'utilisations, sans toutefois qu'il faille se pencher sur les exigences individuelles lors de chaque diffusion de données. Cela correspond en fait au principe dit « Push » selon le concept LOD. Autrement dit, des catalogues prédéfinis, qui ne sont pas orientés vers une utilisation spécifique, sont mis à disposition pour les différentes classes spécialisées.
Deux critères de sélection sont décisifs pour l'obtention de données de la MO :
- la validité, resp. le statut des objets,
- le degré de spécification géométrique des objets.

Si la distinction de tous les statuts par objet est d'une grande importance pour la saisie des données, elle l'est moins pour l'obtention de données. Dans l'esprit de l'obtention de données, un échantillonnage simplifié en « groupes de statuts » devrait se révéler suffisant, par exemple :
- valable,
- projeté – tous,
- projeté – autorisé,
- tous.

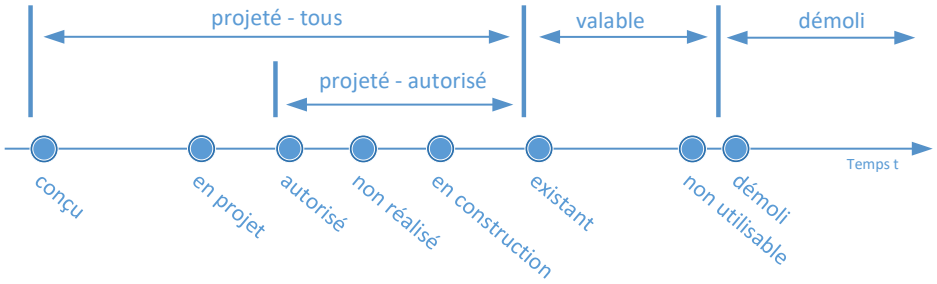


Figure 27 : groupes de statuts pour l'obtention de données

Au sein d'un groupe de statuts, seul le statut disponible actuel est diffusé. Le statut effectif est reconnaissable pour chaque objet, étant géré comme un attribut pour lui.

Il est recommandé, pour le degré de spécification géométrique, de définir une classification comportant deux ou trois niveaux d'abstraction différents, conformément aux préconisations de (prEN 17412:2019, 2019).

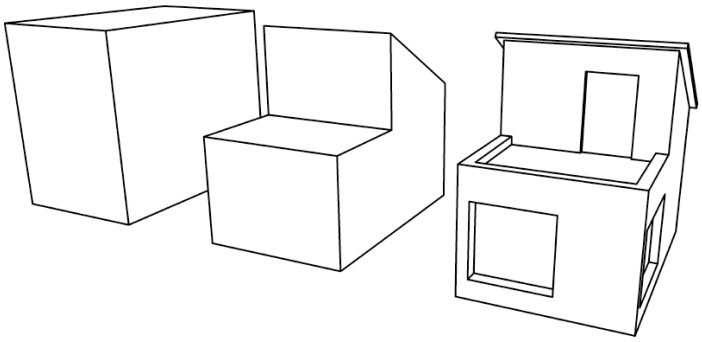


Figure 3 — Example of symbolic (A), simplified (B) and detailed (C) graphical representation of a building for 3D modelling to support master planning (A), early light analyses (B) and detail light analyses (C)

Figure 28 : gradation du LOG, proposition tirée de (DRAFT prEN 17412, 2019)

Lors d'une obtention de données, on peut ensuite définir le degré d'abstraction auquel la géométrie des objets doit être disponible. Il va évidemment de soi que le degré de spécification fourni ne peut pas aller au-delà de celui des données de la MO respectant l'exigence effective. Le processus technique de mise à disposition de différents niveaux d'abstraction par objet reste à fixer. Dans l'idéal, des degrés de spécification plus sommaires peuvent être déduits automatiquement d'une géométrie détaillée ; des règles sans équivoque devant être définies pour cela. La mise à disposition centrale de fonctions correspondantes est à prévoir (bibliothèques de programmes ou de services) pour atteindre une qualité homogène des données.

Une obtention de données pourrait donc être spécifiée selon la grille suivante :

		Groupe de statuts			
		valable	**projeté - autorisé**	**projeté - tous**	**démoli**
LOG	A	x	x	x	x
	B	x	x	(x)	x
	C	x			x

Tableau 9 : critères de spécification de l'obtention de données de la MO

La structure des données diffusées, par classe spécialisée, peut conserver son homogénéité pour toutes les diffusions. Le tableau ci-dessous décrit le contenu des données diffusées de manière schématique.

Propriété	**Remarque**
Géométrie	Représentation géométrique de l'objet au degré d'abstraction requis, A, B ou C. Cf. aussi Figure 28.
Attributs	Tous les attributs. Le nombre d'attributs étant relativement réduit dans la MO, tous sont toujours diffusés. Une spécification individuelle ne semble pas nécessaire pour les attributs. Le statut est l'un des attributs.
Précision absolue	La précision effective est diffusée.
Précision interne	La précision effective est diffusée.

Tableau 10 : catalogue des données de la MO

Recommandation

- Étude de faisabilité approfondie relative au développement d'un algorithme visant à réduire automatiquement le degré d'abstraction.

4.5 Preuve de qualité

Une distinction fondamentale est à considérer entre l'exigence de qualité liée à un objet et la qualité effectivement atteinte. Dans le concept actuel, ces deux aspects se confondent partiellement du fait de l'utilisation de valeurs standard pour les indicateurs de précision. La description de la preuve de qualité dans le concept de solution IND-MO est fournie par la suite.

Dans la législation actuellement en vigueur, les exigences définies concernent la précision absolue des points. Elles sont définies selon les niveaux de tolérance NT et les écarts-types admissibles pour chaque catégorie de points.
Les valeurs suivantes (écarts-types en centimètres) s'appliquent pour la planimétrie (1σ).

Catégorie de point	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5
PFP2	*	4	4	10	10
PFP3	*	4	4	10	10
Point limite, défini exactement	*	5	7	15	35
Point limite, non défini exactement	*	20	35	75	150
Point de détail, défini exactement	*	10	20	50	100
Point de détail, non défini exactement	Conformément à l'article 29 alinéa 2 OTEMO				

* selon les prescriptions cantonales, mais au moins équivalent au NT2

Figure 29 : écarts-types en cm pour la planimétrie (1s), source : instruction - Précision des points dans la mensuration officielle

La preuve de la précision individuelle empirique des points est calculée sur la base de la précision des différents éléments de mesures réalisées (distances, directions, dénivelées, coordonnées) ainsi que de leur configuration (géométrie du réseau). La valeur déterminée est alors la précision absolue par rapport au point fixe (ou au réseau de référence) dans la configuration considérée. Les points fixes sont supposés être exempts de toute erreur. Dans le modèle de données MD.01, la preuve de qualité peut être gérée séparément en planimétrie et en altimétrie pour chaque point, avec les deux attributs que sont la précision (valeur en cm) et la fiabilité (oui/non). Toutefois, ce ne sont pas les indicateurs de précision absolus effectifs qui sont gérés dans les données de la MO puis diffusés, mais uniquement les valeurs standard, correspondant aux exigences de la Figure 29.

Les raisons suivantes militent en faveur de la standardisation :
- il se peut qu'aucun indicateur ne soit disponible, suivant la provenance de la détermination,
- les contraintes du réseau ne sont pas prises en compte dans la valeur de précision absolue, d'où une surestimation de la qualité pour les valeurs calculées.

Dans le MD.01, la preuve de qualité est apportée pour des points qui sont spécialement gérés à cet effet dans la couverture du sol, les objets divers et les conduites. Les points limites et les points fixes sont également concernés. L'avantage de ce concept, c'est qu'il garantit simplement la transmission dans le jeu des données de la MO des données des systèmes de mesure dominants aujourd'hui, fondés sur la mesure de points. Les inconvénients suivants en résultent cependant pour les utilisateurs de la MO :
- les indications de qualité absolues, liées à des points, sont souvent incompréhensibles et insuffisantes pour les utilisateurs du secteur de la construction ; la précision interne d'un ouvrage ou la précision de longueurs, d'angles ou de différences de hauteurs est bien souvent plus significative ;
- il est important, dans l'industrie de la construction, que les métadonnées publiées sur la qualité de la MO correspondent aux valeurs effectives ; la publication actuelle des valeurs standard a pour conséquence que des saisies supplémentaires (des mesures de terrain en règle générale) sont fréquemment requises pour la conception de constructions ou sont considérées comme étant nécessaires parce que des incertitudes pèsent sur la qualité effective des bases de la MO.

Il est donc proposé d'introduire le système suivant pour la preuve de précision des ouvrages :

- en principe, les **valeurs de précision empiriques** sont gérées par points et la précision du réseau de référence doit être prise en compte de manière adaptée dans ce cadre. Ce n'est que lorsqu'il n'existe pas d'indicateurs en raison de la méthode de détermination que l'on se réfère à des valeurs standard (dépendant de la méthode). En outre, les **points mesurés pourraient être** directement **associés** au **point d'appui** correspondant de l'objet : l'information serait ainsi directement disponible sur l'objet. Les informations planimétriques actuelles sont étendues par les informations altimétriques correspondantes. Aucune indication de qualité n'est gérée pour les points d'appui qui ne sont pas déterminés à l'aide d'un système de mesure absolu (tachéométrie, GNSS).

