LES MODÈLES NUMÉRIQUES 3D

Ref3DNat®

Version 1.0.2

Spécifications du noyau du référentiel

ign.fr

Date du document : Mars 2018

IGN
INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

l'information grandeur nature

SOMMAIRE

SOMMAIRE 2

1. RÉSUMÉ 8

2. INTRODUCTION 9

2.1 Présentation du Référentiel 3D National 9

2.1.1 Utilisation de CityGML 9

2.1.2 Plusieurs niveaux de détails 9

2.1.2.1 Un socle LOD1 France entière 9

2.1.2.2 Modèles 3D plus détaillés 10

2.1.2.3 Description du Noyau 10

2.2 Objectifs du document et domaines d'application 11

2.3 Normes de référence 11

2.4 Documents de référence 12

2.5 Terminologie 12

2.6 Symboles, acronymes et abréviations 13

2.7 Outils de description du modèle de données 13

2.8 Règles et recommandations Ref3DNat® 13

3. CONFORMITÉS NORMATIVES 14

3.1 CityGML 14

3.2 INSPIRE 15

3.3 Conclusion 15

4. ASPECT GÉNÉRAL DU NOYAU DU RÉFÉRENTIEL 16

4.1 Définition de l'espace urbain 16

4.1.1 Définition de « lot » 16

4.1.2 Découpage d'un lot 16

4.1.3 Modèle UML du Ref3DNat® 17

4.1.4 Catalogue d'objets du Ref3DNat 17

4.2 Constitution de l'espace urbain 17

4.3 Modèle de donnée de l'espace urbain - CityModel 18

4.3.1 Modèle UML de l'espace urbain (CityModel) 18

4.3.2 Catalogue d'objets de l'espace urbain (CityModel) 18

4.3.3 Valeurs attributaires des objets urbains (CityObject) 18

4.3.3.1 Identifiants des CityObjects 19

4.4 Description de la géométrie des objets Ref3DNat® 19

4.4.1 Modèle UML de la représentation géométrique des objets 20

4.4.2 Catalogue d'objets décrivant la géométrie des objets 3D 20

4.4.3 Contraintes et préconisations supplémentaires 21

5. MODÉLISATION DU BÂTIMENT 22
5.1 Définition du bâtiment 22
5.2 Individualisation des bâtiments 23
5.3 Modèle de données associé au bâtiment 25
5.3.1 Modèle UML pour le bâtiment 25
5.3.2 Catalogue d'objets décrivant le bâtiment 25
5.4 Eléments de bâtiments 26
5.4.1 Discrétisation d'un élément de bâtiment 26
5.4.2 Modélisation d'un bâtiment 27
5.4.2.1 Le toit 27
5.4.2.2 Les façades 28
5.4.2.3 Lien entre le toit et les façades 29
5.4.2.4 Le plancher 30
5.4.2.5 Règles géométriques et topologiques concernant la modélisation de l'élément de bâtiment 30
5.5 Valeurs attributaires pour le bâtiment et l'élément de bâtiment 32
6. MODÉLISATION DU PONT 34
6.1 Définition du pont 34
6.2 Modèle de données associé au pont 35
6.2.1 Modèle UML du pont 35
6.2.2 Catalogue d'objets 35
6.3 Elément de pont 36
6.3.1 Discrétisation en éléments de pont 36
6.3.2 Modélisation du pont 36
6.3.2.1 Règles sémantiques et géométriques 36
6.3.2.2 Règles topologiques et géométriques 38
6.4 Valeurs attributaires pour le pont et l'élément de pont 38
7. MODÉLISATION DU RELIEF 40
7.1 Définition du relief 40
7.2 Modèle de données décrivant le relief 40
7.2.1 Modèle UML du relief 40
7.2.2 Catalogue d'objets 40
7.3 Règles de constitution 41
7.3.1 Géométrie 41
7.3.2 Règles topologiques concernant la modélisation du relief 42
8. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE ET UNITÉS DE MESURE 43

9. QUALITÉ DES DONNÉES ... 45
9.1 Précision de positionnement ... 45
9.1.1 Précision du bâtiment ... 45
9.1.2 Précision du pont ... 45
9.1.3 Précision du relief ... 46
9.2 Complétude ... 46
9.3 Sémantique ... 46
9.4 Géométrie/Topologie ... 47
10. MÉTADONNÉES ... 48
10.1 Principe ... 48
10.2 Métadonnées de produit ... 48
10.3 Métadonnées de lot et d'ilot ... 48
11. LIVRAISON DE DONNÉES ... 49
11.1 Caractéristiques de la donnée ... 49
11.2 Échange de la donnée ... 49
11.3 Contrôles des données ... 49
11.4 Mise à jour des données ... 49
ANNEXES ... 51
Annexe 1 : Extensions possibles du noyau Ref3DNat® ... 51
Annexe 2 : Principe de l'utilisation du mécanisme CityGML Xlink ... 53
Annexe 3 : Exemple d'implémentation d'un bâtiment Ref3DNat® en CityGML ... 54
Annexe 4 : Liste des règles Ref3DNat® ... 56
Annexe 5 : Liste des dérogations aux règles Ref3DNat® ... 58
Annexe 6 : Liste des recommandations Ref3DNat® ... 59
Annexe 7 : Liste de codes avec exemples pour « class » et « usage » de l'élément de bâtiment ... 60
Annexe 8 : Liste de codes avec exemples pour « class » et « usage » de l'élément de pont ... 64

Table des Figures

Figure 1 Exemples de représentations niveaux de détail (LOD) 1 – 4 pour un bâtiment 9
Figure 2 Exemples de modélisation CityGML LOD1 9
Figure 3 Exemples de modèles détaillés CityGML LOD2 10
Figure 4 Noyau du référentiel (partie obligatoire) et extensions possibles (partie optionnelle) 10
Figure 5 Les thèmes d'un objet urbain (les thèmes du noyau Ref3DNat® : bâtiment, pont, relief) 10
Figure 6 Niveau de détail CityGML du noyau du Ref3DNat® - LOD2 11
Figure 7 Exemple de modélisation d'un bâtiment CityGML LOD2 compatible Ref3DNat® 11
Figure 8 Eléments de la scène urbaine CityGML 14
Figure 9 Exemples niveaux de détails (LOD) 0 - 4 14
Figure 10 Le Ref3DNat® est constitué d'un socle LOD1 et de lots LOD2 16
Figure 11 Exemple de découpage d'un « lot » en « ilots » - un polygone pour chaque ilot 16
Figure 12 Modèle UML du Ref3DNat 17
Figure 13 Représentation des objets urbain modélisés dans le Noyau Ref3DNat 17
Figure 14 Modèle UML de l'espace urbain (CityModel) – en jaune, les classes abstraites 18
Figure 15 Modèle UML de la représentation géométrique des objets 20
Figure 16 Orientation des faces d'un objet (normales vers l'extérieur) 21
Figure 17 Exemples de bâtiments 22
Figure 18 Exemples d'éléments à ne pas considérer comme bâtiments 23
Figure 19 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – constructions connexes : 1 bâtiment et 3 éléments de bâtiment 23
Figure 20 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – constructions non-connexes 23
Figure 21 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une deux parcelles 24
Figure 22 Exemple d'un cas d'individualisation ambiguë – un bâtiment et son extension sur deux parcelles 24
Figure 23 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – construction sur deux parcelles 24
Figure 24 Modèle UML pour le bâtiment 25
Figure 25 Description des types de surfaces (cf. standard CityGML) 26
Figure 26 Exemple de divisions du bâtiment en éléments de bâtiment 27
Figure 27 Contraintes thématiques et topologiques pour un bâtiment/élément de bâtiment 27
Figure 28 Eléments principaux du toit 28
Figure 29 Exemple de toiture complexe 28
Figure 30 Exemple de description de façade 28
Figure 31 Discrétisation des façades 28
Figure 32 Exemple de non-modélisation des faces intérieures 29
Figure 33 Exemple d'utilisation d'une surface « imaginaire » de fermeture « ClosureSurface » 29
Figure 34 Exemple de bâtiment dans lequel toutes les surfaces sauf le toit doivent être modélisées par des « ClosureSurface » 29
Figure 35 Modélisation des avancées de toit 30
Figure 36 Modélisation du plancher au Z minimum du MNT 30
Figure 37 Exemple de trou dans un bâtiment 30

Figure 38 Exemple de relations topologiques entre deux points proches 30
Figure 39 Exemple d'intersection interdite entre deux bâtiments 31
Figure 40 Exemple de problèmes au sein d'un polygone (segment pendant, auto-intersection) 31
Figure 41 Exemple de points communs (snap 2D) entre deux bâtiments 31
Figure 42 Exemple de bâtiments mitoyens 31
Figure 43 Exemple de point inutile 31
Figure 44 Exemple de point utile entre deux bâtiments 31
Figure 45 Exemple de bâtiment modélisé avec trop de triangles 32
Figure 46 Exemples de pont à modéliser dans le noyau Ref3DNat® 34
Figure 47 Exemple de pont pour lequel la modélisation dans Ref3DNat® est optionnelle 34
Figure 48 Modèle UML pour le pont 35
Figure 49 Exemple de pont avec trois éléments de pont 36
Figure 50 Description des surfaces thématiques du pont 37
Figure 51 Exemple de pont avec utilisation de surface « imaginaire » de fermeture « ClosureSurface » 37
Figure 52 Modélisation simple d'un pont 37
Figure 53 Exemple de pont avec une architecture particulière (le tablier ne repose pas sur le sol) 37
Figure 54 Exemple de pont avec bâtis sur le tablier 38
Figure 55 : Exemples de descriptions de ponts 38
Figure 56 Exemples de ponts où le tablier est mobile 39
Figure 57 Modèle UML pour le sol 40
Figure 58 Ouvertures de ponts (franchissement des réseaux hydrographique, routier ou ferré) sur un extrait de MNT ... 42
Figure 59 Principe de métadonnées Ref3DNat® 48
Figure 60 Exemple d'arborescence possible pour la livraison de données 49
Figure 61 Principe des extensions du noyau Ref3DNat® 51
Figure 62 Thématiques possibles pour Ref3DNat® étendu 51
Figure 63 Description du bâtiment en CityGML LOD2 détaillé (à gauche) et en LOD3 (à droite) 52
Figure 64 Extensions possibles au LOD2 52
Figure 65 Xlink – exemple d'objet partageant une surface commune 53
Figure 66 Utilisation de xlink dans le Ref3DNat® entre le solide et les faces thématiques d'un bâtiment 53

Table des tableaux

Tableau 1 Catalogue d'objets Ref3DNat 17
Tableau 2 Catalogue d'objets CityModel 18
Tableau 3 Attributs CityGML de la classe « _CityObject » 19
Tableau 4 Début d'identifiants des objets 3D selon leur type 19
Tableau 5 Catalogue d'objets CityGML décrivant la géométrie 21
Tableau 6 Catalogue d'objets décrivant le bâtiment 26
Tableau 7 Présentation des cas de figure de restitution des toits et des façades 29
Tableau 8 Attributs portés par le bâtiment 32
Tableau 9 « UsageList » : valeurs possibles de l'attribut « usage » pour l'élément de bâtiment 33
Tableau 10 « ClasseList » : valeurs possibles de l'attribut « class» pour l'élément de bâtiment 33
Tableau 11 Catalogue d'objets décrivant le pont 36
Tableau 12 Attributs portés par l'objet « Bridge » 38
Tableau 13 « UsageList » : valeurs de l'attribut « Usage » pour l'élément de pont 39
Tableau 14 « Class List » : valeurs de l'attribut « Class » » pour l'élément de pont 39
Tableau 15 Catalogue d'objets décrivant le relief 40
Tableau 16 Eléments caractéristiques du relief à restituer 41
Tableau 17 Systèmes de référence planimétrique et altimétrique légaux français 44
Tableau 18 Précision globale attendue pour les bâtiments et les ponts 45
Tableau 19 Précision attendue pour la modélisation de la ligne de gouttière 45
Tableau 20 Précision attendue pour la modélisation des lignes de faitage 45
Tableau 21 Précision attendue pour la modélisation du plancher 45
Tableau 22 Précision attendue pour la modélisation du plancher 45
Tableau 23 Précision attendue pour la modélisation du relief 46
Tableau 24 Taux de bâtiments/ponts en trop 46
Tableau 25 Taux de bâtiments/ponts omis 46
Tableau 26 Taux d'objets de type CityObject non-conformes 46
Tableau 27 Taux d'objets 3D incorrectement classifiées 46
Tableau 28 Taux d'attributs mal renseignés 46
Tableau 29 Taux de faces incorrectement classifiées 46
Tableau 30 Taux de fautes géométriques 47
Tableau 31 Taux de fautes topologiques 47
Tableau 32 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « class » de l'élément de bâtiment 61
Tableau 33 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « usage » de l'élément de bâtiment 63
Tableau 34 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « usage » de l'élément de pont 64
Tableau 35 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « class » de l'élément de pont 65

1. RÉSUMÉ

Ce document a pour objet de spécifier **le noyau du référentiel 3D national (Ref3DNat®)**.

Il contient l'ensemble des règles et recommandations Ref3DNat® concernant le noyau. Le noyau est constitué de trois thèmes :

- relief ;
- bâtiments ;
- ponts.

Chaque thème, avec ses spécificités, règles et recommandations, est décrit dans ce document.

2. INTRODUCTION

2.1 Présentation du Référentiel 3D National

Le référentiel 3D national (Ref3DNat®) est une base de données 3D destinée à couvrir l'ensemble du territoire. Il sera constitué pour partie par les modèles 3D produits par les collectivités locales, pour partie par des modèles 3D produits par l'IGN.

2.1.1 Utilisation de CityGML

Le format d'échange proposé entre les différents contributeurs au référentiel est CityGML. Il s'agit d'un standard OGC permettant la modélisation numérique de villes 3D. Il permet une représentation sémantique de l'espace urbain, en fonction de niveaux de détails ou LOD (Level Of Details) :

Figure 1 Exemples de représentations niveaux de détail (LOD) 1 – 4 pour un bâtiment

CityGML est décrit plus en détail dans 3.1.

2.1.2 Plusieurs niveaux de détails

Le référentiel est constitué de plusieurs niveaux de détail : un socle LOD1 France entière enrichi par des productions locales LOD2 ou plus.

2.1.2.1 Un socle LOD1 France entière

Afin que le référentiel couvre l'ensemble du territoire, l'IGN proposera un socle LOD1 France entière issu du Référentiel Grande Echelle (RGE) pour les thèmes bâtiments, sol et ponts.

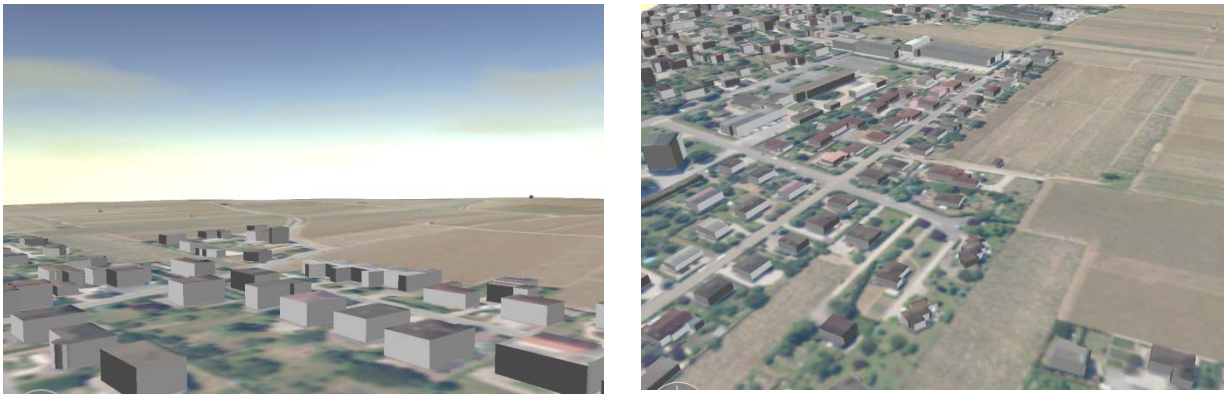


Figure 2 Exemples de modélisation CityGML LOD1

Dans ce document, nous n'aborderons pas la constitution de ce socle qui fait l'objet d'une spécification distincte.

2.1.2.2 Modèles 3D plus détaillés

Des modèles 3D plus détaillés (LOD2 ou LOD3) enrichissent localement le référentiel au dessus du socle LOD1.

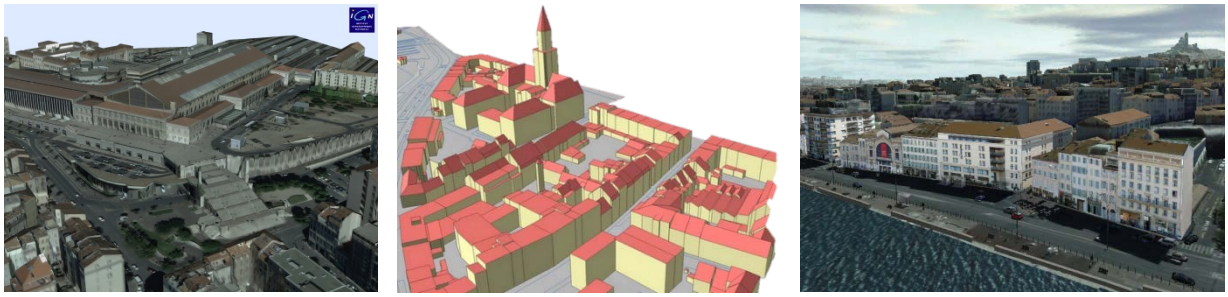


Figure 3 Exemples de modèles détaillés CityGML LOD2

Ces modèles 3D plus détaillés suivent un ensemble de règles/caractéristiques communes obligatoires : une modélisation LOD2 non texturée (cf. 2.1.2.3). Ces règles définissent « le noyau du référentiel 3D national ». Elles constituent l'objet de ce document.

Toutefois, cette définition du noyau sera étendue pour permettre l'intégration d'objets plus complexes via des extensions au noyau ; ces extensions n'ont pas de caractère obligatoire. Elles ne font pas l'objet de ce document. Pour plus de précisions sur ces extensions, voir Annexe 1.

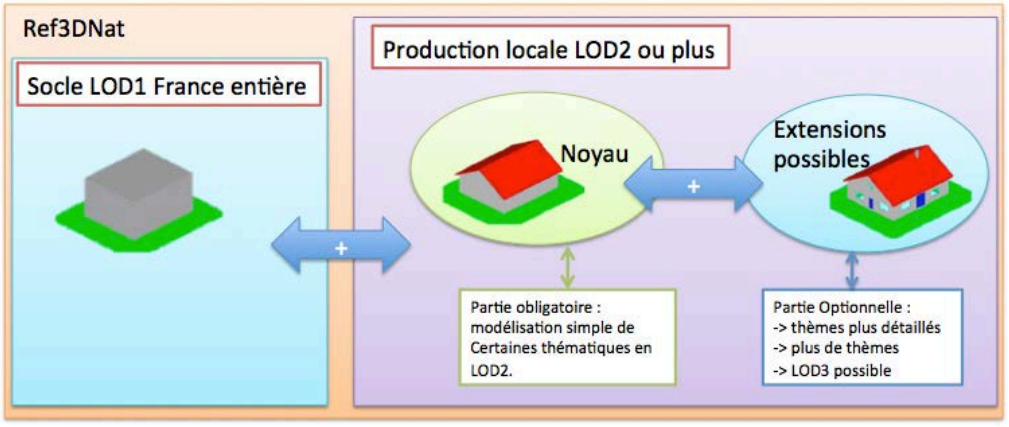


Figure 4 Noyau du référentiel (partie obligatoire) et extensions possibles (partie optionnelle)

2.1.2.3 Description du Noyau

Le noyau Ref3DNat® est constitué d'une modélisation LOD2 CityGML. Les thèmes du noyau sont : bâtiment, pont et relief ; le niveau du détail demandé est LOD2, la texturation des éléments du noyau n'est pas obligatoire.

