ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit
Institut du Développement Territorial
Laboratoire de Topométrie

CH-1015 Lausanne

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Base pour la révision des normes sur le système d'information de la route,
et pour l'établissement des normes sur le repérage linéaire et sur les géométries d'axes.

VSS 2000/364

Pierre-Yves Gilliéron
Camilla Moreni
Marc Gilgen
Jeff Konnen

Lausanne, février 2006

TABLE DES MATIÈRES

1. RÉSUMÉS 6
1.1 Résumé 6
1.2 Zusammenfassung 7
2. INTRODUCTION 10
2.1 Justification du projet 10
2.2 Objectifs du projet 10
2.3 Contexte et limites du projet 10
2.4 Résultats attendus 11
2.5 Méthodologie 12
2.6 Gain pour les utilisateurs 12
3. ANALYSE DE LA SITUATION 13
3.1 Problématique 13
3.2 Approche par problèmes 13
3.2.1 Problème 1 : Transformation de coordonnées avec des données hétérogènes 15
3.2.2 Problème 2 : Relevé d'un accident 16
3.2.3 Problème 3 : Lever de coordonnées dans les deux sens 17
3.2.4 Problème 4 : Permis de fouille 18
3.2.5 Problème 5 : Localisation latérale de conduites 18
3.2.6 Problème 6 : Amélioration de la géométrie de référence au cours du temps 19
3.2.7 Problème 7 : Conservation des mesures originales 20
3.3 Synthèse et proposition 21
4. ESQUISSES DE SOLUTIONS 22
4.1 Métadonnées 22
4.1.1 Concept de métadonnées 22
4.1.2 Etat de la normalisation 23
4.1.3 Expériences relatives au domaine routier 24
4.2 Qualité 26
4.2.1 Notion de qualité selon les normes ISO 26
4.2.2 Les composantes de la qualité 27
4.2.3 Principe de qualité appliqué aux données routières 27
5. CATALOGUE DE MÉTADONNÉES 29
5.1 Élaboration d'un catalogue de métadonnées 29
5.1.1 Principe de base 29
5.1.2 Démarche 30
5.2 Besoins et notion de qualité 30
5.2.1 Principes 30
5.2.2 Système de repérage de base 33
5.2.3 Géométrie des axes 35
5.2.4 Qualité du repérage des objets routiers 39
5.3 Eléments de qualité dans les normes VSS 40
5.3.1 Documents de référence 40
5.3.2 Système de repérage de base 41
5.3.3 Géométrie des axes 42
5.3.4 Qualité du repérage des objets routiers 42
5.4 Normes sur les métadonnées 45
5.4.1 Qualité des données 46
5.4.2 Identification 47
5.4.3 Représentation spatiale 47
5.4.4 Système de référence 47
5.4.5 Etendue 47
5.4.6 Synthèse et proposition 47
5.5 Proposition d'introduction des métadonnées 49

5.5.1 Classes de précision 49
5.5.2 Système de repérage spatial de base 51
5.5.3 Géométries d'axes 51
5.5.4 Calage 52
5.5.5 Objets routiers 52
5.5.6 Synthèse des éléments de qualité détaillés 55
5.5.7 Règles de transformations et combinaisons 56
5.6 Intégration dans les normes VSS 58
5.6.1 Eléments de qualité dans les normes 58
5.6.2 Normes métadonnées 58
6. RECOMMANDATIONS 59
7. CONCLUSION 60
8. BIBLIOGRAPHIE 61
9. LISTE DES ANNEXES 61
9.1 Notion de métadonnées 61
9.2 Norme ISO et profil CH 61
9.3 FGDC et métadonnées 61
9.4 GDF 4 et les métadonnées 61
9.5 Modélisation de la géométrie des axes 61
10. ABBRÉVIATIONS 62

Liste des figures

Figure 1: Contexte de la qualité du repérage spatial 11
Figure 2: Schéma de l'analyse de la situation 13
Figure 3 : Transformation des coordonnées X,Y du point P en u,v avec une géométrie d'axe 15
Figure 4 : Relevé d'un accident 16
Figure 5 : Mesures dans les deux sens 17
Figure 6 : Mesures et report dans les deux sens 17
Figure 7 : Permis de fouille 18
Figure 8 : Mesure et report de l'écart latéral 18
Figure 9 : Changement de la géométrie de référence au cours du temps 19
Figure 10 : Cas de plusieurs campagnes de mesures et plusieurs géométries d'axes 20
Figure 11 : Schéma des informations sur la qualité des données 26
Figure 12: Schéma du principe de qualité du repérage spatial 28
Figure 13 : Niveaux hiérarchiques 29
Figure 14 : Démarche d'élaboration du catalogue de métadonnées pour le repérage spatial 30
Figure 15 : Relation entre les types d'objet du repérage spatial 31
Figure 16 : Principe de transformation « X,Y,H » en « u,v,w » (inspiré de [2]). 32
Figure 17 : Schéma pour la détermination du facteur de calage 33
Figure 18 : Relation entre SRB et Géométrie 36
Figure 19 : Modèle de métadonnées GM03Core et GM03Comprehensive 45
Figure 20 : Paquets de GM03Comprehensive 46
Figure 21 : Synthèse des éléments de métadonnées de GM03 48
Figure 22 : Schéma d'un catalogue de métadonnées pour le repérage spatial 49
Figure 23 : Ecart-type et incertitude 50
Figure 24 : Typologie du repérage des objets routiers 53
Figure 25 : Contrôle qualité entre le système de repérage spatial et le repérage d'objets routiers 57

Liste des tableaux

Tableau 1 : Processus « métier » et techniques concernés par les exemples 14
Tableau 2 : Présence des paramètres de qualité pour un objet ou pour un jeu de données (adapté de [6]) 27
Tableau 3 : Evaluation de la qualité de l'axe 34
Tableau 4: Evaluation de la qualité du point de repère et du secteur 34
Tableau 5 : Evaluation des composantes de qualité pour la géométrie de référence 37
Tableau 6 : Evaluation de la qualité de la géométrie de base 38
Tableau 7 : Evaluation de la qualité du segment géométrique 39
Tableau 8 : Correspondances entre modes de repérages 39
Tableau 9 : Evaluation de la qualité du repérage spatial des objets routiers 40
Tableau 10 : Résumé des normes de référence 41
Tableau 11 : Evaluation de la qualité de l'axe 41
Tableau 12 : Evaluation de la qualité du point de repère/secteur 42
Tableau 13 : Typologie des objets et du repérage des données routières dans les normes VSS 43
Tableau 14 : Evaluation de la qualité des objets routiers ponctuels avec repérage direct 44
Tableau 15 : Evaluation de la qualité des objets routiers linéaire ou surfaciques avec repérage direct 44
Tableau 16 : Classes de précision 50
Tableau 17 : Seuils de probabilité et limites de tolérance 51
Tableau 18 : Méthodes de repérage direct et niveaux de tolérance 53
Tableau 19 : Synthèse des éléments de qualité détaillés: SRB, géométrie et calage 55
Tableau 20 : Agrégation des éléments qualité pour un segment d'axe 56

1. RÉSUMÉS

1.1 Résumé

But

Le système d'information de la route, anciennement appelé banque de données routières, repose principalement sur un système de repérage linéaire : le système de repérage spatial de base (SRB). Alors que la plupart des systèmes d'information géographique (SIG) reposent sur un système de repérage planaire, basé sur des coordonnées nationales, il est indispensable de faire cohabiter ces deux vues de l'espace. Les projets SYRROU [1] et AGRAM [2] ont montré la complémentarité des deux systèmes de repérage et recommandé une meilleure intégration des différentes méthodes d'acquisition de données spatiales et des différentes sources d'information géographique.

Face à la multitude des sources d'information géographique et à la nature intrinsèque des deux modes de repérage, il s'est avéré nécessaire de mieux documenter les données routières de façon à connaître leur origine et leur qualité. Cette documentation s'appuie sur le principe des métadonnées qui sont littéralement des données relatives à des données. Elles permettent ainsi à l'utilisateur d'avoir un aperçu sur le contenu d'un jeu de données.

Le but de ce projet METAROUTE est donc de définir les types d'information nécessaires à la description de l'origine et de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes de route. Il comprend les objectifs spécifiques suivants :

- définir les besoins en matière de métadonnées pour la gestion de la qualité du repérage spatial des données routières
- établir un catalogue de métadonnées spécifique pour la documentation des caractéristiques du repérage spatial des données routières, et en particulier de la géométrie des axes de route.
- étudier et proposer des principes d'acquisition, de gestion et de mise à jour des métadonnées
- évaluer les implications de l'intégration de métadonnées sur la gestion des données routières

Normes

Les résultats de cette recherche seront utiles pour appuyer la rédaction des normes SN 640911 « Système d'information de la route : Repérage linéaire» et les normes associées SN 640912 « Système de repérage spatial de base » et SN 640913 « Géométries d'axes » dans lesquelles la notion de qualité et de métadonnées doit être introduite. Une norme spécifique aux métadonnées pour le système d'information de la route est également envisagée.

Métadonnées

Au niveau international, il existe une norme de métadonnées ISO 19115 issue des travaux du comité technique ISO/TC 211 (Information géographique/géomatique). C'est une norme générale qui s'applique à tout type de données géographiques, permettant à des domaines métiers de définir des profils. Cette norme a fait l'objet d'un profil suisse grâce aux travaux de la COSIG (Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique) qui ont débouché sur la rédaction du modèle de métadonnées GM03 [8]. Ce modèle a servi de base à cette étude.

Dans les normes, les composantes de la qualité sont réparties dans deux classes : les éléments quantitatifs (précision de la position, précision des attributs, précision temporelles, exhaustivité et cohérence logique) et les éléments non quantitatifs (généalogie). Dans ce projet, on a appliqué le principe d'évaluation de la qualité des données en se basant sur ces caractéristiques.

Pour le système d'information de la route, on analyse d'une part la qualité du repérage spatial au niveau de l'objet routier et d'autre part la qualité globale du système de repérage qui s'appuie sur le SRB, une géométrie d'axe et une procédure de calage. La combinaison des informations de qualité au niveau de l'objet et au niveau du système de repérage est appelée qualité du repérage spatial. Ces informations sont

regroupées dans un **catalogue de métadonnées** pour le repérage spatial en se basant d'une part sur le contenu actuel des éléments qualité dans les normes VSS, et d'autre part sur les éléments qualité complémentaires (géométrie des axes).

Propositions

Parmi les éléments de qualité du repérage spatial, la précision de la position est la caractéristique principale et elle fait l'objet d'une définition plus détaillée. Par analogie à la mensuration officielle, on propose des classes de précision (planimétrique et altimétrique) ou **niveaux de tolérance**. L'avantage de cette classification réside dans une interprétation facilitée pour l'utilisateur et permet aisément de comparer des jeux de données de sources différentes.

Pour le système de repérage spatial, on propose une analyse détaillée de la qualité des éléments pour le SRB, pour la géométrie des axes et pour le calage. Le catalogue de métadonnées est ainsi construit sur l'agrégation des éléments de qualité pour un segment d'axe, ce qui permet de confronter la qualité du repérage spatial d'un objet routier lié à un axe de route.

Pour la localisation de l'objet routier, on propose toujours de stocker les coordonnées originales, qu'elles soient issues du repérage planaire (X,Y) ou du repérage linéaire (u,v). Ainsi on peut gérer la qualité des données transformées (u,v et/ou X,Y) en se basant sur les métadonnées du système de repérage spatial (SRB, géométrie et calage) et sur la qualité du repérage original de l'objet routier.

L'évaluation de la qualité est faite par les niveaux de tolérance du repérage des objets de la route et du système de repérage spatial. Lors de la combinaison d'informations de qualités différentes, on propose de qualifier le résultat de la transformation en prenant le niveau de tolérance le plus bas.

La notion de métadonnées ainsi que l'évaluation de la qualité doivent être introduites au niveau de normes générales du système d'information de la route. Il est prévu une norme de tête SN 640 910 qui traite les principes fondamentaux du système d'information de la route. Ainsi il est nécessaire de prévoir une sous-norme SN 640 910.x qui présentera la notion de métadonnées pour le système d'information de la route dans une approche globale. Le modèle de métadonnées proposé devra respecter le modèle suisse GM03 et pouvoir renseigner le catalogue géographique suisse (www.geocat.ch).

1.2 Zusammenfassung

Zweck

Das Strasseninformationssystem, ehemals Strassendatenbank genannt, baut hauptsächlich auf dem Konzept des linearen Raumbezugssystems auf, das zu einem räumlichen Basisbezugssystem (RBBS) führt. Die Mehrzahl der geographischen Informationssysteme (GIS) arbeitet jedoch mit einem planaren Bezugssystem. Deshalb ist es unumgänglich, diese beiden Raumansichten parallel anwenden zu können. Die Projekte SYRROU [1] und AGRAM [2] haben aufgezeigt, dass sich die beiden Bezugsysteme gut ergänzen; gleichzeitig wurde jedoch eine bessere Integration der verschiedenen Geodatenerfassungsprozesse und Geodatenquellen gefordert.

Ausgehend von der Menge der Geodatenquellen und den konzeptionellen Differenzen der beiden Bezugssysteme entstand die Anforderung, die Daten besser zu dokumentieren, um ihre Herkunft und ihre Qualität nachvollziehen zu können. Diese Dokumentation bezieht sich auf das Konzept der Metadaten, die etymologisch „Daten über die Daten" darstellen. Sie geben dem Anwender folglich Auskunft über den Inhalt eines Datensatzes.

Ziel dieses Projekts METAROUTE ist es, die benötigten Informationstypen festzulegen, die für die Beschreibung der Herkunft und der Qualität des Raumbezugs sowie der Geometrien der Strassenachsen benötigt werden. Diese Aufgabenstellung umfasst folgende Massnahmen:

- Definition der Bedürfnisse betreffend Metadaten für die Verwaltung der Qualität des Raumbezugs von Strassendaten

- Erstellung eines spezifischen Metadatenkatalogs für die Dokumentation der Raumbezugseigenschaften von Strassendaten, insbesondere der Strassenachsgeometrien
- Analyse und Vorschlag von Regeln zum Erfassen, Verwalten und Nachführen von Metadaten
- Abschätzung der Auswirkungen der Integration von Metadaten auf die Verwaltung der Strassendaten

Normen

Die Forschungsresultate sind sehr hilfreich, um die Verfassung der Normen SN640911 (Strasseninformationssystem: Linearer Raumbezug) und die abhängigen Normen SN640912 (Räumliches Basisbezugssystem) und SN640913 (Achsgeometrien) zu unterstützen, in denen die Begriffe „Qualität“ und „Metadaten“ eingeführt werden sollen. Eine Metadaten-spezifische Norm für das Strasseninformationssystem ist ebenfalls geplant.

Metadaten

Auf internationaler Ebene besteht eine Metadatennorm ISO 19115, die aus den Arbeiten des Technischen Komitees ISO/TC 211 (Geographische Information / Geomatik) hervorgegangen ist. Es handelt sich um eine generelle Norm, die sich auf alle Arten geographischer Daten anwenden lässt. Gleichzeitig ist es jedem Fachbereich überlassen, sein eigenes Profil zu erstellen. Ausgehend von dieser Norm hat KOGIS (Koordination der geographischen Information und geographischen Informationssysteme) ein Schweizer Profil erstellt, das als Metadatenmodell GM03 [8] publiziert ist. Dieses Modell gilt als Basis für die vorliegende Studie.

In den Normen sind die Qualitätsaspekte in zwei Klassen unterteilt: quantitative Elemente (Positionsgenauigkeit, Genauigkeit der Attribute, zeitliche Genauigkeit, Vollständigkeit und logische Kohärenz) und qualitative Elemente (Datenstammbaum). Hinsichtlich der Datenqualität stützen sich die Auswertungsprinzipien des vorliegenden Projekts auf diese Vorlagen.

Im Strasseninformationssystem bewertet man einerseits die Qualität des Raumbezugs der einzelnen Objekte, andererseits aber auch die globale Qualität des Raumbezugs, wobei sich letztere wiederum auf das RBBS, die Achsgeometrie und den Kalibrierungsprozess bezieht. Die Kombination von Qualitätsinformationen des Objekts mit jenen des Raumbezugs nennt man „Qualität des Raumbezugs“. Diese Informationen sind in einem **Metadatenkatalog** für den Raumbezug zusammengefasst. Dieser basiert einerseits auf den aktuellen Qualitätselementen der VSS-Normen, andererseits auf zusätzlichen Qualitätsinformationen (Achsgeometrien).

Vorschläge

Von allen Qualitätselementen des Raumbezugs ist die Positionsgenauigkeit die Haupteigenschaft. Diese wird daher näher definiert. Analog zur amtlichen Vermessung schlagen wir Präzisionsklassen (für Planimetrie und Altimetrie) oder auch **Toleranzstufen** vor. Die Vorteile einer solchen Klassifizierung sind vor allem eine vereinfachte Deutung durch den Anwender sowie der einfache Vergleich mehrerer Datensätze aus verschiedenen Quellen.

Weiters schlagen wir eine detaillierte Analyse der Datenqualitätselemente des RBBS, der Geometrie und der Kalibrierung vor. Der Metadatenkatalog beruht somit auf der Konsolidierung von Qualitätselementen von Achssegmenten. Dies ermöglicht den Vergleich der Raumbezugsqualität von Strassenobjekten, die einen Bezug zu einer Strassenachse aufweisen.

Betreffend der Lokalisierung von Strassenobjekten schlagen wir eine Abspeicherung der Originalkoordinaten vor, seien diese planar (X,Y) oder linear (u,v). Somit kann die Qualität der umgewandelten Daten (u,v und/oder X,Y) verwaltet werden, indem auf den Metadatenkatalog des Raumbezugs (RBBS, Geometrie und Kalibrierung) und auf die Qualität des originalen Raumbezugs des Strassenobjektes zurückgegriffen wird.

Die Auswertung der Qualität erfolgt über die Toleranzstufen des Strassenobjekts und des Raumbezugs. Bei der Kombination von Daten verschiedener Toleranzstufen schlagen wir vor, die niedrigste vorkommende Toleranzstufe zu verwenden um die Qualität der Umwandlung zu qualifizieren.

Der Begriff Metadaten sowie die Auswertung der Qualität müssen in die generellen Normen des Strasseninformationssystems eingeführt werden. Es ist eine Kopfnorm SN 640910 vorgesehen, welche die fundamentalen Aspekte eines Strasseninformationssystems behandelt. Zusätzlich ist es notwendig, eine Unternorm SN640910.x vorzusehen, die den Begriff Metadaten für das Strasseninformationssystem in einem globalen Ansatz definiert. Das vorgeschlagene Metadatenmodell muss die Schweizer Norm GM03 erfüllen und dem Schweizer geographischen Katalog (www.geocat.ch) gerecht werden können.

2. INTRODUCTION

2.1 Justification du projet

Les propositions faites à l'issue du projet SYRROU [1] convergent vers une meilleure intégration des différentes méthodes d'acquisition de données dans l'espace et des différentes sources de données géographiques disponibles. Cette intégration ne pourra se faire que de manière progressive, et on peut donc s'attendre à ce que des jeux de données « modernes » coexistent durant plusieurs années avec des jeux de données plus anciens. Face à cette hétérogénéité des données, repérées par rapport à des systèmes aux caractéristiques différentes, et afin d'éviter toute confusion sur la nature et la qualité des données employées, il sera nécessaire d'ajouter aux données routières actuelles des données complémentaires (appelées « métadonnées », et qui signifient « données sur les données »), utiles notamment à l'identification de leur origine et de leur qualité en terme de repérage spatial. C'est une des conditions à la mise en œuvre optimale de nouvelles méthodes d'acquisition comme le GPS, à l'utilisation des données qui en découlent et à leur combinaison avec les données existant actuellement dans les bases de données routières.

2.2 Objectifs du projet

Le but du projet est de définir les types d'information nécessaires à la description de l'origine et de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers, et de rédiger les normes influencées par ces métadonnées. Le projet comprend les objectifs spécifiques suivants :

- Définir les besoins en matière de métadonnées pour la gestion de la qualité du repérage spatial des données routières.
  - Identifier les problèmes liés au repérage spatial des données routières
  - Montrer les incidences d'une imprécision de repérage sur certains processus métier

- Établir un catalogue de métadonnées spécifique pour la documentation des caractéristiques du repérage spatial des données routières, et en particulier des caractéristiques de la géométrie des axes routiers.
  - Étudier l'état de l'art de la normalisation en matière de métadonnées
  - Insérer le catalogue spécifique au domaine routier dans les projets de métadonnées en Suisse.

- Étudier et proposer des principes d'acquisition, de gestion et de mise à jour des métadonnées dans les bases de données routières.
  - Lister les données existantes ayant un caractère de métadonnées
  - Évaluer les moyens à mettre en œuvre pour intégrer les métadonnées dans différents processus métier

- Évaluer les implications de l'intégration de métadonnées sur la gestion des données routières.

Les résultats de cette recherche seront utiles pour appuyer la rédaction des normes SN 640911 « Système d'information de la route : Repérage linéaire» et les normes associées SN 640912 « Système de repérage spatial de base » et SN 640913 « Géométries d'axes » dans lesquelles la notion de qualité et de métadonnées doit être introduite.

2.3 Contexte et limites du projet

Quel est le contexte du projet ?

Les projets SYRROU [1] et AGRAM [2] se sont intéressés à la problématique du repérage spatial des données routières. La présente étude découle des conclusions et recommandations faites à l'issue de ces deux projets. L'utilisation de nouvelles méthodes de levé nécessite la mise en relation des systèmes de repérage linéaire et planaire. Cela est possible en ayant connaissance de la géométrie des axes routiers

dans le système planaire, axes routiers qui supportent le système de repérage linéaire. Les objets du domaine routiers peuvent ensuite être levés et repérés par rapport à un système ou un autre, la géométrie d'axe permettant d'établir le lien entre les coordonnées linéaires et planaires.

Quelles sont les limites du projet ?

Dans ce contexte, l'intérêt s'est porté sur le **système de repérage** et sur le **repérage spatial** des objets routiers. C'est pourquoi cette étude se concentre sur la problématique de la qualité dans le même contexte et se restreint à étudier les besoins et à proposer des solutions en matière de qualité pour les données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers (Figure 1). La problématique de la gestion de la qualité dans les bases de données routières devrait faire l'objet d'une étude plus globale en incluant l'ensemble des objets et leur topologie. Les réflexions et projections générales sur la qualité des données routières pourront être évoquées sans toutefois être étudiées.