Point mesuré

	Attribut	**Remarque - domaine de valeurs**
Précision absolue	Précision planimétrique	Précision effective
	Fiabilité planimétrique	oui / non
	Précision altimétrique	Précision effective
	Fiabilité altimétrique	oui / non

Tableau 11 : propriétés de la preuve de qualité d'objets ponctuels

- Une indication de qualité est introduite pour les **arêtes des objets**. Il est ainsi possible de gérer la précision de distances mesurées sur la construction, saisies avec un système de mesure relatif (comme un distancemètre laser à main ou un système de mesure à partir d'images). Avec ce concept, la précision avec laquelle la hauteur d'un ouvrage a été définie peut aussi être gérée dans le cadastre 3D et on peut clairement savoir si la hauteur du toit a été déterminée à l'aide d'une mesure absolue ou relative.
  Les angles de l'objet ne sont généralement pas mesurés directement sur la construction, mais se déduisent par calcul des points mesurés. Une gestion de la précision correspondante ne semble donc pas nécessaire.
  Il est enfin proposé de gérer la précision des arêtes par catégories, pour la simplifier.

Arête d'objet

	Attribut	**Remarque - domaine de valeurs**
Précision interne	Précision des arêtes	Échantillonnage possible de la précision (écart-type) : – 1: précision très élevée < 1cm – 2: précision élevée < 3 cm – 3: précision moyenne < 10 cm – 4: faible précision < 30 cm
	Fiabilité des arêtes	oui / non

Tableau 12 : propriétés de la preuve de qualité des arêtes

L'avantage du concept décrit ci-dessus est qu'il peut tout aussi bien s'appliquer au processus de mise à jour actuellement en vigueur qu'au processus à venir, pour lequel un modèle tel que construit doit être contrôlé et repris dans la mise à jour de la MO. La qualité peut être contrôlée à l'aide de moyens simples et la documentation permet d'établir une distinction entre les parties d'objets contrôlées et celles pour lesquelles une simple prise en charge a eu lieu. Des directives de saisie doivent préciser les cas de figure où une telle prise en charge est permise.

On considère par ailleurs qu'il est important d'enregistrer l'exigence de qualité pour chaque objet, en plus de la preuve de qualité. Comme décrit au chapitre 4.3, le concept proposé intègre une exigence de qualité individuelle et dynamique. Et pour que cette exigence soit à la fois disponible pour un utilisateur externe et pour une autorité de vérification, elle doit être explicitement enregistrée avec l'objet.

Recommandation

- Développement d'une indication de précision liée aux points intégrant la précision du réseau.

4.6 Maîtrise et responsabilité des données, modèles fédéralistes

La mensuration officielle est aujourd'hui liée à différents systèmes, resp. jeux de données. Des interfaces clairement définies existent avec le registre foncier et le RegBL, donnant lieu à un échange d'informations concerté et réglementé.

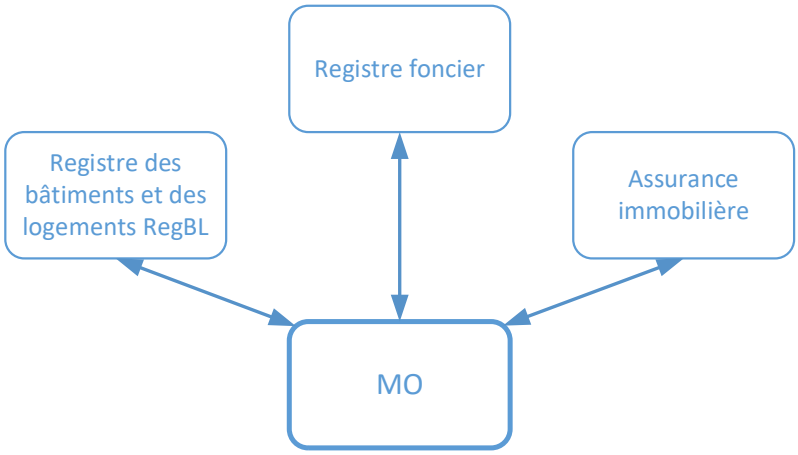


Figure 30 : jeux de données possédant un lien contrôlé avec la MO (aujourd'hui)

Les informations de certaines classes spécialisées telles que les biens-fonds ou les bâtiments sont gérées dans des jeux de données différents puis échangées et synchronisées avec les autres systèmes via des interfaces. On peut parler ici d'un système fédéré et réparti, avec des responsabilités et des maîtrises de données partagées pour des objets spécialisés communs. On peut également parler d'un couplage fort des systèmes du fait de leurs interdépendances. Les systèmes étroitement couplés avec la MO jusqu'à présent relèvent des domaines de la propriété foncière et de la valeur foncière dans la perspective de la gestion du territoire.

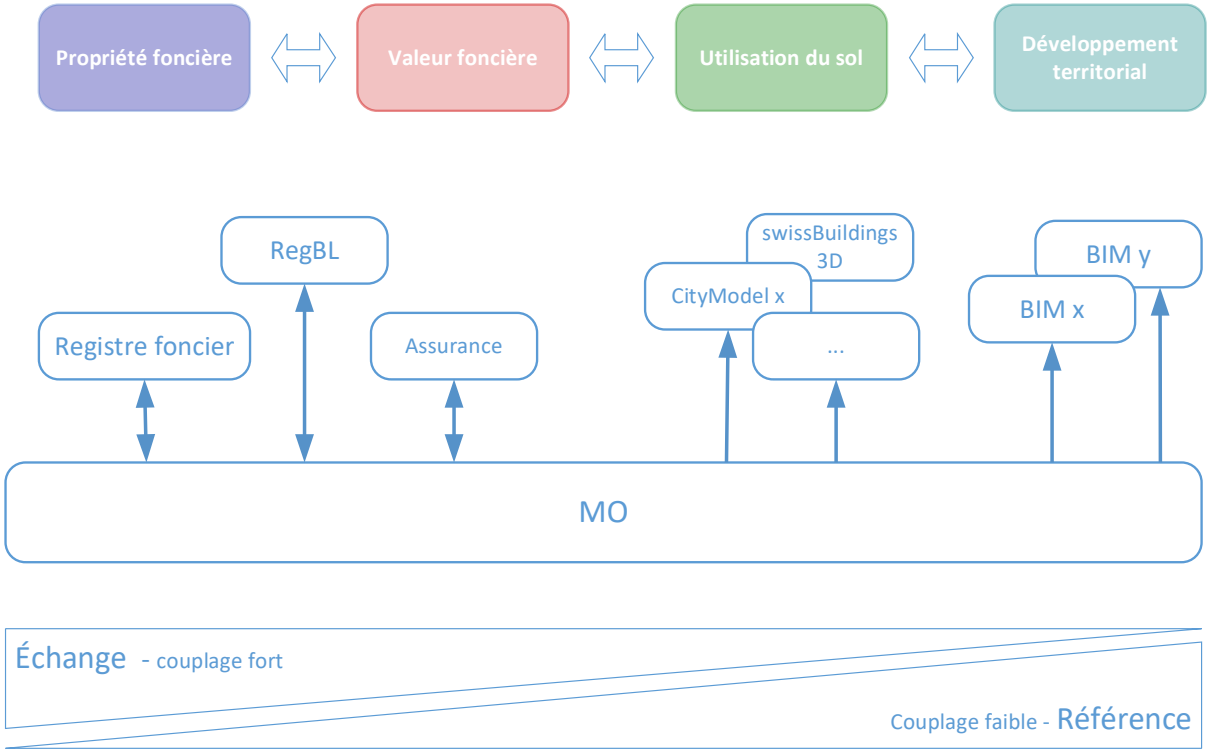


Figure 31 : interactions entre la MO et les données de tiers

Avec l'extension de l'utilisation de la mensuration officielle à l'utilisation du sol et au développement territorial, d'autres systèmes interagissent aussi avec la MO. Ainsi, ils sont liés à elle ou elle est intégrée à eux. Cette intégration peut rester faible, car d'une part, de très nombreux systèmes peuvent potentiellement utiliser les données de la MO, si bien qu'une harmonisation individuelle ne sera pas possible. D'autre part, la MO se contente de mettre des données de référence à la disposition de ces systèmes, de sorte qu'un couplage fort avec un échange de données systématique n'est pas nécessaire. Par couplage faible, on entend ici le fait que la MO mette ses données à disposition via des interfaces définies (interfaces de données, services) sans les coordonner avec les systèmes récepteurs. La MO n'a pas besoin de disposer de connaissances concernant ces systèmes récepteurs, elle ne dépend pas d'eux.

La mission de la MO est de mettre à disposition des données de référence, afin d'offrir la possibilité à des systèmes tiers de se coordonner sur cette base et d'échanger des informations entre eux. La Figure 32 visualise schématiquement ce scénario.

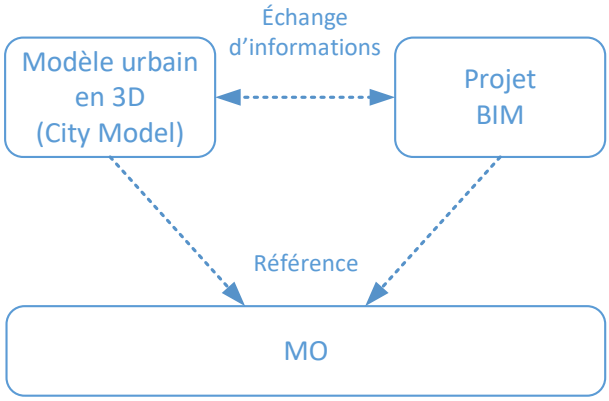


Figure 32 : exemple schématique où la MO fait office de référence

On peut également envisager des scénarios où la MO ne se contente pas de mettre des données de référence à la disposition de systèmes tiers, mais peut prendre en charge des informations qui en proviennent, de sorte qu'un couplage plus fort en résulte. Un scénario possible est la prise en charge d'informations relatives à des ouvrages issus de modèles BIM. La MO met pour cela les données de référence à la disposition du système tiers (modèle BIM). Les données spécialisées sont saisies dans ce système sur la base de cette référence et mises à la disposition de la MO pour y être intégrées, par exemple sous forme de jeu de données IFC où les attributs et les géométries pertinentes pour la MO peuvent être extraites. La Figure 33 visualise schématiquement ce scénario.