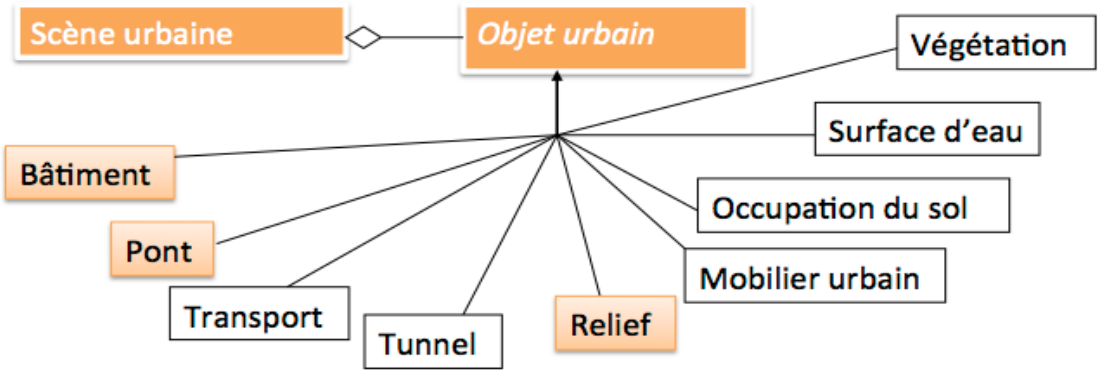


Figure 5 Les thèmes d'un objet urbain (les thèmes du noyau Ref3DNat® : bâtiment, pont, relief)

Figure 6 Niveau de détail CityGML du noyau du Ref3DNat® - LOD2

La modélisation des objets est généralisée : les bâtiments sont constitués des formes de toits principales et des façades planes sans terrasses et autres avancées (Figure 7).

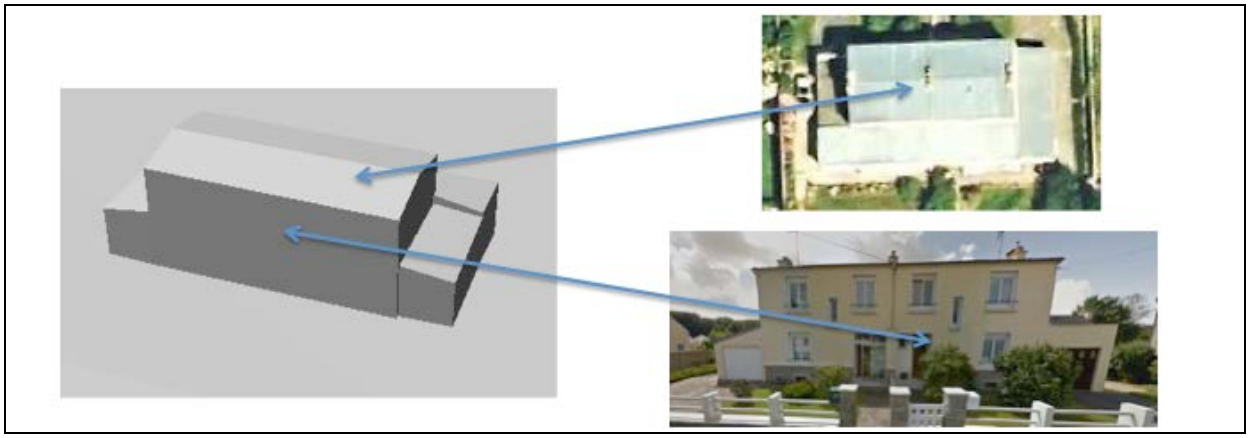


Figure 7 Exemple de modélisation d'un bâtiment CityGML LOD2 compatible Ref3DNat®

2.2 Objectifs du document et domaines d'application

Ce document a pour objectif de **spécifier le noyau du référentiel 3D national** (Ref3DNat®) en définissant une série de règles et recommandations permettant la description des modèles 3D LOD2. Ces règles sont de natures sémantiques, géométriques et topologiques. Elles respectent les standards CityGML et ISO, ainsi que la règlementation INSPIRE.

2.3 Normes de référence

Titre	Version	Référence
CityGML	V2.0	http://www.opengeospatial.org/standards/citygml
INSPIRE – Bâtiment	V3.0	http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2
ISO 19115:2005 : Information géographique, métadonnées – Principes de base	ISO 19115:2005	http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=53798
ISO/TS 19139 : Information géographique, métadonnées – Implémentation de schémas XML	ISO/TS 19139:2007	http://www.iso.org/iso/fr/catalogue_detail.htm?csnumber=32557
ISO 19157:2013 : Information géographique, qualité des données	ISO 19157:2013	http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32575
ISO 19107 : Information géographique, caractéristiques spatiales	ISO 19107:2003	http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26012
UML	V2.0	http://www.uml.org/

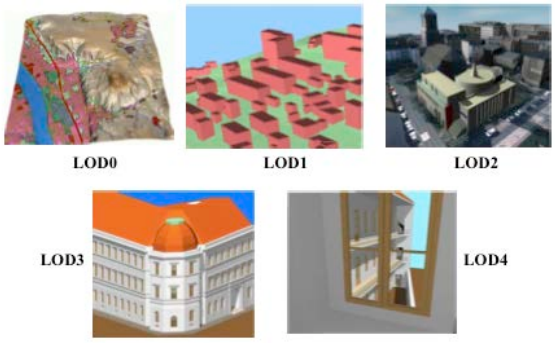
2.4 Documents de référence

Titre	Version	Référence
Ref3DNat® - Proposition technique en vue de spécifications	V2.5	Interne IGN
Recommandations Sig3D	V2.0.0 EN	http://en.wiki.quality.sig3d.org/index.php/Main_Page
Technical Specifications for the Construction of 3D IMGeo-CityGML (Final Report)	V2.02 EN	https://3d.bk.tudelft.nl/hledoux/pdfs/12_3dpilot_report.pdf
Dictionnaire professionnel du BTP, Editions Eyrolles	2013	ISN: 2212132085

2.5 Terminologie

Collection	Ensemble d'objets, d'attributs, etc.
Connexité	Un objet est connexe s'il est fait d'un seul « morceau ».
Extension	Elément non obligatoire permettant de produire un modèle 3D plus détaillé que celui prévu par le noyau.
Lot	Ensemble cohérent de données 3D (i.e. un modèle 3D d'une ville)
Modèle de données	Modèle qui décrit de façon abstraite comment sont représentées les données dans le référentiel.
Modélisation	Manière de décrire géométriquement un (ou une partie d'un) objet 3D
Noyau	Ensemble des éléments devant à minima être présents pour constituer un modèle 3D intégrable dans le référentiel.
Objet 3D	Objet modélisé en 3D
Photogrammétrie	Technique qui permet d'exécuter des mesures spatiales à partir de photos ou d'autres images numériques
Profil	Extraction d'une sous-partie cohérente d'une norme ou d'un standard.
Snap	Action de coller deux points proches : les deux points résultants ont exactement les mêmes coordonnées.
Structuration	Manière d'organiser les objets (d'une scène 3D par exemple)
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community
CityGML	City Geography Markup Language

2.6 Symboles, acronymes et abréviations

LOD	Level Of Detail (CityGML) : CityGML définit cinq niveaux de détails : 
MTD	Métadonnées
PV	Prise de Vue
Ref3DNat®	Référentiel 3D National
UML	Unified Modeling Language
CityGML	City Geography Markup Language
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in the European Community

2.7 Outils de description du modèle de données

Le modèle de données du Ref3DNat® est décrit par des diagrammes de classes UML v2.2. Afin de décrire les objets présents dans ces diagrammes, les diagrammes sont accompagnés d'un catalogue descriptif des objets.

Les attributs portés par les objets ne sont pas décrits dans les diagrammes. Les attributs spécifiques à l'objet sont décrits à la suite sous forme de tableaux ; pour les attributs portés via un héritage de classe, il faut se reporter à la classe dont l'objet hérite.

2.8 Règles et recommandations Ref3DNat®

Un ensemble de règles est défini, **leur respect est obligatoire**. Elles sont présentées sous cette forme :

Règle 0 : …

Une dérogation à la règle est possible. Elle sera présentée sous cette forme :

Dérogation 0 - Règle 0 : …

Si plusieurs choix sont valables pour la modélisation et si aucune n'est retenue comme règle, des recommandations seront apportées afin de donner une direction. Elles sont présentées sous cette forme :

Recommandation 0 : …

3. CONFORMITÉS NORMATIVES

Afin de garantir l'utilisation et l'échange des données Ref3DNat®, il est essentiel que celui-ci repose sur des standards et normes reconnues.

3.1 CityGML

CityGML - standard OGC :

CityGML est un standard OGC (Open Geospatial Consortium) permettant la représentation et l'échange de modèles 3D urbains. Ce format s'appuie sur le langage GML (Geography Markup Language), qui lui-même repose sur les normes conceptuelles de l'ISO/TC 211, en particulier ISO 19107 (aspects géométriques) et ISO 19109 (règle pour la mise en place de schémas de données).

Contrairement aux autres langages 3D utilisés pour la représentation 3D urbaine (3DS, KML, X3D, DirectX, etc.) et essentiellement graphiques, le standard CityGML met l'accent sur la définition et la description sémantique et géométrique de l'espace urbain : un ensemble géographique cohérent où les objets sont définis par leur rôle et par les interactions possibles (géométrique et/ou sémantiques) avec les autres objets. Ainsi, une scène est un ensemble d'objets urbains qualifiés selon leur rôle dans l'espace urbain.

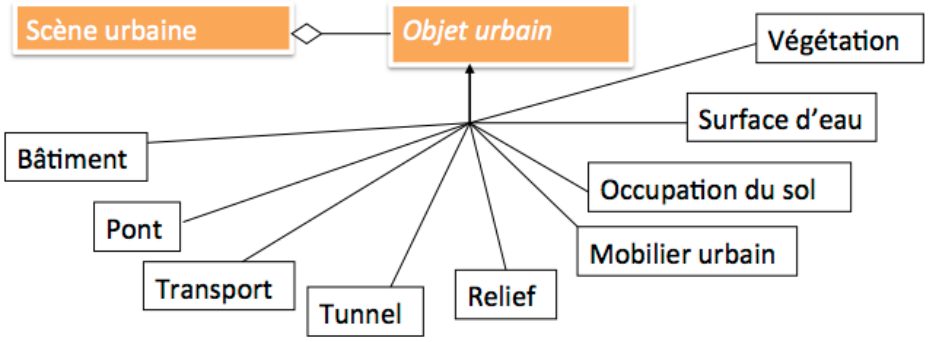


Figure 8 Eléments de la scène urbaine CityGML

Le standard CityGML prévoit cinq niveaux de détails (LOD : de 0 à 4), défini en fonction des critères sur le rendu du modèle 3D: précision géométrique, échelle, finesse de la représentation…

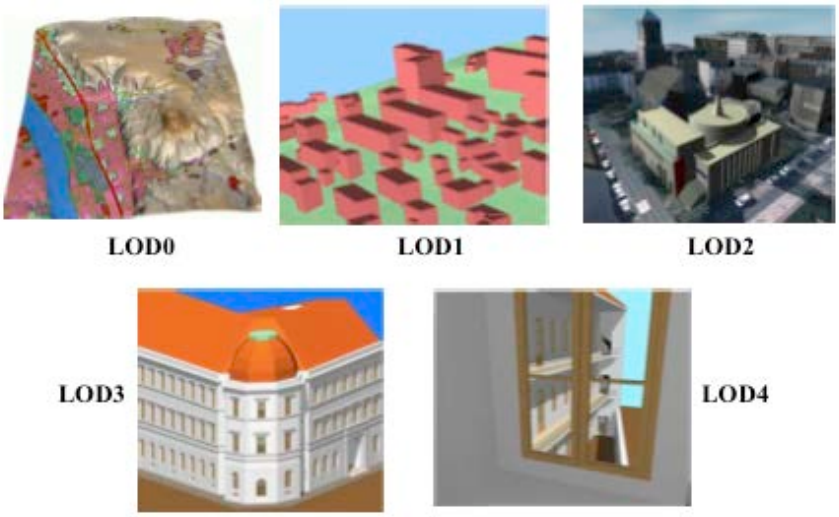


Figure 9 Exemples niveaux de détails (LOD) 0 - 4

CityGML autorise un large éventail de modélisations possibles. Dans le cadre de la définition d'un référentiel, où a fortiori on doit garantir une certaine homogénéité, le modèle de données doit proposer un cadre mieux défini. Ce document propose **un profil CityGML**, à savoir une sélection des classes et des relations contenues dans le standard.

Utilisation des codes d'attributs :

Tous les objets CityGML possèdent des attributs permettant de décrire la nature ou la fonction des objets, dont les valeurs sont à prendre dans une liste. Ces listes sont définies dans le présent document.

3.2 INSPIRE

La directive INSPIRE vise à établir en Europe une infrastructure de données géographiques pour assurer l'interopérabilité entre bases de données et faciliter la diffusion, la disponibilité, l'utilisation et la réutilisation de l'information géographique.

Cette directive définit pour chaque type de donnée géographique un cadre à respecter contenant un ensemble de règles et des informations complémentaires optionnelles.

Concernant la définition et la modélisation géométrique des bâtiments INSPIRE (2D et par extension 3D), le modèle de données proposé est compatible avec le standard CityGML, avec des différences au niveau de la définition des attributs et des valeurs attributaires.

3.3 Conclusion

Le modèle de données Ref3DNat® est un profil du standard OGC CityGML. Ce profil est proche du modèle de données INSPIRE pour les bâtiments, ce qui permettra le lien entre les deux modèles de données (obligation légale).

Règle 1* : *Afin d'intégrer le Ref3DNat®, les modèles 3D doivent respecter le profil CityGML du Ref3DNat®, et par extension le CityGML V2.0.

Dans la suite du document, nous ferons référence aux objets CityGML pour décrire les objets de l'espace urbain.

Règle 2* : *Les fichiers CityGML doivent être encodés en UTF-8.

4. ASPECT GÉNÉRAL DU NOYAU DU RÉFÉRENTIEL

4.1 Définition de l'espace urbain

4.1.1 Définition de « lot »

Le référentiel est constitué d'un socle LOD1 au dessus duquel viennent se superposer des zones urbaines décrites en LOD2, objet de cette spécification. Pour décrire ces zones LOD2, nous parlerons de « lot ».

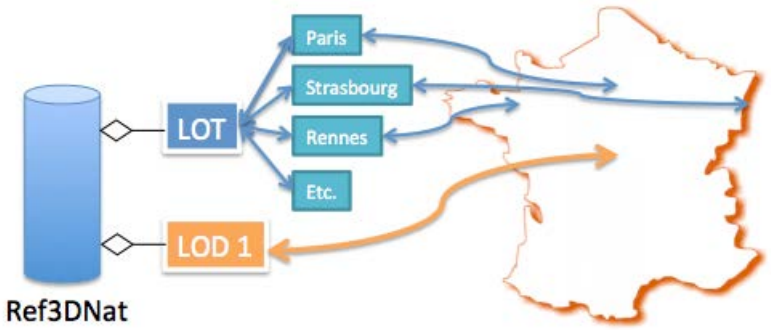


Figure 10 Le Ref3DNat® est constitué d'un socle LOD1 et de lots LOD2

Le « lot » représente un sous-ensemble du « Ref3DNat® » décrit en LOD2 sur un territoire connexe (« d'un seul tenant ») décrivant une zone géographique particulière, fidèle à une réalité terrain (une ville, une agglomération, une collectivité locale, etc.)

4.1.2 Découpage d'un lot

Un lot pouvant décrire un grand territoire constitue un grand volume de données et implique une difficulté non négligeable dans la gestion informatique des modèles 3D. Pour rendre son utilisation plus facile, il est découpé en « ilots ».

***Règle 3* : Le découpage d'un « lot » en « ilots » doit se faire par zones connexes (exemple : commune, quartier etc.) où aucun bâtiment n'est « à cheval » sur plusieurs « ilots ». Les ponts « à cheval » entre plusieurs zones ne doivent en aucun cas être découpés.**

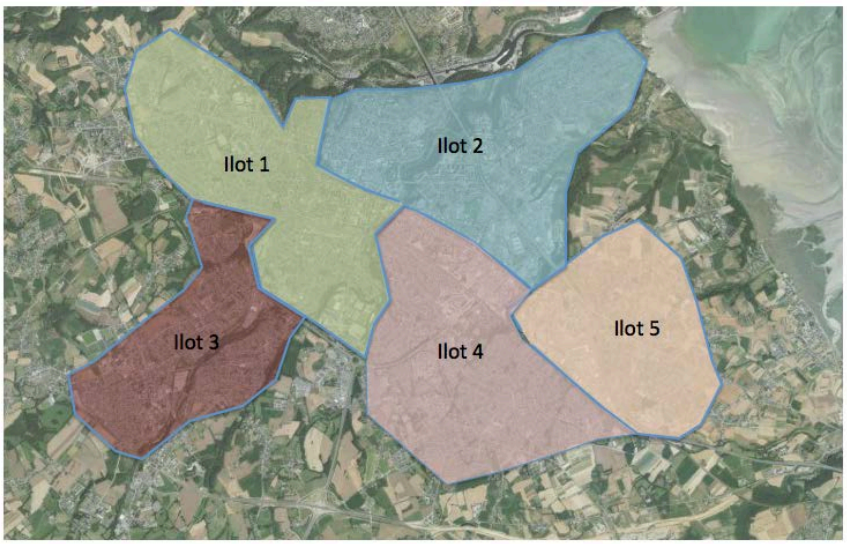


Figure 11 Exemple de découpage d'un « lot » en « ilots » - un polygone pour chaque ilot

Recommandation 1 : Le découpage d'un « lot » en « ilots » devrait respecter une certaine réalité terrain (découpage par ville, quartier, ilot INSEE etc.)

Règle 4* : *Les « ilots » doivent constituer une partition exacte de la zone recouverte par le modèle 3D : toute la surface du chantier est couverte et il n'y a pas de chevauchement ni de trou entre les zones.

Recommandation 2 : *Les ponts « à cheval » sur plusieurs ilots devraient être placés dans la zone du plus fort recouvrement.*

4.1.3 Modèle UML du Ref3DNat®

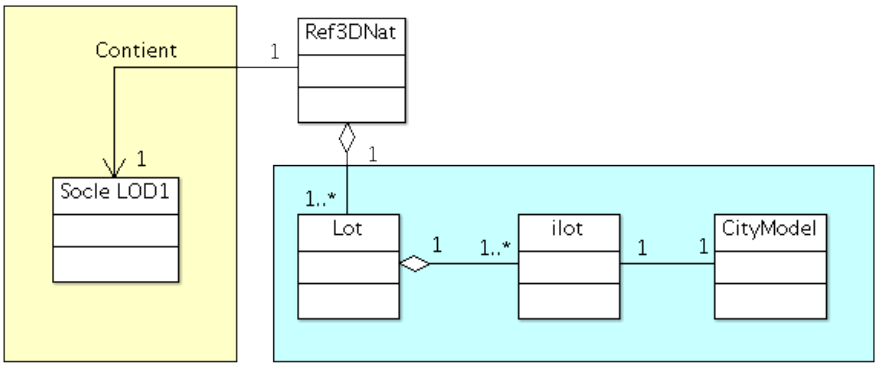


Figure 12 Modèle UML du Ref3DNat

On associe à chaque « ilot » un élément « CityModel » (cf. 4.3.1) du standard CityGML.