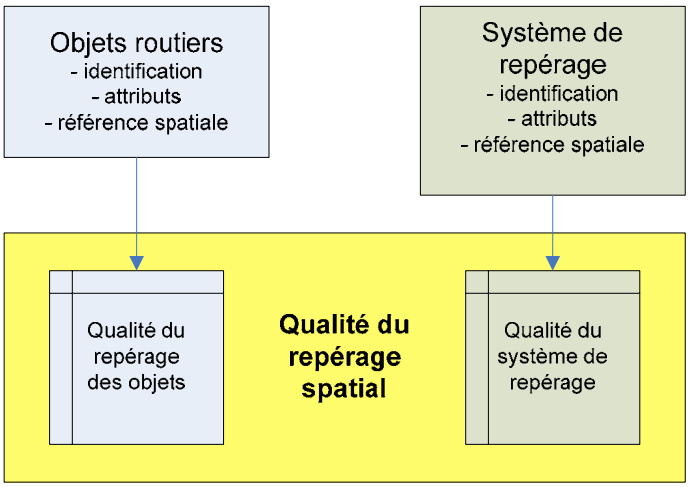


Figure 1: Contexte de la qualité du repérage spatial

Quelle est la situation existante ?

Les bases de données routières actuelles contiennent déjà des informations relatives à la qualité des données au sens général, mais pas forcément en relation avec le repérage spatial. Il s'agit par exemple du nom des intervenants, des dates, etc. Ces informations appartiennent de façon générale à la catégorie de données appelée « informations complémentaires » pour reprendre la terminologie utilisée dans la norme VSS SN 640'940 « Catalogue des données ». Les différentes catégories de données sont : données de repérage, données spécialisées, données sur les documents, données complémentaires, etc. Il s'agit donc d'identifier les données complémentaires présentes actuellement dans les bases de données routières et de les confronter au catalogue de métadonnées proposé dans l'étude. Si les bases de données routières contiennent déjà des informations complémentaires, il s'avère cependant nécessaire de vérifier leur niveau d'adéquation, d'homogénéité et de normalisation.

2.4 Résultats attendus

L'établissement d'un catalogue de métadonnées, leur définition et leurs modes d'acquisition et de gestion, ainsi que l'évaluation de l'influence des métadonnées sur les normes sur le repérage spatial sont l'objet de la présente étude. Les résultats attendus sont :

- Un rapport de recherche sur les métadonnées liées au repérage spatial des données routières
- Une proposition pour la norme SN 640911 « Système d'information de la route : Repérage linéaire »
- Une proposition pour la norme SN 640913 « Système d'information de la route : Géométries d'axes »

- Des éléments de réflexion pour la sous-norme SN 640910.5 « Système d'information de la route : Métadonnées »

Le centre de recherche est chargé d'appuyer la rédaction de ces normes.

2.5 Méthodologie

Cette étude s'appuie sur les conclusions du projet SYRROU [1] qui traite en détail de la problématique des systèmes de repérage spatial des données routières, et sur les résultats du projet AGRAM [2] qui montre le potentiel des nouvelles méthodes de levé pour l'acquisition de la géométrie des axes de maintenance. Elle bénéficie également de la longue expérience du centre de recherche et de l'équipe de projet dans le domaine des métadonnées. L'étude proposée comprendra les étapes suivantes :

- Définition des besoins en métadonnées : détermination des métadonnées nécessaires
  - à la définition du système de repérage,
  - au repérage spatial des objets routiers.
- Analyse des normes internationales sur les métadonnées.
- Élaboration d'un catalogue de métadonnées spécifique, avec leur définition et leurs modes d'acquisition.
- Inventaire des métadonnées existantes dans les bases de données routières actuelles.
- Analyse et proposition pour l'intégration des métadonnées dans la structure actuelle des bases de données routières.
- Appui à la rédaction des normes sur le système d'information de la route.

2.6 Gain pour les utilisateurs

*L'introduction de métadonnées assurera un **niveau de qualité** dans le repérage spatial des données routières. Elle facilitera **l'utilisation adéquate** des données et leur accès. Elle augmentera le potentiel **d'interopérabilité** des données routières avec d'autres types de données en offrant ainsi une meilleure visibilité de ce domaine d'activité.*

La VSS sera en possession des bases nécessaires à l'établissement de la norme générale du repérage spatial des données routières et de la norme sur les géométries d'axes. La notion de métadonnées sera introduite et des recommandations seront formulées pour la mise en œuvre et l'utilisation des métadonnées.

A terme, les utilisateurs disposeront d'informations complémentaires dans les bases de données routières leur permettant de mieux connaître la nature et l'origine des données, ainsi que leur qualité. Ils seront en mesure d'évaluer l'adéquation des données avec leurs besoins, de croiser et superposer des données en connaissant leur niveau de précision et de fiabilité, etc.

Des nouvelles méthodes d'acquisition et de levé sur le terrain pourront aussi être mises en œuvre et exploitées de manière optimale, en combinaison avec les données existantes. Une meilleure connaissance des caractéristiques des données du repérage permettra également de mieux évaluer le besoin de mises à jour et leur planification. En particulier, le levé de la géométrie des axes pourra se faire de façon plus cohérente et homogène, par exemple lors de la modification d'un tracé routier (notamment en tenant compte de la qualité de la géométrie des tronçons adjacents). Il en sera de même pour le repérage spatial de tout objet du domaine routier.

3. ANALYSE DE LA SITUATION

3.1 Problématique

Ce chapitre doit mettre en évidence les besoins de disposer d'éléments de qualité pour le système de repérage et pour le repérage des objets. Une approche par problèmes (Figure 2) paraît être adéquate, dans la mesure où elle doit permettre de :

- Illustrer la situation actuelle et future par des exemples
- Identifier / préciser les problèmes liés à la qualité du repérage et de la géométrie des axes
- Clarifier les besoins pour les différents processus métier et techniques

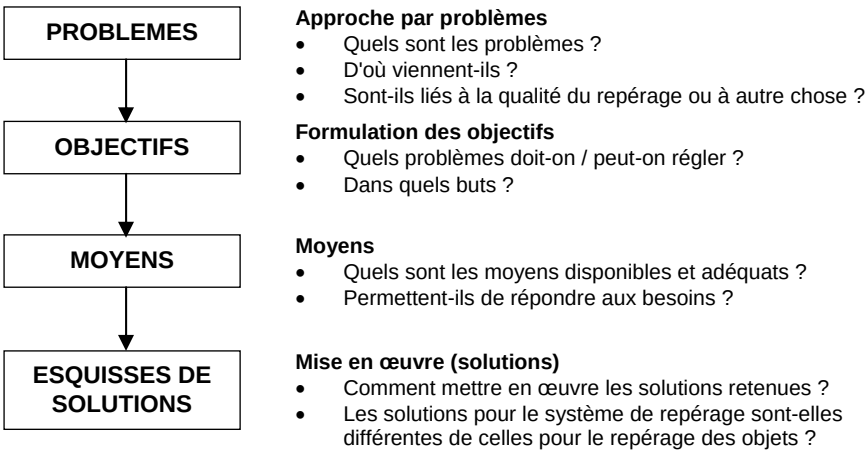


Figure 2: Schéma de l'analyse de la situation

Ce chapitre a pour but d'introduire la problématique de la qualité des données du repérage en se mettant du côté de l'utilisateur (gestionnaire de données routières). Avec un ou plusieurs exemples de gestion de données routières, il permet de se projeter dans l'avenir (horizon de 2 à 3 ans), lorsqu'on peut raisonnablement imaginer que des méthodes modernes d'acquisition de la géométrie des axes seront mises en œuvre et que des données pour la géométrie de référence seront disponibles. Il sera alors nécessaire d'avoir intégré des informations relatives à la qualité du repérage spatial et de la géométrie afin de pouvoir utiliser ces données avec pertinence.

L'objectif final étant de pouvoir :

→ Maîtriser l'hétérogénéité des données afin d'avoir une meilleure confiance dans la base de données et de l'utiliser avec pertinence

Les exemples choisis doivent montrer les problèmes concrets qui peuvent se poser au gestionnaire dans le cas où des informations sur la qualité sont manquantes. Les exemples choisis ne sont pas exhaustifs. Par contre, ils reflètent certaines situations pratiques qui peuvent avoir une incidence sur les processus techniques liés au système d'information de la route.

3.2 Approche par problèmes

L'approche présentée ici consiste à illustrer la problématique générale par des exemples. Ceux-ci sont classés dans le tableau ci-dessous en fonction du domaine concerné : par rapport aux processus métier et

par rapport aux processus techniques du système d'information (voir également le projet SYRROU [1] pour plus d'informations sur les différents processus).

			Processus techniques liés au système d'information			
			Acquisition	Gestion	Echange	Exploitation
Processus « métier »	Processus d'exploitation	1. Entretien courant	3, 6, 7	1, 6, 7		1, 4, 5
		2. Télématique, trafic		1		1, 5
		3. Sécurité, accident	2	1		1, 2, 5
		4. Environnement, cadastre		1		1, 5
	Processus de « construction »	5. Coordination SGE		1		1
		6. PMS		1		1
		7. BMS		1		1
		8. EMS		1		1, 4
		9. Réseaux souterrains		1		1, 4
		10. Autres équipements		1		1, 4
		11. Installations annexes		1		1, 4
		12. Management multi-projets		1		1

Tableau 1 : Processus « métier » et techniques concernés par les exemples

Ce tableau situe les problèmes (1 à 7, détaillés ci-après) dans les catégories de processus techniques et dans les processus « métier » de construction et d'exploitation.

3.2.1 Problème 1 : Transformation de coordonnées avec des données hétérogènes

Suite à une acquisition sur le terrain, le système de localisation par satellites (GPS) a fourni les coordonnées planes X, Y d'une chambre de visite (point P). Le repérage s'effectue ainsi dans un système de coordonnées nationales.

La Figure 3 présente deux cas possibles pour la transformation de coordonnées X,Y du point P en coordonnées linéaires u,v :

- Cas 1 : la transformation est effectuée à l'aide d'une **géométrie d'axe adéquate**. La transformation ne génère pas d'erreur supplémentaire à celle liée à la précision de mesure des coordonnées X,Y du point P.
- Cas 2 : la transformation est effectuée à l'aide d'une **géométrie d'axe simplifiée**. La transformation propage des erreurs supplémentaires sur les coordonnées linéaires u,v dues à la faible précision de la géométrie de l'axe.

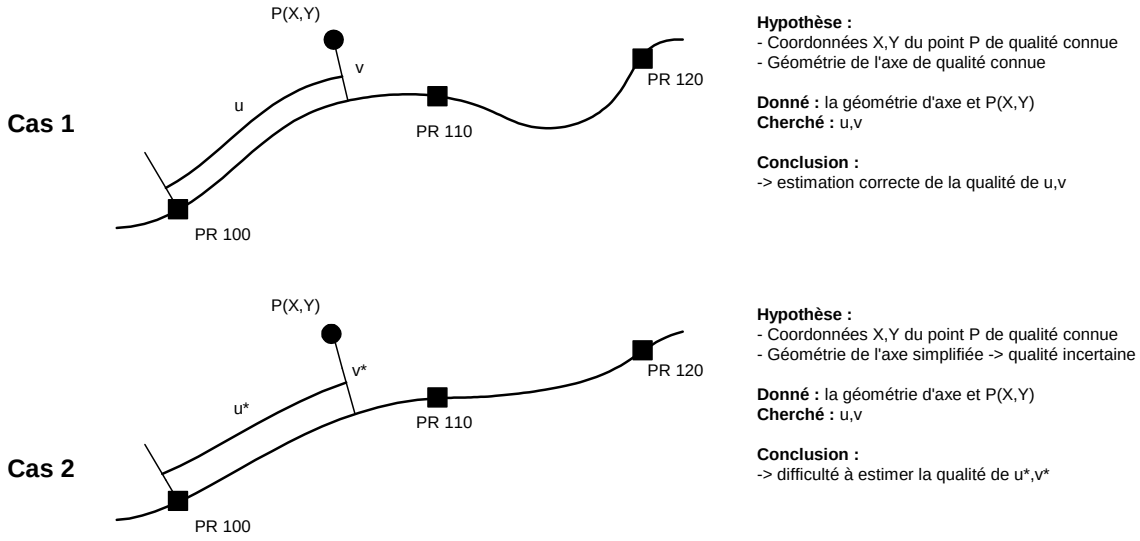


Figure 3 : Transformation des coordonnées X,Y du point P en u,v avec une géométrie d'axe

La qualité de la transformation dépend fortement de la qualité de la géométrie de l'axe. La géométrie peut avoir plusieurs rôles dans la base de données routières (BDR) : support pour la transformation des coordonnées X,Y du terrain, support pour la représentation cartographique à petite, moyenne ou grande échelle. C'est pour cela que plusieurs géométries peuvent être gérées au sein de la BDR. La géométrie d'axe simplifiée du cas 2, par exemple, est utilisée à des fins de représentation (par ex. pour superposer les données routières à la carte nationale au 1:200'000).

Afin de pouvoir sélectionner la géométrie d'axe adaptée pour la transformation, l'utilisateur doit disposer des informations permettant de qualifier ces géométries, c.-à-d. les métadonnées. Sans ces métadonnées, il est impossible de maîtriser la propagation d'erreurs lors de la transformation.

3.2.2 Problème 2 : Relevé d'un accident

Un accident peut faire l'objet d'un relevé local précis (en général dans un système de repérage local), afin de repérer la position relative des différents éléments de l'accident. La localisation globale d'un accident peut se faire par rapport au système de repérage spatial de base (distance de référence u, éventuellement écart latéral v), ou par rapport à un système de repérage planaire (coordonnées nationales (X,Y)). Dans le deuxième cas, les coordonnées X,Y peuvent être transformées dans le système u,v en se basant sur une géométrie d'axe.

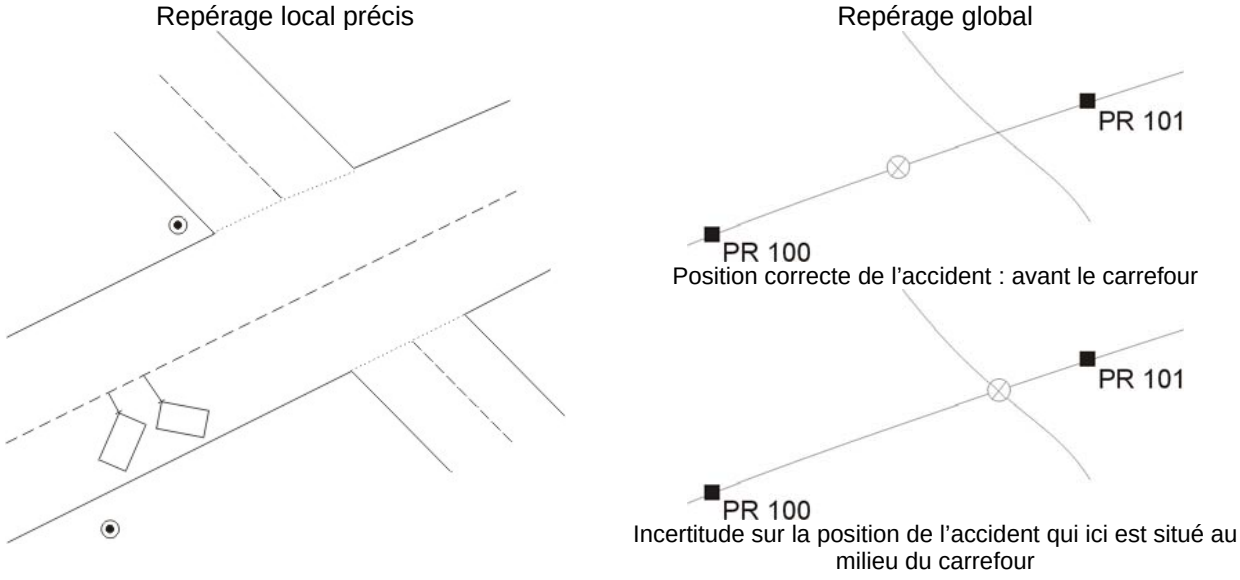


Figure 4 : Relevé d'un accident

La qualité de la localisation est importante pour l'évaluation de la position relative de l'accident par rapport à d'autres objets du domaine routier (l'accident a-t-il eu lieu dans un virage ? A quel endroit dans le virage ? Etait-ce sur le carrefour, ou en dehors du carrefour ? etc.). Afin de répondre à ces questions, il est nécessaire de connaître la qualité de la localisation (Figure 4). S'il n'est pas possible de trancher, ou en cas de doute, une visite sur le terrain ou d'autres documents peuvent s'avérer nécessaires. Des indicateurs de qualité sont ainsi importants dans le processus de décision afin d'éviter toute ambiguïté.

Enfin, l'analyse d'un accident peut nécessiter le croisement de données diverses, dont la qualité du repérage n'est pas forcément homogène (statistique de trafic, informations de visibilité, etc.). Le croisement de ces données est-il donc pertinent ? Quelles sont le cas échéant les incertitudes sur les résultats de l'analyse ?
Ici des indications de qualité sont également nécessaires à la bonne interprétation des résultats de l'analyse.

3.2.3 Problème 3 : Lever de coordonnées dans les deux sens

Dans certains cas, comme par exemple sur les autoroutes, la distance de référence u peut être mesurée, pour des raisons pratiques, dans les deux sens (sens de l'axe ou sens inverse de l'axe).

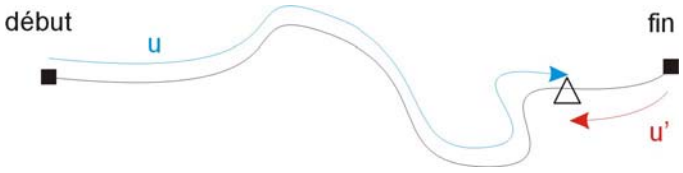


Figure 5 : Mesures dans les deux sens

Par convention la coordonnée linéaire u est dans le sens de l'axe (début>fin), elle est mesurée à partir du point de repère précédent (Figure 5). Si elle est mesurée dans le sens inverse (à partir de la fin de l'axe (u')), la coordonnées u sera donc dérivée de la mesure u' et de la longueur (L) du secteur. On aura u = L – u'.

Les précédents exemples ont montré l'importance de la qualité de la localisation. En l'absence d'informations sur la détermination de la distance de référence u, il est difficile d'estimer correctement sa précision. Ceci peut avoir une incidence sur la position relative d'objets routiers, dans le cas ou certains objets ont été relevés dans le sens direct de l'axe et d'autres dans le sens inverse.

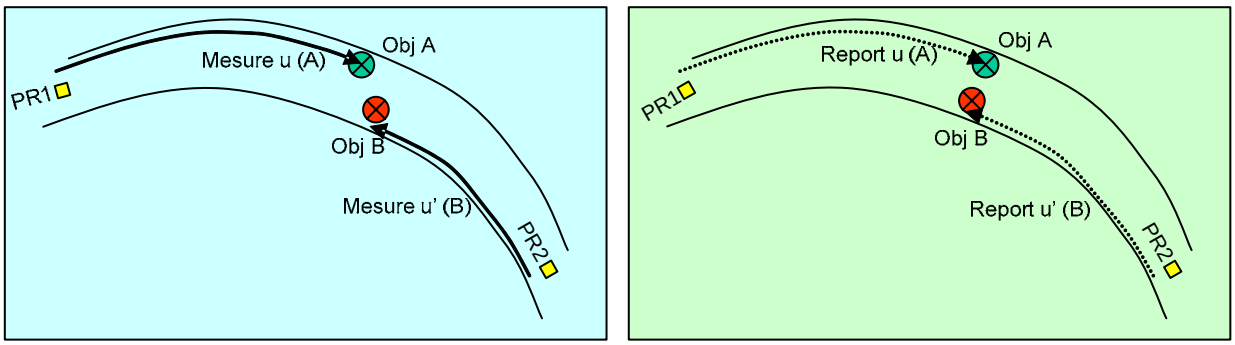


Figure 6 : Mesures et report dans les deux sens

Dans l'exemple ci-dessus (Figure 6), on a relevé la position de l'objet A depuis le point de repère 1 (PR1) et dans le sens direct. L'objet B a été mesuré en sens inverse depuis le point de repère 2 (PR2). Le report des distances linéaires u (A) et u'(B) peut engendrer une ambiguïté si la précision des mesures n'est pas connue ou mal estimée.

3.2.4 Problème 4 : Permis de fouille

Un permis doit être délivré pour effectuer une fouille dont la localisation est donnée par la distance de référence u. Cependant, un nouveau revêtement vient d'être posé dans ce secteur et il convient de déterminer si la fouille se situe effectivement sur le nouveau revêtement (y a-t-il recouvrement ?). Cet exemple illustre un cas de recoupement d'information nécessaire à une prise de décision (Figure 7).

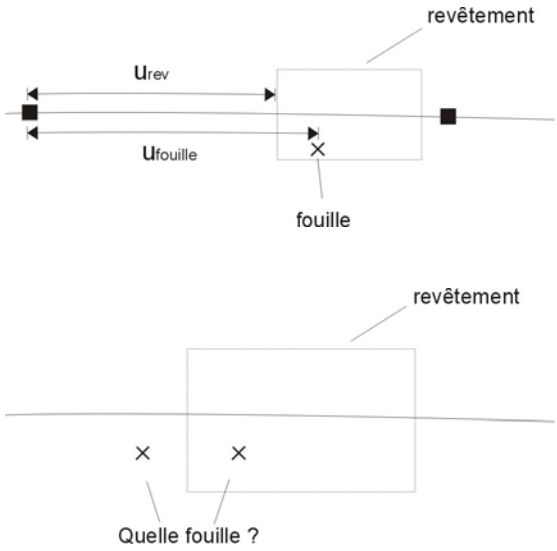


Figure 7 : Permis de fouille

Dans une telle situation, il est nécessaire d'évaluer les incertitudes sur le repérage des objets (fouille et revêtement). Des informations sur la qualité des données de repérage s'avèrent nécessaires si l'on veut s'affranchir d'une vérification sur le terrain. En l'occurrence, les qualités des données de u et v pour la fouille et le revêtement peuvent être différentes selon les techniques de mesures employées.

3.2.5 Problème 5 : Localisation latérale de conduites

En l'absence du marquage de la ligne centrale, la précision de l'écart latéral peut être influencée par la difficulté d'identifier le milieu de la chaussée. Afin de déterminer la position relative d'objets routiers, et notamment leur séquence dans la direction transversale, il paraît important de disposer d'informations sur les conditions dans lesquelles les mesures ont été réalisées (présence ou non du marquage, technique employée, etc.), afin d'évaluer la précision du repérage et l'incertitude sur la position des objets.