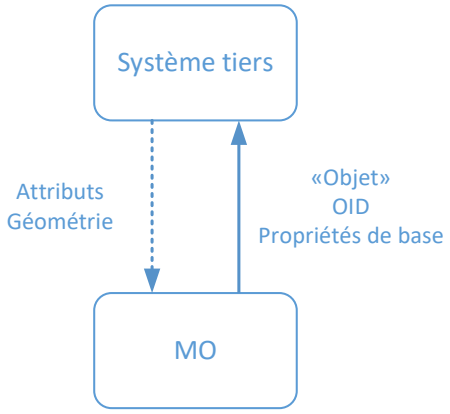


Figure 33 : interfaces avec des systèmes tiers

Remarque : la révision prévue des ordonnances permettra de gérer également en dehors de la mensuration officielle des données qui en relèvent (par exemple les zones des codes postaux). Ces données ne seront alors « couplées » à la MO que pour générer des produits, par exemple au moyen de services Web. Il s'agit ici d'une gestion fédérée et répartie des données – contrairement au couplage - pour laquelle c'est toutefois un intervenant unique qui assume la pleine responsabilité de la mise à jour des objets du jeu de données.

4.7 Appréciation et comparaison

Différents concepts et diverses conséquences ont été discutés aux chapitres 4.1 à 4.4, puis des solutions possibles ont été présentées pour organiser une définition individualisée des exigences pour l'IND-MO. Les réflexions se sont toujours fondées sur l'idée du concept IND-MO proposée dans (Niggeler, 2019) en l'étendant ou en l'adaptant, là où cela semblait judicieux. Au final, les deux propositions de solutions peuvent être comparées ainsi :

Principes centraux aux deux propositions de solutions :
- les exigences en matière d'information peuvent être définies séparément par classe d'objets voire par objet (instance),
- les preuves de qualité peuvent être gérées pour chaque objet (instance),
- le cycle de vie complet d'un objet est pris en charge,
- une approche orientée objet, tournée vers les objets du monde réel, est requise.

Différences principales entre la proposition de l'étude et l'idée initiale du concept IND-MO:
- Les exigences en matière d'information dépendent de la position des objets. Si l'on peut renoncer aux niveaux de tolérance de la version actuelle, il faut cependant faire appel à d'autres liens de dépendance spatiale pour attribuer les exigences minimales en matière d'information. Cf. aussi la suite de la comparaison, ci-dessous.
- Il en résulte que le statut n'est pas le seul critère sur lequel se fonde la définition des exigences minimales en matière d'information. Il n'est qu'un critère parmi d'autres.
- Il résulte également de la moindre importance du statut qu'il n'y aura pas de « concept par étapes » clair et orienté sur les phases pour la définition des exigences en matière d'information.
- La dépendance envers des informations spatiales, en principe indépendantes de la MO (RDPPF, zones affectées de tensions et autres) conduit à des exigences dynamiques en matière d'information (elles peuvent donc varier au fil du temps pour un même objet).
- Le critère de qualité de la « précision interne » est préconisé comme un nouveau concept.
- Le LOI revêt une importance moins grande pour la MO, cette dernière devant être utilisée comme jeu de données de référence, sans toutefois être enrichie par de nombreuses informations sémantiques. Les attributs doivent être gérés dans des modèles fédérés dans les sources de données responsables correspondantes et être obtenus directement à partir de là.

Les niveaux de tolérance, resp. les critères dépendants de la position, sont un aspect central de la discussion portant sur la nouvelle conception des exigences en matière d'information. Si des exigences continuent à être déduites de la position avec le concept de solution des codes de position présenté ici, elles le sont d'une manière et avec une importance bien différentes de ce qu'elles étaient avec les niveaux de tolérance. Le tableau suivant récapitule les principales différences entre la définition existante des exigences en matière d'information via les niveaux de tolérance et le concept de solution IND-MO.

Propriété	Niveaux de tolérance	IND-MO
Validité des exigences en matière d'information	Forfaitaire/absolue	Exigence minimale
Définition individuelle des exigences en matière d'information	Non	Oui (exigence supplémentaire)
Dépendance envers la position des exigences en matière d'information	Oui	Oui
Paramètre de position : stabilité	Statique	Dynamique
Paramètre de position : orientation principale	Propriété foncière	Propriété foncière + développement territorial

Tableau 13 : comparaison entre les concepts des niveaux de tolérance et de l'IND-MO

Avec les niveaux de tolérance, la validité des exigences est définie de manière forfaitaire et absolue par rapport à la position et il est impossible de les adapter ou de les modifier individuellement. C'est aussi une attribution forfaitaire via la position qui est entreprise avec le concept IND-MO, mais seules des exigences minimales sont ainsi définies. Les exigences minimales peuvent être augmentées individuellement, en fonction de l'utilisation prévue.
Les critères dépendant de la position, pilotant les exigences, sont définis de façon statique avec les niveaux de tolérance via une partition du territoire dédiée. Dans le concept d'IND-MO, les exigences en matière d'information qui dépendent de la position se déduisent de l'état en vigueur des critères spatiaux à ce moment-là. Elles sont par conséquent modifiables.

5 Synthèse et mise en œuvre

Les chapitres précédents ont été consacrés aux concepts permettant d'atteindre les objectifs et de respecter les exigences propres à l'idée du concept IND-MO. Le présent chapitre va maintenant exposer les étapes requises pour mettre en œuvre et introduire ces concepts, leurs conséquences étant par ailleurs évaluées.

5.1 Modules à introduire

Les modules nécessaires à la mise en œuvre des concepts et à l'introduction d'IND-MO vont être identifiés et décrits par la suite. Sur la Figure 34 et sur la Figure 35, les modules sont placés dans un contexte technique par rapport au modèle de données mais aussi par rapport aux exigences à respecter.

Orientation objet
Le modèle de données DM.flex est adapté de telle manière que les objets pertinents du monde réel y soient reproduits comme des classes spécialisées indépendantes. L'accent est mis ici sur les objets locaux tels que les bâtiments ainsi que sur les routes.
Les données déjà disponibles dans la MO sont migrées vers les nouvelles classes spécialisées. Cette modification impose aussi de redéfinir la couverture du sol, différents genres de couverture du sol pouvant être déduits des nouvelles classes spécialisées et n'ayant donc plus à être gérés comme couvertures du sol. D'autres adaptations fonctionnelles des systèmes seront également requises pour que les produits disponibles aujourd'hui puissent être déduits à l'identique avec un modèle de données modifié et pour que l'échange de données avec les systèmes en couplage fort avec la MO reste garanti.

Les modules suivants doivent être introduits :

OO-01	Introduction d'objets locaux : bâtiments, autres
OO-02	Introduction d'objets linéaires : routes, voies ferrées, cours d'eau
OO-03	Adaptation des fonctions du système (notamment la couverture du sol)

Statut et versionnage des objets
Le statut est étendu pour les classes spécialisées où différentes phases doivent être distinguées pour le cycle de vie. Cela suppose une adaptation plutôt modeste du modèle de données DM.flex, mais concernant plusieurs classes. Dans le cas d'une mise en œuvre simple, sans historisation de tous les statuts, les conséquences sur les systèmes restent relativement limitées. Une activité plus soutenue en résulte en revanche pour la mise à jour des objets, ces derniers et en particulier les ouvrages étant soumis à une dynamique plus forte et étant par ailleurs intégrés dans le système à des stades plus précoces de leur cycle de vie.
Un couplage fort avec le RegBL existe pour les ouvrages, si bien qu'il faut s'attendre à ce que la modification des statuts ait aussi des répercussions sur l'harmonisation de ses données.
Si des statuts plus précoces et plus différents sont reproduits dans la MO, des possibilités visant à intégrer des données de conception de manière aussi automatisée que possible dans la MO devraient être créées afin d'être en capacité de maîtriser la charge de travail inhérente à la mise à jour. Pour les phases de conception précoces au moins, il faut offrir la possibilité de prendre en charge des données BIM par exemple via des interfaces définies et de les intégrer sous forme d'un extrait dans la MO (cf. Figure 33).
Si tous les statuts doivent faire l'objet d'un versionnage intégral, resp. d'une historisation complète, alors les fonctions d'historisation doivent être adaptées en conséquence dans les systèmes.

Les modules suivants doivent être introduits :

ST-01	Extension du statut
ST-02	Processus d'importation de données de conception
ST-03	Versionnage des objets avec historisation des statuts

Preuves de qualité
Le modèle de données DM.flex et les fonctions des systèmes sont adaptés de telle manière que des informations supplémentaires concernant la qualité des objets puissent être saisies. Il doit d'une part être possible d'enregistrer des informations concernant les précisions existantes pour les arêtes des objets et les précisions absolues des points doivent d'autre part pouvoir être associées directement aux points d'appui des géométries des objets. Cela pourrait aussi avoir des répercussions sur le langage de modélisation INTERLIS, notamment si la prise en charge doit également s'étendre à la 3ème dimension.

Les modules suivants doivent être introduits :

QA-01	Extension du modèle, preuve altimétrique et autres critères
QA-02	Informations liées aux objets : décrire les précisions des arêtes
QA-03	Associer la précision des points aux points d'appui de l'objet

Exigences en matière d'information
La mise en œuvre effective de l'IND-MO exige d'étendre le DM.flex pour que les exigences en matière d'information puissent y être définies. En outre, la spécification de toutes les définitions d'exigences minimales requises pour toutes les classes spécialisées fait aussi partie de l'initialisation, à l'instar de l'attribution initiale à tous les jeux de données (migration des données).
Des fonctions permettant de déduire les propriétés des objets dépendant de leur position doivent être implémentées dans les systèmes.
Des adaptations du DM.flex sont nécessaires au préalable, afin que les exigences individuelles en matière d'information puissent être attribuées pour chaque classe spécialisée.