4.1.4 Catalogue d'objets du Ref3DNat

Nom	Type	Description
Ref3DNat	classe	Référentiel 3D National
Socle LOD1	classe	Socle LOD 1 du référentiel – non spécifié pour le moment
Lot	classe	Lot de données (cf. 4.1.1)
ilot	classe	Partie d'un lot (cf. 0)
CityModel	classe	Classe permettant la représentation d'un modèle 3D : ensemble d'objet caractérisés par leur type. (cf. 4.3.1)

Tableau 1 Catalogue d'objets Ref3DNat

4.2 Constitution de l'espace urbain

Le noyau doit permettre la création de modèles 3D de LOD2 contenant les bâtiments, les ponts et le relief :

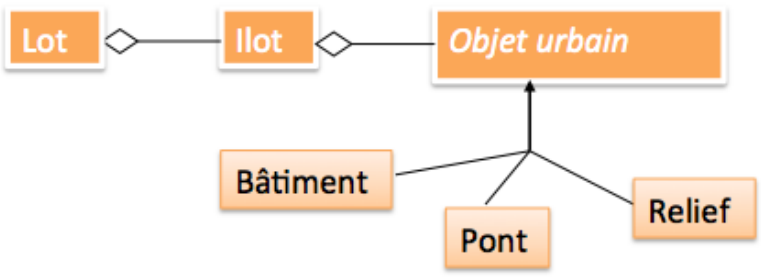


Figure 13 Représentation des objets urbain modélisés dans le Noyau Ref3DNat

4.3 Modèle de donnée de l'espace urbain - CityModel

4.3.1 Modèle UML de l'espace urbain (CityModel)

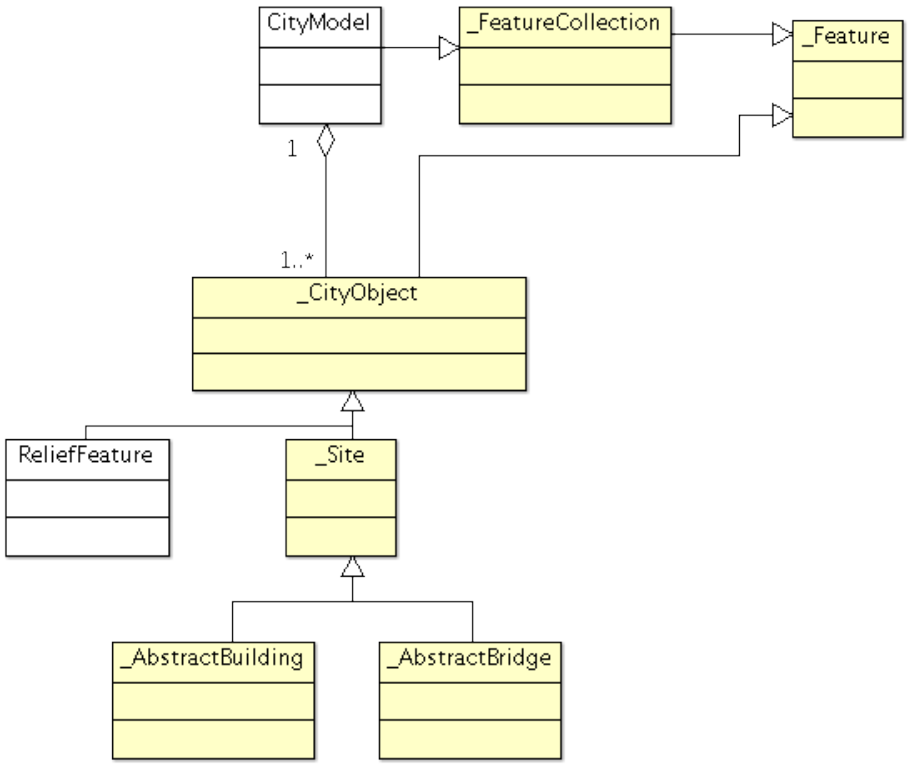


Figure 14 Modèle UML de l'espace urbain (CityModel) – en jaune, les classes abstraites

L'espace urbain appelé « CityModel » est modélisé par un ensemble d'objets caractérisés par leur type : relief, bâtiment, pont. Tous ces objets héritent de la classe GML « _Feature » du CityGML qui impose un identifiant unique à l'objet.

4.3.2 Catalogue d'objets de l'espace urbain (CityModel)

Nom	Type	Abstrait	Description
_AbstractBridge	classe	x	Classe permettant la description des ponts
_AbstractBuilding	classe	x	Classe permettant la description des bâtiments
_CityObject	classe	x	Classe permettant la représentation d'un objet. Tous les objets constituant l'espace urbain hériteront de cette classe.
_Feature	classe	x	Classe GML
_FeatureCollection	classe	x	Classe GML
_Site	classe	x	Classe CityGML
CityModel	classe		Classe permettant la représentation d'un modèle 3D : ensemble d'objets caractérisés par leur type.
ReliefFeature	classe		Classe permettant la description du relief

Tableau 2 Catalogue d'objets CityModel

4.3.3 Valeurs attributaires des objets urbains (CityObject)

La classe « _CityObject » est la classe mère de tous les objets 3D que l'on va décrire par la suite. Les attributs portés par l'élément « _CityObject » sont présentés dans Tableau 3 :

Nom de l'attribut	cardinalité	Définition
id	1	Identifiant unique ; attribut obligatoire
name	0..1	Nom de l'objet dans l'espace urbain

creationDate	1	Date de construction de l'objet CityGML dans le modèle ; attribut obligatoire
terminationDate	0..1	Date de destruction de l'objet CityGML dans le modèle (ex : en cas de destruction par remplacement de l'objet CityGML par un autre)

Tableau 3 Attributs CityGML de la classe « _CityObject »

L'ensemble des objets _CityObject (bâtiment, pont, etc.) possède des attributs « usage » et « class », prévus par le CityGML. « Usage » décrit l'utilisation réelle/concrète de l'objet, « class » décrit la classification générique de l'objet (ex : pour une église transformée en logement : « class » = église, « usage » = « résidentiel individuel »).

Chaque attribut contient une liste de valeurs à utiliser lors de la description de l'objet (ex : habitation pour un bâtiment). En ce qui concerne l'attribut « usage », ces valeurs peuvent être multiples et sont définis par une succession de balises <usage>.

***Recommandation 3** : Les objets caractéristiques ou remarquables (bâtiment administratif, ouvrage d'art, bâtiment historique etc) devraient porter un nom (attribut « name ») en respectant la toponymie.*

Exemple : <gml:name>Notre-Dame de Paris</gml:name>

4.3.3.1 Identifiants des CityObjects

***Règle 5** : L'attribut décrivant l'identifiant (« id ») de chaque objet doit être unique sur l'ensemble du lot.*

L'identifiant doit être construit suivant ces règles :

- commence par une ou plusieurs lettres décrivant le type d'objet (valeurs à prendre dans le Tableau 4).
- code INSEE de la commune modélisée
- code commune absorbée : trois derniers chiffres de la commune absorbée, par défaut « 000 »
- ensuite, plusieurs chiffres (et lettres) assurant l'unicité

Exemple : BU_35238_000_8f455906-06fb-4e73-b580-11678201ab2b

Objet	Début de l'identifiant
Building	BU
BuildingPart	BUP
RoofSurface	RS
WallSurface	WS
OuterCeillingSurface	OCS
GroundSurface	GS
ClosureSurface	CS
OuterFloorSurface	OFS
ReliefFeature	RF
TINRelief	TR
Bridge	BR
BridgePart	BRP

Tableau 4 Début d'identifiants des objets 3D selon leur type

4.4 Description de la géométrie des objets Ref3DNat®

La description géométrique des objets Ref3DNat est la représentation géométrique CityGML. Celle-ci repose sur le modèle géométrique GML3. Ce modèle, basé sur les normes ISO 19107, propose une représentation de type « Boundary Representation » (B-Rep) - représentation des objets 3D par des surfaces.

4.4.1 Modèle UML de la représentation géométrique des objets

Le diagramme de classes (Figure 15) est un profil CityGML permettant la représentation géométrique des objets.

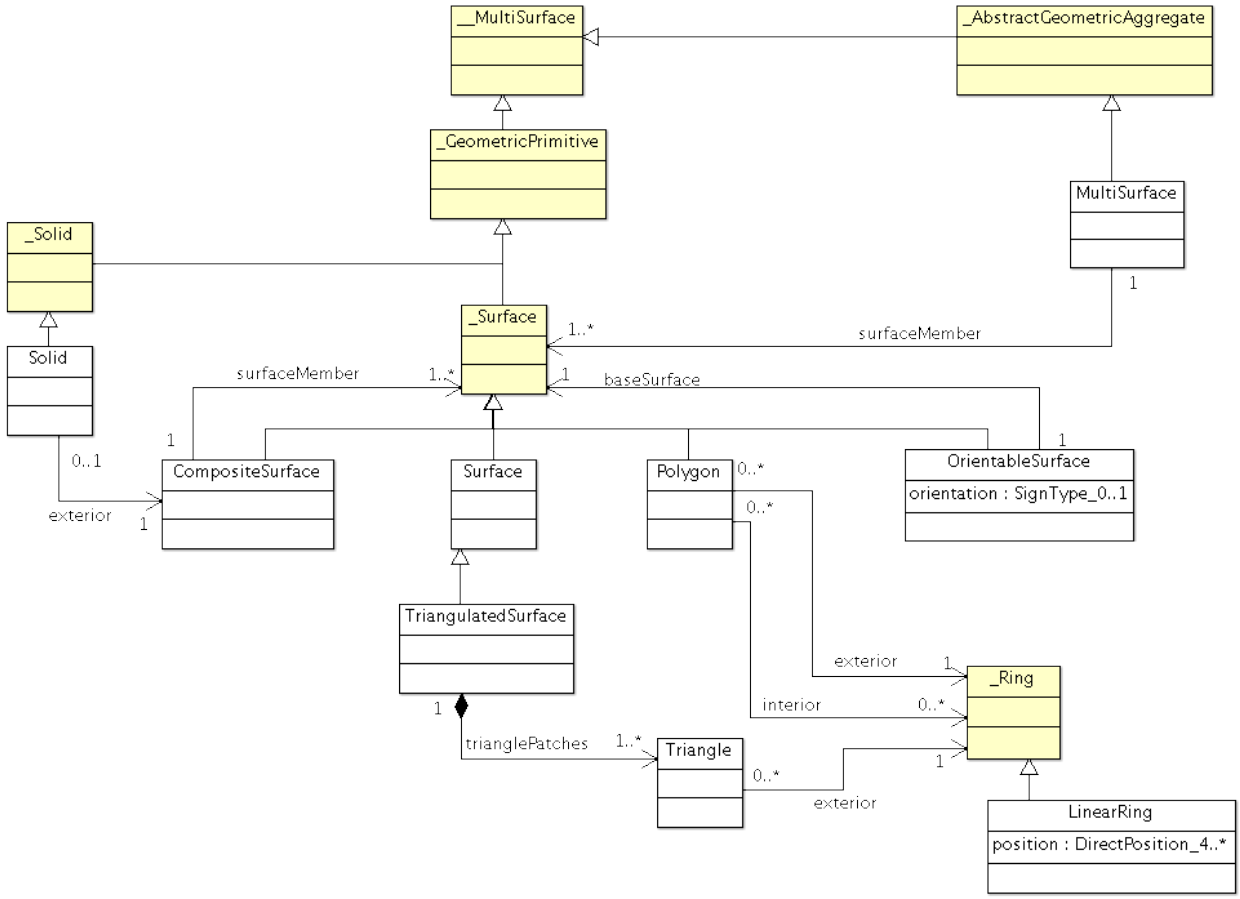


Figure 15 Modèle UML de la représentation géométrique des objets

Conformément à la ***Règle 1***, les règles topologiques CityGML s'imposent, parmi lesquelles :

- Les solides doivent être fermés (volumes fermés).
- Les polygones doivent être fermés (« dernier point » = « premier point »).
- Les triangles d'une surface triangulée ne doivent pas se chevaucher.
- Les surfaces d'une « CompositeSurface » ne doivent pas se chevaucher.
-

4.4.2 Catalogue d'objets décrivant la géométrie des objets 3D

Nom	Type	Abstrait	Description
_AbstractGeometricAggregate	classe	x	Classe abstraite pour la description d'agrégation de géométrie.
_GeometricPrimitive	classe	x	Classe GML abstraite pour la description de primitives géométriques
_Geometry	classe	x	Classe abstraite pour la description de la géométrie
_Ring	classe	x	Classe permettant la description d'un ensemble de segment jointifs
_Solid	classe	x	Classe abstraite permettant la représentation de solide (= volume fermé)
_Surface	classe	x	Classe abstraite permettant la représentation de surface
baseSurface	relation		Relation permettant de décrire la surface d'une « orientableSurface »
CompositeSurface	classe		Classe permettant la collection de surfaces

			(avec règle topologique : non superposition des surfaces).
Exterior	relation		Relation permettant la description extérieure de la « _Surface » (comme « linearRing ») et du « _Solid » (comme « CompositeSurface »)
Interior	relation		Relation permettant la description intérieure d'un polygone (description des trous)
LinearRing	classe		Classe permettant la description d'un ensemble de segments fermés.
MultiSurface	classe		Classe permettant de rassembler des surfaces (sans règles topologiques)
OrientableSurface	classe		Classe permettant la description d'une surface dont l'orientation est imposée par un attribut ; peut-être utile pour la description de surface en partage de géométrie.
orientation	attribut		Booléen permettant de donner le sens de la face (selon l'orientation – sens horaire ou antihoraire – de la surface)
Polygon	classe		Classe permettant la description d'un polygone : ensemble de ring : un pour l'extérieur du polygone et « n » pour les trous. Un polygone est plan.
Position	attribut		Ensemble de DirectPosition (point 3D)
Solid	classe		Classe permettant la description d'un solide (comme un ensemble de surfaces représentant un volume fermé)
Surface	classe		Classe permettant la description d'une surface (nécessairement une surface triangulée)
SurfaceMember	relation		Relation permettant d'indiquer l'ensemble des surfaces comprises dans la collection de surfaces (MultiSurface ou CompositeSurface)
Triangle	classe		Classe permettant la description d'un triangle : défini par un ring de 4 points (les coordonnées du premier point doivent être réécrites comme coordonnées du quatrième point – de cette façon, la fermeture du triangle est assurée)
trianglePatches	relation		Relation permettant d'indiquer l'ensemble des triangles contenus dans une surface triangulée.
TriangulatedSurface	classe		Classe permettant la description d'une surface triangulée : ensemble de triangles

Tableau 5 Catalogue d'objets CityGML décrivant la géométrie

4.4.3 Contraintes et préconisations supplémentaires

***Règle 6* : Toute surface d'un objet 3D doit être correctement orientée (les normales vers l'extérieur de l'objet).**

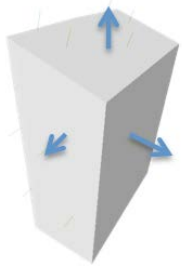


Figure 16 Orientation des faces d'un objet (normales vers l'extérieur)

***Recommandation 4** : Pour la modélisation d'une surface, il est préconisé d'utiliser un polygone si la surface est plane et une surface triangulée si la surface est complexe (exemple : dôme, donjon …). Une surface est plane si l'écart entre chaque point de la surface et son plan moyen ne dépasse pas un seuil de 5cm.*

5. MODÉLISATION DU BÂTIMENT

5.1 Définition du bâtiment

Définition d'un bâtiment (« Building ») : *construction au-dessus du relief, en cours de validité, qui est destinée à être ou est utilisée pour abriter des humains, des animaux, des objets, pour la production de biens économiques ou pour prestation de services et qui se réfère à toute structure construite ou érigée de façon permanente sur son site.*

Cette définition est compatible avec la définition d'INSPIRE pour le bâtiment.

Ces constructions devraient être considérées comme des bâtiments (liste non-exhaustive) :

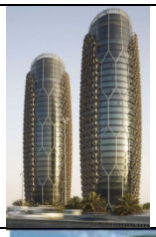
<table>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
<td> </td>
<td>
si fixe</td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td>  </td>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
<tr>
<td> </td>
<td> </td>
<td> </td>
<td> </td>
</tr>
</table>

Figure 17 Exemples de bâtiments

Ne devraient pas être considérées comme bâtiments (suivant les recommandations INSPIRE) :

<table>
<tr>
<td>Esplanades
 </td>
<td>Mur isolé
 </td>
<td>Escaliers
 </td>
<td>Pylône
 </td>
</tr>
<tr>
<td>Obélisque</td>
<td>Antenne</td>
<td>Statue</td>
<td>Panneau solaire</td>
</tr>
</table>

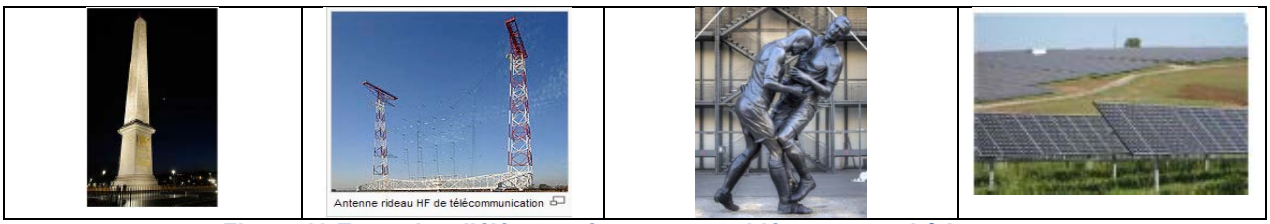


Figure 18 Exemples d'éléments à ne pas considérer comme bâtiments

La modélisation des constructions de type « non-bâtiments » (exemples dans **Figure 18**) n'est pas obligatoire ; ces constructions pourront être modélisées via la notion d'« Autre construction », extension du noyau du Ref3DNat®.

Règle 7 : ***Le référentiel 3D national intègre une modélisation de tous les bâtiments dont la superficie au sol est supérieure ou égale à 20 m², surface minimale à laquelle un permis de construire est exigé, et dont la hauteur minimale par rapport au sol est de 1.5 m. Les autres bâtiments sont facultatifs***.

Si un modèle contient des modélisations de bâtiments avec une superficie inférieure à 20 m² ou une hauteur par rapport au sol inférieure à 1.5 m, les critères de modélisations (ex : seuil minimal) doivent être renseignés par le producteur dans les métadonnées (cf. 10).

5.2 Individualisation des bâtiments

Les bâtiments d'un modèle 3D doivent être individualisés en tenant compte de l'information cadastrale. Cette information se trouve dans des bases de données cadastrales (BD Parcellaire®, Plan cadastral informatisé (PCI®), représentation parcellaire cadastrale unique (RPCU®)).