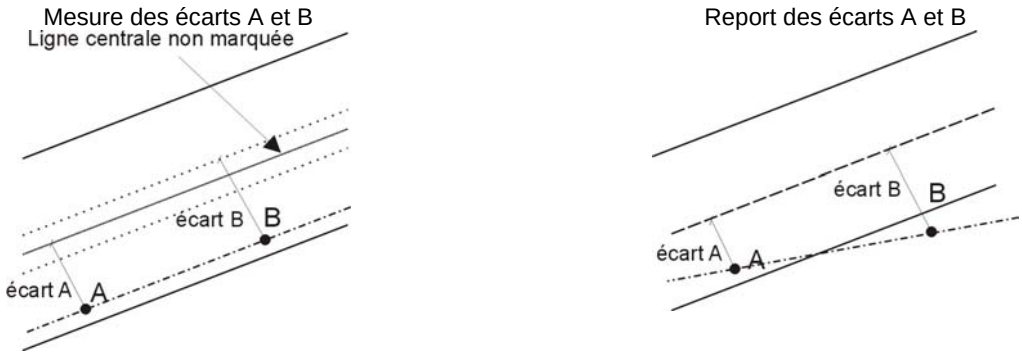


Figure 8 : Mesure et report de l'écart latéral

Dans la Figure 8 gauche (mesure), on a relevé la position de deux regards A et B sur une route en absence de ligne centrale. On remarque que les deux regards ont été relevés avec une estimation différente du milieu de la chaussée.

Dans la Figure 8 droite (report), le report de l'information peut nous induire en erreur, car la position relative de la canalisation par rapport au bord de la chaussée n'est pas correcte. La connaissance de l'incertitude sur la mesure originale peut rendre l'opérateur attentif.

3.2.6 Problème 6 : Amélioration de la géométrie de référence au cours du temps

Un objet de la route a été mesuré à l'aide du GPS qui a fourni une position dans un système de coordonnées nationales (X,Y).

A l'époque « 1 », les coordonnées (X,Y) de l'objet sont transformées en coordonnées linéaires (u,v) avec la géométrie de référence « 1 » disponible à ce moment. On peut en déduire la précision des coordonnées transformées (u,v), dépendante de la précision des coordonnées mesurées par GPS et de la précision de la géométrie de référence.

A l'époque « 2 », une nouvelle géométrie de référence est disponible. Alors que les coordonnées (X,Y) de l'objet restent inchangées, les coordonnées (u,v) peuvent être recalculées avec la nouvelle géométrie. Il en résulte une modification des coordonnées (u,v) et de leur précision. Il faut donc disposer d'éléments sur la qualité des géométries et de la localisation d'objets afin d'évaluer les incidences lors de transformations successives.

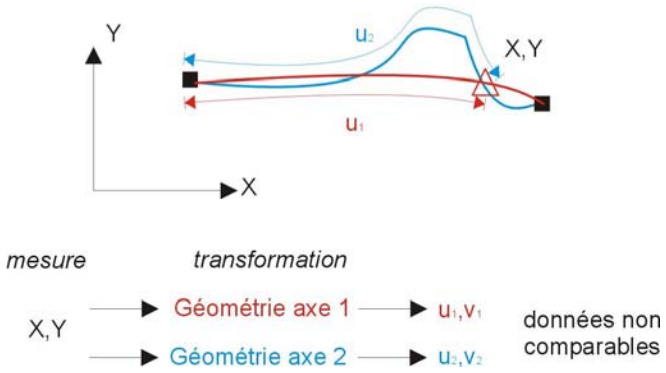


Figure 9 : Changement de la géométrie de référence au cours du temps

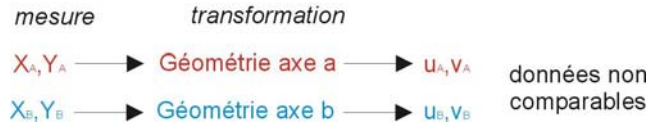
A titre d'exemple, si la géométrie de l'axe a été digitalisée sur la base du plan d'ensemble, cette information peut être répertoriée en mentionnant le document source : il s'agit déjà d'une forme de métadonnées. Ainsi, certaines informations contenues dans les bases de données sont déjà des métadonnées.

En outre, cet exemple pose la question de la conservation de l'information originale (voir exemple 7), qui consiste à documenter les mesures effectuées sur le terrain (en l'occurrence le lever en coordonnées X,Y) et leur qualité (techniques de mesure, etc.). On se rend ainsi indépendant de l'évolution du système de repérage de base si l'on conserve soigneusement ces données originales.

3.2.7 Problème 7 : Conservation des mesures originales

Avec l'avènement de nouvelles technologies de mesures, on pourra gérer plusieurs géométries d'axes sur un même tronçon, correspondant à des époques différentes. C'est le cas lors de campagnes de mesures séparées dans le temps et effectuées avec des techniques différentes. Il est évident que des coordonnées issues d'une transformation sont liées à la géométrie sur laquelle s'appuie cette transformation. Ainsi, l'amélioration de la géométrie d'axe n'impliquera pas automatiquement l'amélioration des coordonnées transformées, à moins de reprendre les mesures originales et de les transformer avec la nouvelle géométrie. On disposera ainsi de deux jeux de coordonnées, correspondant chacun à une géométrie d'axe (Figure 10).

Situation de départ : deux géométries d'axe pour un même tronçon



Si on reprend les données originales, on peut calculer une nouvelle transformation :

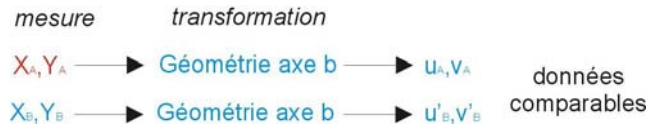


Figure 10 : Cas de plusieurs campagnes de mesures et plusieurs géométries d'axes

Il apparaît doublement important de **conserver les mesures originales et l'historique des géométries d'axes** : à la fois pour connaître la qualité des coordonnées transformées et le cas échéant améliorer la qualité de celles-ci, et pour pouvoir effectuer des comparaisons à différentes époques.

On remarquera qu'il n'est peut-être pas possible de tout garder indéfiniment et qu'à un moment donné on décide de ne conserver que la géométrie la plus récente et de rapporter toutes les coordonnées à celle-ci (transformation cohérente et homogène sur l'ensemble d'un axe).

3.3 Synthèse et proposition

Les exemples présentés dans le chapitre précédent ont clarifié le besoin de maîtriser l'hétérogénéité des données dans l'optique de pouvoir combiner, sans ambiguïté, différents types d'informations dont la localisation peut être basée sur un système de repérage linéaire ou bien sur des coordonnées nationales.

Une classification des exemples par type de problème nous permet de dégager trois classes principales de situations dans lesquelles des difficultés peuvent survenir. Les exemples ont illustré les sources majeures des problèmes liés à la gestion de la géométrie des axes et au repérage des objets :

- Lever et implantation (mesures *in situ*)
- Combinaison de données et transformation de coordonnées
- Calcul de données dérivées (longueurs, pentes, surfaces, etc.) et représentation des données

Dans les situations décrites ci-dessus, on peut se demander comment assurer une certaine homogénéité dans la précision des mesures. En s'inspirant de la pratique de la mensuration [3], on peut envisager les solutions suivantes :

- Proposer une ou plusieurs **méthodes d'acquisition standards** liées à l'emploi de techniques spécifiques.
- Établir des **normes de précision et de tolérance** à respecter dans toutes les opérations de lever ou de saisie.

Cette approche très normative est difficile à mettre en œuvre dans les métiers de la route car les processus techniques sont très variés et de nombreuses sources d'informations géographiques sont utilisées dans les bases de données routières. Le rapport AGRAM [2] a montré clairement le potentiel à exploiter de ces différentes sources d'information et préconise un libre choix des méthodes de lever et de saisie. Toutefois des indications de classes de précision sont nécessaires afin de permettre aux utilisateurs de la base de données de choisir judicieusement la source primaire d'information géographique.

Dans cette optique, on doit gérer correctement les informations relatives à la **qualité des mesures** effectuées à l'aide de nouvelles techniques comme le GPS et lors de l'exploitation du contenu des nouveaux produits numériques (orthophoto de haute résolution, cartes digitales).

La multiplicité des méthodes d'acquisition et des données géographiques doit permettre d'augmenter la redondance de l'information, de minimiser les incertitudes sur les données et de lever certaines ambiguïtés. Cette redondance est un des facteurs clé utile à la définition de la qualité d'une donnée spatiale en assurant sa **précision et sa fiabilité** [6].

Les moyens à mettre en œuvre afin de résoudre les problèmes mentionnés dans les situations présentées dans le chapitre 3.2 doivent nous permettre de lever précisément ces incertitudes. Le fait de disposer d'informations supplémentaires paraît être le moyen adéquat. En l'occurrence, ces informations supplémentaires doivent concerner la géométrie des axes, le repérage des objets et les transformations géométriques associées. Elles doivent permettre à l'utilisateur de mieux caractériser, donc mieux connaître, la géométrie des axes dont il dispose et le mode de repérage spatial des objets.

Proposition

Une des solutions adoptées aujourd'hui dans le domaine des bases de données consiste à stocker des informations complémentaires aux données existantes. Ces informations complémentaires s'appellent communément des **« métadonnées ».** C'est l'objet du chapitre suivant et la solution proposée dans le cadre de la gestion de la qualité des données du repérage spatial des objets routiers et de la géométrie des axes, s'appuie sur ce principe.

4. ESQUISSES DE SOLUTIONS

4.1 Métadonnées

4.1.1 Concept de métadonnées

4.1.1.1 Notion de métadonnées

Étymologiquement, le terme de « métadonnée » signifie « donnée sur une donnée » (le préfixe méta signifie supérieur, d'un niveau plus élevé). Les métadonnées renseignent sur la nature et les caractéristiques d'autres données et elles renseignent ainsi l'utilisateur quant à leur utilisation pertinente.

Qu'est ce qu'une métadonnée ?

Par analogie, les métadonnées sont aux données ce que l'étiquette représente sur un contenant de médicaments. En effet, on y trouve des renseignements comme le nom du médicament, les ingrédients, les mises en garde (ex. : « Peut provoquer le sommeil »), la date de péremption du médicament, etc... Toutes ces informations servent à décrire le contenu afin de permettre le choix du médicament approprié pour une situation déterminée, ainsi que le choix entre deux médicaments de même nature. Enfin, ces renseignements favoriseront l'utilisation adéquate du médicament.

Pourquoi les métadonnées sont-elles si importantes ?

Les métadonnées sont considérées par plusieurs instances comme étant plus importantes que les données elles-mêmes, car elles favorisent une utilisation appropriée des données. En effet, l'absence ou la description incomplète des métadonnées, ou la présence de métadonnées erronées, peuvent causer une utilisation inadéquate des données, ce qui peut avoir des conséquences importantes. Par exemple, dans le cas des médicaments, une mauvaise date de péremption ou l'absence d'indications sur le nombre maximal de comprimés à prendre par jour, peuvent avoir des graves incidences.

Les métadonnées sont importantes non seulement pour les utilisateurs (p.ex. clients du commerce pharmaceutique), mais aussi pour les fournisseurs (p.ex. pharmacien), afin de connaître les données sur les produits en stock (p.ex. médicaments).

Dans le domaine de l'information géographique les métadonnées sont essentielles, il existe de nombreuses métadonnées qui permettent de décrire les données géographiques afin de favoriser une leur meilleure utilisation.

4.1.1.2 Notion de métadonnées géographiques

Dans ce projet, nous étudions plus particulièrement l'application de métadonnées pour les données géographiques. On parle de métadonnées géographiques lorsque l'on fait référence aux métadonnées sur des données géographiques.

Dans un premier temps, on peut se poser les questions relatives aux particularités et au rôle de ces métadonnées.

Quelles sont les particularités des métadonnées géographiques ?

Les métadonnées liées à l'information géographique sont composées à la fois de métadonnées descriptives (identification, structure de données, etc.) et de métadonnées spatiales (localisation, étendue, etc.), du fait de la nature même des informations qu'elles renseignent.

Pourquoi les métadonnées sont-elles si importantes ?

Lorsque les métadonnées manquent, les données spatiales ne sont donc plus aussi explicites, ce qui ne permet plus une utilisation judicieuse et pertinente des données. Par exemple, la méconnaissance sur les méthodes d'acquisition de données originales peut avoir des conséquences importantes lors d'une combinaison de données provenant de sources différentes.

Quel est le rôle des métadonnées dans le domaine des données géographiques ?

Le rôle essentiel des métadonnées est de connaître les données et leurs caractéristiques afin de fournir l'information nécessaire pour une utilisation pertinente de ces données.

Au-delà du rôle principal des métadonnées qu'est la caractérisation des données, celles-ci peuvent également permettre de répondre aux questions suivantes :

- Quelles données sont disponibles ?
- Les données répondent-elles à mes besoins spécifiques ?
- Où trouver les données ?
- Comment accéder aux données ?

et au minimum :

- Est-ce qu'une donnée sur un sujet particulier existe ('what')?
- Quelle est l'espace géographique couvert par les données ('where')?
- Quelle est la date de validité, mise à jour des données ('when')?
- Qui est la personne de contact pour commander la donnée ('who')?

Exemple de métadonnée :
Des métadonnées sont par exemple :
- nom officiel de la donnée, producteur, personne à contacter
- mode et date d'acquisition, données sources, précision
- système de référence, couverture spatiale, couverture temporelle

Exemple de métadonnée : « Axes de maintenance des routes cantonales et des routes nationales »

Nom de la donnée :	Axes de maintenance des routes cantonales et des routes nationales
Description de la donnée :	La couche définit les routes cantonales en et hors traversées de localités et les routes nationales
Producteur de la donnée :	Service des routes
Personne de contact :	M.Dupont
Date d'édition :	2001
Mode d'acquisition :	Digitalisation sur la base du plan d'ensemble
Date de mise à jour :	10.12.2001
Couverture spatiale :	Tout le canton
Conditions de diffusion :	
…	

4.1.2 Etat de la normalisation

Ce chapitre met en avant l'intérêt et le rôle de la normalisation des métadonnées, et donne un aperçu des démarches dans ce domaine, entreprises au niveau international et au niveau national. De plus amples informations sont données dans l'annexe « Notion de métadonnées » ainsi que dans les annexes sur les différentes normes «Norme ISO et profil CH», «FGDC et métadonnées».

4.1.2.1 Au niveau international

ISO 19115

La norme de métadonnées ISO 19115 du comité technique ISO/TC 211 « Information géographique/Géomatique »[1] a été adoptée comme norme internationale au mois de mai 2003.

La norme ISO 19115 est une norme générale qui s'applique à tout type de données géographiques. Elle sert de base pour répondre à des domaines ou métiers particuliers et elle permet de définir des « profiles ».

Pour plus de détails sur la norme ISO voir l'annexe « Norme ISO et profil CH ».

La norme internationale sur les métadonnées ISO 19115 est inspirée en partie de la norme américaine Content Standard for Digital Geospatial Metadata (CSDGM) élaborée par le Federal Geographic Data Committee (FGDC). C'est pour cette raison qu'on y retrouve certaines analogies entre la norme américaine CSDGM et la norme ISO 19115.

Plus de détails sur la norme américaine se trouvent dans l'annexe «FGDC et métadonnées».

Exemples d'applications (antérieures à la norme ISO) :

- National Geospatial Data Clearinghouse (http://clearinghouse3.fgdc.gov/)
- GIgateway - the Gateway to Geographic Information (http://www.gigateway.org.uk/)
- …

4.1.2.2 Au niveau suisse

Profil CH

La Suisse a initié en 2001 un processus pour définir une norme en matière de métadonnées géographiques (GeoMeta). La démarche est coordonnée et portée par le Centre de Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique au sein de l'administration fédérale (COSIG)[2]. Les travaux de l'ISO ont servi de base à l'élaboration de ce document : l'objectif est en fait de proposer un profil suisse de la norme ISO 19115 (i.e. avec quelques particularités propres à répondre aux besoins de la Suisse, comme par exemple l'intégration des aspects législatifs, mais qui reste conforme à la norme ISO).

Ces travaux ont abouti en avril 2005 avec la publication d'une norme suisse intitulée « Modèle de métadonnées GM03 » [8].

Exemples d'application :

- Geocat.ch – portail suisse de recherche de géodonnées
  catalogue géographique suisse : http://www.geocat.ch/
- Catalogue des sources de données environnementales de la Suisse :http://www.envirocat.ch/
  (qui n'est pas basé sur le profil CH car antérieur)
- Géocatalogue de l'association pour le système d'information du territoire vaudois : http://www.asit.vd.ch

4.1.3 Expériences relatives au domaine routier

Ce chapitre évalue l'état d'intégration des métadonnées dans le domaine d'application particulier des routes. Les expériences relatives au domaine routier décrites dans ce chapitre sont essentiellement des travaux pour la modélisation et normalisation de données routières sans préoccupation particulière pour les métadonnées. Des éléments de métadonnées sont souvent intégrés aux modèles de données comme attributs additionnels. On n'a pas encore trouvé (2002) de travaux spécifiques aux métadonnées dans le domaine routier.

[1] http://www.isotc211.org/
[2] http://www.cosig.ch/

4.1.3.1 Aux Etats-Unis

Les Etats-Unis possèdent depuis 1994 une norme de métadonnées pour les données géographiques, intitulée *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM). Le Federal Geographic Data Committee (FGDC)[3] coordonne les travaux de normalisation dans le domaine de l'information géographique, et en particulier dans le domaine des métadonnées (voir aussi annexe « FGDC et métadonnées»). Ils possèdent en outre une expérience dans le domaine des systèmes de repérage linéaire *(Linear Referencing System)* appliqués au domaine routier, dont les principes adoptés (points de repère) sont assez proches de ceux utilisés en Suisse.

Un des sous-comités du FGDC s'occupe en particulier du domaine des transports, et une des ses responsabilités est le développement d'un modèle conceptuel standard d'identification et de description de segments de routes, indépendamment des représentations cartographiques ou analytiques de réseaux.

Actuellement dans ce modèle on ne fait pas référence, ni mention explicitement aux métadonnées, mais certains éléments intégrés au modèle de données peuvent être considérés comme des éléments de métadonnées.

Actuellement la norme sur les métadonnées américaines ne prévoit pas encore des spécifications pour le domaine routier. De plus amples informations au sujet de FGDC sont données dans l'annexe « FGDC et métadonnées».

4.1.3.2 En Europe

L'Europe est active depuis longtemps dans le domaine de la normalisation routière. Dans ce projet, on propose de considérer ces standards européens et d'évaluer le degré d'insertion de la notion de métadonnées.

GDF (Geographic Data File)

GDF est un standard pour la définition et la représentation de jeu de données géographiques qui permet de modéliser tout le domaine routier ainsi que ses alentours. Depuis 2004, il fait l'objet d'une norme ISO 14825 du domaine « Intelligent transport systems » [9].

Ce standard est composé de plusieurs éléments : catalogue des objets, catalogue des attributs, etc. Les métadonnées apparaissent à deux endroits : dans le catalogue d'attributs et dans le catalogue de métadonnées.

Dans le catalogue d'attributs, un certain nombre d'attributs qui peuvent être considérés comme des métadonnées (p.ex. précision de la position, période de validité, etc.).

Le catalogue de métadonnées est très axé sur la définition de métadonnées pour les fichiers, et les jeux de données. Il contient par exemple des métadonnées comme le nom du fournisseur des données, la date de création, etc.

L'annexe « GDF 4 et les métadonnées » décrit plus en détail le contenu de ces catalogues.

[3] http://www.fgdc.gov/

4.2 Qualité

4.2.1 Notion de qualité selon les normes ISO

La notion de qualité est présente dans de nombreuses normes et recommandations techniques. Selon le domaine d'activité, la définition de la qualité peut varier selon des caractéristiques propres à certains processus.

D'une manière générale, une information de qualité ne représente pas forcément l'information la plus précise ou la plus détaillée, mais plutôt l'information dont la qualité est en adéquation avec les besoins de l'utilisateur. On a souvent tendance à confondre la notion de qualité avec celle d'excellence ou de parfait.

La norme ISO 8402 définit la qualité comme **l'ensemble des propriétés et caractéristiques d'un produit ou service qui lui confère l'aptitude à satisfaire des besoins exprimés ou implicites**.

Comme notre recherche s'insère dans une problématique de données à référence spatiale, ce sont les travaux de normalisation sur l'information géographique et la géomatique qui serviront de référence. Le comité technique ISO/TC211 est chargé de l'élaboration des normes touchant au domaine de l'information géographique. Dans les travaux de l'ISO/TC 211, on trouve les normes suivantes (ou projet de norme) touchant la notion qualité des données :

- ISO 19113 : Principes de qualité [9]
- ISO 19114 : Procédure d'évaluation de la qualité [10]
- ISO 19115 : Métadonnées [11]

La Figure 11 tirée de la norme ISO 19113 [9] montre la vision des informations sur la qualité des données géographiques.

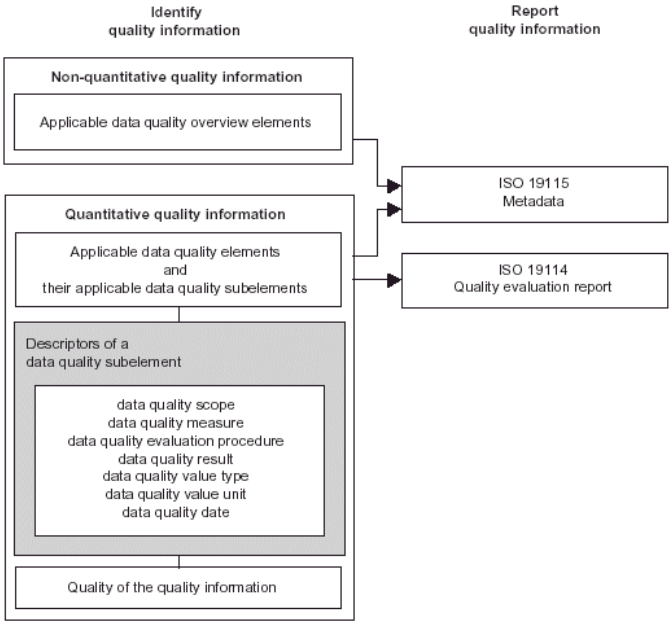


Figure 11 : Schéma des informations sur la qualité des données

La qualité d'un jeu de données est décrite par les deux composantes suivantes:

- éléments de qualité des données (data quality element) : fournissent des informations **quantitatives** de qualité des données tel que l'exhaustivité, la cohérence logique, la précision de la position, la précision temporelle et la précision thématique ;

- éléments de vue d'ensemble de la qualité de données (data quality overview elements) : fournissent des informations générales **non quantitatives**, tel que l'objectif, l'origine et l'utilisation des données.

On retrouve certains de ces éléments de qualité comme éléments de métadonnées (ISO 19115 [11]). D'autres éléments sont utilisés dans des rapports d'évaluation de la qualité des données (ISO 19114 [10]).

4.2.2 Les composantes de la qualité

Les composantes de la qualité pour des données géographiques sont donc :

Eléments non-quantitatifs

- **la généalogie** : ensemble d'informations qui décrivent l'historique des données depuis leur acquisition jusqu'à l'état où elles se trouvent. Elle est notamment composée de la source des données, de la description des systèmes d'acquisition, des dates des différents traitements et des systèmes de référence utilisés.