Le module suivant doit être introduit :

EI-01	Initialiser le modèle de données IND-MO et permettre l'attribution individuelle

3D
L'introduction de la 3ème dimension dans la MO devra aussi être traitée indépendamment d'IND-MO. Elle est indispensable pour satisfaire complètement les exigences, mais elle ne peut pas être considérée comme impérative, parce qu'elle entraverait alors considérablement la mise en œuvre d'IND-MO. Ce module est répertorié ici pour montrer qu'une mise en œuvre d'IND-MO est également possible en deux dimensions, mais évidemment avec un usage restreint en conséquence.

Le module suivant doit être introduit :

3D-01	Introduction de la 3ème dimension

La figure suivante présente schématiquement les principales conséquences de l'introduction d'IND-MO sur le modèle de données et positionne les modules à introduire par rapport au modèle de données.

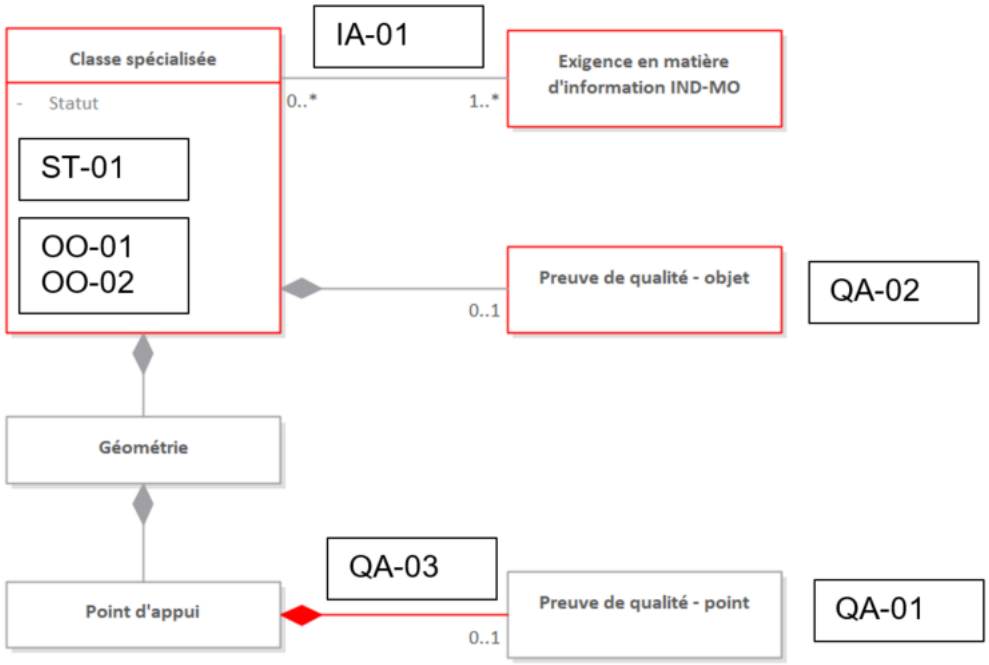


Figure 34 : représentation schématique des modules à introduire par rapport au modèle de données

La figure suivante met les modules à introduire en lien avec les exigences, telles que ces dernières ont été formulées au chapitre 2.3 pour l'IND-MO. Elle indique à quel niveau d'exigence un module contribue.

Target + / Exigences / Modules à introduire / + Source	E-01 Orientation objet	E-02 Reproduire le cycle de vie complet	E-03 3D	E-04 Informations individuelles sur la qualité	E-05 Exigence de qualité individuelle	E-06 Données de référence avec OID stable et sémantique	E-07 Mise à disposition conforme aux besoins à satisfaire
3D-01 Introduction d'objets en 3D			↑				
EI-01 Initialiser l'IND-MO et permettre l'attribution					↑		
OO-01 Introduction d'objets locaux: bâtiments, autres	↑					↑	
OO-02 Introduction d'objets linéaires: routes, rail, eaux	↑					↑	
OO-03 Adaptation des fonctions du système (CS, etc.)	↑						
QA-01 Extension du modèle, preuve altimétrique, etc.				↑			
QA-02 Informations liées aux objets: précision arêtes				↑			↑
QA-03 Associer précision des points - points d'appui							↑
ST-01 Extension du statut		↑					
ST-02 Processus d'importation - données conception			↑				↑
ST-03 Versionnage objets + historisation statuts		↑					

Figure 35 : niveau d'exigence des modules à introduire

5.2 Conséquences

L'introduction des modules aura des conséquences différentes sur les processus et les systèmes de la mensuration officielle. L'ampleur de ces conséquences est estimée sur la Figure 36. Il s'agit là d'une simple évaluation qualitative des répercussions attendues, une première différenciation étant entreprise entre les cas d'utilisation de la MO (cf. aussi chapitre 3.1) :

- saisie (géométrie, attributs),
- saisie informatique,
- utilisation.

Au sein de ces cas d'utilisation, une seconde distinction est réalisée entre :

- processus : conséquence sur le processus, donc sur les activités et les déroulements au sein de cas d'utilisation,
- outil : répercussions sur les outils venant en soutien des processus,
- migration de données : conséquence sur les données, resp. ampleur des migrations de données requises.

Une distinction supplémentaire est entreprise pour les processus, entre l'ampleur de la modification des processus (ampleur de la transformation requise) et l'« effet » produit, évaluant le surcroît de travail pour le processus réorganisé par rapport au processus actuel.

Les conséquences sont évaluées qualitativement en trois classes :

Conséquence	Description
1 faible	Pas de modification substantielle des processus, pas de surcroît de travail notable dans le nouveau processus, charge faible pour l'adaptation du système et la migration des données.
2 moyenne	Modification notable du processus, charge de travail pour le nouveau processus supérieure à celle inhérente au processus actuel, charge importante pour la migration des données.
3 forte	Forte modification du processus, charge de travail nettement plus forte pour le nouveau processus que pour le processus actuel, grosse charge de travail pour la migration des données.

		Saisie (géométrie, attributs)			Saisie informatique				Utilisation		
		Processus		Outils	Processus		Systèmes	Migration donn.	Processus		Outils
		Transfo.	Effet		Transfo.	Effet			Transfo.	Effet	
Orientation objet											
OO-01	Introduction d'objets locaux: bâtiments, autres	1	1	1	1	2	2	3	1	1	1
OO-02	Introduction d'objets linéaires: routes, rail, eaux	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1
OO-03	Adaptation des fonctions du système (CS, etc.)	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1
Statut et versionnage des objets											
ST-01	Extension du statut	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
ST-02	Processus d'importation - données conception	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1
ST-03	Versionnage objets + historisation statuts	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1
Preuve de qualité											
QA-01	Extension du modèle, preuve altimétrique etc.	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
QA-02	Informations liées aux objets: précision arêtes	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
QA-03	Associer précision des points - points d'appui	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
Exigences en matière d'information											
EI-01	IND-MO Modèle de données et configuration	1	1	1	2	1	2	3	2	1	1
Introduction de la 3D											
3D-01		2	3	1	2	3	3	3	2	1	2

Figure 36 : conséquences des modules à introduire

L'introduction de la 3ème dimension exercera une forte influence sur tous les cas d'utilisation et conduira à d'importantes modifications. Si on laisse toutefois ce module de côté, parce qu'il revêt une signification allant bien au-delà du cadre d'IND-MO, alors on peut globalement affirmer que des conséquences plutôt réduites devraient résulter de l'introduction d'IND-MO pour la saisie (géométrie, attributs) des données. Les préparatifs pour ces travaux changeront, mais la saisie effective sur le terrain ne s'en trouvera pas bouleversée.
Les conséquences les plus lourdes concerneraient la saisie informatique des données, parce les systèmes devraient subir de profondes transformations entraînant des migrations de données et parce que la gestion de données de référence (ouvrages) avec plusieurs statuts ou phases du cycle de vie possibles et la gestion d'exigences individuelles conduiraient à des charges de travail plus fortes.

Frais

Dans l'état actuel des connaissances, aucune estimation un tant soit peu réaliste des frais n'est possible pour l'introduction d'IND-MO. Trop de points susceptibles d'exercer une influence importante sur les adaptations des systèmes et les migrations de données nécessaires restent encore en suspens. En outre, des analyses portant sur les qualités de données existantes devraient aussi être entreprises, afin d'estimer la charge liée à une migration des données vers des structures orientées objet.
Actuellement, on ne dispose ni d'estimations des frais ni de valeurs émanant du canton pilote (retours d'expérience) pour l'introduction du DM.flex-v1 avec l'ampleur envisagée jusqu'à présent, en se limitant donc à des adaptations minimales du contenu des données. En conséquence, aucune estimation ne peut être entreprise sur cette base.
Il est toutefois tenté, dans le tableau récapitulatif suivant, de présenter des fourchettes de frais possibles pour l'introduction d'IND-MO. Cette estimation repose cependant sur des bases parfois incertaines voire absentes et *n'*intègre *pas* l'introduction de la 3ème dimension.