Règle 8 : ***Plusieurs constructions connexes sur une même parcelle constituent un seul bâtiment.***

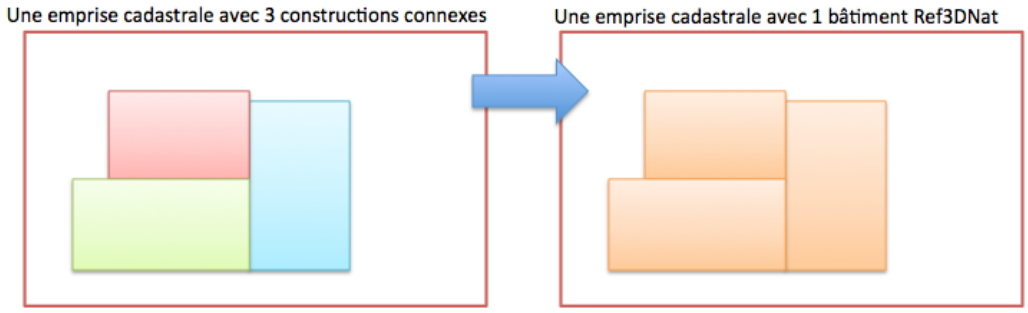


Figure 19 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – constructions connexes : 1 bâtiment et 3 éléments de bâtiment

Règle 9 : ***Plusieurs constructions non-connexes dans une parcelle constituent des bâtiments différents.***

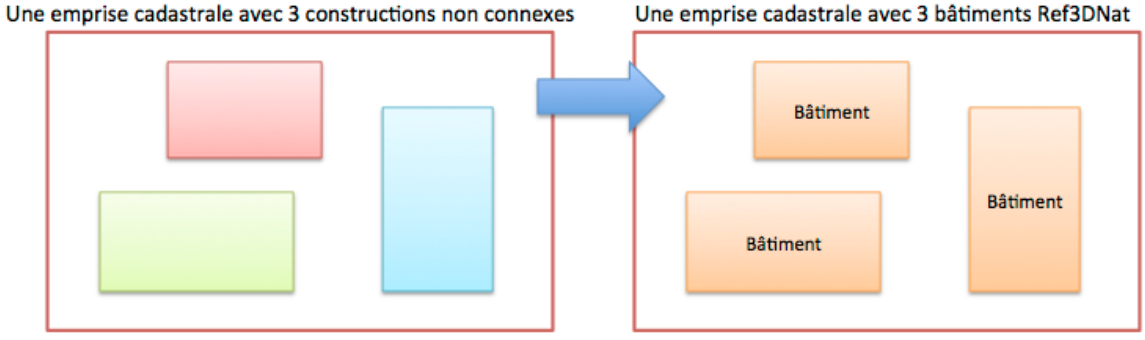


Figure 20 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – constructions non-connexes

Règle 10 **: *Si une entité bâtie est à cheval sur deux parcelles, on la découpe en deux bâtiments, en tenant compte de la limite parcellaire et de la réalité terrain.***

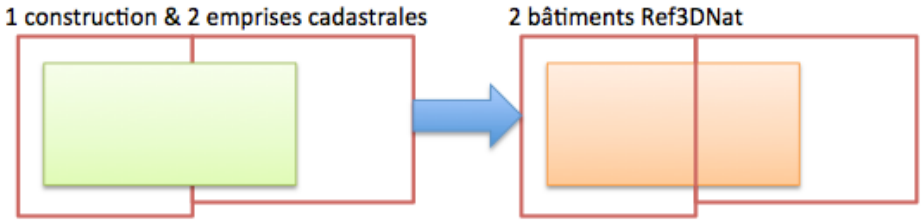


Figure 21 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une deux parcelles

Dérogation 1 - ***Règle 9***: Pour le découpage de bâtiment, dans certains cas ambigus (ex : bâtiment sur deux parcelles d'un même propriétaire), il est possible d'utiliser l'information indiquée par l'unité foncière (une unité foncière est composée par la totalité des parcelles contigües détenues par un même propriétaire).

Exemple d'un cas ambigu :

Le bâtiment situé sur la parcelle 1 contient une extension sur la parcelle 2. Puisque les parcelles ont le même propriétaire et que l'ensemble des constructions sur les deux parcelles correspond à une seule entité bâtie, il est possible de considérer l'ensemble comme un seul bâtiment Ref3DNat®.

Figure 22 Exemple d'un cas d'individualisation ambiguë – un bâtiment et son extension sur deux parcelles

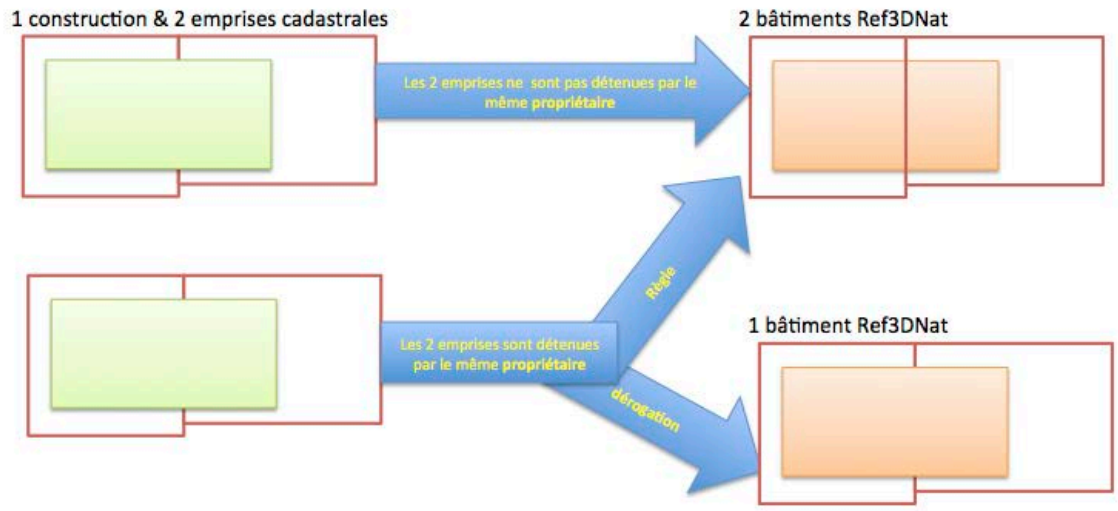


Figure 23 Exemple d'individualisation de bâtiments sur une même parcelle – construction sur deux parcelles

5.3 Modèle de données associé au bâtiment

5.3.1 Modèle UML pour le bâtiment

Le modèle de données associé aux bâtiments est le suivant :

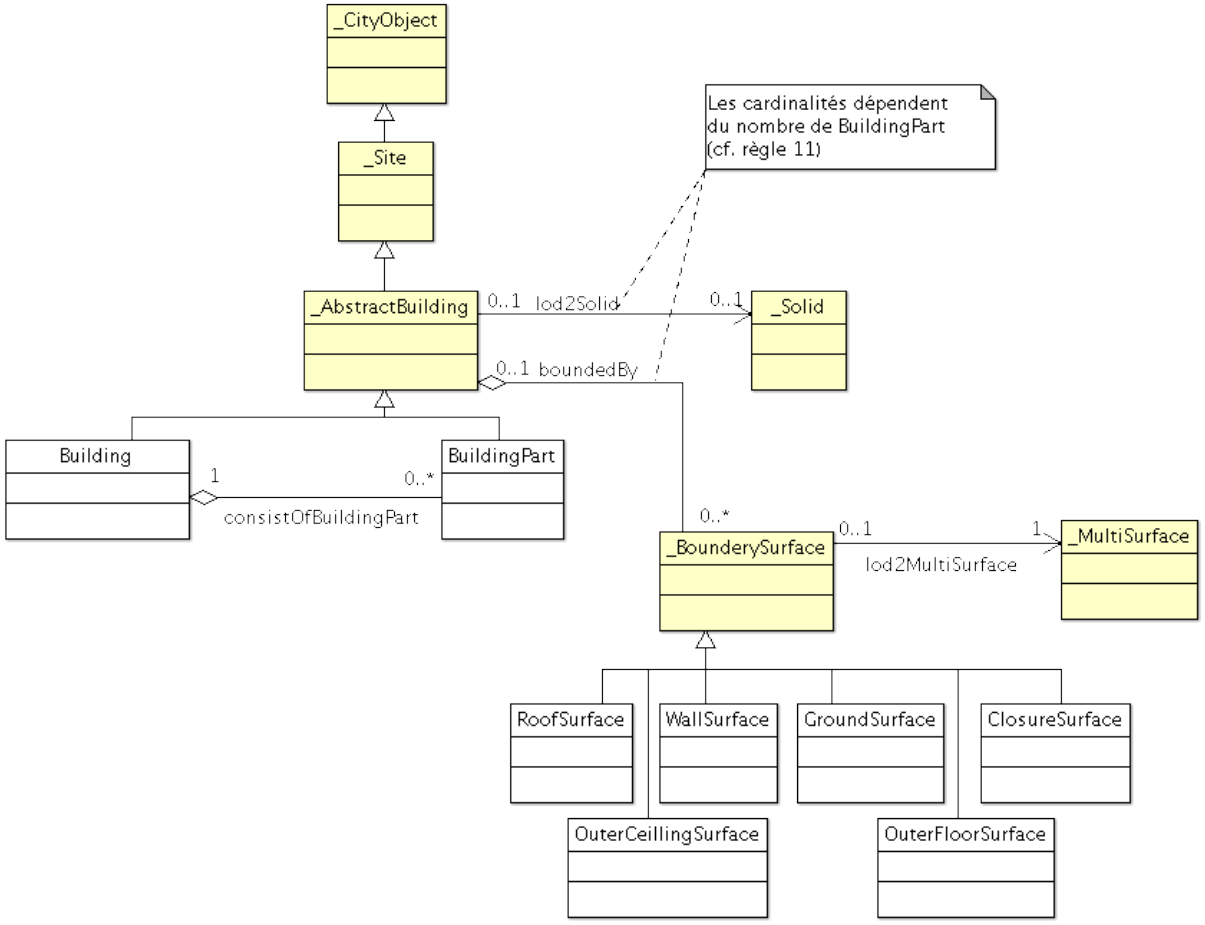


Figure 24 Modèle UML pour le bâtiment

Les bâtiments du noyau Ref3DNat® sont modélisés en LOD2.

5.3.2 Catalogue d'objets décrivant le bâtiment

Nom	Type	Abstrait	Description
_AbtractBuilding	classe	x	Classe abstraite permettant la description de bâtiment.
_BoundarySurface	classe	x	Classe abstraite permettant la description sémantique des faces du bâtiment
_CityObject	classe	x	Description dans 4.3.3.
_Site	classe	x	Classe abstraite CityGML permettant le rassemblement des attributs communs aux bâtiments, ponts, etc.
_Solid	classe	x	Description dans 4.4
boundedBy	relation		Relation permettant la description des faces sémantiques (« _BoundarySurface ») de l'élément de bâtiment (« BuildingPart »).
Building	classe		Classe permettant la représentation d'un bâtiment
BuildingPart	classe		Classe permettant la représentation d'un élément de bâtiment
ClosureSurface	classe		Classe permettant la description d'une surface « imaginaire » de fermeture

consistsOfBuildingPart	relation		Relation permettant la description d'une collection d'éléments de bâtiment (« BuildingPart ») pour un bâtiment (« Building »)
GroundSurface	classe		Classe permettant la description du sol
Lod2MultiSurface	relation		Relation permettant la description des « _BoundarySurface ».
Lod2Solid	relation		Relation permettant la description de l'objet « _Solid» de l'objet « BuildingPart ».
MultiSurface	classe		Description dans 4.4
OuterCeillingSurface	classe		Classe permettant la description du toit d'une avancée ou d'un renforcement (voir Figure 25)
OuterFloorSurface	classe		Classe permettant la description du sol d'une avancée ou d'un renfoncement.
RoofSurface	classe		Classe permettant la description du toit
WallSurface	classe		Classe permettant la description du mur

Tableau 6 Catalogue d'objets décrivant le bâtiment

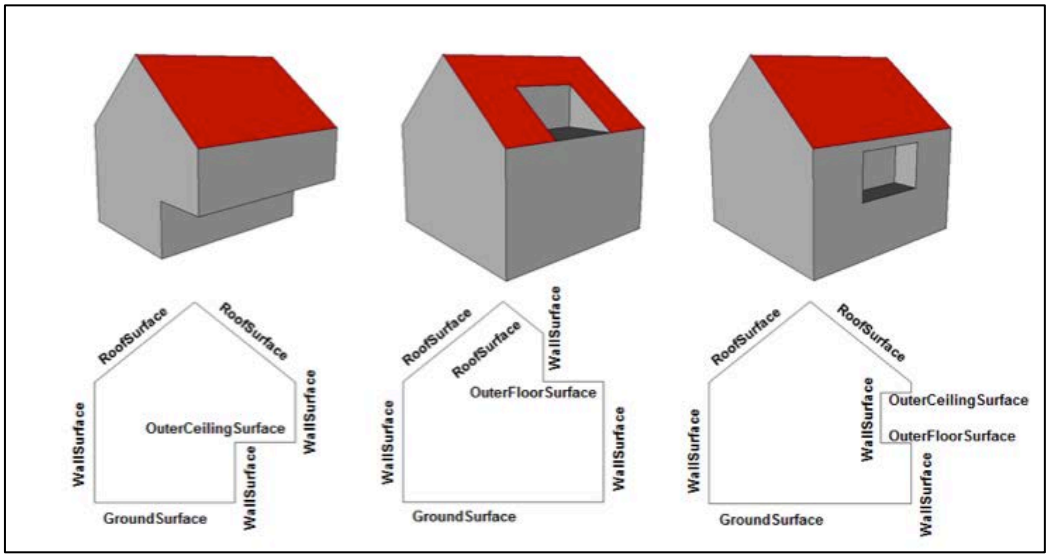


Figure 25 Description des types de surfaces (cf. standard CityGML)

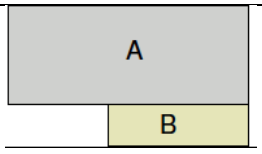
5.4 Eléments de bâtiments

Règle 11 : Un bâtiment composé de plus de deux éléments distincts ou plus est obligatoirement composé d'autant de « BuildingPart » que d'éléments distincts. Les éléments structurants (toits, murs..) et la géométrie sont alors portés uniquement par ces éléments de bâtiment (« BuildingPart »). Dans le cas contraire, c'est à dire s'il n'y a qu'une seule partie distincte, c'est le « Building » qui portent ces éléments.

5.4.1 Discrétisation d'un élément de bâtiment

A l'intérieur d'un bâtiment (« Building »), la division en éléments de bâtiment (« BuildingPart ») sera réalisée sur des critères attributaires (pour chaque changement de valeur d'attribut) et géométriques.

Exemples issus des préconisations INSPIRE :



Bâtiment découpé en 2 éléments de bâtiment - séparation due à la différence de hauteur de toit (critère géométrique).

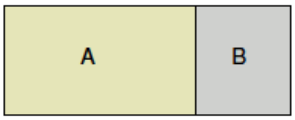
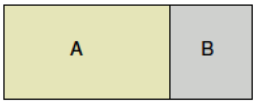
	 Bâtiment découpé en 2 éléments de bâtiment - séparation due à l'usage différent de chaque partie (critère attributaire).
	 Bâtiment découpé en 2 éléments de bâtiment car les deux parties n'ont pas la même date de construction (critère attributaire).

Figure 26 Exemple de divisions du bâtiment en éléments de bâtiment

5.4.2 Modélisation d'un bâtiment

***Règle 12* : Le bâtiment (« Building ») (ou l'élément de bâtiment (« BuildingPart »), suivant la règle 11) doit être modélisé par un solide et par un ensemble de faces sémantiques (BoundarySurface) : « RoofSurface », « WallSurface », « GroundSurface », « OuterCeilingSurface », « OuterFloorSurface », « ClosureSurface ».**

La *Règle 12* participe à la richesse du modèle de données et impose les contraintes topologiques fortes du solide.

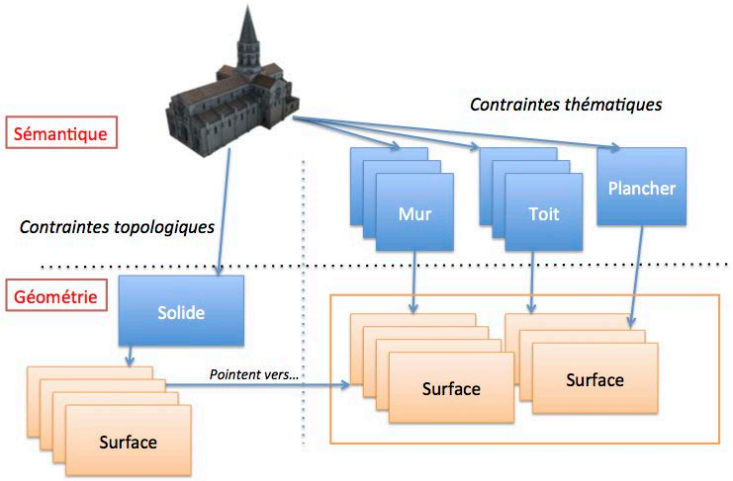


Figure 27 Contraintes thématiques et topologiques pour un bâtiment/élément de bâtiment

***Règle 13* : Le lien entre les surfaces du solide et les surfaces des faces thématiques doit se faire en utilisant le mécanisme CityGML Xlink.**

Plus d'informations sur l'utilisation du mécanisme CityGML Xlink se trouvent dans Annexe 2.

5.4.2.1 Le toit

Recommandation 5 *: Les formes et pentes générales de toit devront être saisies, ainsi que les différents éléments constituant les arêtes de toits : lignes de gouttières, les arêtes faîtières, les rives de toits, les noues, les croupes et les sommets de faîtage*

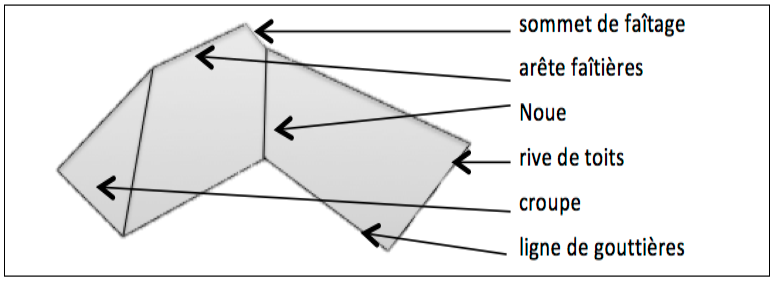


Figure 28 Eléments principaux du toit

Règle 14 **: *Chaque pan de toit doit être modélisé avec un élément « RoofSurface ». Les autres éléments (tels que chien-assis, cheminées, cages d'ascenseurs…) sont facultatifs.***

Les toitures plus complexes telles que des dômes, toits courbés ou chapiteaux devront également être représentées. Elles doivent être représentées par des surfaces triangulées pour lesquelles l'aspect général de la forme sera conservé (respect des angles droits, conservation des faces planes…).

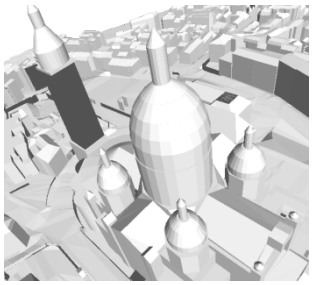


Figure 29 Exemple de toiture complexe

5.4.2.2 Les façades

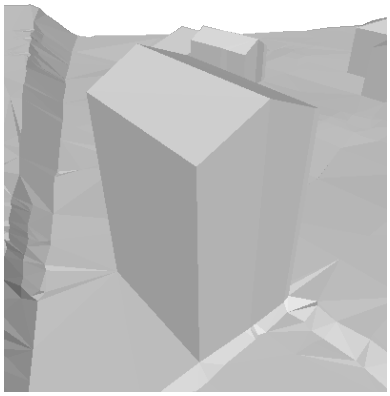
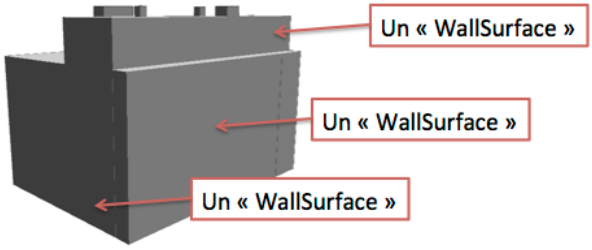


Figure 30 Exemple de description de façade

Règle 15 : Excepté les configurations architecturales particulières, les façades principales doivent être modélisées par des faces verticales planes. Il ne doit pas y avoir de trous entre le sol et les façades.