Eléments quantitatifs

- **La précision de la position** : la localisation d'un objet dans l'espace est définie par un ensemble de valeurs cardinales faisant référence à un système de coordonnées. La précision de la position, ou précision des coordonnées, dépend directement des moyens d'acquisition et de traitement des mesures. D'un point de vue statistique, la précision est souvent donnée par l'écart-type sur les coordonnées.
- **La précision des attributs (thématique)** : par analogie à la précision de la position, les attributs des objets à référence spatiale sont dotés d'indicateurs qui qualifient leur incertitude. Pour les attributs ayant une valeur cardinale, l'écart-type peut être utilisé. Pour les attributs à valeur ordinale, il faut qualifier la précision de la classification des objets. Quant aux valeurs nominales, elles se réfèrent à une information qualitative dont la précision peut être décrite.
- **L'exhaustivité** : c'est le paramètre qui indique le degré de complétude d'un jeu de données par rapport à l'espace nominal qu'il est censé représenter. Elle permet de contrôler le manque et le surplus d'information par rapport à la quantité de données que devrait contenir la base de données.
- **La cohérence logique** : elle décrit la fidélité structurelle des données par rapport à la réalité. Elle permet de vérifier si les relations entre objets sont vérifiées et si la topologie représentée est respectée. Ce concept est utilisé dans le contrôle d'intégrité des bases de données.
- **La précision temporelle** : elle décrit la qualité de l'estimation ou de la détermination des attributs de type temporel. La datation est un élément important pour évaluer l'état de mise à jour d'une base de données.

	Composante Qualité	Objets	Jeux de données
P	Précision de la position	●	●
A	*Précision des attributs*	●	●
G	Généalogie	●	●
E	*Exhaustivité*		●
L	*Cohérence Logique*		●
T	*Précision temporelle*	●	●

Tableau 2 : Présence des paramètres de qualité pour un objet ou pour un jeu de données (adapté de [6])

4.2.3 Principe de qualité appliqué aux données routières

Les notions de qualité et les composantes de qualité définies aux chapitres 4.2.1 et 4.2.2 doivent être appliqués à l'acquisition et la gestion des données à référence spatiale du domaine routier, en effet le projet METAROUTE s'intéresse à la description de la qualité du repérage spatial dans le domaine routier. Sur la base des composantes de la qualité issues des principes édictés par le comité ISO/TC211, on propose donc de considérer, pour ce projet, les composantes de qualité suivantes:

	Composante Qualité	Mode de qualification
P	*Position*	- précision relative - précision absolue
A	*Attribut*	- précision quantitative - information qualitative
G	*Généalogie*	- information qualitative -
E	*Exhaustivité*	- défaut d'information - surplus d'information
L	*Logique*	- cohérence conceptuelle - cohérence topologique

Tableau 3 : Principe d'application des composantes qualité

Pour le domaine de la route, on ne tient pas compte, a priori, de la précision temporelle. Dans la plupart des processus, la date correspond à un jour sans indication de précision.

Le repérage spatial est l'action de **déterminer un lieu ou de localiser un objet dans l'espace**. Il s'appuie sur la détermination de coordonnées dans l'espace. C'est donc l'opération principale et la base sur laquelle elle repose qui doivent être qualifiées.

Dans ce projet, par qualité du repérage spatial, on entend la combinaison des composantes qui qualifient le système de repérage ainsi que le repérage des objets routiers s'appuyant sur ce système. La proposition d'introduire la géométrie de référence comme une composante du système de repérage implique que cette géométrie d'axe doit être qualifiée (voir annexe : Modélisation de la géométrie des axes).

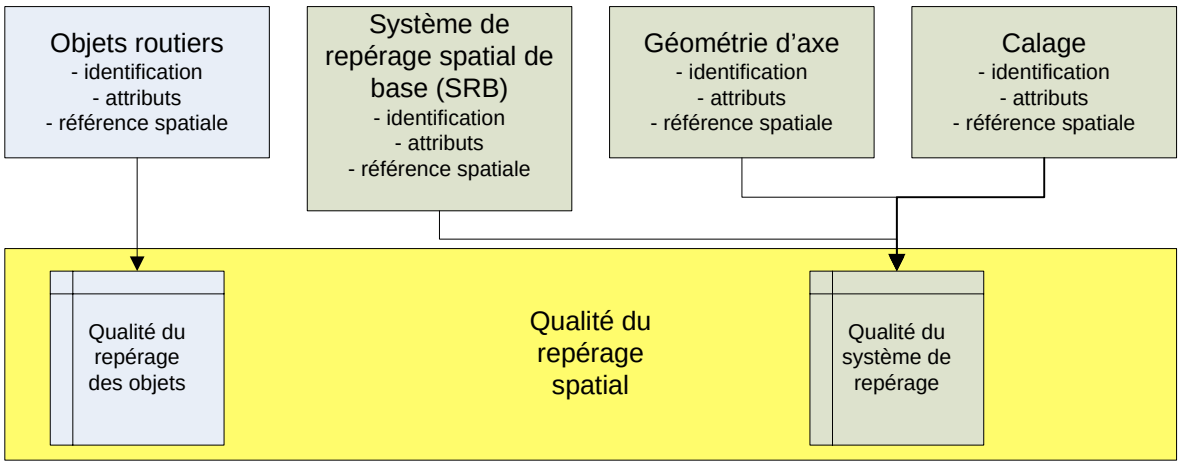


Figure 12: Schéma du principe de qualité du repérage spatial

Le principe d'application proposé consiste à décrire les composantes de la qualité pour les éléments suivants :
- Système de repérage spatial de base (SRB)
- Géométrie de l'axe
- Procédure de calage (association de la géométrie d'axe au SRB)
- Objets routiers.

Ces éléments de qualité servent à informer les utilisateurs sur les possibilités d'exploitation des données routières. Ces règles d'utilisation permettront d'éviter de combiner et transformer des données de qualités différentes. Dans ce projet la définition des éléments de qualité du repérage spatial dans le domaine routier a comme but la réalisation **d'un catalogue de métadonnées** et non l'établissement d'un rapport statistique (évaluation de la qualité des données), qui permettra d'éviter toute confusion sur la nature et la qualité des données employées.

5. CATALOGUE DE MÉTADONNÉES

5.1 Élaboration d'un catalogue de métadonnées

5.1.1 Principe de base

Un **catalogue de données** (géoréférencées) fournit une liste de données, en général décrites par leurs métadonnées. Il est fondé sur une base de données dont le contenu est composé des métadonnées.

Le **catalogue de métadonnées** fournit la liste des éléments de métadonnées devant être utilisés pour documenter des données. Il contient les informations (métadonnées) permettant notamment d'en connaître le contenu (objets et attributs) et la nature (source, couvertures spatiale et temporelle, etc.), d'en visualiser des extraits, etc.[7].

Un des objectifs de ce projet est de « définir les types d'informations nécessaires à la description de l'origine et de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers », c'est-à-dire le catalogue de métadonnées pour le repérage spatial. En principe, on s'intéresse donc seulement aux éléments de métadonnées qui décrivent la qualité des données et qui faciliteront la résolution des situations exposées au chapitre 3.2.

La description des données peut se faire à différents niveaux qui vont des attributs aux jeux de données. Les métadonnées peuvent avoir différents niveaux hiérarchiques (Figure 13), selon que ces dernières se rapportent aux attributs, entités, groupes d'entités ou jeux de données. Les normes ne posent pas de restrictions de ce point de vue, et doivent pouvoir être appliquées à tout type de données, quel que soit son niveau hiérarchique [7].

Dans un premier temps, on propose de s'intéresser aux éléments de métadonnées sur la qualité au niveau des entités (et éventuellement des attributs). Dans un deuxième temps il faudra appliquer ce principe aux niveaux hiérarchiques supérieurs (couche, jeu de données).

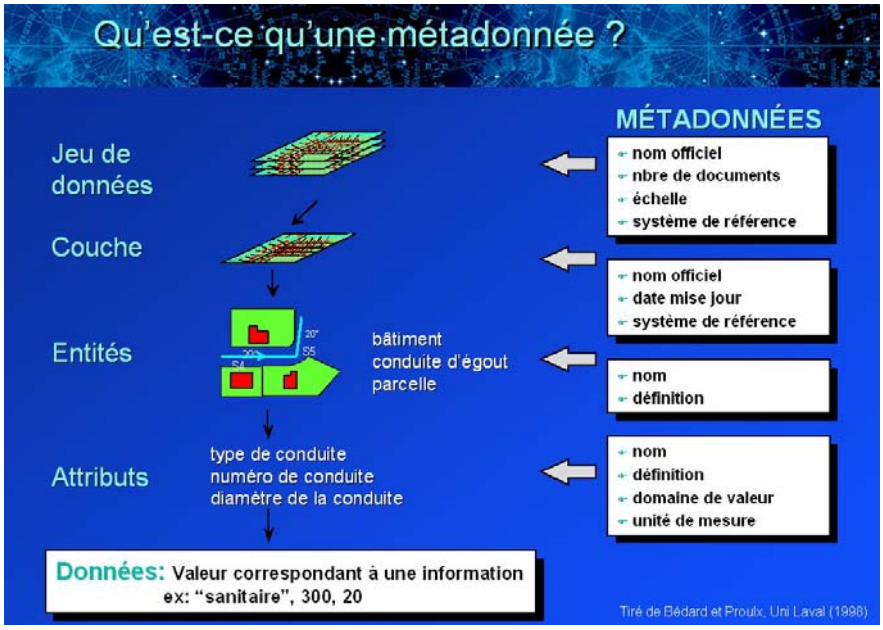


Figure 13 : Niveaux hiérarchiques[4]

[4] Tiré de Bédard et Proulx, Uni Laval (1998)

5.1.2 Démarche

Comme évoqué dans le chapitre 4.2.3, le repérage spatial dans le domaine routier est défini par les catégories d'éléments suivants:

- Le système de repérage (Axe, points de repère, secteurs)
- La géométrie de l'axe
- La procédure de calage
- La localisation des objets routiers

Le principe d'application proposé consiste à décrire les composantes de la qualité pour ces éléments.

La démarche pour établir le modèle de métadonnées (ou catalogue de métadonnées) doit prendre en considération les aspects suivants (Figure 14) :

- Les besoins et la notion de qualité
- Les éléments de qualité déjà existants dans les catalogues des données routières (normes VSS 640 940 et suivantes)
- Les normes de métadonnées, en particulier les éléments de qualité dans le modèle de métadonnées suisse GM03 [8].

Ensuite il faudra évaluer :

- l'intégration des métadonnées dans les normes VSS sur le système d'information de la route (SN 640910 et suivantes)
- l'intégration des éléments de qualité proposée dans le modèle de métadonnées suisse [8]

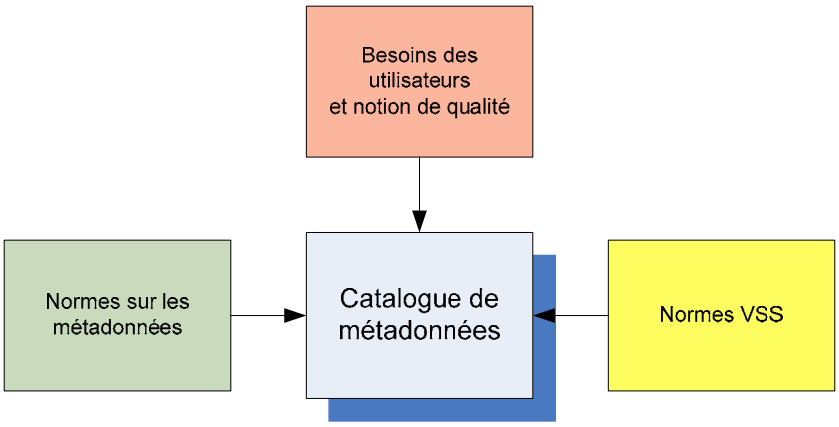


Figure 14 : Démarche d'élaboration du catalogue de métadonnées pour le repérage spatial

5.2 Besoins et notion de qualité

5.2.1 Principes

Dans ce chapitre, on propose les éléments nécessaires pour la description de la qualité du repérage spatial sur la base des composantes de qualité décrites dans le chapitre 4.2.3 et des besoins analysés au chapitre 3.

La qualité du repérage spatial s'appuie sur la description d'objets d'information dont les principales relations sont illustrées sur la Figure 15.

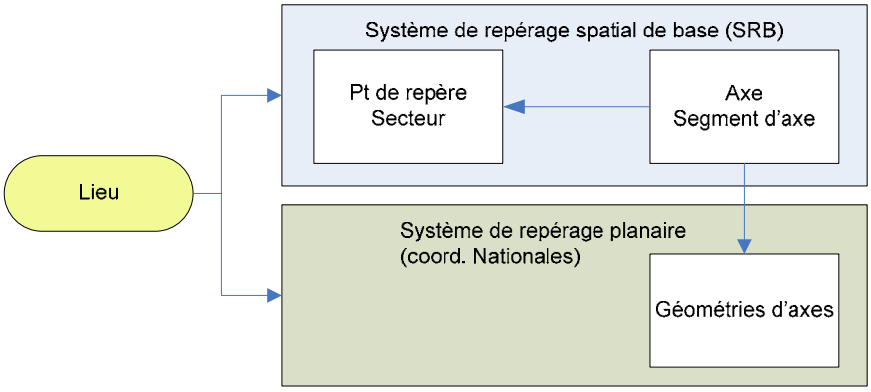


Figure 15 : Relation entre les types d'objet du repérage spatial

Il s'agit de définir les éléments qui permettent de qualifier ces objets (point de repère, secteur, axe, segment d'axe et géométrie) ainsi que la localisation des objets routiers.

5.2.1.1 Systèmes de référence et transformations géométriques

Actuellement un lieu est caractérisé par des coordonnées linéaires u,v issues de mesures basées sur le SRB. Le projet SYRROU [1] a présenté les méthodes modernes d'acquisition de données spatiales (comme le GPS, le mobile mapping) qui peuvent fournir des coordonnées directement dans le système de coordonnées nationales X,Y (éventuellement H). L'emploi de ces méthodes, en particulier pour le repérage d'objets routiers, est envisagé à l'avenir pour des questions pratiques et de productivité. Il y aura donc de plus en plus de mesures se référant à un système de repérage planaire comme les coordonnées nationales.

Dans l'évolution du modèle de repérage des objets routiers, le stockage en coordonnées curvilignes u,v restera une priorité pour des questions pratiques liées au métier (voir projet AGRAM [2]). Bien que, d'un point de vue conceptuel, la solution idéale consisterait à exécuter des transformations à la volée, afin d'éviter toute redondance. Le double stockage de coordonnées transformées et mesurées est une solution intermédiaire avant d'étudier de façon plus approfondie les transformations et leurs implications dans un contexte de transformations à la volée.

Par transformation « à la volée », on entend les procédures de calcul qui sont exécutés chaque fois que l'utilisateur désire traiter des données dans un système de repérage différent de celui dans lequel les données originales sont stockées. Cette approche est déjà largement répandue dans les systèmes d'information géographiques, lorsqu'il s'agit de combiner des jeux de données provenant de systèmes de coordonnées nationales différents.

Les transformations géométriques (u,v <> XY) doivent en effet garantir la qualité du repérage des objets et le principe de réciprocité (bi-univoque) et les algorithmes sont dépendants de la modélisation de la géométrie de référence. Pour cela il faudra étudier de manière plus approfondie comment décrire, avec un certain formalisme, les différents paramètres d'une transformation. Dans ce projet nous abordons cette problématique, mais elle devrait être encore approfondie et associée à des exemples pratiques. On retrouve un certain nombre de cas qui sont présentés dans le rapport VSS sur les interfaces entre banques de données routières et systèmes d'information géographique [5].

Pour l'utilisateur il est donc important de connaître l'origine des données et les caractéristiques associées. Les mesures originales (u,v ou X,Y) devront donc être stockées avec des informations relatives à leur mode d'acquisition (méthode, support, date acquisition, etc.).

Afin d'établir une cohabitation des deux systèmes de repérage (linéaire et surfacique) il faut aussi définir les règles et les éléments qui qualifient la transformation géométrique.

5.2.1.2 Transformation « XY » <> « u,v »

Le principe de la transformation d'un point de l'espace (X,Y,H) dans le système de repérage linéaire est montré dans la Figure 16, tirée du rapport AGRAM [2]. Il faut relever que c'est la géométrie de base horizontale (dérivée de la géométrie de référence) qui sert à la transformation géométrique.

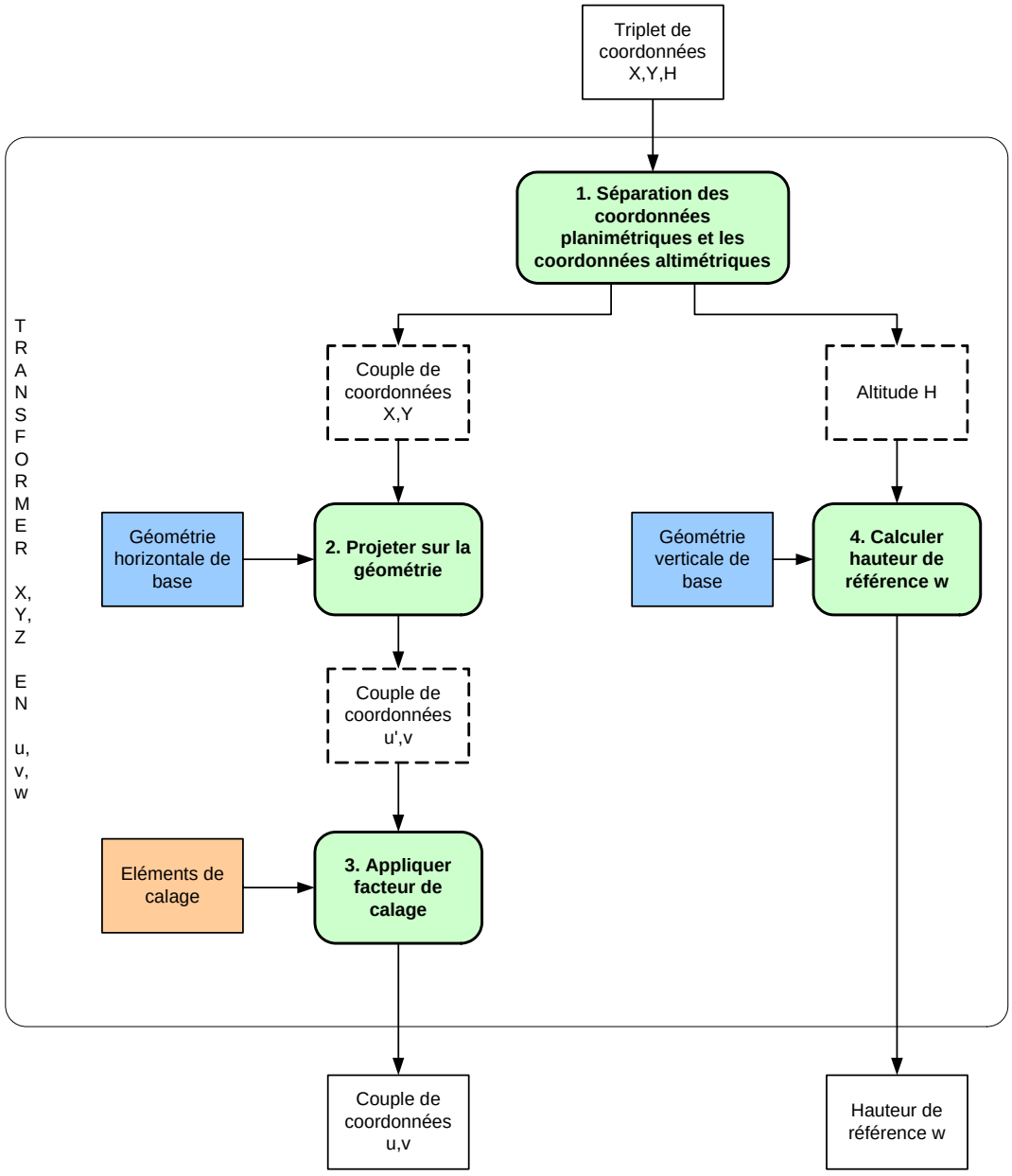


Figure 16 : Principe de transformation « X,Y,H » en « u,v,w » (inspiré de [2]).

Les informations qui permettent de décrire et de qualifier la transformation géométrique pour des coordonnées nationales (X,Y) issues du système de repérage planaire sont donc :

- La géométrie horizontale de base
- Les éléments de calage

Pour une transformation de coordonnées altimétrique c'est :

- La géométrie verticale de base

5.2.1.3 Calage

Dans ces transformations, il faut considérer un principe fondamental : le repérage dans un système linéaire s'applique à la route qui, dans sa réalité, est tridimensionnelle, alors que le repérage planaire est une projection dans un plan horizontal. Ainsi une mesure linéaire dans la réalité (route) doit être corrigée au moyen d'un facteur de calage pour l'exploiter dans le plan horizontal.

La Figure 17 illustre la relation entre le système de repérage spatial de base et la géométrie de base horizontale. Les **points de calage** sont les éléments qui assurent le lien entre les deux entités (géométrie d'axe et SRB). Les points de calage sont déterminés à la fois dans le SRB, par rapport à un secteur, et dans le système de repérage planaire en coordonnées nationales XY.

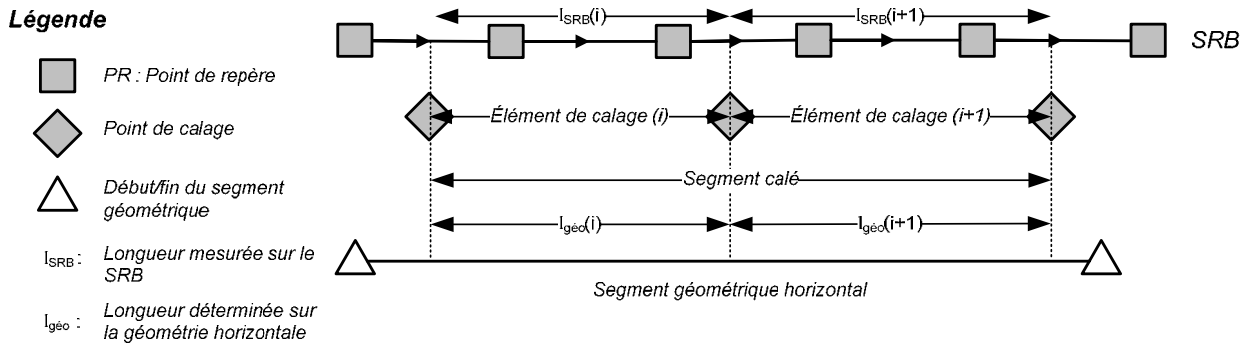


Figure 17 : Schéma pour la détermination du facteur de calage

Comme la Figure 17 l'illustre, le facteur de calage est le rapport entre un élément de calage issu du SRB et la longueur correspondante sur la géométrie d'axe horizontale. Si l'ensemble de ces informations (points de calage, longueur SRB et longueur sur géométrie) sont correctement décrites et qualifiées, la précision du facteur de calage peut être déterminée.