Activité	**Dépenses** [millions de francs]		**Facteur**	**Dépenses** [millions de francs]		**Explication/considération**
	de	à		de	à	
Préparation, configurations - cantons	0,1	0,3	26	2,6	7,8	Concepts, planification, définition / harmonisation de l'IND-MO
Préparation, configurations - swisstopo	0,2	1	1	0,2	1	Id
Adaptation des systèmes	0,3	1	3	0,9	3	3 développeurs de systèmes
Migration des données	0,002	0,03	2200	4,4	66	Migration par commune
Adaptation des systèmes tiers - cantons	0,3	0,7	26	7,8	18,2	Adaptation, systèmes / interfaces de l'infrastructure de géodonnées
Adaptation des systèmes - swisstopo	0,5	2	1	0,5	2	Adaptation, systèmes / interfaces de l'infrastructure de géodonnées
Total (arrondi)				**17**	**98**	

Tableau 14 : conséquences financières possibles de l'introduction

La migration des données et l'adaptation des systèmes tiers des infrastructures de géodonnées concentreront vraisemblablement l'essentiel des frais et le passage à l'orientation objet constituera de loin le poste de dépense principal ici. Il faudra compter avec des travaux de correction manuelle au sein des données existantes de la MO et avec des harmonisations au niveau des systèmes couplés. Sans introduction d'une orientation objet cohérente et rigoureuse, les conséquences financières devraient se situer dans le bas de la fourchette des frais estimés.
Comme l'indique la matrice des conséquences de la Figure 36, des dépenses plus élevées devraient être consenties pour la mise à jour des informations supplémentaires de la mensuration officielle. Elles se justifient par :

- la mise à jour de « vrais » objets pour les bâtiments et les rues/routes avec une harmonisation systématique avec les systèmes couplés (comme le RegBL ou le répertoire des rues)
- la mise à jour d'informations de statut plus précoces et plus diverses
- la mise à jour d'informations de précision étendues.

Le nouveau concept doit par ailleurs permettre de réaliser des économies :

- avec ce concept, la MO est préparée à pouvoir accueillir et vérifier des modèles tels que construits (as-built) du secteur de la construction, en lieu et place d'une saisie indépendante complète,
- le développement de la MO rend possible des synergies avec la mise à jour d'autres jeux de données (par exemple des modèles du paysage vectoriels).

Les premiers temps après l'introduction seront marqués par des dépenses supplémentaires, inhérentes à l'affinage ou à la concrétisation des processus de mise à jour. Elles concerneront surtout les mutations de bâtiments et d'éléments de situation, beaucoup moins les mutations de limites. On estime que les dépenses pour la saisie dans le système pourraient augmenter de 10% environ. En se fondant sur les chiffres clés disponibles ("Suivi (monitoring) du bénéfice que l'économie nationale a retiré des données de la MO, récapitulatif des résultats pour l'année 2018," 2019), on peut évaluer la hausse du chiffre d'affaires annuel de la mise à jour à environ 7 à 10 millions de francs. On s'attend ensuite à une contraction des dépenses de mise à jour de l'ordre de 10 à 20%, une fois que la prise en charge des données des modèles tels que construits dans la MO sera bien établie, tant et si bien que les dépenses de mise à jour passeront sous le niveau qui est le leur aujourd'hui.

Les frais de mise à jour étant facturés au tarif TH33 dans de nombreux cantons, ce dernier devrait être adapté aux conditions modifiées. Cela pourrait passer par une hausse du forfait en vigueur pour les mutations de bâtiments et d'éléments de situation. Des directives d'application (et éventuellement une extension du tarif) devraient par ailleurs être définies pour la facturation en cas de prise en charge et de vérification de modèles tels que construits.

Bénéfice

Un bénéfice est surtout retiré dans les domaines de l'utilisation du sol et du développement territorial (cf. Figure 3), parce que des géodonnées de référence fiables et de grande qualité sont disponibles pour les tâches et les processus qui en relèvent. Seule la mise à disposition de données de référence reconnues et homogènes permet d'intégrer et de combiner des jeux de données très divers et de fonder une collaboration sur cette base (jumeau numérique, Smart City).

Des données proposées dans le respect des exigences du concept IND-MO facilitent par exemple la collaboration entre autorités en matière de police des constructions. Des synergies sont possibles pour la mise à jour d'autres jeux de géodonnées tels que le modèle topographique du paysage MTP.
Un soutien est aussi apporté à la collaboration entre les autorités et le secteur privé, la MO contribuant mieux au cycle de vie des ouvrages puisque la mise à jour peut servir de base à un cycle supplémentaire et que moins de saisies multiples sont nécessaires (il résulte de la publication actuelle des valeurs standards que des saisies supplémentaires (des mesures de terrain en règle générale) sont requises pour concevoir les constructions ou qu'elles sont considérées comme étant nécessaires du fait des incertitudes pesant sur la qualité effective des bases de la MO).
Les données de la MO reproduisent également de façon fiable des états projetés aux stades les plus précoces et permettent de se fonder sur une base cohérente tout au long de la phase de conception.

5.3 Scénarios

Tous les modules doivent être introduits pour satisfaire complètement toutes les exigences. Toutefois, une mise en œuvre graduelle ou échelonnée dans le temps est aussi envisageable. Dans ce cas, les liens de dépendance entre les modules doivent être pris en compte.
La Figure 37 présente une séquence d'introduction possible, segmentée en trois étapes. Les structures de base d'IND-MO pour la définition individuelle des exigences sont introduites dans une première version, incluant aussi l'extension simple des informations de statut qui y est liée. En principe, cette modification de concept pourrait encore être réalisée sur les classes existantes, orientées « plan ».

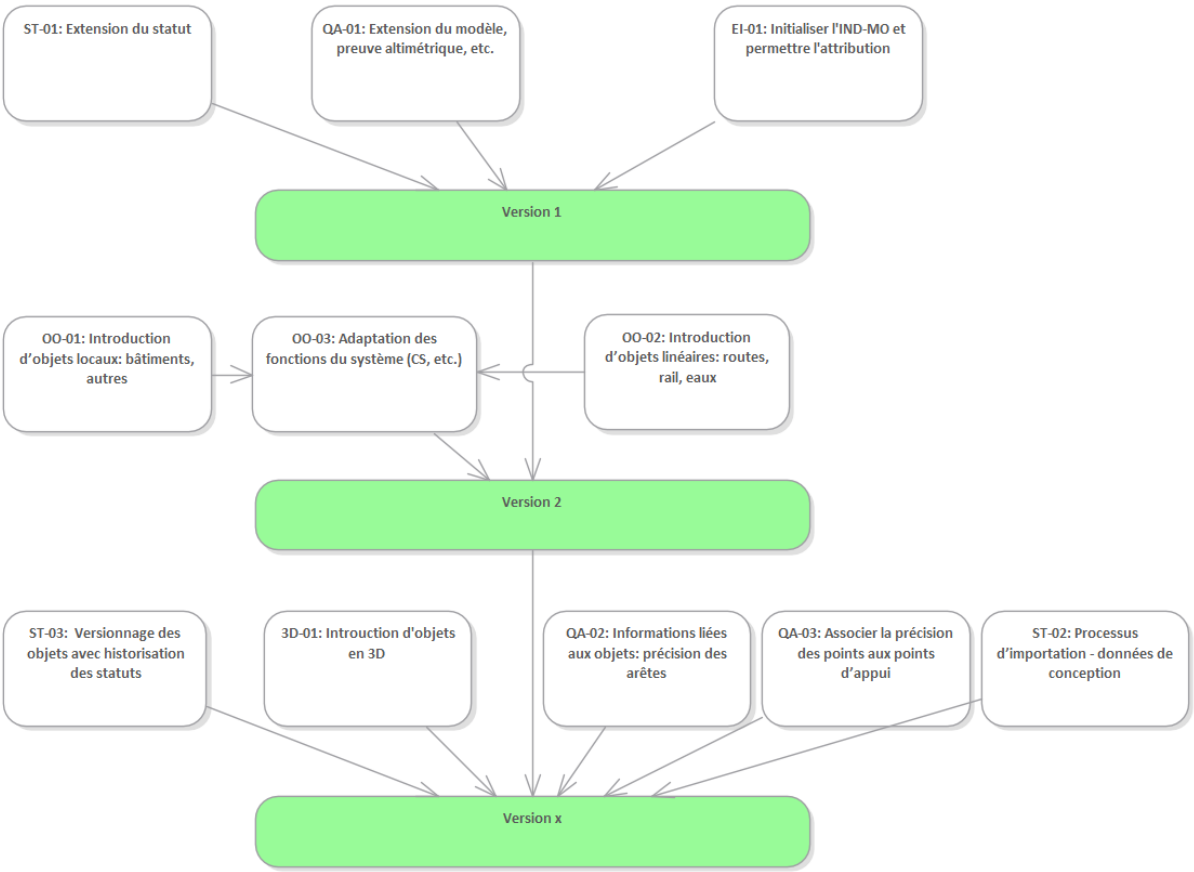


Figure 37 : séquence d'introduction possible avec liens de dépendance entre les modules à introduire

Le passage à l'orientation objet pourrait suivre dans une deuxième version, via l'implémentation des classes spécialisées des ouvrages et la migration des objets.
La fonctionnalité pourrait être continuellement étendue par l'inclusion de modules supplémentaires dans chacune des versions suivantes. Aucun lien de dépendance important n'existe entre ces modules, de sorte qu'ils peuvent être introduits dans n'importe quel ordre en principe et selon n'importe quelle combinaison. La priorisation des modules peut alors être entreprise sur la base des exigences qu'ils permettent de satisfaire.

L'introduction d'une nouvelle version est toujours relativement chronophage et implique la mise en place d'une organisation assez lourde. Si l'on se fixe comme objectif d'avoir introduit tous les modules dans un délai d'environ dix ans, une longue période de modification incessante en résulterait pour la MO en cas d'introduction par étapes via plusieurs versions. A peine une version serait introduite que l'introduction de la suivante devrait déjà être lancée. Face à une telle perspective, il semblerait plus judicieux de rassembler un nombre aussi élevé que possible de modules dans une seule version. Dans la mesure du possible, les versions 1 et 2 selon la Figure 37 devraient donc être fondues en une seule et les modules QA-02, QA-03 et, pour autant que cela soit réellement requis, ST-03 devraient eux aussi être introduits conjointement. Ainsi, les objectifs prioritaires d'IND-MO pourraient être mis en œuvre dans une seule et même version.