Règle 16 : ***Chaque pan de mur doit être décrit par un élément « WallSurface ».***

Figure 31 Discrétisation des façades

Règle 17 : ***Les murs intérieurs (non visibles) d'un objet 3D ne doivent pas être modélisés.***

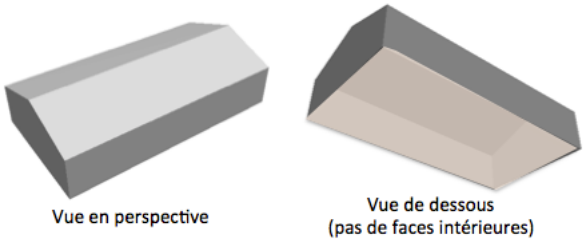


Figure 32 Exemple de non-modélisation des faces intérieures

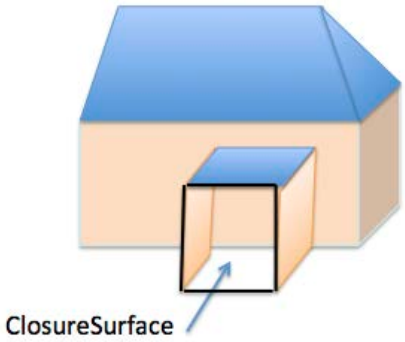


Figure 33 Exemple d'utilisation d'une surface « imaginaire » de fermeture « ClosureSurface »

Règle 18 : Les objets 3D doivent être fermés pour former un solide. Pour assurer l'étanchéité du solide dans le cas d'objet avec ouvertures (ex : préaux), il faut utiliser des surfaces « imaginaires » de fermeture (« ClosureSurface »).

Figure 34 Exemple de bâtiment dans lequel toutes les surfaces sauf le toit doivent être modélisées par des « ClosureSurface »

5.4.2.3 Lien entre le toit et les façades

En fonction des données en entrée, des besoins et des processus de production du modèle 3D, plusieurs types de restitution des toits et façades sont possibles (Tableau 7).

Cas	Exemple	Avantages	Désavantages	En cas de texturation
L'emplacement des façades en accord avec l'emprise 2D au sol. Le toit est restitué en fonction des limites de l'emprise au sol.		- compatibilité entre les données 2D et 3D - respect de la réalité terrain pour les façades et le volume du bâtiment	- non respect de la réalité terrain pour le toit.	Les façades sont bien rendues mais la texture du bord de toit est projetée sur la façade.
Respect de la ligne de gouttière, telle qu'elle pourrait être vue par restitution photogrammétrique.		- respect de la réalité terrain pour le toit.	- non-respect de la réalité terrain pour les façades et pour le volume du bâtiment (peut être important en zone de montagne). - fait apparaître comme mitoyens des bâtiments qui sont seulement très proches l'un de l'autre	Permet une bonne texturation des façades, mais peut provoquer un décalage dans la texturation en fonction de la taille du débord de toit.
Combinaison des deux cas précédents : extrusion des façades à partir de l'emprise au sol et la modélisation séparée de la forme du toit		- respect de la réalité terrain pour les façades et le toit (les débords sont bien représentés) et le volume du bâtiment		Permet une bonne texturation du toit et des façades.

Tableau 7 Présentation des cas de figure de restitution des toits et des façades

Le troisième cas (extrusion des façades à partir de l'emprise au sol et la modélisation séparée de la forme du toit) respecte au mieux la réalité terrain. Cependant, il nécessite une bonne cohérence géométrique entre les emprises au sol et les emprises de toits (à la gouttière) et pas de diachronisme entre les deux types de données.

Recommandation 6 : Si les données en entrée de processus ainsi que le processus de modélisation le permettent (même actualité et bonne cohérence géométrique entre l'emprise au sol et à la gouttière), pour assurer au mieux le respect de la réalité terrain, il est recommandé de restituer les façades par extrusion à partir de l'emprise au sol et la modélisation séparée de la forme de toit en respectant les débords.

Conformément à la *Règle 12* imposant que la forme générale du bâtiment soit modélisée géométriquement par un solide et par un ensemble de faces sémantiques (« _BoundarySurface »), les débords de toit, qui ne font pas parties du solide, doivent constituer des surfaces « à part » du reste du toit. Le reste des surfaces de toits permettront de référencer le solide. Le pan de toit doit être alors découpé en deux surfaces regroupées dans une « MultiSurface ». Les deux surfaces compasant la « MultiSurface » doivent être coplanaires.

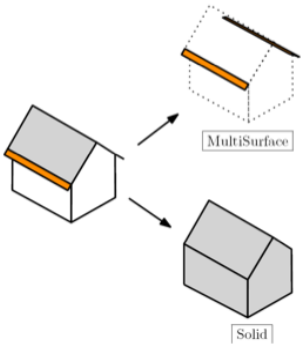


Figure 35 Modélisation des avancées de toit

5.4.2.4 Le plancher

***Règle 19*: Le plancher d'un élément de bâtiment doit obligatoirement être modélisé.**

***Règle 20* : Le plancher doit être modélisé par une surface plane (seuil de 5 cm) au Z minimum du MNT sur l'emprise du bâtiment, sans contrainte sur le sol, avec une contrainte éventuelle sur les façades. Les façades doivent descendre jusqu'au plancher, en assurant une jonction des arêtes basses des façades.**

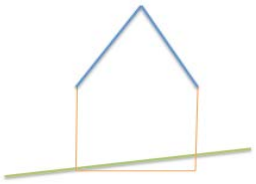


Figure 36 Modélisation du plancher au Z minimum du MNT

5.4.2.5 Règles géométriques et topologiques concernant la modélisation de l'élément de bâtiment

Règles topologiques :

***Règle 21* : Il ne doit pas y avoir de trous entre les faces d'un bâtiment.**

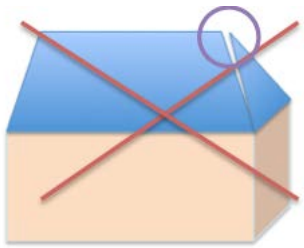


Figure 37 Exemple de trou dans un bâtiment

***Règle 22* : Deux points proches (distance entre points inférieure au centimètre) doivent être réunis (avoir les mêmes coordonnées planimétriques et altimétriques).**

Figure 38 Exemple de relations topologiques entre deux points proches

***Règle 23** : Aucun chevauchement entre les solides n'est permis.*

Figure 39 Exemple d'intersection interdite entre deux bâtiments

***Règle 24** : Les polylignes 3D (contour des surfaces) doivent être simples : sans segment pendant, sans auto-intersection.*

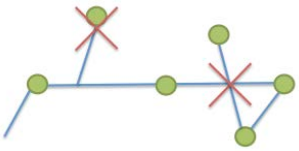


Figure 40 Exemple de problèmes au sein d'un polygone (segment pendant, auto-intersection)

***Règle 25** : Deux objets connexes doivent avoir exactement les mêmes coordonnées X,Y aux points d'intersection.*

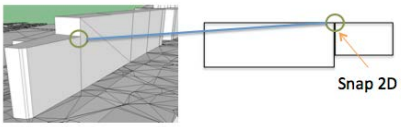


Figure 41 Exemple de points communs (snap 2D) entre deux bâtiments

***Règle 26 :** Entre deux bâtiments mitoyens, un même plan doit définir deux murs mitoyens (il ne doit pas y avoir de vide).*

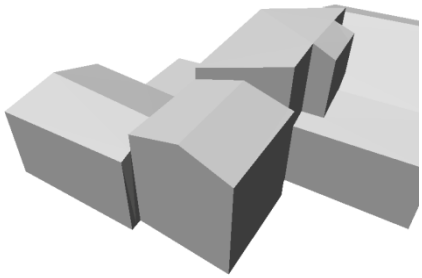


Figure 42 Exemple de bâtiments mitoyens

***Règle 27** : Les points inutiles (points doubles, points alignés, points inutiles à la texturation, n'assurant aucun lien topologique avec un autre objet etc.) doivent être éliminés.*

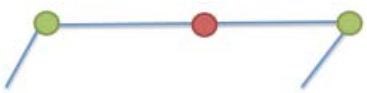


Figure 43 Exemple de point inutile

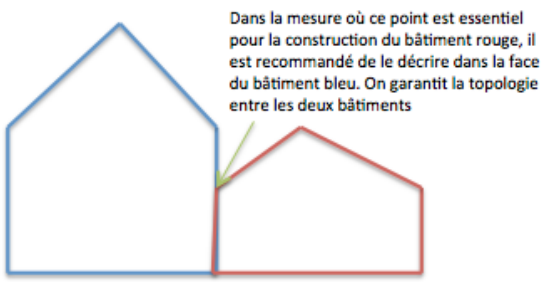


Figure 44 Exemple de point utile entre deux bâtiments

Règles géométriques :

***Règle 28* : Les triangles décrivant une face doivent avoir une surface minimale de 10 cm^2.**

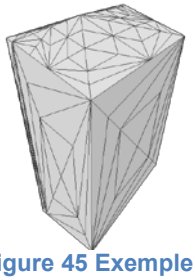


Figure 45 Exemple de bâtiment modélisé avec trop de triangles

***Règle 29* : Les murs ne doivent pas avoir de trou, même sur les parties invisibles.**

5.5 Valeurs attributaires pour le bâtiment et l'élément de bâtiment

Attributs portés par le bâtiment (« Building ») et l'élément de bâtiment (« BuildingPart »), en plus des attributs hérités du « CityObject » (Tableau 3):

Nom de l'attribut	Cardinalité	Définition	Valeur(s) possible(s)
yearOfConstruction	0..1	Année de construction de l'élément de bâtiment	année
usage	0..*	L'usage de l'élément de bâtiment	A prendre dans la liste « UsageList » présentée dans le Tableau 9
measuredHeight	1	La hauteur au-dessus du relief (la différence entre le point le plus bas d'intersection entre le bâtiment et le terrain et le point le plus haut du toit) ; attribut obligatoire	longueur
class	0..1	Aspect visuel de l'élément de bâtiment ; fortement recommandé pour les éléments de bâtiment remarquables	A prendre dans la liste « ClassList » présentée dans Tableau 10

Tableau 8 Attributs portés par le bâtiment

***Recommandation 7** : Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments, les attributs « usage » et « class » d'un bâtiment devraient être remplis par concaténation de l'ensemble des usages et classes des éléments de bâtiment qui le constituent.*

***Recommandation 8** : Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments où le Building n'a pas de géométrie propre, la valeur « measureHeight » devrait être la valeur maximale des « measureHeight » portées par ses BuildingPart*

***Recommandation 9** : Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments où le Building n'a pas de géométrie propre, la valeur « yearOfConstruction» devrait être la « yearOfConstruction» la plus ancienne de ses BuildingPart*

***Recommandation 10** : Bien que non obligatoire, les attributs « usage » et « class » devraient être remplis.*

Valeurs possibles pour l'attribut « Usage » :

UsageList :
indifférencié
commercial et services
agricole
industriel
religieux
sportif
annexe
résidentiel collectif

résidentiel individuel
administratif
militaire
gestion des eaux
sciences et enseignement
santé
culture et loisirs

Tableau 9 « UsageList » : valeurs possibles de l'attribut « usage » pour l'élément de bâtiment

La valeur « indifférenciée » est à renseigner pour l'attribut « usage » des éléments de bâtiments pour lequel aucune autre valeur de la liste de valeurs ne peut être appliquée.

Valeurs possibles pour l'attribut « Class » :

ClassList :
arc de triomphe
arène théâtre antique
auvent
chapelle
château
église
fort blockhaus casemate
habitation troglodytique
hangar
monument
mosquée
serre
silo
synagogue
temple
tour donjon
moulin à vent
tribune

Tableau 10 « ClasseList » : valeurs possibles de l'attribut « class» pour l'élément de bâtiment

Les valeurs de ces deux listes sont issues de la base de données BDTopo®, définie et produite par l'IGN, ainsi que de la directive INSPIRE. L'attribut « Class » correspond partiellement à l'attribut « Nature » des bâtiments de la BDTopo®. De même, l'attribut « Usage » correspond partiellement à l'attribut « Fonction » des bâtiments de la BDTopo®. Des exemples pour ces deux tableaux sont donnés dans Annexe 7.

6. MODÉLISATION DU PONT

6.1 Définition du pont

Définition d'un pont (« Bridge ») : *Ouvrage d'art permettant le passage des piétons, des animaux, des véhicules, des canaux et des équipements techniques au-dessus d'un obstacle naturel ou artificiel, à une certaine hauteur.*

Cette définition du pont provient du dictionnaire professionnel du BTP.

Règle 30 : Un pont doit être modélisé si la longueur de son tablier est supérieure à 10 m. Les autres ponts sont facultatifs.

Figure 46 Exemples de pont à modéliser dans le noyau Ref3DNat®

Figure 47 Exemple de pont pour lequel la modélisation dans Ref3DNat® est optionnelle

Si un modèle contient des modélisations de ponts avec une longueur du tablier inférieure à 10 m, les critères de modélisations (ex : seuil minimal) doivent être renseignés par le producteur dans les métadonnées (cf. 10).

6.2 Modèle de données associé au pont

6.2.1 Modèle UML du pont

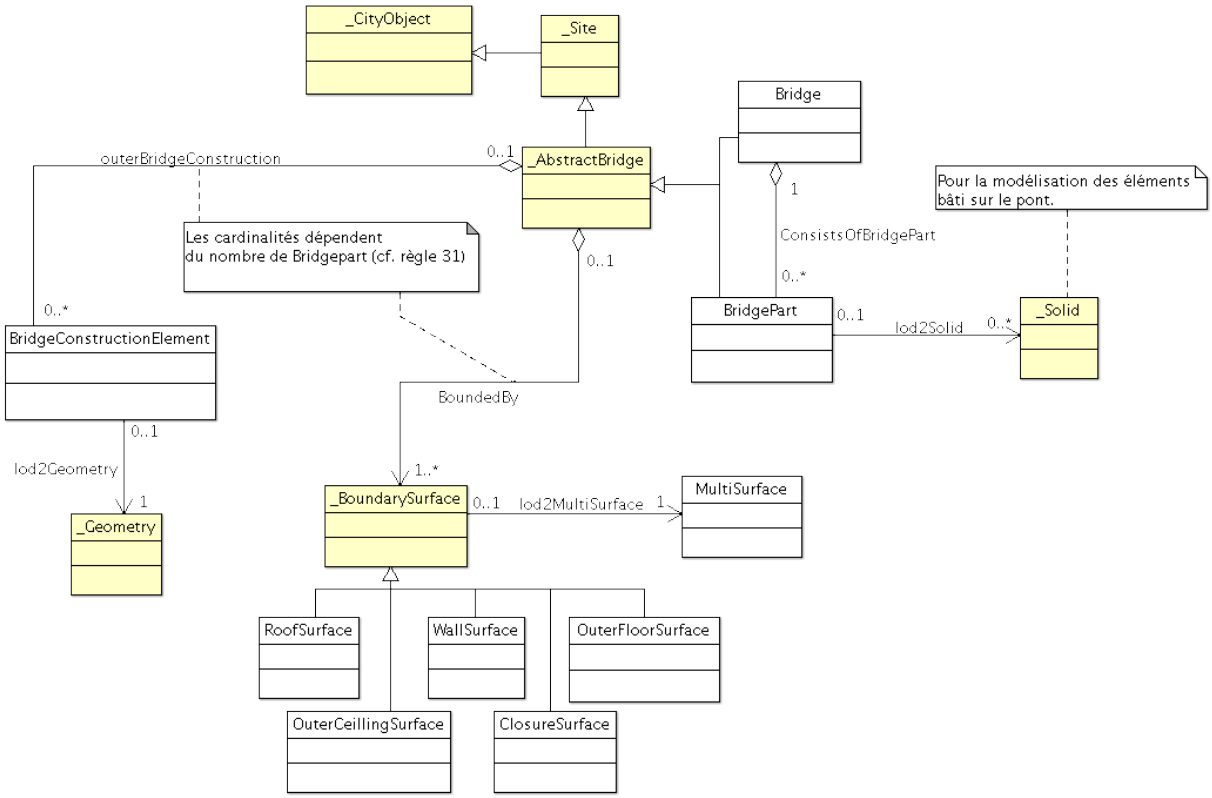


Figure 48 Modèle UML pour le pont

Ce modèle de données est un profil du modèle proposé en CityGML pour la modélisation des ponts.

6.2.2 Catalogue d'objets

Nom	Type	Abstrait	Description
_AbstractBridge	classe	x	Classe abstraite permettant la description du pont.
_BoundarySurface	classe	x	Classe abstraite permettant la description sémantique des faces du pont
_CityObject	classe	x	Description dans 4.3.3.
_Site	classe	x	Classe abstraite CityGML permettant le rassemblement des attributs communs aux bâtiments, ponts, etc.
_Solid	classe	x	Description dans 4.4
boundedBy	relation		Relation permettant la description des faces sémantiques (« _BoundarySurface ») de l'élément de pont (« BridgePart »).
Bridge	classe		Classe permettant la représentation d'un pont
BridgePart	classe		Classe permettant la représentation d'un élément de pont
BridgeConstructionElement	classe		Classe permettant la construction des éléments de ponts
ClosureSurface	classe		Classe permettant la description d'une surface « imaginaire » de fermeture
consistsOfBridgePart	relation		Relation permettant la collection la description d'une collection d'éléments de pont (« BridgePart ») pour un pont (« Bridge »)
Lod2Geometry	Relation		Relation entre le BridgeConstructionElement et sa géométrie
Lod2MultiSurface	relation		Relation permettant la description des surfaces

			des « _BoundarySurface ».
Lod2Solid	relation		Relation permettant la description de l'objet « _Solid» du BridgePart (permettant la description des bâtis sur le pont)
MultiSurface	classe		Description dans 4.4
outerBridgeConstruction	Relation		Relation entre le « BridgePart » et ces « BridgeConstructionElement »
OuterCeillingSurface	classe		Classe permettant la description des arches de pont et des avancées de toit des potentiels éléments bâtis sur le pont.
OuterFloorSurface	classe		Classe permettant la description du tablier du pont
RoofSurface	classe		Classe permettant la description du toit
WallSurface	classe		Classe permettant la description du mur

Tableau 11 Catalogue d'objets décrivant le pont

Dans la plupart des cas, le pont est uniquement modélisé par son tablier. Il n'est donc pas possible d'imposer une modélisation par un solide en plus d'un ensemble de faces « BoundarySurface ». Néanmoins, tous les éléments sur le tablier comparables à des bâtiments doivent être modélisés par un solide.

6.3 Elément de pont

6.3.1 Discrétisation en éléments de pont

Règle 31 ***Un pont composé de plus de deux éléments distincts ou plus est obligatoirement composé d'autant de « BridgePart » que d'éléments distincts. Les éléments structurants (tablier...) et la géométrie sont alors portés uniquement par ces éléments de pont (« BridgePart »). Dans le cas contraire, c'est à dire s'il n'y a qu'une seule partie distincte, c'est le « Bridge » qui portent ces éléments. La division en éléments de pont (« BridgePart ») sera réalisée sur des critères attributaires (pour chaque changement de valeur d'attribut) et géométriques.***

Figure 49 Exemple de pont avec trois éléments de pont

Règle 32 ***Un pont complexe contenant des éléments de bâti devra être découpé en « Bridgepart »***

Cette règle est traduite par le diagramme UML : seul les BridgePartpeuvent contenir des « Solid »..