Comme points de calage, on choisit des objets visibles dans la carte et sur le terrain, comme par exemple, les ouvrages d'art (pont, tunnel), les passages de cours d'eau,… Le fait de déterminer la position des points de calage sur le terrain ou sur une carte, dans les deux systèmes de coordonnées permet d'assurer un contrôle de cohérence des mesures.

Effet du calage et influence de la pente

A titre d'exemple, on choisit un secteur de 1000m mesuré sur le terrain. Si la pente de la route est de 5%, la longueur du secteur projeté dans le plan horizontal est de 998,7m, soit moins de 0.2 % de la longueur.
Si la pente est de 10%, la longueur réduite sera de 995m.

5.2.2 Système de repérage de base

Les banques de données routières (BDR) s'adressent aux responsables du Système de Gestion de l'Entretien (SGE). La localisation des objets routiers s'appuie sur le système de repérage spatial de base (SRB) qui garantit la définition géométrique univoque d'un lieu. C'est un système de repérage linéaire.

Les types d'objets d'information du système de repérage sont :
- l'axe de la route, le segment d'axe
- le point de repère
- le secteur

D'un point de vue conceptuel, le point de repère est associé au secteur. Les points de repère (PR) sont considérés comme des points fixes qui découpent l'axe en secteurs.

5.2.2.1 Evaluation de la qualité de l'axe

Ici on évalue l'axe comme objet non géographique, la qualité de la position de l'axe sera qualifiée de façon indirecte par la qualité de la géométrie de l'axe. On a recours au principe proposé dans le chapitre 4.2.3.

	Composante Qualité	Information à qualifier	Évaluation
P	*Position* - précision relative - précision absolue	- (voir géométrie d'axe)	∅
A	*Attribut* - précision quantitative - information qualitative	∅	∅
G	*Généalogie* - information qualitative	- Validité	- Dates de validité de l'axe
E	*Exhaustivité* - défaut d'information - surplus d'information	- L'axe doit contenir toutes les informations obligatoires (clé d'identification)	- Axe a ou n'a pas une géométrie de référence
L	*Logique* - cohérence conceptuelle - cohérence topologique	∅	∅

Tableau 3 : Evaluation de la qualité de l'axe

5.2.2.2 Evaluation de la qualité du point de repère et du secteur

	Composante Qualité	Information à qualifier	Évaluation
P	*Position* - précision relative - précision absolue	- Localisation du point de repère dans le système de coordonnées nationales - Altitude du point de repère	- Précision planimétrique - Précision altimétrique
A	*Attribut* - précision quantitative - information qualitative	- Longueur du secteur	- Précision de la longueur du secteur
G	*Généalogie* - information qualitative	- Méthode d'acquisition - Validité	- Description de la méthode d'acquisition et conditions - Précision de la méthode - Date d'acquisition - Dates de validité
E	*Exhaustivité* - défaut d'information - surplus d'information	∅	∅
L	*Logique* - cohérence conceptuelle - cohérence topologique	∅	∅

Tableau 4: Evaluation de la qualité du point de repère et du secteur

5.2.3 Géométrie des axes

Par géométrie d'axe, on entend la description vectorielle de la position et de la forme géométrique de l'axe de la route dans un système de référence terrestre. En Suisse, la localisation des axes routiers est effectuée dans le système de coordonnées nationales.

5.2.3.1 Définitions

La géométrie de référence a été définie dans le projet AGRAM [2]. C'est la géométrie de l'axe issue du terrain ou de données numériques de grande précision, mesurée dans le système de coordonnées nationales (X,Y et H). En principe, c'est une géométrie tridimensionnelle qui permet de transformer les coordonnées nationales du terrain dans un système de repérage linéaire (coordonnées u,v) de manière univoque. Pour un axe routier donné, la géométrie de référence doit être unique.

D'un point de vue pratique, on décompose cette géométrie de référence en deux types :

- **La géométrie horizontale de base** qui est la projection verticale de la géométrie de référence sur le plan de projection horizontal de la carte nationale.

- **La géométrie verticale de base** qui est une coupe verticale passant par l'axe de la géométrie de base, développée et représentée sur un plan.

Les géométries de représentation sont issues d'une numérisation sur une carte, une orthophoto ou un schéma. Elles servent généralement à la transformation de coordonnées issues du système de repérage linéaire dans un système de repérage planaire. Ce principe est appliqué pour des besoins de représentation. En général, une géométrie de représentation est une géométrie d'axe horizontale localisée dans le système des coordonnées nationales.

Dans le cas du repérage spatial et des transformations géométriques associées, c'est principalement la géométrie de base horizontale et verticale qu'il est utile de qualifier.

La relation entre le système de repérage de base et les géométries est illustrée dans la Figure 18. La procédure de calage joue un rôle essentiel dans le lien entre le SRB et la géométrie horizontale de base.

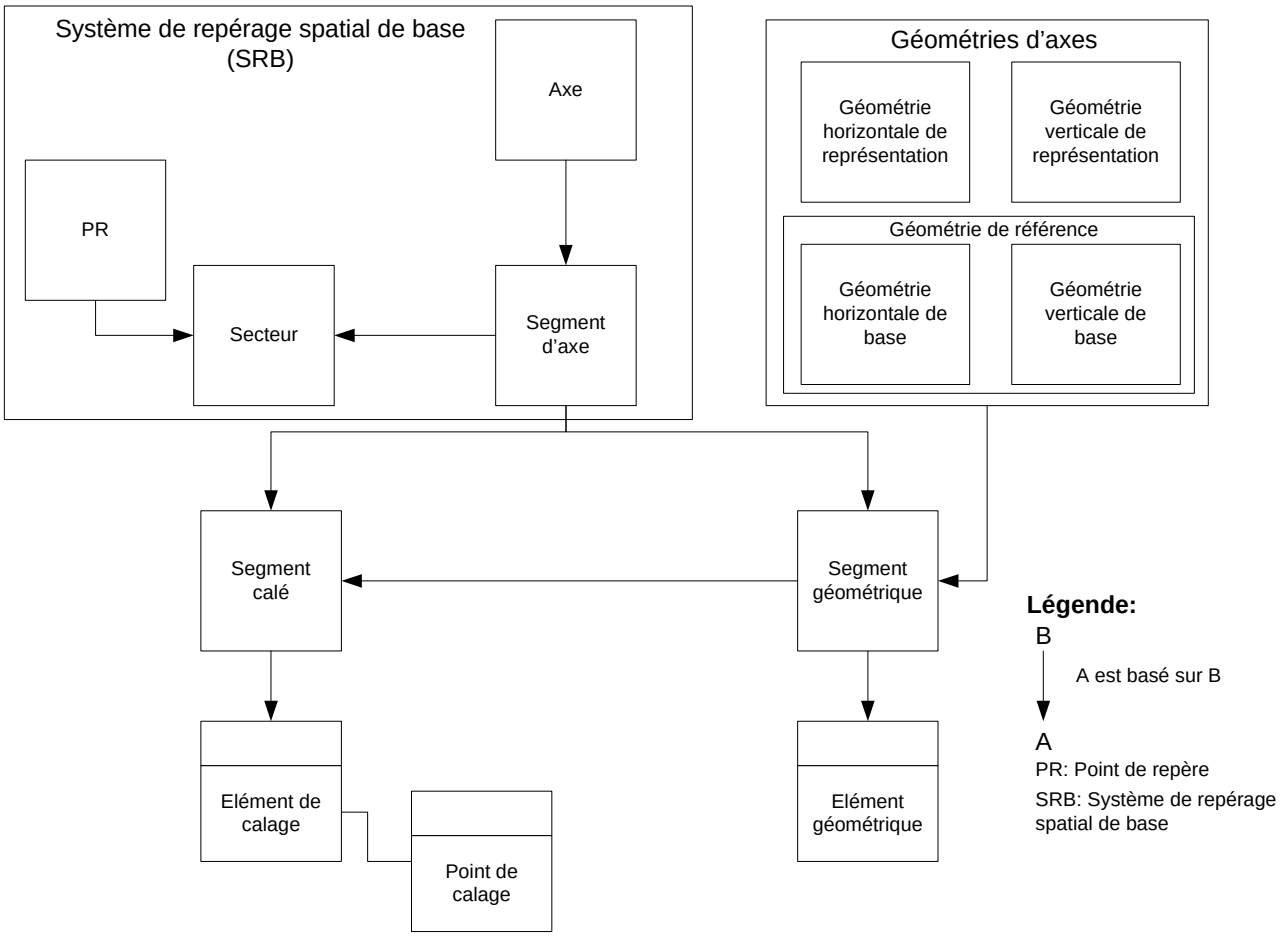


Figure 18 : Relation entre SRB et Géométrie

Une géométrie de base horizontale (ou verticale) peut être décomposée en plusieurs segments géométriques. Un segment géométrique est une partie continue d'un segment d'axe et il est composé d'éléments géométriques (droite, arc de cercle, courbe de raccordement, spline).

- **La géométrie de base horizontale ou verticale** est constituée par l'ensemble des segments géométriques acquis en principe avec la même méthode d'acquisition.
- **Un segment de géométrie** est l'ensemble des éléments géométriques contigus acquis avec la même méthode, appartenant donc à la même géométrie de base.
- **Un élément géométrique** peut être une droite, un arc de cercle, une courbe de raccordement ou une spline.

5.2.3.2 Modélisation

La géométrie peut donc être modélisée de différentes façons selon l'utilisation d'éléments géométriques comme les droites, les arcs de cercle, etc.. Trois solutions descriptives peuvent être envisagées pour la modélisation de la géométrie (voir annexe « Modélisation de la géométrie des axes »):

- Modélisation par des droites, soit une modélisation proche de l'acquisition faite sur le terrain qui consiste à relier les points saisis sur l'axe de route.
- Modélisation par primitives géométriques (droites, arcs de cercle et courbes de raccordement). Ces éléments peuvent être décrits avec les coordonnées d'un point principal, la longueur et l'orientation du segment, plus d'autres paramètres.
- Modélisation par spline

5.2.3.3 Eléments de qualité

Nous avons vu que la géométrie d'axe est un élément important du repérage spatial, qui doit non seulement être modélisé mais qualifié. Dans notre cas nous nous intéressons plus particulièrement à la composante qui qualifie la précision du repérage, donc de la position d'un lieu de l'espace routier. Cette notion de précision appliquée à la géométrie d'un axe de route est une combinaison de différentes sources d'incertitudes comme :

- **La nature de l'objet** : la route construite a sa propre réalité dans le terrain avec toute la difficulté d'estimer correctement le milieu de la chaussée.
- **La méthode d'acquisition** : c'est l'incertitude propre à la méthode topométrique employée et à sa mise en œuvre dans le terrain ;
- **La modélisation de l'objet** : comme on l'a vu précédemment, cette modélisation est une combinaison de la modélisation issue du terrain (points reliées par des droites) et de la modélisation par des primitives géométriques ou par des courbes de type spline.

La modélisation de la géométrie présente plusieurs niveaux, selon que l'on considère le processus d'acquisition de la géométrie de référence ou la description détaillée d'un élément géométrique. Au niveau le plus détaillé, on peut qualifier l'ensemble des paramètres comme la précision du point principal, la précision de la longueur du segment et la précision de l'orientation du segment. Ces qualificatifs sont certainement utiles lors de la modélisation, mais difficilement exploitables pour l'utilisateur qui perçoit la géométrie d'axe comme une donnée de base.

Ainsi, il est nécessaire de distinguer les différentes composantes de qualité selon le niveau de modélisation dans lequel on se situe.

Composante de qualité	Evaluation	Géométrie de base	Segment géométrique	Elément géométrique
Généalogie	**Méthode d'acquisition**	**X**	**X**	**X**
Généalogie	**Conditions de terrain**	**-**	**X**	**X**
Précision position	**Précision planimétrique**	**-**	**-**	**X**
Exhaustivité	**Couverture de la géométrie**	**X**	**-**	**-**

Tableau 5 : Evaluation des composantes de qualité pour la géométrie d'axe

La précision planimétrique des **éléments géométriques** peut être estimée par :
- la position des points principaux des éléments géométriques
- les paramètres des éléments (rayon, clotho)
- la position des points de contrôle pour les spline
- les paramètres d'interpolation

Mais on peut simplifier cette approche en considérant :
- la précision du point de départ (origine)
- la précision de la longueur de l'élément
- la précision de l'orientation de l'élément

(voir annexe :Modélisation de la géométrie des axes)

Le niveau de détail nécessaire à la qualification de la géométrie va dépendre du mode de gestion des données et surtout de l'exploitation qui en sera faite. Il est inutile et coûteux de stocker des informations de qualité très détaillées, si les utilisateurs n'y font que très rarement référence. Pour des raisons pratiques nous proposons une agrégation des paramètres décrivant la qualité des objets du modèle au niveau du segment de géométrie. Ainsi, il n'est pas nécessaire de conserver les informations de qualité au niveau des éléments de géométrie.

Proposition

Pour un **segment géométrique,** on peut agréger les différents éléments de précisions en un seul élément de qualité qu'on va appeler précision planimétrique pour la géométrie horizontale et précision altimétrique pour la géométrie verticale.

Cette approche de la qualification d'un segment géométrique s'appuiera sur des **classes de précision** (voir Tableau 16) issues des besoins de la pratique, des méthodes d'acquisition et de la modélisation de la géométrie.

Dans cette étude, on choisit d'évaluer globalement la qualité de la géométrie indépendamment du type de modélisation. L'annexe « Modélisation de la géométrie des axes » décrit les trois types de modélisations proposés et leurs avantages et inconvénients.

5.2.3.4 Evaluation de la qualité de la géométrie de base

	Composante Qualité	Information à qualifier	Evaluation
P	*Position* - précision relative - précision absolue	- (voir segment de géométrie)	∅
A	*Attribut* - précision quantitative - information qualitative	∅	∅
G	*Généalogie* - information qualitative	- Méthode d'acquisition	- Description de la méthode d'acquisition et conditions - Précision de la méthode - Date d'acquisition de la géométrie de référence - Conditions du relevé
		- Validité	- Dates de validité
E	*Exhaustivité* - défaut d'information - surplus d'information	- Couverture	- Niveau de couverture (%) de la géométrie de base pour un segment d'axe
L	*Logique* - cohérence conceptuelle - cohérence topologique	∅	∅

Tableau 6 : Evaluation de la qualité de la géométrie de base

5.2.3.5 Evaluation de la qualité du segment géométrique

	Composante Qualité	Information à qualifier	Evaluation
P	*Position* - précision relative - précision absolue	- Localisation d'un point de la géométrie de référence dans le système de coordonnées nationales	- Niveau (classe) de précision d'un segment
A	*Attribut* - précision quantitative - information qualitative	- Longueur - Type de géométrie	- Précision de la longueur - Type de modélisation
G	*Généalogie* - information qualitative		
		- Validité	- Dates de validité
E	*Exhaustivité* - défaut d'information - surplus d'information	∅	∅
L	*Logique* - cohérence conceptuelle - cohérence topologique	∅	∅

Tableau 7 : Evaluation de la qualité du segment géométrique

5.2.4 Qualité du repérage des objets routiers

Repérage direct ou indirect

Les objets routiers (chaussée, accidents, etc.) peuvent être repérés directement par des mesures de coordonnées, ou indirectement par référence à un objet dont la position est connue. Dans le cas du repérage indirect, la qualité de la position est associée à l'objet auquel on fait référence. Ainsi, on ne dispose pas explicitement des éléments de qualité sur la position. Le seul élément de qualité que l'on peut préconiser est la date de validité.
Dans ce chapitre on s'intéresse principalement aux éléments de qualité pour des objets routiers dont le repérage est direct.

Repérage spatial

La plupart des objets routiers sont localisés par un lieu sur ou proche de la route, ou par une partie déterminée du domaine routier (lieu de début et lieu de fin). Le lieu est défini dans le SRB avec sa clé d'identification du secteur, une distance de référence (u) entre le point de repère précédent et la projection du lieu sur l'axe de la route et l'écart latéral (v).

Avec les nouvelles méthodes d'acquisition (p.ex. GPS), qui sont envisagées pour des questions pratiques et de productivité, les objets routier sont relevés dans le système de coordonnées nationales (X,Y). Les objets routiers peuvent être décrits dans le système de repérage planaire (X,Y) sous forme de points, de lignes ou de surfaces.

On peut établir les correspondances suivantes entre les deux systèmes de repérage :

Repérage planaire	Repérage linéaire (SRB)
- Point	- Lieu
- Ligne	- Lieu de début – lieu de fin
- Surface	- Lieu de début – lieu de fin avec largeur moyenne - Lieu + largeur de début – lieu + largeur de fin

Tableau 8 : Correspondances entre modes de repérages

La disponibilité de plusieurs systèmes de repérage amène à formuler la proposition suivante :

Proposition

Un objet routier peut être localisé dans le SRB ou dans un système de repérage planaire. Lors du repérage direct dans l'un ou l'autre des systèmes, il s'agit de conserver les éléments de qualité du repérage, même si les coordonnées originales ne sont pas les coordonnées usuelles (ou utilisées dans l'application).
Dans le cas du repérage indirect, il s'agit de conserver les éléments de qualité du repérage de l'objet auquel on se réfère.

5.2.4.1 Evaluation de la qualité repérage spatial des objets

	Composante Qualité	Information à qualifier	Evaluation
P	*Position* - précision relative - précision absolue	- Détermination d'un lieu dans le SRB	- Précision de la mesure de la distance de référence et de l'écart (latéral, de hauteur) d'un lieu
		- Mesure d'un lieu dans le système de coordonnées nationales	- Précision planimétrique et altimétrique d'un lieu mesuré dans le système de coordonnées nationales
A	*Attribut* - précision quantitative - information qualitative	- Selon le type d'objet routier	- Précision sur la mesure de l'attribut (p.ex longueur, largeur, etc.)
G	*Généalogie* - information qualitative	- Méthode d'acquisition	- Description de la méthode d'acquisition et conditions - Précision de la méthode - Date d'acquisition
		- Validité -	- Dates de validité
E	*Exhaustivité* - défaut d'information - surplus d'information	- Selon le type d'objet routier	∅
L	*Logique* - cohérence conceptuelle - cohérence topologique	- Selon le type d'objet routier	∅

Tableau 9 : Evaluation de la qualité du repérage spatial des objets routiers

5.3 Eléments de qualité dans les normes VSS

Dans ce chapitre on va analyser les normes métier VSS sur la banque de données routières. On étudie plus particulièrement les aspects du repérage spatial, de la topologie et des catalogues de données. Pour cela, on extrait les éléments qui permettent de qualifier le repérage spatial au sens large. On propose également les éléments manquants et indispensables à la définition de la qualité, définis dans le chapitre précédent.

5.3.1 Documents de référence

Ces documents sont ceux édités avant la révision du paquet de normes sur le système d'information de la route, initiée en 2003 par les commissions EK 7.03/04.

Référence	SRB	Géométrie	Objets routiers	Topologie
Normes VSS :				
SRB :				
• SN 640 910, « Système de repérage de base dans l'espace pour données routières »	A			
• SN 640 920, « Signalisation et marquage des points de repère »	A			
Topologie :				
• SN 640 911, « Réseaux d'exploitation pour données routières »				B
Géométrie :				
• Nouveau : en cours de rédaction				
Catalogues des données routières :				
• SN 640 940, Principes fondamentaux				
• SN 640 940-1, Catalogues des données routières				
• SN 640 941, repérage dans l'espace	C			D
• SN 640 942, géométrie et usage de l'espace routier			E	
• SN 640 94x, structure, état, réparation, projet, trafic			F	

A. point de repère, axe
B. nœud, tronçon, réseau, jonction
C. axe, point de repère / secteur, point de repère d'aide
D. nœud, jonction, groupe de tronçons, tronçon
E. profil géométrique de la route, usage de la chaussée, parties latérales
F. structure de la chaussée, état de la chaussée, trafic, etc.

Tableau 10 : Résumé des normes de référence

Dans les tableaux suivants, les éléments de qualité qui n'existent pas dans les normes VSS sont indiqués *en italique*. Il faut noter que la plupart de ces éléments existent seulement en tant qu'objets caractérisés par une mesure, mais non qualifiés. Par exemple dans la norme SN 640 910, l'information de distance du PR à l'axe existe, mais il n'y a pas d'information sur la précision de la distance du PR à l'axe.

5.3.2 Système de repérage de base

5.3.2.1 Evaluation de la qualité de l'axe

	Évaluation qualité **Ch. 5.2.,** Tableau 3	Normes VSS
P	∅	∅
A	∅	∅
G	– Date de validité de l'axe	– Validité temporelle
E	– Axe possède ou pas une géométrie de référence	∅
L	∅	∅

Tableau 11 : Evaluation de la qualité de l'axe

5.3.2.2 Evaluation de la qualité du point de repère/secteur

	Évaluation qualité Ch. 5.2., Tableau 4	Normes VSS
P	– Précision planimétrique (écart-type sur les coordonnées)	- Précision coordonnée X/Y
	∅	- *Précision de la distance du PR à l'axe*
	– Précision altimétrique	- Précision altimétrique
A	– Précision de la longueur du secteur	- Précision de la longueur du secteur
G	– Description de la méthode d'acquisition et conditions	∅
	– Précision de la méthode	∅
	– Date d'acquisition	∅
	– Dates de validité	– Validité temporelle
E	∅	∅
L	∅	∅

Tableau 12 : Evaluation de la qualité du point de repère/secteur

5.3.3 Géométrie des axes

5.3.3.1 Evaluation de la qualité de la géométrie

Actuellement dans les normes VSS, il n'existe pas de norme sur les géométries d'axes. Un des apports de ce projet est d'appuyer la rédaction de la norme SN 640913 « Géométries d'axes ».

5.3.4 Qualité du repérage des objets routiers

Repérage indirect

Pour les objets routiers localisés de manière indirecte (par rapport à un objet), le seul élément de qualité est la date de validité. Les éléments de qualité sur la localisation sont rattachés à l'objet de référence.

Repérage direct

La plupart des objets routiers avec un repérage direct sont localisés par un lieu géométrique et des coordonnées. En général, le lieu est défini dans le système de repérage de base (SRB).

Sur la base d'une analyse des normes VSS, on identifie quatre catégories d'objets avec leur propre description de la localisation :

- Objets ponctuels : repéré par un lieu
- Objets linéaires : repéré par un lieu de départ et un lieu de fin
- Objets surfaciques avec une largeur : repéré par un lieu de départ, un lieu de fin et une largeur moyenne
- Objets surfaciques avec deux largeurs : repéré par un lieu de départ, un lieu de fin, une largeur de début et une largeur de fin

Le tableau suivant montre la typologie des objets et de la localisation des données routières dans les normes VSS.