La Figure 38 présente graphiquement les modules à introduire dans une variante avec une version « étendue » comprenant un maximum de modules ainsi que l'effet qu'ont les modules sur la satisfaction des exigences.

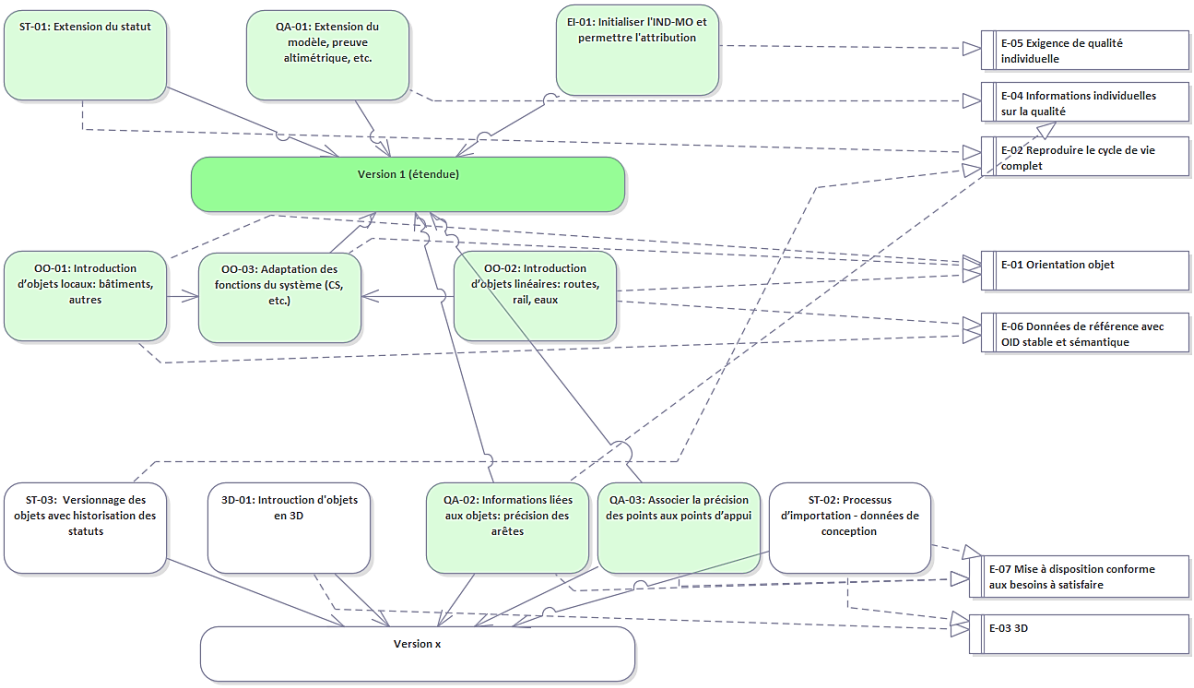


Figure 38 : satisfaction des exigences en fonction de la séquence d'introduction

Actuellement, le calendrier d'introduction du DM.flex-v1 se présente sommairement ainsi:
2021 – 2022 Projets pilotes dans différents cantons
2023 – 2026 Introduction → Fin de l'introduction en 2026

Il est prévu pour l'heure que l'introduction du DM.flex-v1 ne s'accompagne d'aucune modification d'ampleur du modèle de données et donc que la mise en œuvre d'IND-MO n'intervienne que dans la deuxième version. En raison de la phase d'introduction relativement longue du DM.flex-v1, il est donc proposé de commencer d'ores et déjà avec le DM.flex-v2, avant même que la version 1 soit achevée (d'où un chevauchement des deux), de sorte que les cantons auront la possibilité de démarrer l'introduction de la version 2 dès qu'ils en auront terminé avec la version 1. Dans ces conditions, l'échéancier suivant pourrait être visé pour l'introduction d'IND-MO (cf. aussi Figure 39) :

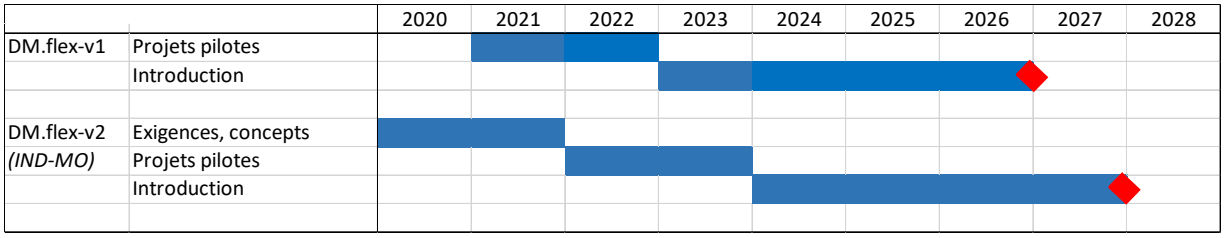


Figure 39 : calendrier d'introduction

2020 – 2021 Affinage des exigences, fixation de conditions-cadre, élaboration de concepts détaillés pour tous les aspects importants d'IND-MO
2022 – 2023 Projets pilotes dans différents cantons
2024 – 2027 Introduction

6 Bibliographie

cadastre.ch [WWW Document], n.d. URL https://www.cadastre.ch/

CityGML 3.0 CM, n.d. CityGML 3.0 CM [WWW Document]. URL https://github.com/opengeospatial/CityGML-3.0CM

COSIG, 2011. *Recommandations générales portant sur la méthode de définition des "modèles de géodonnées minimaux"*

Directive: Degré de spécification en mensuration officielle - couche d'information de la couverture du sol, CSCC Conférence des services cantonaux du cadastre, Direction fédérale des mensurations cadastrales (D+M), 2011.

DRAFT prEN 17412, 2019. *DRAFT prEN 17412 Building Information Modelling - Level of Information Need - Concepts and principles*, CEN European Committee for Standardization.

eCH-0129, n.d. *eCH-0129 Référencement d'objets*, eCH.

Enemark, S., 2004. *Building Land Information Policies*. UN, FIG, PC IDEA Inter-regional Special Forum on ythe Building of Land Information Policies in the Americas.

Instruction - Précision des points dans la mensuration officielle, Office fédéral de topographie swisstopo, 2015.

Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM), 2015. *Cadastre 2034. Powering Land & Real Property. Cadastral Reform and Innovation for Australia - A National Strategy.*, Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping (ICSM).

ISO 19148, n.d. *ISO 19148:2012 Information géographique — Référencement linéaire*.

ISO 19152 (LADM), 2012. *ISO 19152 Information géographique — Modèle du domaine de l'administration des terres (LADM)*.

LADM 2019 | The 8th FIG Land Administration Domain Model Workshop, 2019.

LGéo, 2008. *Loi sur la géoinformation (LGéo)*, Confédération suisse.

National Digital Twin Programme [WWW Document], 2019. URL https://www.cdbb.cam.ac.uk/national-digital-twin-programme (accessed 12.17.19).

Niggeler, L., 2019. *Proposition pour remplacer les niveaux de tolérance (NT) de la mensuration officielle (MO) par la notion de Level of information Need de la mensuration officielle (LOIN MO)*.

Niggeler, L., Dettwiler, C., 2019. *Information Need Definition AV / MO - IND-AV / MO*. Presented at the Workshop CadastreSuisse.

Niggeler, L., Dettwiler, C., Kaul, C., 2019. *Information-Need-Definition de la mensuration officielle (IND-MO)*. cadastre n° 30.

Noardo, F., Ellul, C., Harrie, L., Overland, I., Shariat, M., Arroyo Ohori, K., Stoter, J., 2019. *Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe: developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges*. Journal of Spatial Science 1–25. https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1627253

OMO, 2008. *Ordonnance sur la mensuration officielle (OMO)*, RS 211.432.2.

prEN 17412:2019, 2019. *Building Information Modelling — Level of Information Need — Concepts and Principles EN (Draft)*.

prEN 17412/LOIN (draft), 2019. *prEN 17412 DRAFT Building Information Modelling - Level of Information Need - Concepts and principles*, CEN.

SIA 2051, 2017. *SIA 2051 Building Information Modelling (BIM) – Bases pour l'application de la méthode BIM*.

Sinniger, M., 2018. *Où en est le nouveau modèle de données de la mensuration officielle en 2018?* cadastre n° 28.

Steudler, D., 2019. *Visions et scénarios dans le domaine cadastral au niveau international*. cadastre n° 30.

Steudler, D., 2018. Cadastral Template 2.0 - Switzerland [WWW Document]. URL http://cadastraltemplate.org/switzerland.php

Suivi (monitoring) du bénéfice que l'économie nationale a retiré des données de la MO, récapitulatif des résultats pour l'année 2018, Office fédéral de topographie swisstopo, 2019.

Swiss BIM LOIN-Definition (LOD), 2018.

swisstopo, 2020. *Stratégie de la mensuration officielle pour les années 2020 à 2023*, Office fédéral de topographie swisstopo.

Think Tank «Dimension Cadastre» Discussion Paper 10/2017 – Les chemins «tout tracés» du numérique, swisstopo / Géodésie et Direction fédérale des mensurations cadastrales, 2017.

van Oosterom, P., 2019. *LADM-v2 as Core Information Model for the Smart City 3DGI: 3D Cadastres, 3D Valuation and 3D Spatial Planning Information*. Presented at the 3DGI 2019 - Symposium international sur la géoinformation en 3D.