6.3.2 Modélisation du pont

6.3.2.1 Règles sémantiques et géométriques

Règle 33 ***: Chaque face du pont doit être modélisée par une surface thématique (BoundarySurface) : « RoofSurface », « WallSurface », « OuterFloorSurface », « OuterCeillingSurface », « ClosureSurface ».***

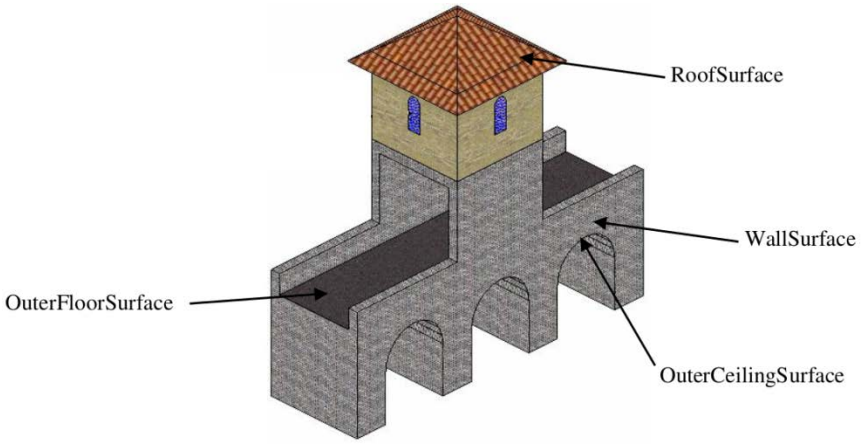


Figure 50 Description des surfaces thématiques du pont

Figure 51 Exemple de pont avec utilisation de surface « imaginaire » de fermeture « ClosureSurface »

Conformément à la ***Règle 18***, la surface « imaginaire » de fermeture (« ClosureSurface ») est utilisée dans le cas de modélisation d'éléments sur le tablier de type bâti possédant un préau.

Règle 34 ***: Un pont doit être décrit au minimum par son tablier (sans épaisseur) via une « OuterFloorSurface ».***

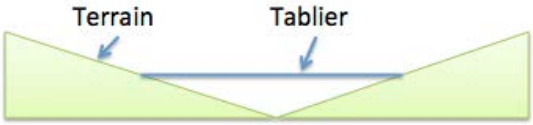


Figure 52 Modélisation simple d'un pont

Recommandation 11 *: Les éléments structurant (pilier, voûtes, etc.) devraient être modélisés.*

Règle 35 ***: Hormis les configurations architecturales particulières, le tablier doit parfaitement reposer sur le sol.***

Figure 53 Exemple de pont avec une architecture particulière (le tablier ne repose pas sur le sol)

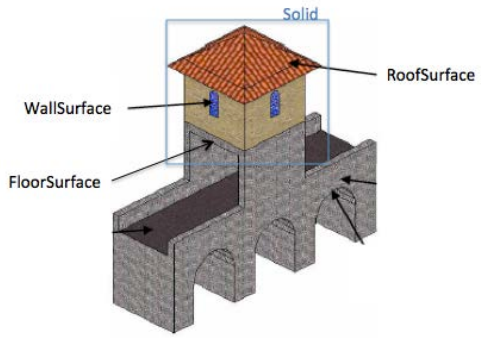


Figure 54 Exemple de pont avec bâtis sur le tablier

***Règle 36* : Les éléments du pont comparables à des bâtiments doivent être modélisés selon les règles de modélisation des bâtiments.**

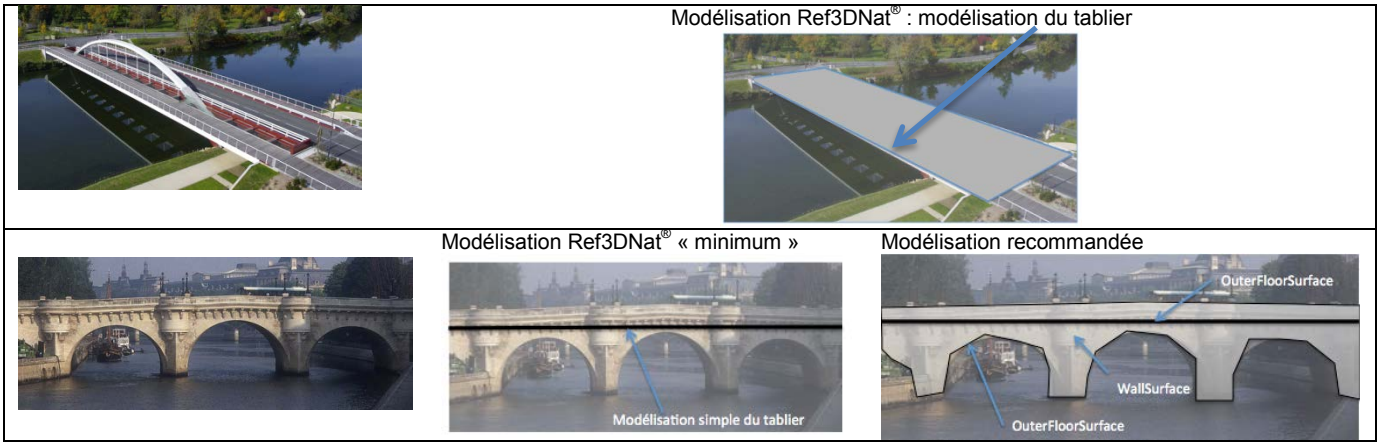


Figure 55 : Exemples de descriptions de ponts

6.3.2.2 Règles topologiques et géométriques

Les ponts doivent respecter les mêmes règles que celles énoncées pour les bâtiments (*Règle 21*, *Règle 22*, *Règle 23*, *Règle 24*, *Règle 25*, *Règle 26*, *Règle 27*, *Règle 28*, *Règle 29*).

6.4 Valeurs attributaires pour le pont et l'élément de pont

Attributs portés par les objets « Bridge » et « BridgePart », en plus des attributs hérités du « CityObject » (Tableau 3):

Nom de l'attribut	cardinalité	Définition	Valeurs possibles
usage	0..*	Usage du pont	A prendre dans la liste « UsageList » présentée dans Tableau 13
isMovable	0..1	Le pont est-il fixe ou mobile	1 (si le pont est mobile) ; 0 (si le pont est fixe)
yearOfContruction	0..1	Année de construction de l'élément de l'élément de pont	
class	0..1	Aspect visuel de l'élément de pont	A prendre dans la liste « ClassList » présentée dans Tableau 14

Tableau 12 Attributs portés par l'objet « Bridge »

***Recommandation 12** : Bien que non obligatoire, les attributs « usage » et « class » devraient être remplie si possible*

***Recommandation 13** : Dans le cas d'un découpage en élément de ponts, les attributs « Usage » et « Class » sont obtenus par concaténation des valeurs portés par les « BridgePart ».*

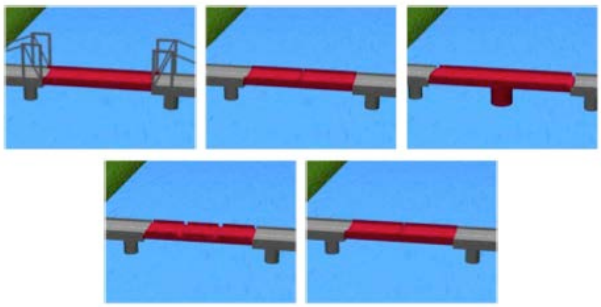


Figure 56 Exemples de ponts où le tablier est mobile

Recommandation 14 *: Dans le cas d'un découpage en élément de ponts, la valeur « yearOfConstruction» devrait être la « yearOfConstruction» la plus ancienne de ses « BridgePart ».*

Valeurs de l'attribut « Usage » :

UsageList :
indifférencié
ferré
routier
aqueduc
piéton
pont-canal

Tableau 13 « UsageList » : valeurs de l'attribut « Usage » pour l'élément de pont

Valeurs de l'attribut « Class » :

ClassList :
indifférencié
pont suspendu
pont à voûtes
pont en arc
pont à haubans
pont à poutres

Tableau 14 « Class List » : valeurs de l'attribut « Class » » pour l'élément de pont

Des exemples des classes des ponts sont présentés dans Annexe 8.

7. MODÉLISATION DU RELIEF

7.1 Définition du relief

Définition du relief: *L'objet relief décrit la forme et la position du terrain nu, c'est-à-dire du terrain débarrassé de tous les éléments de sursol (le bâti et la végétation - cultures, haies, broussailles, arbres isolés, bosquet, bois, forêt ...).*

Cette définition est issue de la définition du RGEAlti®, base de données altimétrique nationale, produite par l'IGN, donnant une représentation tridimensionnelle du relief sur le territoire français.

Règle 37 : La modélisation du relief doit couvrir l'ensemble du modèle 3D sans discontinuité.

7.2 Modèle de données décrivant le relief

7.2.1 Modèle UML du relief

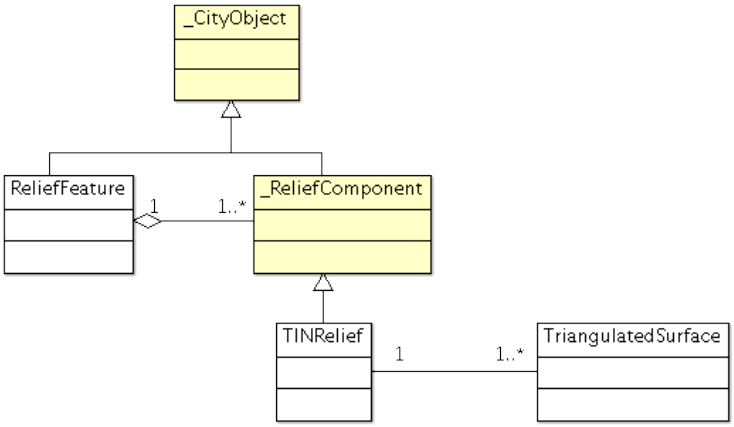


Figure 57 Modèle UML pour le sol

Règle 38 : Le relief doit être décrit sous la forme d'une surface triangulée (contenant un ensemble de triangles) ; la surface minimale d'un triangle est de 10 cm^2.

La représentation du sol sous la forme d'une surface triangulée permet une meilleure prise en compte par les logiciels de rendu 3D et garantit le raccord entre le sol et les autres objets.

7.2.2 Catalogue d'objets

Nom	Type	Abstrait	Description
_CityObject	classe	x	Description dans 4.3.3.
_ReliefComponent	classe	x	Classe abstraite permettant la description d'un élément de relief.
ReliefFeature	classe		Classe abstraite permettant la description du relief.
TINRelief	classe		Classe abstraite permettant la représentation d'un élément de relief sous forme d'une surface triangulée
tin	relation		Relation permettant de joindre une surface triangulée à un TINRelief.
TriangulatedSurface	classe		Description dans 4.4
reliefComponent	Relation		Relation permettant de décrire la collection de _ReliefComponent d'un ReliefFeature

Tableau 15 Catalogue d'objets décrivant le relief

7.3 Règles de constitution

7.3.1 Géométrie

***Règle 39* : La modélisation du relief doit contenir tous les décrochements au-dessus de 30 cm ; en dessous de cette limite, la modélisation est optionnelle.**

Les éléments caractéristiques du relief qui devraient être modélisés :

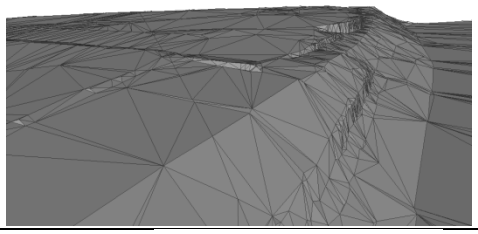
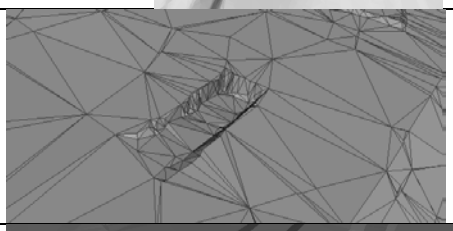
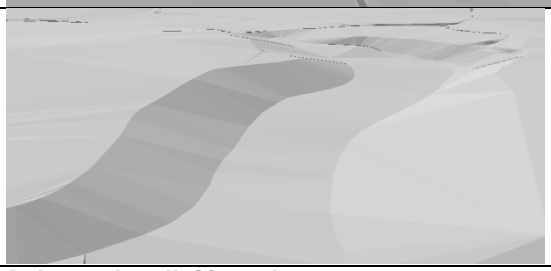
Eléments caractéristiques du relief	**Exemple**
- talus et digues	
- ligne de crête	
- entrée de parking	
- remblais / déblais	
- bords de routes	
- bords de surface d'eau - haut et bas des berges	

Tableau 16 Eléments caractéristiques du relief à restituer

***Règle 40* : Les ponts et les bâtiments ne doivent pas être contenus dans la modélisation du relief.**

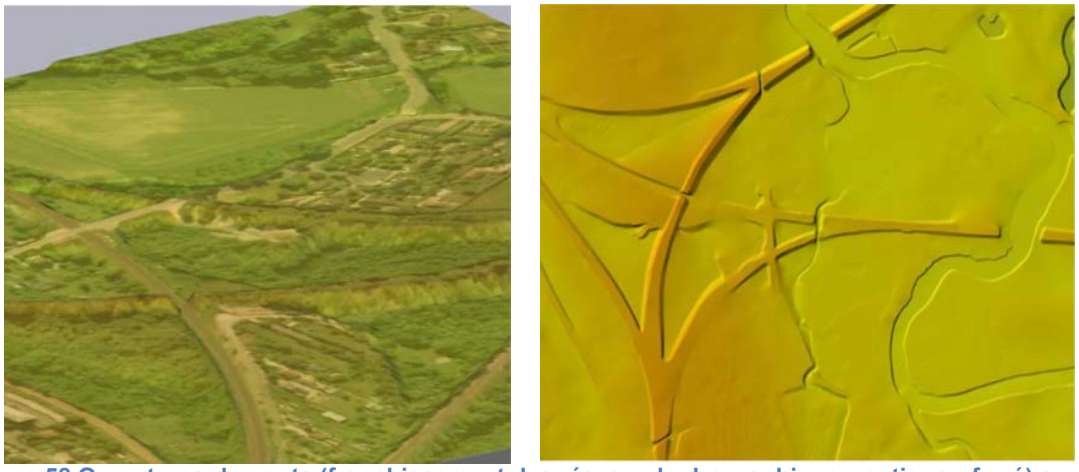


Figure 58 Ouvertures de ponts (franchissement des réseaux hydrographique, routier ou ferré) sur un extrait de MNT

7.3.2 Règles topologiques concernant la modélisation du relief

Règle 41 : ***Dans le cas d'un MNT constitué d'un ensemble de dalles, un accord parfait entre les dalles est obligatoire.***

8. SYSTÈMES DE RÉFÉRENCE ET UNITÉS DE MESURE

Le Ref3DNat® est cohérent avec les autres données IGN ou toutes autres données dans ces référentiels.

Règle 42 : ***Les modèles 3D du Ref3DNat® doivent être dans les systèmes de référence spatial et altimétrique légaux français.***

Les systèmes de référence légaux français sont décrits dans Tableau 17.

France Continentale		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGF93 / Lambert 93	IGN 1969
Equivalence IGNF	LAMB93	IGN69
Code EPSG	2154	5720
Corse		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGF93 / Lambert 93	IGN 1978
Equivalence IGNF	LAMB93	IGN78C
Code EPSG	2154	5721
Guadeloupe		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RRAF 91 (WGS84) / UTM 20	IGN 1988
Equivalence IGNF	UTM20W84GUAD	GUAD88 (Guadeloupe Grande Terre / Basse Terre) GUAD88LS (Guadeloupe Les Saintes) GUAD88MG (Guadeloupe Marie Galante) GUAD92LD (Guadeloupe La Désirade) GUAD88SB (Guadeloupe Saint Barthélemy) GUAD88SM (Guadeloupe Saint-Martin)
Code EPSG	4559	5757 (Guadeloupe Grande Terre / Basse Terre) 5616 (Guadeloupe Les Saintes) 5617 (Guadeloupe Marie Galante) 5618 (Guadeloupe La Désirade) 5619 (Guadeloupe Saint Barthélemy) 5620 (Guadeloupe Saint-Martin)
Martinique		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RRAF 91 (WGS84) / UTM 20	IGN 1987
Equivalence IGNF	UTM20W84MART	MART87
Code EPSG	4559	5756
Guyane		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGFG95 / UTM 22	Nivellement Général de la Guyane 1977
Equivalence IGNF	UTM22RGFG95	GUYA77
Code EPSG	2972	5755
Mayotte		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGM04 / UTM 38	SHOM 1953
Equivalence IGNF	RGM04UTM38S	MAYO53
Code EPSG	4471	5793
Réunion		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGR92 / UTM 40	IGN 1989
Equivalence IGNF	RGR92UTM40S	REUN89

Code EPSG	2975	5758
Saint-Pierre-et-Miquelon		
	Système de référence spatial	***Système de référence altimétrique***
Projection	RGSPM06 / UTM 21	Danger 1950
Equivalence IGNF	RGSPM06U21	STPM50
Code EPSG	4467	5792

Tableau 17 Systèmes de référence planimétrique et altimétrique légaux français

« CityModel» et éléments de projection :

L'objet « CityModel » doit contenir les éléments permettant le géoréférencement des données. Pour cela, le standard GML3 (standard de base du CityGML) propose les mécanismes « BoundedBy » et « srsName » doivent être utilisés.

Exemple :

```
<CityModel xmlns=  [ … ] >
    <gml:boundedBy>
        <gml:Envelope srsName="urn:ogc:def:crs,crs:EPSG:6.12:2154,crs:EPSG:6.12:5720">
            <gml:pos srsDimension="3">5616000.0 2540097.5 54.5</gml:pos>
            <gml:pos srsDimension="3">5673522.3 2576495.6 172.9</gml:pos>
        </gml:Envelope>
    </gml:boundedBy>
     <cityObjectMember>
    [ … ]
</CityModel>
```

Règle 43* : *Chaque modèle CityModel doit contenir le code EPSG du système de référence planimétrique et altimétrique

Les codes EPSG correspondants aux systèmes de références légaux français sont donnés dans Tableau 17.

Règle 44 : ***L'unité de mesure est le mètre et les mesures doivent à minima avoir une résolution numérique centimétrique (2 chiffres après la virgule).***

9. QUALITÉ DES DONNÉES

9.1 Précision de positionnement

Le producteur de la donnée est garant de la précision géométrique de la donnée livrée.

Nom	Précision globale des bâtiments et ponts
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ) - de la géométrie des faces des objets 3D doit respecter en planimétrie (XY) et en altimétrie (Z) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	1 m

Tableau 18 Précision globale attendue pour les bâtiments et les ponts

9.1.1 Précision du bâtiment

Nom	Précision de modélisation de la ligne de gouttière
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ) - de la ligne de gouttière de l'élément de bâtiment doit respecter en planimétrie (XY) et en altimétrie (Z) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	25 cm

Tableau 19 Précision attendue pour la modélisation de la ligne de gouttière

Nom	Précision de modélisation des lignes de faitage
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ) - des lignes de faitage de l'élément de bâtiment doit respecter en planimétrie (XY) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	25 cm

Tableau 20 Précision attendue pour la modélisation des lignes de faitage

Nom	Précision de modélisation du plancher
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ) – du plancher du bâtiment doit respecter en planimétrie (XY) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	50 cm

Tableau 21 Précision attendue pour la modélisation du plancher

9.1.2 Précision du pont

Nom	Précision de modélisation du tablier
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ) – du tablier du pont doit respecter en planimétrie (XY) et en altimétrie (Z) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	50 cm

Tableau 22 Précision attendue pour la modélisation du plancher

La modélisation des éléments de type bâtiment sur un pont doit respecter les précisions liées aux bâtiments.