VSS	*Type d'objet*	*repérage. direct ou indirect*
Système de repérage de base (SN 640 910):		
Axe	Ligne	Indirect
Point de repère/secteur	Point	Direct
Point de repère d'aide	Point	Direct
Réseaux d'exploitation (SN 640 911):		
Nœud	Point	Direct
Jonction	Points	Indirect
Groupe de tronçon	Ligne	Indirect
Tronçons	Ligne	Indirect
Géométrie et usage (SN 640 942):		
Profil géométrique	Point*	Direct
Usage de la chaussée	Surface avec 1 largeur	Direct
Parties latérales	Surface avec 1 largeur	Direct
Structure et état de la chaussée (SN 640 943, 640 944):		
Structure de la chaussée	Surface avec 2 largeurs	Direct
Valeur d'état de la chaussée	Surface avec 1 largeur	Direct
Règle d'évaluation en indice d'état		
Réparation de la chaussée	Surface avec 2 largeurs	Direct
Autres (lieu de mesure trafic)	Surface avec 2 largeurs	Direct

Tableau 13 : Typologie des objets et du repérage des données routières dans les normes VSS

5.3.4.1 Evaluation de la qualité des objets avec repérage direct

Objets ponctuels

Evaluation		Eléments qualité	
		SRB	Repérage planaire
P	– Précision de la mesure de la distance de référence et de l'écart (latéral, vertical) d'un lieu – Précision planimétrique et altimétrique d'un lieu mesuré dans le système de coordonnées nationales	– *Précision lieu (u,v)* – *Précision altimétrique (w)*	– *Précision planimétrique X,Y* – *Précision altimétrique (H)*
A	– Précision sur la mesure de l'attribut (p.ex longueur, largeur, etc.)	∅ .	
G	- Description de la méthode d'acquisition et conditions - Précision de la méthode - Date d'acquisition - Date de validité	– Validité temporelle	
E	∅	∅	
L	∅	∅	

Tableau 14 : Evaluation de la qualité des objets routiers ponctuels avec repérage direct

Objets linéaire ou surfaciques

Evaluation		Eléments qualité	
		SRB	Repérage planaire
P	- Précision de la mesure de la distance de référence et de l'écart (latéral, de hauteur) d'un lieu - Précision planimétrique et altimétrique d'un lieu mesuré dans le système de coordonnées nationales	– *Précision lieu de début et lieu de fin (u,v)*	– *Précision planimétrique X,Y*
A	- Précision sur la mesure de l'attribut (p.ex longueur, largeur, etc.)	– *Précision largeur moyenne ou précision largeur début et fin*	
G	- Description de la méthode d'acquisition et conditions - Précision de la méthode - Date d'acquisition - Date de validité	– Validité temporelle ou début/fin (pose, relevé, intervention)	
E	∅	∅	
L	∅	∅	

Tableau 15 : Evaluation de la qualité des objets routiers linéaire ou surfaciques avec repérage direct

5.4 Normes sur les métadonnées

La norme SN sur les metadonnées géographiques, comme dans la norme ISO 19115 [12], propose une subdivision en deux modèles conceptuels de métadonnées : un modèle de métadonnées minimal appelé « GM03Core » et un modèle intégral dit « GM03Comprehensive » (voir le document [8]).

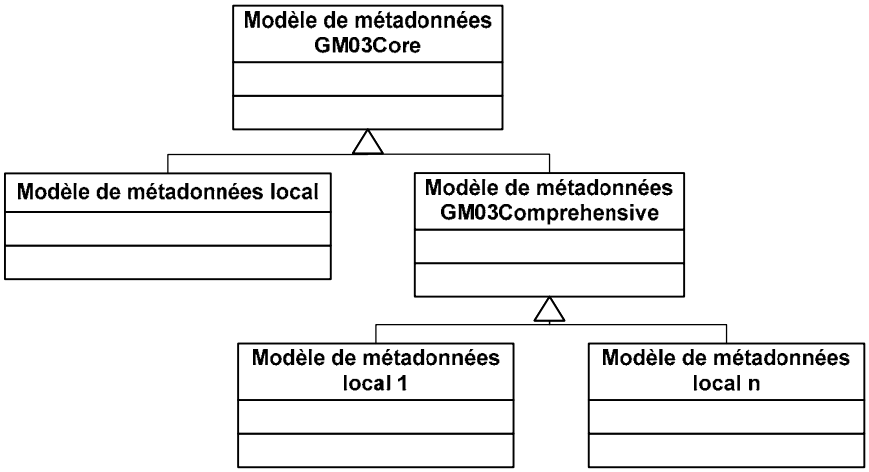


Figure 19 : Modèle de métadonnées GM03Core et GM03Comprehensive

Dans la norme, le modèle de métadonnées GM03Core doit être au moins mis en œuvre dans tous les systèmes de métadonnées car c'est sur la base de ce modèle que s'effectue l'échange de métadonnées minimal. Le modèle de métadonnées GM03Comprehensive est le modèle complet prévu pour la Suisse ; la norme prévoit également la possibilité d'étendre ce modèle si celui-ci ne permet pas de satisfaire les besoins des utilisateurs.

Dans ce projet on s'intéresse seulement aux éléments de métadonnées qui permettent de décrire la qualité du repérage spatial des données routières. Pour l'instant, on laisse de côté les autres éléments de métadonnées qui permettent de décrire les données. Mais si les professionnels de la route décident d'introduire les métadonnées au sens large dans leur domaine, il faudra poursuivre l'analyse des autres composantes qui permettent de décrire les données (diffusion, extension etc.).

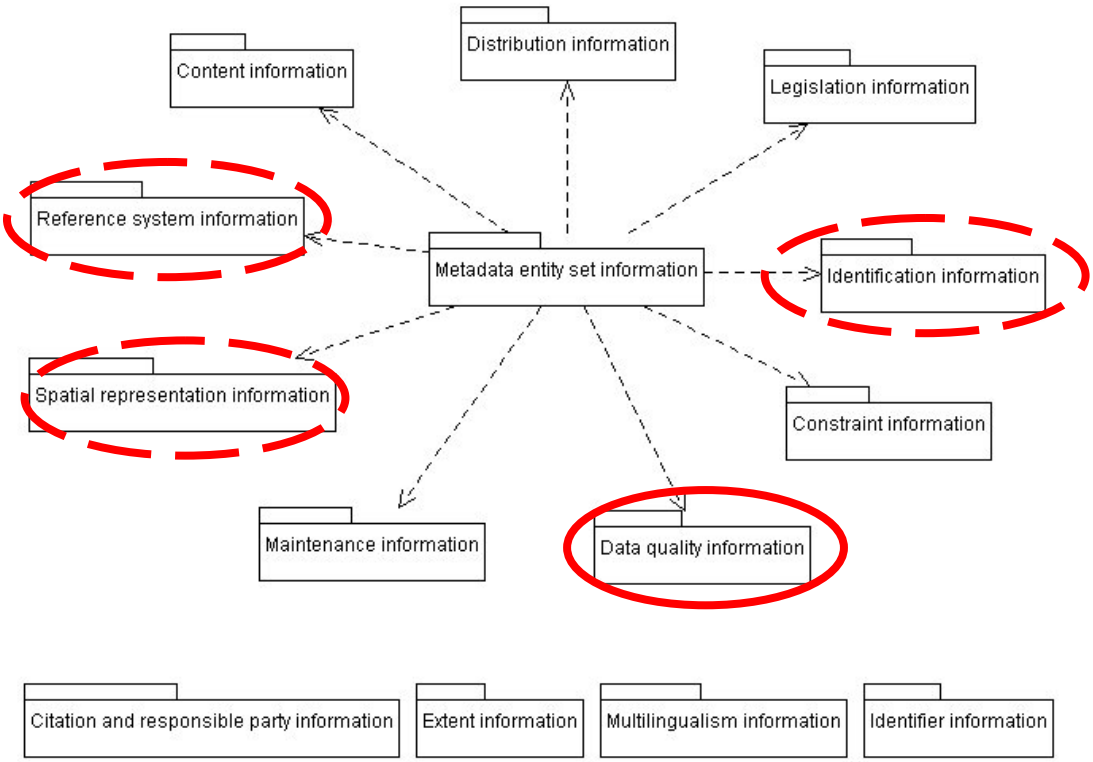


Figure 20 : Paquets de GM03Comprehensive

En analysant le modèle du GM03Comprehensive, on remarque que les éléments qui permettent de définir la qualité des données, définie au chapitre 4.2.2 , se trouvent dans différents paquets, en particulier dans « *Data Quality Information* », « *Indentification Information* », « *Spatial Representation Information* » et « *Reference System Information* ». On établit la liste détaillée de ces éléments et leurs définitions avant d'en faire une synthèse (5.4.6).

De plus amples informations sont disponibles dans l'annexe « Norme ISO et profil CH » et dans la norme sur le modèle de métadonnée GM03 [8] au chapitre 4.3.

5.4.1 Qualité des données

La qualité des données est exprimée par la classe *Data Quality Information* qui contient les indications relatives à la qualité générale des données (indications relatives à l'intégralité et précision des données) et à leur provenance (processus d'élaboration des données). Il faut considérer les éléments de métadonnées des classes associées *LI_Lineage, DQ_Element et DQ_Scope*.

- *LI_Lineage* : est une aggrégation de la classe *LI_Source* (indications concernant les données source) et une composition de la classe *LI_ProcessStep* (indications relatives aux étapes de traitement).
  Exemple :

  Donnée source (LI_Source)
  - Description
  - Dénominateur de l'échelle de la carte source
  - Système de référence spatiale utilisé par les données sources
  - Référence recommandée pour les données sources

- Information sur les étendues spatiales, verticales et temporelles des données sources
- Informations sur une étape du processus de création des données -> étape du processus

Étape du processus (LI_ProcessStep)
- Description
- Date
- Personne responsable du processus
- Source -> donnée source

- *DQ_Element* : contient les indications de qualité telles que la précision de la position, la précision des attributs (thématique), la précision temporelle, la cohérence logique,…

- *DQ_scope* : définit le domaine de validité des indications de qualité auquel appartiennent l'étendue (*EX_Extent*) et la description du niveau (*MD_ScopeDescription*), dans le cas où les indications de qualité ne se rapportent pas à la totalité du jeu de données.

5.4.2 Identification

L'identification (*Identification Information)* contient les informations sur le jeu de données et son étendue spatiale et temporelle. La classe *MD_Identification* contient des informations permettant d'identifier les données décrites par les métadonnées sans ambiguïté. Les informations d'identification comprennent l'indication des sources (citation), un résumé (abstract), des renseignements relatifs au but (purpose) assigné à la ressource, l'état (status) et les interlocuteurs (PointOfContact).

5.4.3 Représentation spatiale

La représentation spatiale (*Spatial Representation Information)* contient les indications concernant la représentation spatiale des données. La classe *MD_SpatialRepresentation* intégre les représentations *MD_GridSpatialRepresentation* pour la description des propriétés des données tramées et *MD_VectorSpatialRepresentation* pour celles des données vectorielles (géométrie, topologie).

5.4.4 Système de référence

Le système de référence (*Reference System Information)* contient les indications relatives au système de référence spatial et temporel. Dans la classe *MD_ReferenceSystem* le lien avec le système géodésique de référence est établi au moyen de l'attribut *ReferenceSystemIdentifier*. D'autres classes complètent cette information.

5.4.5 Etendue

L'étendue (Extent information) est la description de l'étendue spatiale et temporelle. La classe *EX_Extent* est l'agrégation de la classe *EX_GeographicExtent* décrivant l'étendue géographique et de la classe EX_TemporalExtent décrivant l'étendue temporelle des données. Il existe également une classe EX_VerticalExtent pour l'étendue verticale des données.

5.4.6 Synthèse et proposition

Le modèle de métadonnées proposé dans la norme GM03 a été présenté partiellement pour répondre aux besoins de définition de la qualité du repérage spatial et la géométrie. Cette approche permet de poser les bases d'un modèle pour le repérage routier, sachant que l'ensemble des paquets présentés dans GM03 devrait faire l'objet d'une étude lors de l'introduction d'un modèle de métadonnées complet pour le système d'information de la route.

La Figure 21 présente la synthèse des éléments de métadonnées des différents paquets de GM03. On constate que les éléments de qualité décrits dans le chapitre 4.2.2 sont présents dans les définitions du modèle GM03Comprehensive.

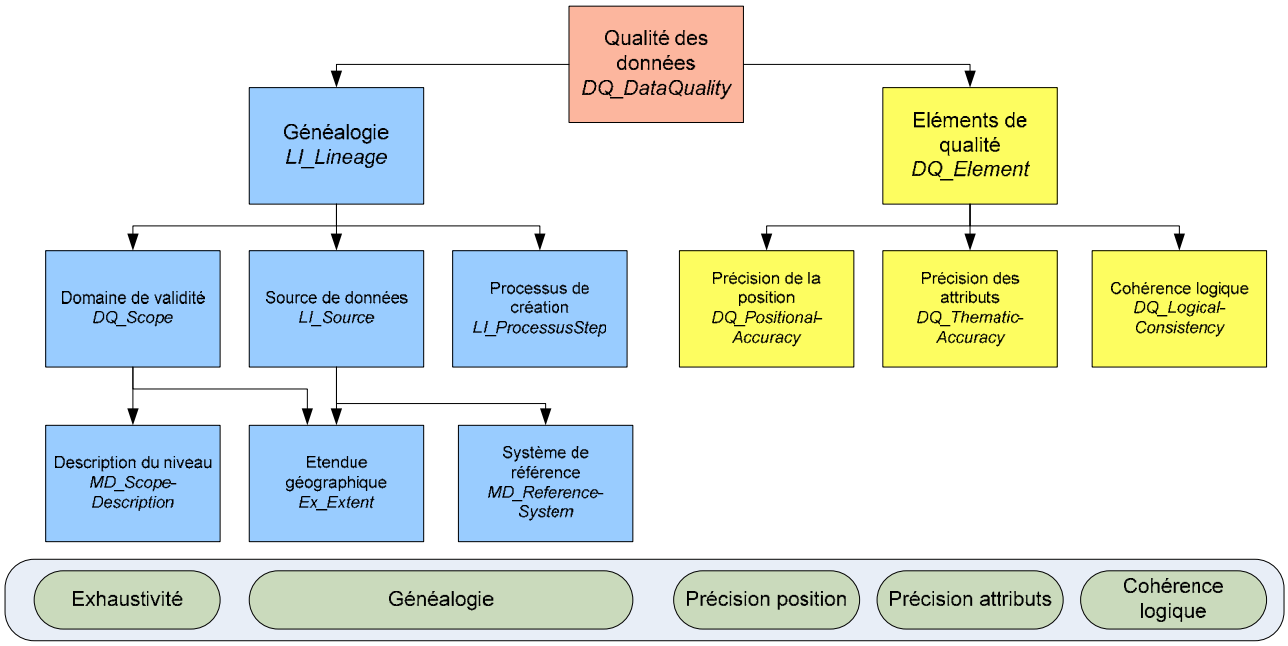


Figure 21 : Synthèse des éléments de métadonnées de GM03

Proposition

Dans le projet METAROUTE, on considère avant tout, les éléments de métadonnées contenus dans le paquet « *Data Quality Information* », qui serviront de base pour spécifier les éléments de qualité du repérage spatial du domaine routier. Ce sont principalement la **généalogie** (source de données, étapes de traitement, étendue spatial et intégralité des données) et les **éléments de qualité** (précision de la position et précision des attributs) qui serviront à l'établissement d'un catalogue de métadonnées.

Ce projet a pour but de proposer un contenu descriptif et sémantique des éléments de métadonnées et une modélisation complète, telle qu'elle est proposée dans la norme GM03 n'est pas prévue. Si la VSS envisage une étude plus approfondie sur l'introduction des métadonnées dans le domaine routier, il s'agira de considérer l'ensemble des paquets décrits dans le document GM03 et d'en définir un profil spécifique.

5.5 Proposition d'introduction des métadonnées

Sur la base des analyses et des réflexions faites précédemment, nous allons proposer une approche pour l'introduction de métadonnées au niveau des entités (voir Figure 13) pour le repérage spatial d'objets routiers. Celle-ci s'appuie sur la description des composantes de qualité pour les objets du système de repérage spatial de base, les géométries d'axe et le calage, ainsi que les éléments de qualité du repérage liés à l'objet routier lui-même. La Figure 22 propose un découpage entre la qualité détaillée et la qualité agrégée s'appuyant sur les catégories d'objets : SRB, géométrie et calage.

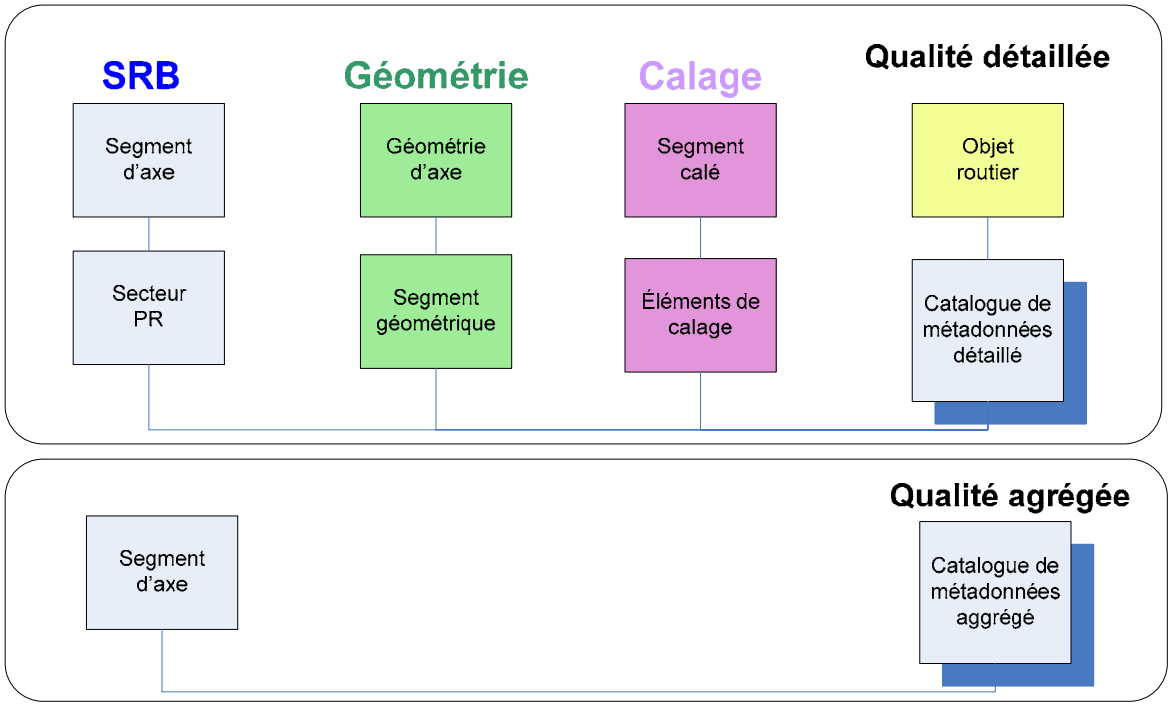


Figure 22 : Schéma d'un catalogue de métadonnées pour le repérage spatial

Le **catalogue de métadonnées détaillé** contient les éléments de qualité pour l'ensemble des objets du repérage spatial. Il sert à renseigner l'utilisateur lors d'opérations d'acquisition de données et lors du calcul de transformation de coordonnées (X,Y <> u,v). Ceci permet à l'utilisateur de combiner des informations dont la qualité du repérage spatial est compatible.

Le **catalogue de métadonnées agrégé** contient les éléments de qualité au niveau d'un segment d'axe. Il s'appuie principalement sur la procédure de calage. Il sert à renseigner l'utilisateur lors de la planification de travaux d'acquisition de données sur le terrain (campagne de mesures). Ceci permet à l'utilisateur de prévoir les moyens de mesures adéquats en fonction de la qualité du repérage spatial pour une région donnée.

Les normes VSS actuelles contiennent déjà des éléments de qualité et la révision en cours apportera des compléments indispensables pour qualifier le repérage spatial des objets routiers. Les chapitres suivants décrivent les éléments détaillés de qualité pour chaque objet (SRB, Géométrie, calage, objet routier), et une agrégation des éléments de qualité est proposée pour un segment d'axe.

5.5.1 Classes de précision

La description de métadonnées doit s'appuyer sur des indices de qualité reposant sur des définitions précises permettant une comparaison sans ambiguïté d'objets provenant de sources différentes. L'emploi d'indices basés sur une évaluation quantitative (valeurs numériques ou statistiques) est une solution envisageable lorsque l'on fait référence à des catégories prédéfinies. Ainsi nous proposons d'employer des classes de précisions pour l'évaluation d'une position planimétrique ou altimétrique.

Comme évoqué au chapitre 4.2.2, la notion de précision est associée à l'écart-type sur une position. On rappelle ici quelques définitions :

Précision
La précision est l'écart entre les mesures d'un phénomène, effectuées dans les mêmes conditions et à l'aide de la même technique de mesure. En général, on utilise l'écart-type (erreur moyenne) comme indicateur statistique de la dispersion avec laquelle le phénomène a été mesuré. Pour un lieu, c'est l'écart-type sur les coordonnées d'un point bien défini.

Exactitude
L'exactitude est la conformité d'un résultat d'observations en se référant à une valeur considérée comme vraie. Cette conformité doit être définie par une limite de tolérance propre au domaine d'application.

Incertitude ou limite de tolérance
L'incertitude est l'estimation s'appliquant à un résultat d'essai et qui caractérise l'étendue des valeurs à l'intérieur de laquelle la valeur vraie est supposée se trouver.

Fiabilité
La fiabilité des données est la capacité à détecter des fautes de mesure d'un phénomène. Le recours à d'observations surabondantes et indépendantes permet d'écarter la plupart des mesures fausses.

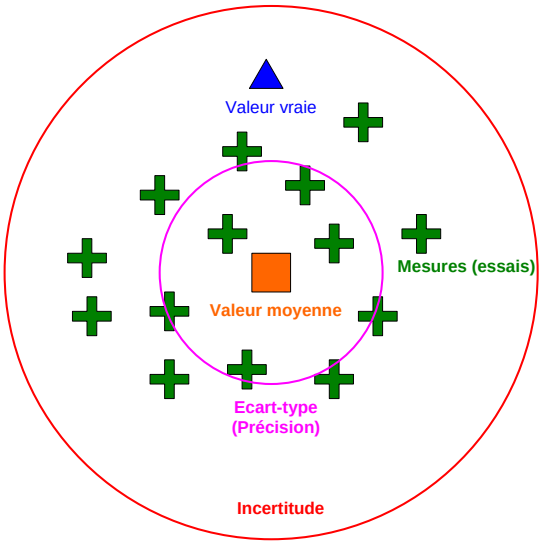


Figure 23 : Ecart-type et incertitude

Sur cette base, il convient de définir des niveaux de tolérance qui correspondent à des classes de précision données par une erreur moyenne (ecart-type de 1 sigma). Ce principe s'inspire de l'ordonnance technique sur la mensuration officielle (OTEMO), chapitre 3 « Précision et fiabilité » [4].