7 Définition des notions

BIM	Building Information Modelling
DM.flex	Modèle de données de la MO se caractérisant par sa structure modulaire. C'est notamment grâce à cette modularisation que ce modèle peut être adapté avec souplesse à l'évolution des besoins. La révision des ordonnances en cours crée la base requise pour le DM.flex. DM.flex-v1: première version du modèle de données DM.flex.
EGID	Identificateur fédéral des bâtiments
EuroSDR	European Spatial Data Research
Idée du concept IND-MO	
IFC	Industry Foundation Classes
IND-MO	Information Need Definition MO. Concept décrivant une définition individuelle des besoins et donc des exigences en matière d'information, indépendante des niveaux de tolérance. Caractéristique essentielle de la révision en cours des ordonnances.
IoT	Internet of Things (Internet des objets)
LADM	Land Administration Domain Model
LGéo	Loi sur la géoinformation
MD.01	Modèle de données de la MO actuellement en vigueur.
MO	Mensuration officielle
NT	Niveau de tolérance
OGéo	Ordonnance sur la géoinformation
OMO	Ordonnance sur la mensuration officielle, RS 211.432.2
OMO-DDPS	Ordonnance du DDPS sur la mensuration officielle Nouveau nom de l'OTEMO après la révision totale
OTEMO	Ordonnance technique sur la mensuration officielle, RS 211.432.21
Précision de détermination	Elle décrit la précision avec laquelle la position d'un objet est déterminée sur le terrain. Dans la législation actuelle, cette notion est utilisée pour des points non définis exactement (lisières de forêt ou rives de cours d'eau). Elle n'est pas utilisée pour les ouvrages. Une certaine marge de manœuvre peut aussi exister pour un coin de bâtiment par exemple, suivant le type de matérialisation. Cette marge de manœuvre est aujourd'hui couverte par des exigences de précision plus faibles.
Précision interne	Cette notion recouvre la précision entre des points d'un même objet. Elle peut souvent être vérifiée par des mesures directes de distances et d'angles. En présence de mesures de points absolues, la précision interne est calculée comme étant la précision de la différence entre deux points voisins (généralement connue comme étant la précision relative). Selon le degré de corrélation des mesures de points, elle est meilleure ou moins bonne que la précision absolue des points. Les valeurs de précision interne ne sont pas gérées dans le modèle de données actuel.
RDPPF	Restriction de droit public à la propriété foncière
RegBL	Registre des bâtiments et des logements
RF	Registre foncier
Zones où les tensions sont négligeables / zones affectées de tensions	La Suisse est subdivisée en zones où les tensions sont négligeables et en zones affectées de tensions. Lorsque les tensions sont négligeables, la précision prouvée empiriquement respecte les valeurs exigées pour la couche d'information et le niveau de tolérance concernés. Ce n'est pas le cas dans les zones affectées de tensions. Cette information sur les zones correspondantes est gérée dans un jeu de données séparé extérieur à la MO ("Instruction - Précision des points dans la mensuration officielle," 2015)

Annexe A **Questions sur l'IND-MO**

L'étude confiée se doit également de répondre aux questions concrètes suivantes, en plus de dresser un tableau général.

Quelles sont les conséquences sur les plans technique, organisationnel et financier du concept IND-MO proposé, mis en œuvre dans le projet actuel de l'OMO-DDPS ?
Sur le plan technique → Cf. chapitre 4
Sur les plans organisationnel et financier → Cf. chapitre 5.2

Aujourd'hui, les niveaux de tolérance pilotent diverses prescriptions de la MO, notamment la précision requise et le degré de spécification. En outre, les niveaux de tolérance déterminent par exemple la densité et la précision des points fixes. Comment ces règles régissant les points fixes sur la base des niveaux de tolérance pourraient-elles être remplacées ? Est-il envisageable de renoncer complètement aux niveaux de tolérance ?
Il est parfaitement possible et également judicieux – afin d'étendre le domaine d'utilisation de la MO – de renoncer aux niveaux de tolérance. D'autres paramètres territoriaux sont cependant requis pour pouvoir spécifier les exigences en matière d'information (cf. chapitre 4.3.4).
Si la MO continue à se concentrer pleinement sur le registre foncier, renoncer aux niveaux de tolérance et introduire l'IND-MO se révélerait plutôt injustifié.

Jusqu'à présent, le niveau de tolérance pilote la précision requise ainsi que le degré de spécification et influe donc directement sur la charge de travail et indirectement sur la manière dont les éléments sont levés sur le terrain. La méthode de mesure sélectionnable est limitée par la précision et la fiabilité atteignables. Quelles sont les conséquences du nouveau concept orienté objet IND-MO sur les travaux de terrain concrets dans la MO ? Comment est-il garanti que tous les spécialistes mettent le nouveau concept en œuvre comme il se doit en pratique, c.-à-d. de manière à la fois techniquement correcte et économiquement rentable ?
Le nouveau concept met tous les paramètres pilotant les exigences sur la précision et le degré de spécification à la disposition du géomètre, objet par objet. C'est une simplification par rapport à aujourd'hui, où il doit aussi tenir compte de la plupart de ces paramètres, mais en étant d'abord contraint de les réunir lui-même (partitions du territoire pour les zones de tensions négligeables ou non, les niveaux de tolérance, écarts-types max. définis).

Les LOG-MO et LOI-MO doivent toujours être définis en tenant compte des besoins exprimés par les clients. Comment cela doit-il se dérouler ? Quelles informations (géométrie, attributs), un client ayant besoin d'un jeu de données couvrant intégralement le territoire d'une commune peut-il attendre ? Qu'en est-il pour la personne qui occasionne et doit financer une mise à jour de bâtiment pour cause de transformation : à quoi doit-elle s'attendre ?
Les concepts LOG-MO et LOI-MO sont uniquement recommandés pour la saisie des données. Pour la diffusion de données à des tiers (clients), une méthode plus simple est recommandée (cf. chapitre 4.4).

La règle suivante s'applique aujourd'hui : c'est le niveau de qualité requis qu'il faut viser et non le niveau de qualité qu'il est possible d'atteindre. A titre d'exemple, les exigences envers les données de la MO ne sont pas les mêmes sur un alpage et en ville. Ce principe important doit notamment garantir l'efficience économique des moyens financiers engagés par les pouvoirs publics. Il constitue d'autre part une condition préalable pour le tarif de mise à jour TH33 en vigueur dans de nombreux cantons aujourd'hui. Ce principe peut-il continuer à s'appliquer, lorsque l'exigence est définie par objet ? Le destinataire de la facture (propriétaire foncier ou personne à l'origine de la modification) ne doit pas avoir à faire face à des frais de mutation en hausse de manière générale.

Les exigences en matière d'information à validité générale définissent les exigences minimales du point de vue de la MO, applicables à tout un chacun. Les propriétaires ainsi que les pouvoirs publics peuvent définir des exigences plus élevées s'ils y ont intérêt et intégrer aussi dans la MO ces données de qualité supérieure, afin qu'elles puissent être réutilisées à ce même niveau de qualité lors d'utilisations ultérieures. Le principe de causalité doit s'appliquer ici, autrement dit : quiconque réclame des exigences supplémentaires doit en supporter le coût.
Des règles doivent régir les conséquences produites par une modification des exigences dynamiques en matière d'information sur la mise à jour des objets. Normalement, une modification des exigences dynamiques en matière d'information pour un objet ne devrait pas déclencher de mise à jour. Mais on peut aussi envisager que les exigences accrues de manière dynamique soient requises sans délai. Leur saisie devrait alors être financée en vertu du principe de causalité (par l'intervenant qui en est à l'origine).

Le tarif de mise à jour TH33 peut continuer à être appliqué pour la saisie réalisée au niveau des exigences minimales. Son adaptation devrait toutefois être examinée. Les exigences individuelles supplémentaires devraient pouvoir être facturées au prorata de la charge de travail qu'elles impliquent. Une séparation stricte serait ainsi possible.

Révision en cours des ordonnances de la MO : les projets de texte actuels sont-ils suffisamment ouverts, en regard des explications fournies concernant l'IND-MO, pour que les détails relatifs à la mise en œuvre au plan technique puissent n'être définis qu'à l'issue de l'adoption de la révision des ordonnances ?
Les projets de textes ont été examinés et commentés. Cf. Annexe B .

Dans l'idéal, les travaux visant à introduire l'IND-MO sont coordonnés avec l'introduction du DM.flex. Comment le calendrier d'introduction, orienté vers la pratique, pourrait-il se présenter ?
Cf. chapitre 5.3.

Le concept Information Need Definition (IND) devrait-il éventuellement être introduit pour d'autres géodonnées de base ?
En principe, une définition systématique des exigences, en ligne avec les objectifs poursuivis, doit être visée pour tous les jeux de données. Une adaptation fine de la définition des exigences en différenciant divers critères les concernant (LOG, LOA, LOI) devient assez vite compliquée et nécessite de se familiariser avec eux avant de pouvoir les utiliser. Il faut donc peser le pour et le contre dans chaque cas : faut-il privilégier la simplicité et une définition plutôt forfaitaire des exigences ou l'individualisation de ces dernières, quitte à complexifier leur définition ?