9.1.3 Précision du relief

Nom	Précision de modélisation du relief
Définition	La précision - Erreur Moyenne Quadratique (EMQ - du relief doit respecter en planimétrie (XY) et en altimétrie (Z) la valeur critique.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	50 cm

Tableau 23 Précision attendue pour la modélisation du relief

9.2 Complétude

Nom	Taux de bâtiments/ponts en trop
Définition	Taux de bâtiments/ponts en trop par rapport à la réalité terrain et aux spécifications.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	5%

Tableau 24 Taux de bâtiments/ponts en trop

Nom	Taux de bâtiments/ponts omis
Définition	Taux de bâtiments/ponts manquants par rapport à la réalité terrain et aux spécifications.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	5%

Tableau 25 Taux de bâtiments/ponts omis

9.3 Sémantique

Nom	Taux d'objets de type CityObjet non-conformes
Définition	Taux de CityObject dont la description ne respecte pas le modèle de données par rapport au nombre de CityObject décrits dans le modèle 3D.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	0%

Tableau 26 Taux d'objets de type CityObject non-conformes

Nom	Taux d'objets incorrectement classifiés
Définition	Taux d'objets 3D n'étant pas décrits par le bon objet CityGML (ex : un pont décrit comme un bâtiment) par rapport au nombre d'objets 3D décrits dans le modèle 3D.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	0%

Tableau 27 Taux d'objets 3D incorrectement classifiées

Nom	Taux d'objets avec des attributs mal renseignés
Définition	Taux d'objets avec des attributs mal renseignés par rapport au nombre d'objets du modèle 3D.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	5%

Tableau 28 Taux d'attributs mal renseignés

Nom	Taux de faces incorrectement classifiées
Définition	Taux de fautes sémantiques sur les faces. Exemple de fautes : mur modélisé comme toit
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	0%

Tableau 29 Taux de faces incorrectement classifiées

9.4 Géométrie/Topologie

Nom	Taux de fautes géométriques
Définition	Taux de fautes géométriques par rapport au nombre d'objets géométriques. Exemple de fautes : auto-intersection, mauvaise orientation des faces etc.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	0%

Tableau 30 Taux de fautes géométriques

Nom	Taux de fautes topologiques
Définition	Taux de fautes topologique par rapport au nombre d'objets géométriques. Exemple de fautes : solide non fermé, intersection entre solides, etc.
Référence	ISO/DIS 19157 Geographic information – Data quality D.39
Taux critique	0%

Tableau 31 Taux de fautes topologiques

10. MÉTADONNÉES

10.1 Principe

Comme pour tous ses produits, l'IGN produira les métadonnées (MTD) de produit conformément à ISO19115:2005 et le formalisme INSPIRE. Les métadonnées de lot seront produites au format ISO19139:2007, conjointement avec les collectivités. Ces métadonnées seront générées de la façon suivante :

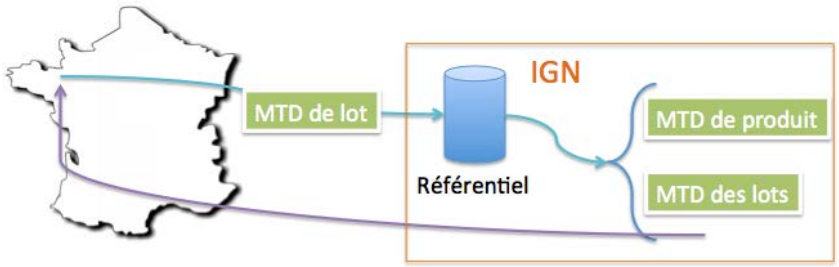


Figure 59 Principe de métadonnées Ref3DNat®

Les lots produits par les Collectivités locales doivent être accompagnés des métadonnées associées à ce lot.

10.2 Métadonnées de produit

Les métadonnées de produit Ref3DNat® sont compatibles avec la Directive INSPIRE et la norme internationale ISO19115:2005. Elles sont encodées selon la spécification internationale ISO19139:2007.

Elles sont disponibles dans MTD_produit_Ref3DNat®.xml

10.3 Métadonnées de lot et d'ilot

Les métadonnées de lot et d'ilot sont décrites dans le document MTD_Ref3DNat.pdf

11. LIVRAISON DE DONNÉES

11.1 Caractéristiques de la donnée

Règle 45 : ***Afin d'être intégré dans le Ref3DNat®, un jeu de données doit respecter l'ensemble des règles de constitution et de qualité du présent document.***

11.2 Échange de la donnée

Règle 46 : ***Les données doivent être fournies au format CityGML.***

Règle 47 : ***Le découpage des fichiers CityGML livrés doit respecter les règles de découpage par lot (cf. 4.1.1).***

Recommandation 15 *: Le poids des fichiers CityGML fournis ne devrait pas excéder 400Mo. Le respect de cette recommandation peut avoir un impact sur le découpage en lots.*

Lors de l'échange de données, le fournisseur devrait respecter l'arborescence suivante (dans Figure 60, les dossiers de type Zonex_IMA contiennent les textures et ne sont pas obligatoires pour le noyau Ref3DNat®) :

Figure 60 Exemple d'arborescence possible pour la livraison de données

Règle 48 : ***Les données doivent être accompagnées des métadonnées de lot et d'ilot produites par le fournisseur de la donnée.***

11.3 Contrôles des données

Des contrôles seront systématiquement réalisés sur les données susceptibles d'être intégrées dans le Ref3DNat®. Ils seront basés sur les critères qualité mentionnés au chapitre 9. En cas de contrôle non satisfaisant, l'IGN se réserve le droit de ne pas accepter ces données ou de les accepter « avec réserves ». Le fournisseur en sera alors averti.

11.4 Mise à jour des données

Chaque lot de données est mis à jour par le producteur de la donnée originelle en collaboration avec l'IGN. Celle-ci doit être réalisée de façon périodique (3 à 5 ans) ou en fonction des conventions de production entre l'IGN et le producteur.

Les règles suivantes permettront de « faciliter » la mise à jour du Ref3DNat® :

Règle 49 : ***Si un découpage sur un territoire est déjà instancié dans le Ref3DNat®, les données doivent le respecter. Dans le cas contraire, le fournisseur devra proposer un découpage en accord avec les règles de découpage par lot (cf. 4.1.1).***

Dérogation 2 – ***Règle 49*** : Le fournisseur pourra proposer un nouveau découpage en cas de gros changement du paysage (ex : apparition d'objets nouveaux) ou de modification (ex : des nouvelles limites administratives) du territoire couvert par le modèle 3D en entrée du Ref3DNat®.

Recommandation 16 *:* L'Objet 3D devrait conserver le même identifiant (attribut « id ») entre les différentes versions.

ANNEXES

Annexe 1 : Extensions possibles du noyau Ref3DNat®

Cette annexe expose les principes des extensions possibles du noyau du référentiel 3D national.

La modélisation du Noyau du Ref3DNat® ne permet pas de couvrir l'ensemble des besoins (ex : traitement de la végétation, texturation des objets 3D, etc.), et a fortiori la richesse des modèles 3D existants. Selon les besoins et/ou modèles 3D déjà disponibles, des données supplémentaires peuvent exister (texturation, autres thématiques, etc.). Ce type de données fait l'objet des **extensions** possibles, optionnelles au noyau Ref3DNat®. Cela devrait permettre de couvrir l'ensemble des modèles 3D déjà produit ou à venir mais aussi de permettre une couverture nationale plus aisée, et d'une meilleure qualité.

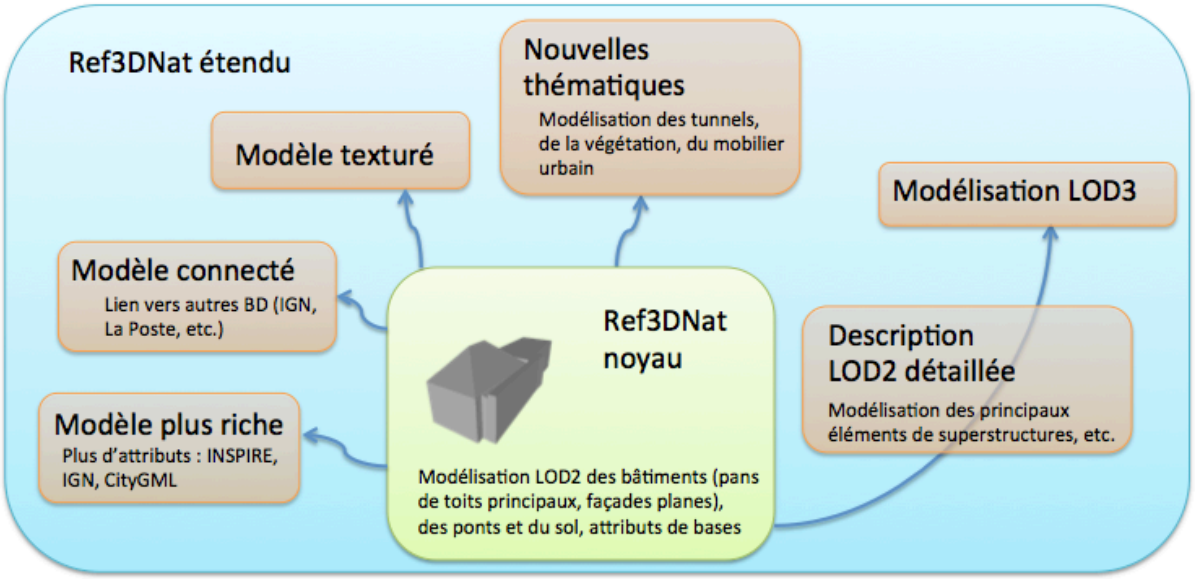


Figure 61 Principe des extensions du noyau Ref3DNat®

Le noyau impose la description des bâtiments, des ponts et du relief. Pour les éléments supplémentaires faisant partie de l'extension du noyau, des règles et recommandations seront décrites ultérieurement.

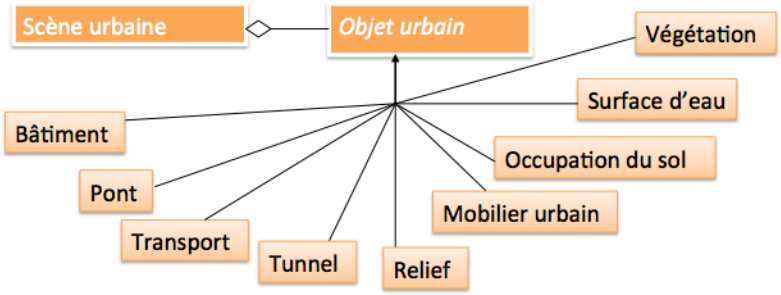


Figure 62 Thématiques possibles pour Ref3DNat® étendu

Les objets obligatoires comme les bâtiments et les ponts pourront également être plus riches sémantiquement (plus d'attributs et des liens potentiels avec des bases de données existantes) et une description plus riche : description en LOD2 plus détaillée (superstructure, texturation etc.) jusqu'au LOD3.

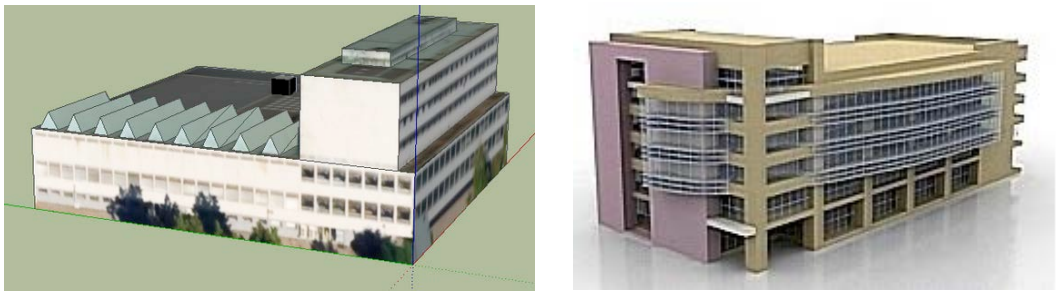


Figure 63 Description du bâtiment en CityGML LOD2 détaillé (à gauche) et en LOD3 (à droite)

Extensions possibles au LOD2 :

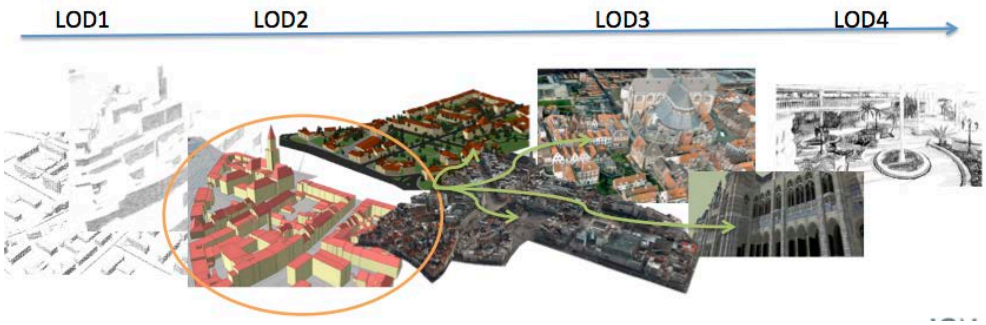


Figure 64 Extensions possibles au LOD2

Annexe 2 : Principe de l'utilisation du mécanisme CityGML Xlink

Le mécanisme CityGML « Xlink » permet, lorsque deux objets partagent les mêmes primitives géométriques, de ne pas réécrire ces primitives.
Exemple : l'objet 1 et 2 (des solides) partagent une surface commune.

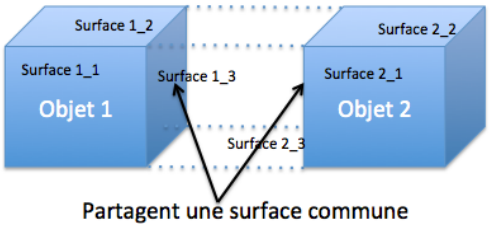


Figure 65 Xlink – exemple d'objet partageant une surface commune

Description possible :

Solide 1 = { Surface 1_1 , Surface 1_2, Surface 1_3… }
Solide 2 = { Surface 2_1 , Surface 2_2, Surface 2_3… }

Dans ce cas, la géométrie est répétée, puisque la surface commune est répétée deux fois : Surface 1_3 et Surface 2_3.

L'utilisation du « Xlink » permet d'éviter cette répétition :

Solide 1 = { Surface 1_1 , Surface 1_2, Surface 1_3… }
Solide 2 = { Surface 2_1 , Surface 2_2, Surface 1_3… }

Dans le cadre du Ref3DNat®, cette notion est utilisée pour le partage de géométrie entre le solide d'un bâtiment et les surfaces thématiques (BoundarySurface : toit, façade etc.) : les éléments géométriques surfaces sont décrits dans les « BoundarySurface », le solide référence ces surfaces.

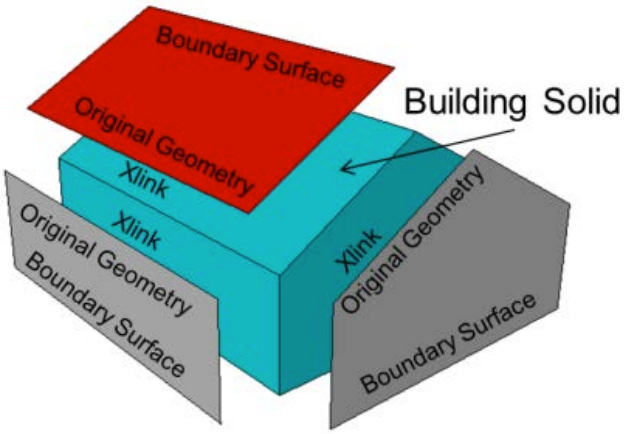


Figure 66 Utilisation de xlink dans le Ref3DNat® entre le solide et les faces thématiques d'un bâtiment

Pour des détails d'implémentation, voir Annexe 3.

Annexe 3 : Exemple d'implémentation d'un bâtiment Ref3DNat® en CityGML

```
<cityObjectMember>
   <bldg:Building gml:id="BU_35000_000_1c62863f-875e-4dc0-98ed-9da5a74fa0f2">
    <gml:boundedBy>
      <gml:Envelope srsDimension="3">
        <gml:lowerCorner>1344805.750000 7214318.500000 19.452425</gml:lowerCorner>
        <gml:upperCorner>1344814.625000 7214326.500000 23.857927</gml:upperCorner>
      </gml:Envelope>
    </gml:boundedBy>
    <creationDate>2016-05-24</creationDate>
    <bldg:usage>résidentiel collectif </bldg:usage>
    <bldg:yearOfConstruction>1980</bldg:yearOfConstruction>
    <bldg:consistsOfBuildingPart>
      <bldg:BuildingPart gml:id="BU_1c62863f-875e-4dc0-98ed-9da5a74fa0f2_1">
        <bldg:usage> résidentiel collectif </bldg:usage>
        <bldg:yearOfConstruction>1980</bldg:yearOfConstruction>
        <bldg:measuredHeight uom="#m">4.406</bldg:measuredHeight>
        <bldg:lod2Solid>
          <gml:Solid gml:id="UUID_788ae84a-ed21-4b4d-8c85-eca86bbdd2e6">
            <gml:exterior>
              <gml:CompositeSurface gml:id="UUID_1737ac07-7977-4e6a-b47b-301db6f31117">
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_5598625d-aadb-4882-bfc1-0d266bdde9d4"/>
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_02eb96f9-b6f1-4ab9-868a-e2c0c4218a2b"/>
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_1d0daf4a-3ce1-4cf2-8a06-71923b946ecd"/>
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_7322e94e-a689-4063-9283-8b36d6332680"/>
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_952eb473-d826-46da-84b2-dcf40620202f"/>
                <gml:surfaceMember xlink:href="#UUID_a9134eaf-8512-470e-9ba2-54ed797b792f"/>
              </gml:CompositeSurface>
            </gml:exterior>
          </gml:Solid>
        </bldg:lod2Solid>
        <bldg:boundedBy>
          <bldg:RoofSurface gml:id="UUID_c89144ce-8e0c-4013-a7be-94e873c4eb91">
            <bldg:lod2MultiSurface>
              <gml:MultiSurface gml:id="UUID_164ed271-dc4b-4824-bdab-97e671431099" srsDimension="3">
                <gml:surfaceMember>
                  <gml:Polygon gml:id="UUID_5598625d-aadb-4882-bfc1-0d266bdde9d4">
                    <gml:exterior>
                      <gml:LinearRing gml:id="UUID_10b7e533-4786-4ffc-94f3-1c84fe83d345">
                        <gml:posList>1344809.450000 7214324.660000 23.857925 1344809.200000 7214324.570000 23.857925
1344805.770000 7214323.310000 23.857925 1344806.520000 7214318.710000 23.857925 1344814.600000 7214319.990000
23.857925 1344813.780000 7214326.240000 23.857925 1344809.450000 7214324.660000 23.857925 </gml:posList>
                      </gml:LinearRing>
                    </gml:exterior>
                  </gml:Polygon>
                </gml:surfaceMember>
              </gml:MultiSurface>
            </bldg:lod2MultiSurface>
          </bldg:RoofSurface>
        </bldg:boundedBy>
        <bldg:boundedBy>
          <bldg:WallSurface gml:id="UUID_bd140add-cb6d-4fc4-bc69-e3b7d9ecfab7">
            <bldg:lod2MultiSurface>
              <gml:MultiSurface gml:id="UUID_76386b27-0dc0-46b8-815c-3902ae5b2f33" srsDimension="3">
                <gml:surfaceMember>
                  <gml:Polygon gml:id="UUID_02eb96f9-b6f1-4ab9-868a-e2c0c4218a2b">
                    <gml:exterior>
                      <gml:LinearRing gml:id="UUID_0fcaf540-f71d-4533-b943-6d1594a07e94">
                        <gml:posList>1344813.780000 7214326.240000 19.452426 1344811.615000 7214325.450000 19.452426
1344809.450000 7214324.660000 19.452426 1344809.200000 7214324.570000 19.452426 1344805.770000 7214323.310000
19.452426 1344805.770000 7214323.310000 23.857925 1344809.200000 7214324.570000 23.857925 1344809.450000
7214324.660000 23.857925 1344813.780000 7214326.240000 23.857925 1344813.780000 7214326.240000 19.452426
</gml:posList>
                      </gml:LinearRing>
                    </gml:exterior>
                  </gml:Polygon>
                </gml:surfaceMember>
              </gml:MultiSurface>
            </bldg:lod2MultiSurface>
          </bldg:WallSurface>
        </bldg:boundedBy>
        <bldg:boundedBy>
          <bldg:WallSurface gml:id="UUID_fc89e135-2c70-420a-b7ec-7039031a2e2e">
```