Niveau tolérance	Erreur moy. planimétrique	Erreur moy. altimétrique	« Catégorie » de précision	Usage
NT1	10 cm	10 cm	Mensuration officielle	Géométrie de base
NT2	25 cm	25 cm	Mobile mapping	Géométrie de base
NT3	50 cm	50 cm	Orthophoto, TLM	Géométrie de base et Géométrie de représentation
NT4	200 cm	200 cm	Plan ensemble (selon les cantons)	Géométrie de représentation
NT5	500 cm	500 cm	Vector25, CN25	Géométrie de représentation

Tableau 16 : Classes de précision

Les exigences de précision de la position sont définies par l'erreur moyenne de la position d'un point ou d'un axe (géométrie).
L'erreur moyenne de la position ne doit pas dépasser les valeurs-limites fixées en fonction du **niveau de tolérance (NT)**.

La limite de tolérance ou incertitude acceptée pour l'appréciation d'erreurs éventuelles est égale à l'erreur moyenne de position multipliée par un facteur fonction du seuil de probabilité désiré.

On a par exemple en planimétrie (2D) :

Facteur	Densité de probabilité en planimétrie	Densité de probabilité en altimétrie	Exemple : limite de tolérance pour NT2 en planimétrie/altimétrie
2	86.5 %	95.4 %	50 cm
2.5	95.6 %	98.8 %	63 cm
3	98.9 %	99.7 %	75 cm

Tableau 17 : Seuils de probabilité et limites de tolérance

Dans le Tableau 17, on liste les facteurs à appliquer à l'erreur moyenne pour obtenir la limite de tolérance selon une densité de probabilité donnée. Par exemple, il faut multiplier l'erreur moyenne planimétrique (25 cm) donnée pour NT2 par un facteur 2 pour obtenir la limite de tolérance (50 cm) dont la probabilité des occurrences est de 86.5 %.

Ce principe des classes de précision peut s'appliquer pour les deux types de systèmes de repérage (planaire et linéaire). Pour le repérage planaire, le niveau de tolérance planimétrique s'applique aux coordonnées nationales (X,Y) et le niveau de tolérance altimétrique s'applique à l'altitude H.

Pour le repérage planaire, le niveau de tolérance planimétrique s'applique aux coordonnées (u, v) et le niveau de tolérance altimétrique s'applique à l'écart de hauteur (w). On pourrait faire la distinction entre la composante longitudinale (u) et la composante latérale (v) du système linéaire, mais il est plus judicieux, dans cette première approche, de considérer une erreur moyenne planimétrique identique pour ces deux composantes.

5.5.2 Système de repérage spatial de base

Les éléments de base du SRB sont l'axe de route, le segment d'axe, le secteur et le point de repère. On considère également les éléments de l'assurage et de la matérialisation du point de repère. Parmi ces objets, on rassemble les attributs spécifiques à la qualité au niveau du segment d'axe.

Pour un segment d'axe :

- couverture du SRB (absence, partielle, complète)
- date de mise en place du SRB et sa matérialisation
- type d'assurage (physique, numérique)
- précision de la longueur des secteurs (niveau de tolérance)
- précision des coordonnées planimétriques des points de repère (niveau de tolérance)
- précision de l'altitude des points de repère (niveau de tolérance)

5.5.3 Géométries d'axes

Les géométries d'axes sont classées dans deux catégories fonctionnelles : géométrie de référence et géométrie de représentation. Les éléments de base pour ces géométries sont les géométries horizontales ou verticales, les segments géométriques et les éléments géométriques. L'information de qualité est rassemblée au niveau de la géométrie d'axe qui elle-même peut être associée à un segment d'axe.

Pour une géométrie d'axe :

- couverture de la géométrie d'axe (absence, partielle, complète)
- type de géométrie (horizontale, verticale)
- classe de géométrie (référence, représentation)

- date d'acquisition ou de mise à jour
- date de validité (début, fin)
- précision planimétrique (niveau de tolérance)
- précision altimétrique (niveau de tolérance)

5.5.4 Calage

Le principe du calage réside dans un ensemble d'opérations qui permettent le calcul des facteurs de calage sur un segment d'axe. Il permet d'associer une géométrie d'axe au SRB par l'intermédiaire de points de calage qui sont repérés simultanément dans les deux systèmes (linéaire et planaire). Les éléments de base du calage sont le segment calé, les éléments de calage et les points de calage. L'information de qualité est rassemblée au niveau du segment d'axe.

Pour un segment d'axe :

- couverture du calage (absence, partielle, complète)
- type de calage (de base, de représentation)
- type de géométrie (horizontale, verticale)
- précision planimétrique des points de calage (repérage planaire)
- précision SRB des points de calage
- précision du calage (niveau de tolérance)

5.5.5 Objets routiers

Les différents objets routiers décrits dans les catalogues de données (Normes VSS 640 940 et suivantes), sont repérés par un ou plusieurs lieux (Tableau 8). Dans ce cas, l'élément de qualité du repérage spatial est lié à la localisation du lieu, donc à la méthode d'acquisition et à l'héritage des éléments de qualité du repérage spatial décrit précédemment. La Figure 12 illustre ce principe qui est détaillé dans ce chapitre.

Dans le projet AGRAM [[2], p.41], on a décrit les méthodes d'acquisition de la géométrie des axes et des objets routiers. Sur la Figure 24, les deux types de repérage (linéaire et planaire) sont associés à des méthodes de lever sur le terrain (mesure directe) ou à des méthodes qui utilisent des sources d'information existantes (cartes, orthophotos, données spatiales) afin de localiser des objets (mesure indirecte).

Comme le repérage d'objets routiers peut se faire dans le SRB ou dans le système de coordonnées nationales, il s'agit de distinguer les coordonnées originales (issues de la mesure) des coordonnées transformées qui s'appuient sur la géométrie d'axe et le calage. Pour des raison pratiques, on propose de stocker les mesures originales (u,v ou X,Y), ainsi que les coordonnées transformées si nécessaire. Pour ces coordonnées dites « transformées », il faudra donc décrire la façon dont elles ont été déterminées, c'est-à-dire les éléments (géométrie, calage) et les procédures auxquelles on a eu recours.

Parmi les éléments de qualité des objets routiers, il faut donc décrire le mode d'acquisition des coordonnées originales et le cas échéant décrire la qualité des coordonnées transformées. Ainsi l'héritage des métadonnées détaillées du système de repérage est fondamental pour compléter la qualité du repérage de l'objet routier, plus particulièrement lors de transformations de coordonnées.

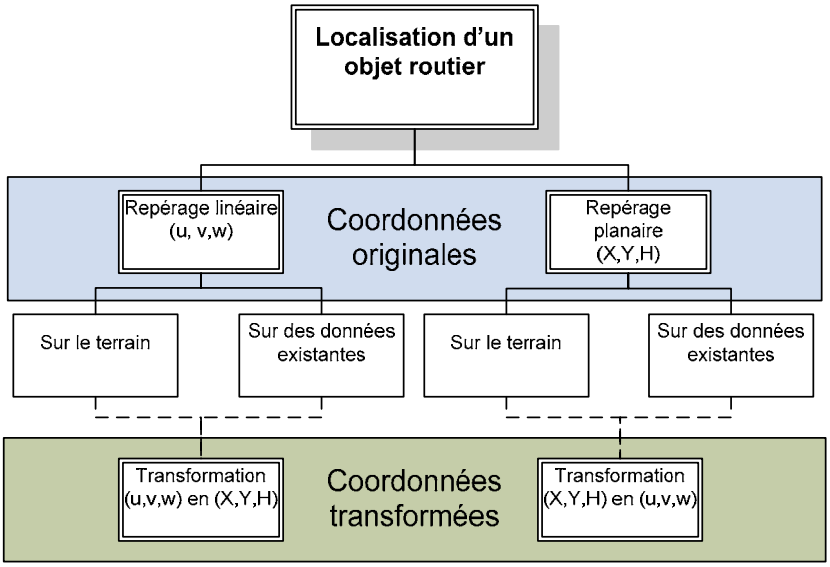


Figure 24 : Typologie du repérage des objets routiers

Pour un objet routier, on peut définir le contenu qualité utile à la localisation comme suit:

- type de coordonnées originales (SRB, nationales)
  - précision planimétrique (niveau de tolérance)
  - précision altimétrique (niveau de tolérance)

- type de coordonnées transformées (aucune, SRB, nationales)
  - précision planimétrique après transformation (niveau de tolérance)
  - précision altimétrique après transformation (niveau de tolérance)

- type de géométrie utile à la transformation (référence, représentation)
  - précision planimétrique (niveau de tolérance)
  - précision altimétrique (niveau de tolérance)

On peut détailler les méthodes d'acquisition sur le terrain ou à partir de données existantes :

- *Acquisition sur le terrain*

  L'acquisition sur le terrain se fait principalement à l'aide des méthodes de mesures (GPS, roulette,…), il s'agit de décrire :
  - Méthode de lever
  - Précision planimétrique et/ou altimétrique
  - Conditions particulières (obstacles, présence ou absence ligne centrale)

  Sur la base des études précédentes SYRROU [1] et AGRAM [2], on peut rappeler les méthodes de lever le plus souvent utilisées pour le domaine routier en spécifiant le type de système de repérage utilisé et le niveau de tolérance associé.

Méthode	Système de repérage		Niv. tolérance
– Photogrammétrie et télédétection	planaire		NT1 – NT5
– Topométrie terrestre	planaire		NT1
– Localisation par satellites	planaire		NT1 – NT5
– Mobile mapping, odométrie	planaire	linéaire	NT2
– Roulette (roue d'arpentage)		linéaire	NT2 - NT3

Tableau 18 : Méthodes de repérage direct et niveaux de tolérance

- *Acquisition à partir de données existantes*

  Pour l'acquisition à partir de données existantes, il s'agit de décrire le document source avec les attributs suivants :
  - Description et type (carte, orthophoto, données numériques)
  - Echelle de la carte source
  - Système de référence spatial utilisé par les données sources
  - Référence recommandée pour les données sources
  - Information sur les étendues spatiales, verticales et temporelles des données sources

  Des données dérivées peuvent être obtenues dans les deux systèmes de repérage et on peut leur attribuer une classe de précision ou niveau de tolérance (NT1 à NT5). De plus amples informations sont disponibles dans le rapport du projet AGRAM [2], annexe A : sources de données géographiques.

5.5.6 Synthèse des éléments de qualité détaillés

Le tableau suivant reprend les principaux éléments de qualité des thèmes SRB, géométries d'axes et calage. Cette mise en correspondance des éléments détaillés de qualité doit permettre d'établir un catalogue agrégé au niveau du segment d'axe.

	Composante qualité	SRB	Géométries d'axes	Calage
P	*Position*	- Précision planimétrique PR - Précision altimétrique PR	- Précision planimétrique - Précision altimétrique	- Précision planimétrique des points de calage - Précision SRB des points de calage
A	*Attributs*	- Précision de la longueur des secteurs	∅	- Précision du calage
G	*Généalogie*	- Date de mise en place (matérialisation)	- Date d'acquisition ou de mise à jour - Date de validité (début, fin)	- Type de calage (de base, de représentation)
		- Processus d'acquisition (description de la méthode d'acquisition, conditions et date) - Type d'assurage	- Processus d'acquisition (description de la méthode d'acquisition, conditions et date) - Type de géométrie (H, V) - Classe de géométrie (ref., repr.)	- Type de géométrie (H,V) - Date de validité
E	*Exhaustivité*	- Couverture du SRB	- Couverture de la géométrie	- Couverture du calage
L	*Logique*	∅	∅	∅

Tableau 19 : Synthèse des éléments de qualité détaillés: SRB, géométrie et calage

	Composante Qualité	Eléments qualité agrégé Au niveau d'un segment d'axe
P	*Position*	- Niveau de tolérance du calage
A	*Attribut*	∅
		∅
G	*Généalogie*	- Statut du calage (absent, présent) - Date de validité du calage
		- Type de calage (H, V)
E	*Exhaustivité*	- Couverture du calage
L	*Logique*	∅

Tableau 20 : Agrégation des éléments qualité pour un segment d'axe

L'agrégation au niveau du segment d'axe est une première proposition qui doit servir l'utilisateur dans des tâches de planification. D'autres niveaux d'agrégation sont envisageables (axe, réseau, région administrative). C'est principalement la procédure de calage qui est le dénominateur commun pour qualifier le repérage spatial d'une portion de route. Le Tableau 20 présente les éléments agrégés suivants :

- *Niveau de tolérance du calage* : cet indicateur sous-entend que la précision intrinsèque du SRB et celle de la géométrie d'axe sont associées à la procédure de calage. Ainsi c'est le résultat (du calage) qui est déterminant et qui permet de renseigner l'utilisateur sur la qualité globale. Les niveaux de tolérance correspondent à ceux décrits dans le Tableau 16.

- *Statut du calage* : cet indicateur renseigne l'utilisateur si une procédure de calage existe ou pas. S'il n'y a pas de calage, alors aucune transformation n'est possible.

- *Date de validité du calage* : c'est la date à partir de laquelle le calage est valable et peut-être employé dans une procédure de transformation. On peut également indiquer une date de fin, si un historique des calages est prévu dans la base de données.

- *Couverture du calage* : cet indice renseigne l'utilisateur sur l'état du calage (aucun, partiel, total) pour un segment d'axe.

5.5.7 Règles de transformations et combinaisons

Dans le chapitre précédent, on propose d'agréger les éléments de qualité pour un segment d'axe en considérant la procédure de calage comme base pour renseigner le catalogue de métadonnées. Connaissant le statut, la couverture et la précision du calage, l'utilisateur pourra choisir la méthode adéquate de lever d'objets routiers. Par exemple, il sera inutile d'engager des méthodes topométriques (GPS) précises et coûteuses si aucun calage n'est disponible pour un segment d'axe donné.

Qualité des objets routiers

Pour les objets routiers, on a vu que la qualité est liée soit au processus d'acquisition (sur le terrain ou à partir de données), soit à une transformation de coordonnées. La qualité des données transformées résulte alors de la combinaison des métadonnées du repérage spatial (SRB, géométrie et calage) et de la qualité de la méthode d'acquisition (terrain ou sources de données).

L'usage des niveaux de tolérance permet de définir des règles simples pour la combinaison de données de qualités différentes. Ainsi, il est préférable de recourir à un seul paramètre qui définit la qualité de l'objet et

qui permet à l'utilisateur d'envisager tel ou tel usage des données. Pour cela on propose quelques règles pour les transformations de coordonnées et les combinaisons de différentes sources d'informations.

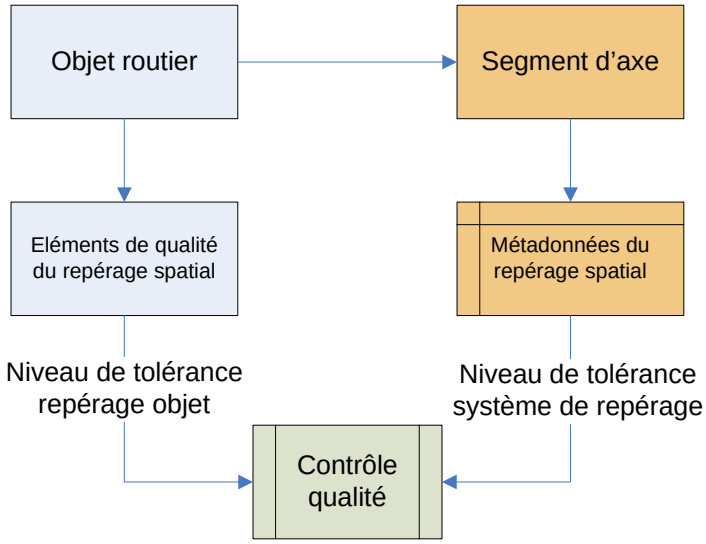


Figure 25 : Contrôle qualité entre le système de repérage spatial et le repérage d'objets routiers

Règles d'utilisation pour les transformations

La Figure 25 montre que l'évaluation de la qualité du repérage spatial passe par une confrontation des éléments de qualité relatifs au repérage de l'objet et aux métadonnées agrégées du système de repérage. Dans cet exemple, c'est le niveau de tolérance (NT) qui est comparé. Suivant le mode d'acquisition choisi, plusieurs éléments de qualité peuvent se combiner et affecter le résultat souhaité par l'utilisateur. A partir d'une description rigoureuse des éléments de qualité des différentes entités, on peut édicter des règles d'usage pour la combinaison d'informations.

Dans le cadre de cette étude, nous privilégions une approche conservatrice afin de garantir plus de sécurité pour l'utilisateur. Le principe à appliquer repose sur les règles suivantes :

- **la combinaison d'éléments de qualité équivalente fournit un résultat de qualité égale. L'évaluation de la qualité est faite par les niveaux de tolérance du repérage des objets ou du système de repérage spatial**
  Exemple : les coordonnées X,Y d'un objet mesurées avec un GPS de haute précision (NT2) peuvent être transformées en coordonnées du SRB grâce à une géométrie de base de haute précision (NT2). Le résultat en coordonnées linéaires (u,v) sera de haute précision (NT2).

- **Parmi les niveaux de tolérance considérés, c'est celui qui a la moins bonne précision qui est déterminant. (le résultat final sera de moindre qualité)**.
  Exemple : Les coordonnées u,v d'un objet sont mesurés sur le terrain avec une haute précision (NT2). Elle peuvent être transformées en coordonnées X,Y avec une géométrie de précision moyenne (NT3). Le résultat des coordonnées transformées sera de précision moyenne (NT3).

Dans ce chapitre, on a défini les éléments de qualité nécessaires pour résoudre les problèmes décrits au chapitre 3. Compte tenu du caractère spécifique de la qualité liée au repérage spatial des objets routiers, il conviendra d'intégrer ces informations au niveau des données en ajoutant des attributs pour les différentes classes d'objets routiers décrits dans les normes.

5.6 Intégration dans les normes VSS

5.6.1 Eléments de qualité dans les normes

Ce projet de recherche s'est concentré sur la qualité du repérage spatial avec une implication directe dans la rédaction des normes :

- SN 640911 « Système d'information de la route : Repérage linéaire »
- SN 640 912 « Système d'information de la route : Système de repérage spatial de base SRB »
- SN 640913 « Système d'information de la route : Géométries d'axes »

Dans l'ensemble de ces nouvelles normes, les éléments de qualité (généalogie, précision, exhaustivité, cohérence logique) doivent figurer comme attributs des différents objets du repérage spatial. La synthèse présentée dans le Tableau 19, donne une liste de base des éléments qui devraient figurer dans les normes.

Il serait également utile que ces éléments de qualité complètent les catalogues des données routières (SN 640 940 et suivants) qui contiennent déjà de nombreuses informations. Cette approche détaillée au niveau des objets routiers a l'avantage de pouvoir introduire rapidement des éléments de qualité (souvent déjà présents) qui pourront être agrégés à un niveau supérieur si nécessaire.

5.6.2 Normes métadonnées

La notion de métadonnées ainsi que l'évaluation de la qualité doivent être introduits au niveau de normes générales du système d'information de la route. Il est prévu une norme de tête SN 640 910 qui traitera les principes fondamentaux du système d'information de la route. Ainsi nous proposons de prévoir une sous-norme SN 640 910.x qui présentera la notion de métadonnées pour le système d'information de la route dans une approche globale (selon la norme suisse [8]) avec toutefois un accent particulier sur le repérage spatial.

Objectifs de la norme

- définir les termes relatifs à la qualité des données
- introduire la notion de métadonnées pour le système d'information de la route
- proposer des règles d'usage pour le repérage spatial
- décrire un modèle de métadonnées compatibles avec le modèle suisse GM03

Contenu

- Généralités
  - Domaine d'application
  - Objet
  - But
  - Références (modèle GM03)
  - Définitions
- Bases
  - Notion de qualité
  - Evaluation de la qualité
  - Classes de précision
- Catalogue de métadonnées
  - Catalogue général pour le système d'information de la route
  - Catalogue spécifique pour le repérage spatial
- Gestion de la qualité
  - Règles d'usage

Le modèle de métadonnées proposé devra respecter le modèle suisse GM03 et pouvoir renseigner le catalogue géographique suisse (www.geocat.ch).

6. RECOMMANDATIONS

La notion de banque de données routières développées dans les années 80 a évolué et intègre maintenant la notion de système d'information qui est au centre de la révision des normes SN 640 910 et suivantes. Le projet MISTRA de système d'information pour la gestion des routes et du trafic de l'office fédéral des routes, montre l'importance des données routières au travers de divers applications métiers (télématique des transports, construction, maintenance, mobilité douce,…).

L'échange d'informations devient donc une priorité pour garantir le succès et la pérennité de tels systèmes d'information de la route. Ainsi la notion de qualité fait partie intégrante des concepts fondateurs de ces systèmes, d'où la nécessité de développer des modèles de métadonnées permettant, d'une part, de renseigner les utilisateurs sur le contenu de la base de données à différents niveau (données de base, données spécialisées) et d'autre part, de vérifier les règles d'usage (couplage, transformation,…) des géodonnées.

Afin de garantir le succès dès l'introduction de tels modèles, nous recommandons de :

Normes

- suivre une approche normalisée proposée dans le modèle de métadonnées suisse pour les géodonnées (GM03)
- définir précisément les termes relatifs à la qualité
- dresser des classes de précision permettant une évaluation quantitative normalisée
- développer un modèle de métadonnées essentiel au système d'information de la route. Il faut que le modèle soit applicable au contexte technique et économique du développement du système d'information de la route des différentes instances. Privilégier un modèle simple et efficace à un modèle complexe qui risque de trouver peu d'adhérents. Les coûts d'acquisition des métadonnées doivent rester dans le budget normal de la maintenance des données routières

Gestion

- agréger les informations de qualité à un niveau (par ex. segment d'axe) répondant aux besoins des utilisateurs et respectant les objectifs de gestion (coûts et techniques)
- privilégier une approche conservatrice : la combinaison d'éléments de qualités différentes héritera de la qualité la plus basse.
- développer une politique de gestion de la qualité impliquant tous les acteurs d'une instance. Il faut sensibiliser l'ensemble des personnes concernées : de l'homme de terrain au décideur.