Annexe B Remarques sur le projet de révision de l'OMO/OMO-DDPS

Le projet actuel (état en février 2020) de révision des ordonnances que sont l'OMO et l'OMO-DDPS a été examiné dans l'optique des concepts et des propositions de solutions développés dans la présente étude. Des remarques concernant des dispositions législatives spécifiques de ces textes figurent dans les tableaux suivants :

OMO Ordonnance sur la mensuration officielle

Article	Remarque
Art. 1, al. 1a	Le renvoi à l'article 29 LGéo limite le but à un lien avec « des géodonnées de référence qui lient les propriétaires » et « des informations descriptives concernant les immeubles ». Avec les exigences issues de l'idée du concept IND-MO, c'est explicitement la prise en charge de Smart City ou un soutien accru aux processus de conception et de construction qui est demandé. D'où la question : de telles utilisations sont-elles suffisamment prises en compte avec l'article définissant le but poursuivi ?
Art. 5, al. 1b	Si l'IND-MO est considérée comme un « artéfact » indépendant, c'est éventuellement ici qu'il faut déjà l'ancrer.
Art. 6, al. 2	Les exigences se rapportent-elles vraiment au modèle de géodonnées et non aux données elles-mêmes ? Erreur ?
Art. 10 (ancien)	L' « interdiction » d'extensions cantonales doit encore faire l'objet d'un examen détaillé pour ce qui concerne les exigences en matière d'information. De telles exigences accrues, définies au niveau cantonal, ont-elles aussi valeur d'extension ?
Art. 18, al. 2	Est-il exclu avec cette formulation qu'un renouvellement soit nécessaire en cas d'IND-MO définie de manière dynamique (prescriptions actuelles) ? Exemple : secteur peu construit, bâtiments anciens, faible précision, mais conformité avec les exigences (de l'époque). Un développement d'une certaine ampleur est maintenant prévu dans cette zone, si bien qu'une meilleure précision est nécessaire pour l'existant, aussi bien selon l'IND-MO que dans les faits, évidemment. Les frais afférents seraient logiquement à la charge de celui qui en est à l'origine (l'investisseur en l'occurrence).

Tableau 15 : remarques relatives au projet de révision de l'OMO

Ordonnance du DDPS sur la mensuration officielle

Article	Remarque
Art. 3 al. 1	Les cours d'eau pouvant être totalement naturels ou prendre le caractère d'ouvrages, il serait opportun de les citer explicitement ici. Il serait ainsi possible de prévenir une **structuration dispersée** des données comme dans **le** MD01.
Art. 3 al. 4	Prendre en compte l'IND-MO dynamique
Art. 4, al. 2	« …fixe la précision et la fiabilité requises dans des directives contraignantes. » L'autorité doit se borner à définir des exigences minimales qui doivent cependant pouvoir être relevées au besoin, par exemple par le propriétaire ou par les cantons. Proposition : « la précision et la fiabilité **minimales** requises … ». Proposition : les exigences minimales peuvent être relevées par les autorités cantonales. Les exigences concrètes peuvent être issues d'un objet concret donné, via des attributs correspondants.
Art. 4, al. 4	Proposition de complément : la Direction fédérale des mensurations cadastrales peut édicter des directives pour la qualité du transfert de données dans le monde réel.
Art. 5 al. 1 d	Correction rédactionnelle (ne concerne que la version en allemand).
Art. 6	L'énumération définitive des produits est très rigide. Comment le plan de situation et le plan de base sont-ils définis ? Cette formulation permet-elle de déduire aussi bien un produit homogène (degré de spécification homogène) qu'un produit hétérogène (degré de spécification le plus élevé par objet) ?

Article	Remarque
Art. 7, al. 1	« …est orienté vers les besoins des utilisateurs. » L'identité exacte des utilisateurs reste ouverte ici. Il ressort des explications fournies que l'orientation vers les clients est exigée. Si la MO veut aussi prendre en charge l'utilisation du sol et le développement territorial, le cercle des utilisateurs potentiels s'élargit grandement et ils auront des besoins contradictoires les uns par rapport aux autres.
Art. 7, al. 4	Rapport explicatif : IND-MO, « …qui fait partie intégrante du modèle de géodonnées ». Proposition : « ... qui complète le modèle de géodonnées.».
Art. 7, al. 7	Si les exigences en matière d'information sont considérées comme des compléments du modèle de géodonnées (cf. point précédent), alors elles devraient aussi être publiées sur Internet, le cas échéant.
Art. 8, al. 1	« …d'un objet de la mensuration officielle ». La signification de la notion d' « objet » n'est pas claire et peut même se révéler trompeuse. Une distinction est à établir entre classe d'objets / classe d'une part et objet / instance d'autre part. C'est vraisemblablement de la classe d'objets dont il est question dans le texte. Conformément à la proposition de l'étude, une définition spécifique à une instance serait également possible.
Art. 8, al. 1	Qu'entend-on par « densité » ?
Art. 8, en général	Renoncer aux notions de LOIN, LOG et LOI. Elles ne sont pas comprises de manière homogène dans le monde du BIM actuellement. L'utilisation des notions dans le texte de l'ordonnance ne suffit pas implicitement à en donner une définition claire, des explications complémentaires seraient de toute façon nécessaires. Proposition : ne pas utiliser les notions, se borner à une description sémantique. Voir plus loin.
Art. 8, al. 1	Proposition : L'IND-MO décrit les exigences en matière d'information des objets (ou des classes d'objets ?) de la mensuration officielle. A clarifier : faut-il indiquer ici que les exigences en matière d'information peuvent également être définies spécifiquement par instance ?
Art. 8, al. 2	Renoncer à la notion de LOIN. Proposition : Les exigences en matière d'information peuvent être subdivisées selon différents critères par classe d'objets.
Art. 8, al. 2	Le niveau le plus élevé correspond au niveau d'information et au degré de spécification les plus élevés. Faut-il le spécifier ? Remarque : dans le présent concept, le niveau le plus bas définit le niveau d'information le plus élevé. Proposition : ne pas se prononcer du tout concernant les niveaux.
Art. 8, al. 3	Renoncer à LOIN et à LOG. Proposition : Le degré de spécification de l'expression de la géométrie est défini comme partie intégrante de l'exigence en matière d'information.
Art. 8, al. 4	Renoncer à LOIN, LOI. Proposition : Le degré de spécification des informations non géométriques est défini comme partie intégrante de l'exigence en matière d'information.
Art. 8, al. 5	Renoncer à LOIN. Proposition L'exigence de précision est définie comme partie intégrante de l'exigence en matière d'information.
Art. 8	Rapport explicatif : à adapter conformément aux commentaires ci-dessus

Article	Remarque
Art. 9	Référence explicite à INTERLIS 2 du 7 septembre 2016. Une nouvelle version d'INTERLIS devra être référencée lors de l'introduction de l'extension prévue par des types de données en 3D.
Art. 10, al. 2	Remarque concernant la notion d'« objet » : d'après le contexte, c'est indéniablement d'une instance dont il est question ici, non de la classe d'objets. Cf. commentaire sur l'art. 8, al. 1.
Art. 10, al. 2	« Identificateur unique et invariable ». Est-il question ici d'une clé système technique (OID INTERLIS) ou d'une clé conceptuelle ? Ou ce flou est-il volontaire pour pouvoir permettre les deux ? Les objets ne disposent pas tous d'une clé conceptuelle, elle n'est par exemple définie que pour les bâtiments dans la couverture du sol (EGID). La question suivante se pose aussi du point de vue technique avec cette formulation : est-il question ici d'un objet ou d'une version d'objet ? (cf. chapitre 4.2).
Art. 10, al. 5	Le renvoi à eCH-0129 est source de confusion, la délimitation des aspects effectivement importants étant équivoque ou n'allant pas de soi.
Art. 15, al. 3	« dans les régions d'estivage et les zones improductives » n'est plus défini après la suppression de la définition des niveaux de tolérance. A compléter éventuellement sur le modèle de l'OFMO, par « selon le cadastre de la production agricole ».

Tableau 16 : remarques relatives au projet de révision de l'OMO -DDPS

Ordonnance technique du DFJP et du DDPS concernant le registre foncier

Article	Remarque
Art. 7b	Exigences de précision au lieu de précision

Tableau 17 : remarques relatives au projet de révision de l'ordonnance technique concernant le registre foncier

Révision de l'ordonnance sur la géoinformation OGéo, catalogue des géodonnées de base relevant du droit fédéral :
Conformément au projet de révision, deux jeux de géodonnées de base restent encore présentés pour la mensuration officielle :
- ID 51 : Plan du registre foncier,
- ID x (nouveau) : données de la mensuration officielle.

Il est renoncé aux identificateurs 52 et 54 à 64 décrivant les différentes couches d'information de la MO. Il est suggéré, par cette modification, que la mensuration officielle constitue une entité homogène. Avec la modularisation du modèle de données DM.flex ainsi qu'avec l'introduction recommandée de l'orientation objet liée à la spécialité, c'est plutôt une individualisation qui est soutenue, en revanche. Il conviendrait par conséquent de déclarer au moins les classes spécialisées remplissant une fonction de système de référence comme des jeux de géodonnées indépendants, cas par exemple des
- biens-fonds,
- bâtiments,
- rues / routes.

On pourrait également examiner une extension spécialisée de jeux de géodonnées de base existants, déduite de la MO, pour certaines classes spécialisées, par exemple pour l'ID 196, le répertoire officiel des rues.

Annexe C **Vue d'ensemble des actions recommandées**

Les clarifications et les études approfondies supplémentaires recommandées au chapitre 4 pour les différents concepts en vue de concrétiser le concept IND-MO sont récapitulées ci-après :

Orientation objet
- Créer un modèle de données conceptuel de la MO, orienté objet et basé sur des objets du monde réel. Présenter également sa délimitation par rapport aux jeux de géodonnées de base et aux répertoires connexes (répertoire des rues, répertoire des cours d'eau, lignes ferroviaires, etc.) et ses points communs avec eux.
- Clarifier le besoin en systèmes de référence linéaires sur la base des objets d'infrastructure.

Statut
- Vérifier la pertinence de l'historisation des différents statuts et spécifier des exigences ad hoc.
- Poursuivre le développement des champs d'action 1 à 3.

Exigence en matière d'information pour la saisie
- La formule de calcul du code de position doit encore faire l'objet d'un examen plus poussé.
- Des clarifications sont requises pour la gestion de la précision de détermination des ouvrages.
- Des règles doivent régir l'effet produit par une modification des exigences dynamiques en matière d'information sur la mise à jour des objets.

Exigence en matière d'information pour l'utilisation
- Etude de faisabilité poussée relative au développement d'un algorithme visant à réduire automatiquement le degré d'abstraction.

Preuve de qualité
- Développement d'une indication de précision liée aux points intégrant la précision du réseau.