<bldg:lod2MultiSurface>
<gml:MultiSurface gml:id="UUID_4946cbe1-b80b-48c9-a279-d902f3402882" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="UUID_1d0daf4a-3ce1-4cf2-8a06-71923b946ecd">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="UUID_0f5720c1-dbde-4d74-94de-744f1767f81b">
<gml:posList>1344806.520000 7214318.710000 23.857925 1344805.770000 7214323.310000 23.857925 1344805.770000 7214323.310000 19.452426 1344806.520000 7214318.710000 19.452426 1344806.520000 7214318.710000 23.857925 </gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod2MultiSurface>
</bldg:WallSurface>
</bldg:boundedBy>
<bldg:boundedBy>
<bldg:WallSurface gml:id="UUID_a2f816ba-073c-44d8-9c34-78aa60665fdb">
<bldg:lod2MultiSurface>
<gml:MultiSurface gml:id="UUID_467d4e1e-5b55-487a-87d6-a502fe2fa6d1" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="UUID_7322e94e-a689-4063-9283-8b36d6332680">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="UUID_1c96faac-7f54-4640-86d6-d8af37eed759">
<gml:posList>1344814.600000 7214319.990000 23.857925 1344806.520000 7214318.710000 23.857925 1344806.520000 7214318.710000 19.452426 1344814.600000 7214319.990000 19.452426 1344814.600000 7214319.990000 23.857925 </gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod2MultiSurface>
</bldg:WallSurface>
</bldg:boundedBy>
<bldg:boundedBy>
<bldg:WallSurface gml:id="UUID_a5df45c8-d9cb-4231-9e4a-08545d4324b0">
<bldg:lod2MultiSurface>
<gml:MultiSurface gml:id="UUID_d1ff2b7c-e298-4e22-a3cc-c1a6f6a95451" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="UUID_952eb473-d826-46da-84b2-dcf40620202f">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="UUID_68a31e3d-f093-41f7-a240-79a390ade7b2">
<gml:posList>1344814.600000 7214319.990000 19.452426 1344814.190000 7214323.115000 19.452426 1344813.780000 7214326.240000 19.452426 1344813.780000 7214326.240000 23.857925 1344814.600000 7214319.990000 23.857925 1344814.600000 7214319.990000 19.452426 </gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod2MultiSurface>
</bldg:WallSurface>
</bldg:boundedBy>
<bldg:boundedBy>
<bldg:GroundSurface gml:id="UUID_7ada184d-6e55-4f4e-99e3-38ccdbf43bdc">
<bldg:lod2MultiSurface>
<gml:MultiSurface gml:id="UUID_fe84bbe5-2fd6-4cce-88ab-50d4a9bedbec" srsDimension="3">
<gml:surfaceMember>
<gml:Polygon gml:id="UUID_a9134eaf-8512-470e-9ba2-54ed797b792f">
<gml:exterior>
<gml:LinearRing gml:id="UUID_705e5aca-c874-40a4-bcee-b4d44d96dc22">
<gml:posList>1344813.780000 7214326.240000 19.452426 1344814.190000 7214323.115000 19.452426 1344814.600000 7214319.990000 19.452426 1344806.520000 7214318.710000 19.452426 1344805.770000 7214323.310000 19.452426 1344809.200000 7214324.570000 19.452426 1344809.450000 7214324.660000 19.452426 1344811.615000 7214325.450000 19.452426 1344813.780000 7214326.240000 19.452426 </gml:posList>
</gml:LinearRing>
</gml:exterior>
</gml:Polygon>
</gml:surfaceMember>
</gml:MultiSurface>
</bldg:lod2MultiSurface>
</bldg:GroundSurface>
</bldg:boundedBy>
</bldg:BuildingPart>
</bldg:consistsOfBuildingPart>
</bldg:Building>
</cityObjectMember>

Annexe 4 : Liste des règles Ref3DNat®

***Règle 1** : Afin d'intégrer le Ref3DNat®, les modèles 3D doivent respecter le profil CityGML du Ref3DNat®, et par extension le CityGML V2.0.*

***Règle 2** : Les fichiers CityGML doivent être encodés en UTF-8.*

***Règle 3** : Le découpage d'un « lot » en « ilots » doit se faire par zones connexes (exemple : commune, quartier etc.) où aucun bâtiment n'est « à cheval » sur plusieurs « ilots ». Les ponts « à cheval » entre plusieurs zones ne doivent en aucun cas être découpés.*

***Règle 4** : Les « ilots » doivent constituer une partition exacte de la zone recouverte par le modèle 3D : toute la surface du chantier est couverte et il n'y a pas de chevauchement ni de trou entre les zones.*

***Règle 5** : L'attribut décrivant l'identifiant (« id ») de chaque objet doit être unique sur l'ensemble du lot.*

***Règle 6** : Toute surface d'un objet 3D doit être correctement orientée (les normales vers l'extérieur de l'objet).*

***Règle 7** : Le référentiel 3D national intègre une modélisation de tous les bâtiments dont la superficie au sol est supérieure ou égale à 20 m^2, surface minimale à laquelle un permis de construire est exigé, et dont la hauteur minimale par rapport au sol est de 1.5 m. Les autres bâtiments sont facultatifs.*

***Règle 8** : Plusieurs constructions connexes sur une même parcelle constituent un seul bâtiment.*

***Règle 9** : Plusieurs constructions non-connexes dans une parcelle constituent des bâtiments différents.*

***Règle 10** : Si une entité bâtie est à cheval sur deux parcelles, on la découpe en deux bâtiments, en tenant compte de la limite parcellaire et de la réalité terrain.*

Règle 11 : Un bâtiment composé de plus de deux éléments distincts ou plus est obligatoirement composé d'autant de « BuildingPart » que d'éléments distincts. Les éléments structurants (toits, murs..) et la géométrie sont alors portés uniquement par ces éléments de bâtiment (« BuildingPart »). Dans le cas contraire, c'est à dire s'il n'y a qu'une seule partie distincte, c'est le « Building » qui portent ces éléments.

***Règle 12** : Le bâtiment (« Building ») (ou l'élément de bâtiment (« BuildingPart »), suivant la règle 11) doit être modélisé par un solide et par un ensemble de faces sémantiques (BoundarySurface) : « RoofSurface », « WallSurface », « GroundSurface », « OuterCeilingSurface », « OuterFloorSurface », « ClosureSurface ».*

***Règle 13** : Le lien entre les surfaces du solide et les surfaces des faces thématiques doit se faire en utilisant le mécanisme CityGML Xlink.*

***Règle 14** : Chaque pan de toit doit être modélisé avec un élément « RoofSurface ». Les autres éléments (tels que chien-assis, cheminées, cages d'ascenseurs…) sont facultatifs.*

***Règle 15** : Excepté les configurations architecturales particulières, les façades principales doivent être modélisées par des faces verticales planes. Il ne doit pas y avoir de trous entre le sol et les façades.*

***Règle 16** : Chaque pan de mur doit être décrit par un élément « WallSurface ».*

***Règle 17** : Les murs intérieurs (non visibles) d'un objet 3D ne doivent pas être modélisés.*

***Règle 18** : Les objets 3D doivent être fermés pour former un solide. Pour assurer l'étanchéité du solide dans le cas d'objet avec ouvertures (ex : préaux), il faut utiliser des surfaces « imaginaires » de fermeture (« ClosureSurface »).*

***Règle 19**: Le plancher d'un élément de bâtiment doit obligatoirement être modélisé.*

***Règle 20** : Le plancher doit être modélisé par une surface plane (seuil de 5 cm) au Z minimum du MNT sur l'emprise du bâtiment, sans contrainte sur le sol, avec une contrainte éventuelle sur les façades. Les façades doivent descendre jusqu'au plancher, en assurant une jonction des arêtes basses des façades.*

***Règle 21** : Il ne doit pas y avoir de trous entre les faces d'un bâtiment.*

***Règle 22** : Deux points proches (distance entre points inférieure au centimètre) doivent être réunis (avoir les mêmes coordonnées planimétriques et altimétriques).*

***Règle 23** : Aucun chevauchement entre les solides n'est permis.*

***Règle 24** : Les polylignes 3D (contour des surfaces) doivent être simples : sans segment pendant, sans auto-intersection.*

***Règle 25** : Deux objets connexes doivent avoir exactement les mêmes coordonnées X,Y aux points d'intersection.*

***Règle 26** : Entre deux bâtiments mitoyens, un même plan doit définir deux murs mitoyens (il ne doit pas y avoir de vide).*

***Règle 27** : Les points inutiles (points doubles, points alignés, points inutiles à la texturation, n'assurant aucun lien topologique avec un autre objet etc.) doivent être éliminés.*

***Règle 28** : Les triangles décrivant une face doivent avoir une surface minimale de 10 cm^2.*

***Règle 29** : Les murs ne doivent pas avoir de trou, même sur les parties invisibles.*

***Règle 30** : Un pont doit être modélisé si la longueur de son tablier est supérieure à 10 m. Les autres ponts sont facultatifs.*

***Règle 31** Un pont composé de plus de deux éléments distincts ou plus est obligatoirement composé d'autant de « BridgePart » que d'éléments distincts. Les éléments structurants (tablier...) et la géométrie sont alors portés uniquement par ces éléments de pont (« BridgePart »). Dans le cas contraire, c'est à dire s'il n'y a qu'une seule partie distincte, c'est le « Bridge » qui portent ces éléments. La division en éléments de pont (« BridgePart ») sera réalisée sur des critères attributaires (pour chaque changement de valeur d'attribut) et géométriques.*

***Règle 32** Un pont complexe contenant des éléments de bâti devra être découpé en « Bridgepart »*

***Règle 33** : Chaque face du pont doit être modélisée par une surface thématique (BoundarySurface) : « RoofSurface », « WallSurface », « OuterFloorSurface », « OuterCeillingSurface », « ClosureSurface ».*

***Règle 34** : Un pont doit être décrit au minimum par son tablier (sans épaisseur) via une « OuterFloorSurface ».*

***Règle 35** : Hormis les configurations architecturales particulières, le tablier doit parfaitement reposer sur le sol.*

***Règle 36** : Les éléments du pont comparables à des bâtiments doivent être modélisés selon les règles de modélisation des bâtiments.*

Règle 37 : La modélisation du relief doit couvrir l'ensemble du modèle 3D sans discontinuité.

***Règle 38** : Le relief doit être décrit sous la forme d'une surface triangulée (contenant un ensemble de triangles) ; la surface minimale d'un triangle est de 10 cm^2.*

***Règle 39** : La modélisation du relief doit contenir tous les décrochements au-dessus de 30 cm ; en dessous de cette limite, la modélisation est optionnelle.*

***Règle 40** : Les ponts et les bâtiments ne doivent pas être contenus dans la modélisation du relief.*

***Règle 41** : Dans le cas d'un MNT constitué d'un ensemble de dalles, un accord parfait entre les dalles est obligatoire.*

***Règle 42** : Les modèles 3D du Ref3DNat® doivent être dans les systèmes de référence spatial et altimétrique légaux français.*

***Règle 43** : Chaque modèle CityModel doit contenir le code EPSG du système de référence planimétrique et altimétrique.*

***Règle 44** : L'unité de mesure est le mètre et les mesures doivent à minima avoir une résolution numérique centimétrique (2 chiffres après la virgule).*

***Règle 45** : Afin d'être intégré dans le Ref3DNat®, un jeu de données doit respecter l'ensemble des règles de constitution et de qualité du présent document.*

***Règle 46** : Les données doivent être fournies au format CityGML.*

***Règle 47** : Le découpage des fichiers CityGML livrés doit respecter les règles de découpage par lot (cf. 4.1.1).*

***Règle 48** : Les données doivent être accompagnées des métadonnées de lot et d'ilot produites par le fournisseur de la donnée.*

***Règle 49** : Si un découpage sur un territoire est déjà instancié dans le Ref3DNat®, les données doivent le respecter. Dans le cas contraire, le fournisseur devra proposer un découpage en accord avec les règles de découpage par lot (cf. 4.1.1).*

Annexe 5 : Liste des dérogations aux règles Ref3DNat®

*Dérogation 1 - **Règle 9**: Pour le découpage de bâtiment, dans certains cas ambigus (ex : bâtiment sur deux parcelles d'un même propriétaire), il est possible d'utiliser l'information indiquée par l'unité foncière (une unité foncière est composée par la totalité des parcelles contigües détenues par un même propriétaire).*

*Dérogation 2 – **Règle 49** : Le fournisseur pourra proposer un nouveau découpage en cas de gros changement du paysage (ex : apparition d'objets nouveaux) ou de modification (ex : des nouvelles limites administratives) du territoire couvert par le modèle 3D en entrée du Ref3DNat®.*

Annexe 6 : Liste des recommandations Ref3DNat®

Recommandation 1 *: Le découpage d'un « lot » en « ilots » devrait respecter une certaine réalité terrain (découpage par ville, quartier, ilot INSEE etc.)*

Recommandation 2 *: Les ponts « à cheval » sur plusieurs ilots devraient être placés dans la zone du plus fort recouvrement.*

Recommandation 3 *: Les objets caractéristiques ou remarquables (bâtiment administratif, ouvrage d'art, bâtiment historique etc) devraient porter un nom (attribut « name ») en respectant la toponymie.*

Recommandation 4 *: Pour la modélisation d'une surface, il est préconisé d'utiliser un polygone si la surface est plane et une surface triangulée si la surface est complexe (exemple : dôme, donjon …). Une surface est plane si l'écart entre chaque point de la surface et son plan moyen ne dépasse pas un seuil de 5cm.*

Recommandation 5 *: Les formes et pentes générales de toit devront être saisies, ainsi que les différents éléments constituant les arêtes de toits : lignes de gouttières, les arêtes faîtières, les rives de toits, les noues, les croupes et les sommets de faîtage*

Recommandation 6 *: Si les données en entrée de processus ainsi que le processus de modélisation le permettent (même actualité et bonne cohérence géométrique entre l'emprise au sol et à la gouttière), pour assurer au mieux le respect de la réalité terrain, il est recommandé de restituer les façades par extrusion à partir de l'emprise au sol et la modélisation séparée de la forme de toit en respectant les débords.*

Recommandation 7 *: Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments, les attributs « usage » et « class » d'un bâtiment devraient être remplis par concaténation de l'ensemble des usages et classes des éléments de bâtiment qui le constituent.*

Recommandation 8 *: Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments où le Building n'a pas de géométrie propre, la valeur « measureHeight » devrait être la valeur maximale des « measureHeight » portées par ses BuildingPart*

Recommandation 9 *: Dans le cas d'un découpage en élément de bâtiments où le Building n'a pas de géométrie propre, la valeur « yearOfConstruction» devrait être la « yearOfConstruction» la plus ancienne de ses BuildingPart*

Recommandation 10 *: Bien que non obligatoire, les attributs « usage » et « class » devraient être remplis.*

Recommandation 11 *: Les éléments structurant (pilier, voûtes, etc.) devraient être modélisés.*

Recommandation 12 *: Bien que non obligatoire, les attributs « usage » et « class » devraient être remplie si possible*

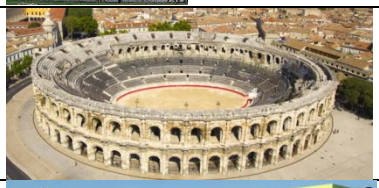
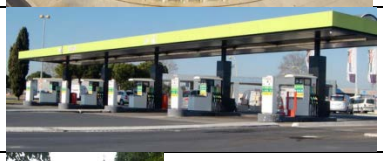
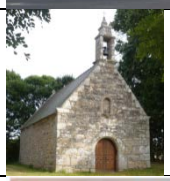
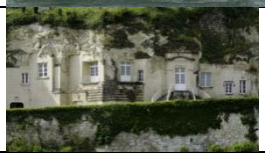
Recommandation 13 *: Dans le cas d'un découpage en élément de ponts, les attributs « Usage » et « Class » sont obtenus par concaténation des valeurs portés par les « BridgePart ».*

Recommandation 14 *: Dans le cas d'un découpage en élément de ponts, la valeur « yearOfConstruction» devrait être la « yearOfConstruction» la plus ancienne de ses « BridgePart ».*

Recommandation 15 *: Le poids des fichiers CityGML fournis ne devrait pas excéder 400Mo. Le respect de cette recommandation peut avoir un impact sur le découpage en lots.*

Recommandation 16 *: L'Objet 3D devrait conserver le même identifiant (attribut « id ») entre les différentes versions.*

Annexe 7 : Liste de codes avec exemples pour « class » et « usage » de l'élément de bâtiment

ClassList :	Exemple
indifférencié	
arc de triomphe	
arène théâtre antique	
auvent	
chapelle	
château	
église	
fort blockhaus casemate	
habitation troglodytique	
hangar	

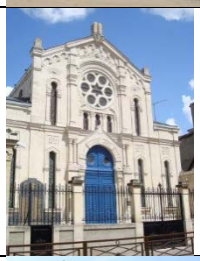
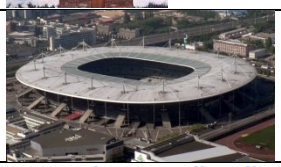
monument	
mosquée	
serre	
silo	
synagogue	
temple	
tour donjon	
moulin à vent	
tribune	

Tableau 32 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « class » de l'élément de bâtiment

UsageList :	Exemples
commercial et services	
agricole	

industriel	
religieux	
sportif	
annexe	
résidentiel collectif	
résidentiel individuel	
administratif	
militaire	
gestion des eaux	

sciences et enseignement	
santé	
culture et loisirs	

Tableau 33 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « usage » de l'élément de bâtiment

Annexe 8 : Liste de codes avec exemples pour « class » et « usage » de l'élément de pont

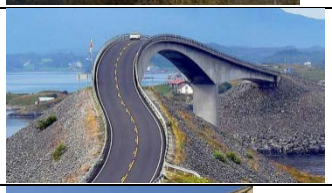
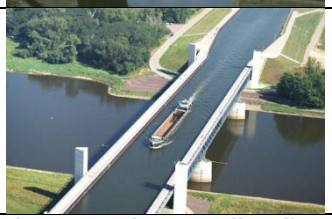
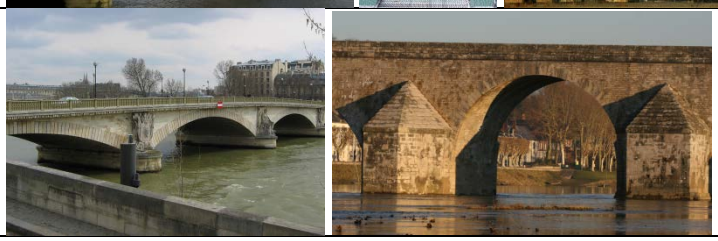
UsageList :	Exemple
ferré	
routier	
aqueduc	
piéton	
pont-canal	

Tableau 34 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « usage » de l'élément de pont

ClassList :	
pont suspendu	
pont à voûtes	

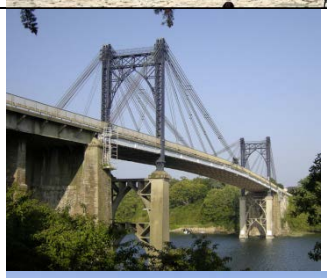
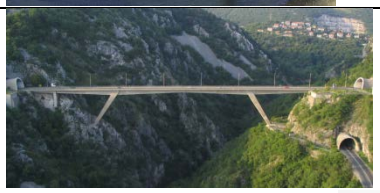
pont en arc	
pont à haubans	
pont à poutres	

Tableau 35 Liste de codes avec des exemples pour l'attribut « class » de l'élément de pont