Sources

- Utiliser des jeux de données ayant leurs propres métadonnées. Eviter d'avoir recours à des données non documentées. Utiliser des produits géographiques dont la qualité est reconnue et bien documentée (mensuration officielle, produits numériques de swisstopo, données de la navigation automobile,…)
- Exiger des fournisseurs de données routières (système de lever à grand rendement) une information sur la qualité basée sur un cahier des charges précis
- Utiliser des méthodes topométriques (GPS, stations totales, …) avec lesquelles la qualité de la localisation peut être déterminée et récupérée automatiquement

7. CONCLUSION

Cette étude s'est inscrite dans un contexte global de l'évaluation de la qualité des données géographiques avec notamment les travaux de normalisation du comité technique de l'ISO TC 211.Cette préoccupation de documenter les données d'un système d'information est partagée par tous les utilisateurs et gestionnaires de données spatiales. Ce projet de la VSS est donc tombé au moment opportun où la COSIG a défini le modèle de métadonnées suisses pour les géodonnées, l'OFROU a initié le projet MISTRA et la commission technique de la VSS FK7 entreprend un important travail de révision des normes sur le système d'information de la route. Bien que les objectifs de ces projets soient différents, une certaine coordination et concordance des idées se sont avérées utiles.

Ainsi l'introduction des métadonnées dans le domaine de la route est le moyen adéquat pour définir le contenu du système d'information de la route pour d'autres utilisateurs avec l'optique de partager plus de données à l'avenir. Une publication de certaines données de la route dans le catalogue géographique suisse (geocat.ch) sera un atout pour le domaine de la route et du trafic.

Cette étude a permis de couvrir une série d'objectifs qui ont été préalablement définis sur la base de problèmes concrets relevés par les utilisateurs des bases de données routières. Ainsi les besoins en matière de gestion de la qualité des données ont été clairement posés et la solution proposée d'établir un catalogue de métadonnées a été étudiée et présentée en détail. Ceci a été réalisé en conformité avec le contenu des normes VSS sur le système d'information de la route et les différentes normes sur les métadonnées.

L'étude propose une double approche détaillée et agrégée pour la qualité du repérage spatial composé du SRB, des géométries d'axes, des procédures de calage et du repérage spatial de l'objet routier. Cette analyse a montré les éléments existants dans les normes actuelles et propose les compléments nécessaires à la documentation de la qualité du repérage spatial.

Compte tenu des projets en cours (MISTRA, nouveau modèle topographique TLM de swisstopo) et du processus de révision des normes, la partie consacrée à l'évaluation des implications de l'intégration des métadonnées sur la gestion des données a été abordée de manière succincte. Elle pourra, en effet, se faire uniquement lorsque le catalogue de métadonnées pour le repérage spatial sera adopté par les utilisateurs et que l'on pourra simuler son impact sur les jeux de données actuels (STRADA-DB) et futurs (MISTRA).

Finalement ce projet doit être un signe d'encouragement pour les professionnels de la route et du trafic, à partager des données du domaine de la route avec d'autres utilisateurs. La gestion du trafic et les défis de la gestion du patrimoine routier seront entrepris avec le plus efficacité, si les données ont un label qualité reconnu favorisant une interopérabilité des systèmes d'information.

8. BIBLIOGRAPHIE

[1]	[SYRROU]	Rapport du projet VSS N° , SYRROU, Système de repérage des données spatiales routières, EPFL
[2]	[AGRAM]	Rapport du projet VSS N° 1047, AGRAM, étude de l'acquisition d'une géométrie de référence des axes de maintenance.
[3]	[OMO]	Ordonnance sur la mensuration officielle, http://www.admin.ch/ch/f/rs/c211_432_2.html
[4]	[OTEMO]	Ordonnance technique sur la mensuration officielle http://www.admin.ch/ch/f/rs/c211_432_21.html
[5]	[VSS94/015]	Rapport du projet VSS N° 1994/015, Schnittstellen zwischen Strassendatenbanken und Geo-Informationssystemen, März 2003
[6]	[Azouzi, 2000]	Azouzi M., Suivi de la qualité des données spatiales au cours de leur acquisition et de leur traitemnts, *thèse EPFL N° 2036*
[7]	[Gilgen, 1999]	Gilgen M., 1999, *Méta-information de données géoréférencées*, Accords de participation ASIT-VD – EPFL et VD-GE-NE – EPFL, EPFL-SIRS, Lausanne ;
[8]	[GM03]	Modèle de métadonnées GM03, un modèle de métadonnées Suisse pour les géodonnées, version finale 2.3, COSIG, avril 2005
[9]	[ISO GDF]	Intelligent Transport System – Geographic Data Files (GDF) – Overall data specifications, ISO 14825 :2004
[10]	[ISO 19113]	ISO 19113 – TC 211 Geographic Information – Quality principles
[11]	[ISO 19114]	ISO 19114 – TC 211 Geographic Information – Quality evaluation procedures
[12]	[ISO 19115]	ISO 19115 – TC 211 Geographic Information – Metadata

9. LISTE DES ANNEXES

9.1 Notion de métadonnées

9.2 Norme ISO et profil CH

9.3 FGDC et métadonnées

9.4 GDF 4 et les métadonnées

9.5 Modélisation de la géométrie des axes

10. ABBRÉVIATIONS

AGRAM	Acquisition d'une géométrie de référence des axes de maintenance (VSS, avril 2003)
BDR	Base de données routières
BMS	Bridge Management System
CEN	Comité Européen de Normalisation
CN	Carte nationale
COSIG	Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique
DXF	Drawing Exchange Format
EMS	Electromechanical Management System
FGDC	Federal Geographic Data Committee
GDF	Geographic Data Files
GIS	Geographic Information System
GM03	Modèle de métadonnées Suisse, 2003
GPS	Global Positioning System
ISO	International Organisation for Standardisation
MISTRA	Management Informationssystem Strasse und Strassenverkehr
MO	Mensuration officielle
OFROU	Office fédéral des routes
OMO	Ordonnance sur la mensuration officielle
OTEMO	Ordonnance technique sur la mensuration officielle
PMS	Pavement Management System
SGE	Système de gestion de l'entretien
SIG	Système d'information géographique
SRB	Système de repérage de base
SYRROU	Système de repérage spatial des données routières (VSS, mai 2000)
TLM	Topographisches Landschaftsmodel
VSS	Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute
WGS	World Geodetic System

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Annexe 9.1

Notion de métadonnées

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJECTIFS 3

2. RÉFÉRENCES 3

3. DÉFINITIONS 5

3.1 Métadonnées 5
3.2 Métadonnées géographiques 5

4. NORMALISATION 7

4.1 Au niveau international 7
4.1.1 ISO 7
4.1.2 CEN 8
4.2 Au niveau national 9
4.2.1 FGDC (Etats-Unis) 9
4.2.2 ANZLIC (Australie, Nouvelle Zélande) 9
4.2.3 Canada 9
4.3 Suisse 10
4.4 France 10

1. OBJECTIFS

Ce document est une introduction à la notion de métadonnées, et en particulier aux métadonnées dans le domaine de l'information géographique. Il présente également la normalisation actuelle dans le domaine des métadonnées géographiques.

Ce document a pour objectifs de :

- Définir la notion de métadonnées.
- Préciser le rôle des métadonnées.
- Donner un aperçu de la normalisation des métadonnées.

2. RÉFÉRENCES

[ANZLIC, 1996] ANZLIC, 1996, *ANZLIC Guidelines on Core Metadata Elements for Land and Geographic Directories in Australia and New Zealand*, Australia New Zealand Land Information Council, Belconnen, 144 p.
http://www.anzlic.org.au/metaelem.htm

[Bergeron, 1993] Bergeron M., 1992, *Vocabulaire de la géomatique* - Office de la langue française, Québec

[CEN/TC 287, 1996] CEN/TC 287, 1996, *prEN 287009, Geographic information - Data description – Metadata*, Comité Européen de Normalisation, Bruxelles, 48 p.

[CERTU, 1999] CERTU, 1999, *Mise en oeuvre d'un catalogue de données géographiques. Pôle Géomatique*, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, Lyon, 33p.
http://www.certu.fr/certu/jsp/CtuInformationGeoLevel0.jsp

[Coudercy, 1999] Coudercy, L., 1999, *Le catalogage et les métadonnées*. Fiche d'aide a la maîtrise d'ouvrage, 3eme, Série 1999. Conseil National de l'Information Géographique, Paris, 3p.
http://www.cnig.gouv.fr/

[FGDC, 1995] FGDC, 1995, *Content Standards for Digital Geospatial Metadata Workbook*, Federal Geographic Data Committee, Washington, D.C.

[FGDC, 1998] FGDC, 1998, *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (revised June 1998), FGDC-STD-001-1998, Federal Geographic Data Committee, Washington, D.C., 90p.
http://www.fgdc.gov/metadata/

[GSDI, 1999] GSDI, 1999, *Global Spatial Data Infrastructure - Spatial Information for the Global Community*, GSDI Secretariat, Belconnen, 6 p.
http://www.gsdi.org/

[ISO, 1999] ISO/TC 211/WG 3 15046-15 Editing committee, 1999, *2. CD 19115, Geographic information – Metadata*, ISO/TC 211 Secretariat, Oslo, 118 p, Doc. ISO/TC 211 N831,
http://www.isotc211.org/dokreg09.htm

[ISO, 1998] ISO/TC 211/WG 3 Geospatial Data Administration, 1998, CD 15046-15, *Geographic Information - Part 15 : Metadata*, ISO/TC 211 Secretariat, Oslo, 161 p. Doc. ISO/TC 211 N538
http://www.isotc211.org/dokreg06.htm

[OGC, 1998] OGC, 1998, *The OpenGIS Specification Model, Topic 11 : Metadata*, Version 3.1. Open GIS Consortium, Wayland, 11 p.

[Schweitzer, 1998] Schweitzer, P. N., 1998, *Putting Metadata in Plain Language* , GIS World, Adams Business Media, Arlington Heights, Vol. 11, n° 9/98, pp. 56-59.
http://www.geoplace.com/gw/1998/0998/998abc.asp

[Schweitzer, 1999] Schweitzer, P. N., 1999, *Frequently-asked questions on FGDC metadata*, U.S. Geological Survey, Reston, 14 p.
http://geology.usgs.gov/tools/metadata/tools/doc/faq.html

[Stitt, 1999] Stitt, S., 1999, *An Image Map of the Content Standard for Digital Geospatial Metadata*, U.S. Geological Survey, Reston.
http://biology.usgs.gov/fgdc.metadata/version2/

[AFNOR] Commission de Normalisation Information Géographique (CN InfoGéo).
http://forum.afnor.fr/afnor/WORK/AFNOR/GPN2/ZC13/index.htm
[ANZLIC] ANZLIC Australia New Zealand Land Information Council.
http://www.anzlic.org.au/
[ASDI] ASDI Australian Spatial Data Infrastructure
http://www.auslig.gov.au/asdi/
[CEN] CEN/TC 287 Geographic Information.
http://forum.afnor.fr/afnor/WORK/AFNOR/GPN2/Z13C/index.htm
[CERTU] Pôle Géomatique du CERTU.
http://www.certu.fr/
[CGDI] CGDI Canadian Geospatial Data Infrastructure
http://cgdi.gc.ca/
[CIESIN] CIESIN Center for International Earth Science Information Network.
http://www.ciesin.org/
[CNIG] CNIG Conseil National de l'Information Géographique
http://www.cnig.gouv.fr/
[DCMI] DCMI Dublin Core Metadata Initiative
http://purl.oclc.org/dc/
[EUROGI] European Umbrella Organisation for Geographic Information.
http://www.eurogi.org/
[FGDC] FGDC Federal Geographic Data Committee
http://www.fgdc.gov/
[GSDI] GSDI Global Spatial Data Infrastructure
http://www.gsdi.org/
[IFLA] IFLA Metadata Resources for Digital Libraries
http://www.ifla.org/II/metadata.htm
[ISO] ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics.
http://www.isotc211.org/
[NSDI] NSDI National Spatial Data Infrastructure
http://www.fgdc.gov/nsdi/nsdi.html
[OGC] Open GIS Consortium
http://www.opengis.org/
[OII] Metadata Interchange Standards
http://www2.echo.lu/oii/en/meta.html
[USGS] Tools for creation of formal metadata.
http://geology.usgs.gov/tools/metadata/
[W3C] Metadata at W3C
http://www.w3.org/Metadata/
[WSSN] World Standards Services Network
http://www.wssn.net/WSSN/

3. DÉFINITIONS

3.1 Métadonnées

Qu'est ce qu'une métadonnée ?

« *Les métadonnées, ou données sur les données renseignent sur la nature et les caractéristiques d'autres données et elles permettent ainsi une leur utilisation pertinente* »[1].

Par analogie, les métadonnées sont aux données ce que l'étiquette représente sur un contenant de médicaments. En effet, une étiquette affiche des renseignements comme le nom du médicament, le nom du fabricant, la posologie, les ingrédients utilisés dans la production du médicament, les mises en garde (ex. : « Peut provoquer le sommeil »), le nombre de comprimés ou le volume de médicament liquide et la date de péremption du médicament. Tous ces renseignements servent à décrire le contenu afin de permettre le choix du médicament approprié pour une situation déterminée, ainsi que le choix entre deux médicaments de même nature. Enfin, ces renseignements favoriseront l'utilisation adéquate du médicament.

Pourquoi les métadonnées sont-elles si importantes ?

Plusieurs considèrent les métadonnées comme étant en fait plus importantes que les données elles-mêmes. En effet, l'absence ou la description incomplète des métadonnées, ou la présence de métadonnées erronées peuvent causer une utilisation inadéquate des données.

En reprenant l'analogie précédente, peut-on imaginer un commerce pharmaceutique rempli de contenants qui ne comporteraient aucune étiquette? La réponse est non parce que ces métadonnées sont requises non seulement par les clients, mais également par le pharmacien afin de connaître ce qu'il a en magasin. Il en est de même pour l'information géospatiale. Il importe par conséquent que tout producteur documente adéquatement les métadonnées relatives aux données qu'il produit.

3.2 Métadonnées géographiques

Qu'est ce qu'une métadonnée géographique ?

On parle de métadonnées géographiques lorsqu'on fait référence aux métadonnées de données géographiques.

Les métadonnées, liées à l'information géographique, présentent une complexité particulière par rapport à celles liées à d'autres domaines. Elles sont composées à la fois de métadonnées descriptives (identification, structure de données, etc.) et de métadonnées spatiales (localisation, étendue, etc.), du fait de la nature même des informations qu'elles renseignent.
Elles décrivent les différents aspects des données : leur contenu, leur étendue spatiale et temporelle, leur structure, leur référence spatiale, leur mode de stockage, leur origine, leur mode de distribution, leur état de mise à jour, etc.

[1] [Bergeron, 1993]

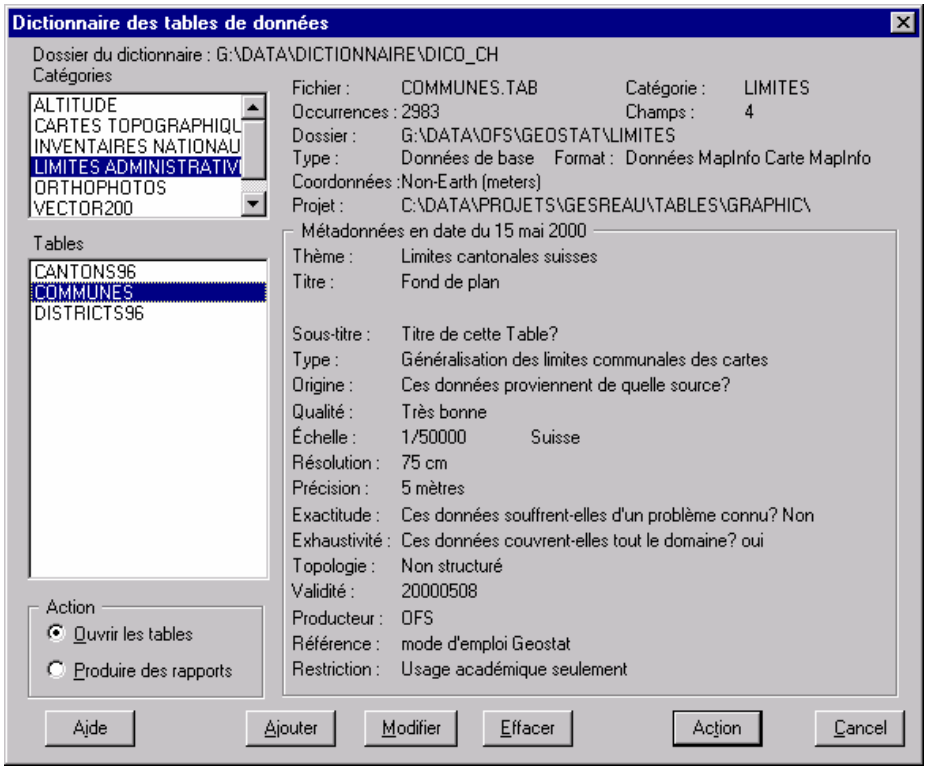


Figure 3-1 : « Exemple de métadonnées »

Pourquoi les métadonnées sont-elles si importantes ?

Dans le domaine des systèmes d'information géographiques elles revêtent une grande importance du fait que les données géographiques ne s'expliquent pas par elles mêmes à cause de leurs caractéristiques intrinsèques (l'information thématique et spatiale est indissociablement liée à la donnée) et secondaires qui ne sont en général pas contenues dans la donnée elle-même (méthode et date d'acquisition, précision, topologie, etc.).
Lorsque les métadonnées manquent, les données spatiales ne sont donc plus aussi parlantes, ce qui ne permet plus une utilisation judicieuse et pertinente des données. Par exemple la méconnaissance sur les méthodes d'acquisition de données peut avoir des conséquences importantes sur l'utilisation de données provenant de sources différentes.

Quel est le rôle des métadonnées ?

Les métadonnées ont le rôle de permettre à un utilisateur potentiel de :
- connaître les données et leurs caractéristiques
- rechercher des données
- accéder aux données

Les métadonnées peuvent contenir toute information liée à une donnée, sauf le contenu informatif de la donnée elle-même. Elles peuvent être considérées comme des propriétés étendues des données.
Elles ont comme premier rôle d'assurer une meilleure connaissance des données et de leurs caractéristiques afin de fournir l'information nécessaire à la prise de décision pour :
- une acquisition des données conforme aux exigences
- une utilisation judicieuse et pertinente des données
- une mise à jour des données dans les délais impartis

Un autre rôle des métadonnées est de permettre de rechercher des données en interrogeant les métadonnées. Ce rôle devient aujourd'hui de plus en plus important face à la croissance exponentielle du volume de données numériques disponibles et au développement des réseaux de communication.
Les métadonnées permettent ainsi de rechercher, localiser et ensuite accéder aux informations. Les recherches peuvent être faites par thématique, par mots-clés, ou des recherches géographiques, etc.

Les métadonnées ont donc le rôle d'intermédiaire pour accéder aux données elles-mêmes. L'accès physique aux données dépendra naturellement du lien entre les données géographiques et les métadonnées.

En résumé les métadonnées permettent à un utilisateur potentiel de savoir :
- Quelles données sont disponibles
- Si les données répondent à ses besoins spécifiques
- Où trouver les données
- Comment accéder aux données

En principe au minimum elles doivent de répondre aux questions suivantes :
- Est-ce qu'une donnée sur un sujet particulier existe ('what')?
- A un lieu géographique particulier ('where')?
- A une date particulière ('when')?
- Une personne de contact pour en savoir plus ou pour commander la donnée ('who')?

4. NORMALISATION

Ce chapitre met en avant l'intérêt et le rôle de la normalisation des métadonnées, et donne un aperçu des démarches dans ce domaine, entreprises au niveau international et au niveau national. Les démarches présentées concernent les métadonnées dans le domaine de l'information géographique.

4.1 Au niveau international

4.1.1 ISO

Au niveau international la norme de métadonnées ISO 19115 a été rédigée par le comité technique ISO/TC 211 « Information géographique/Géomatique »[2].

La norme internationale sur les métadonnées ISO 19115 est inspirée en partie de la norme américaine CSDGM[3] et elle a pour but de fournir une structure permettant la description de données géographiques numériques. Elle définit des éléments de métadonnées, fournit un modèle conceptuel des données et établit un ensemble de définitions, de procédures d'extensions de même qu'une terminologie commune aux métadonnées.
Elle définit un jeu exhaustif d'éléments de métadonnées, mais elle permet, par de profils, de créer, selon la particularité de l'application, des reproductions sélectives à partir du modèle complet de l'ISO ou des extensions au modèle minimal de métadonnées requis (noyau du modèle).
Le noyau contient les éléments de métadonnées qui permettent de répondre aux questions suivantes :
- Existe-t-il un jeu de données pour un thème donné? (QUOI)
- Le jeu de données relatif à une localisation donnée existe-t-il ? (OÙ)
- Auprès de qui puis-je obtenir ces données ? (QUI)
- Sous quelle forme puis-je obtenir les données ? (COMMENT)
- Quand ou à quelle période le jeu de données a-t-il été créé ou mis à jour pour la dernière fois ? (QUAND)

[2] http://www.isotc211.org/
[3] Norme américaine de métadonnées Content Standard for Digital Geospatial Metadata [CSDGM] élaborée par le [FGDC]

4.1.2 CEN

Le responsable des normes touchant à l'information géographique était le comité technique CEN/TC 287 (Information géographique), dont les travaux ont été réactivés en 2005. Ce comité a conduit une démarche pour la réalisation de pré-normes dans le domaine de l'information géographique qui sont utilisées par l'ISO/TC 211 comme base pour ses travaux de normalisation. Les pré-normes du CEN/TC 287 se verront remplacées par les normes ISO/TC 211.

En Europe, le comité technique CEN/TC 287 (Information géographique), dont la Suisse est membre, est responsable au sein du Comité Européen de Normalisation (CEN) des normes touchant à l'information géographique. Il est l'équivalent au niveau européen du comité ISO/TC 211. Les travaux du CEN/TC 287 ont conduit à l'adoption en 1997 et 1998 de prénormes européennes (ENV), publiées par l'AFNOR en version française sous forme de normes expérimentales (XP).

Les prénormes européennes sont établies comme normes prospectives et à titre provisoire dans les domaines techniques à fort taux d'innovation ou dans lesquels il y a un besoin urgent de lignes directrices, et où la sécurité des personnes et des biens n'est pas mise en jeu. Elles n'ont pas besoin d'être adoptées par les membres, mais doivent bien sûr être annoncées et mises à leur disposition. Une prénorme a une durée de vie limitée à trois ans, et doit être révisée deux ans après son adoption.

Le comité CEN/TC 287 a adopté en 1998 la prénorme européenne de métadonnées (ENV 12657).

Au niveau du Comité Européen de Normalisation, le comité CEN/TC 287 a développé une norme de métadonnées, qui a été adoptée comme prénorme européenne en 1998, et publiée par l'AFNOR sous forme de norme expérimentale (XP ENV 12657). Son caractère expérimental lui confère un statut provisoire et son application est par conséquent facultative.

La figure ci-dessous montre les sections principales qui composent la prénorme. Elles contiennent au total environ 150 éléments de métadonnées, dont une vingtaine sont obligatoires (source CNIG, 1999).

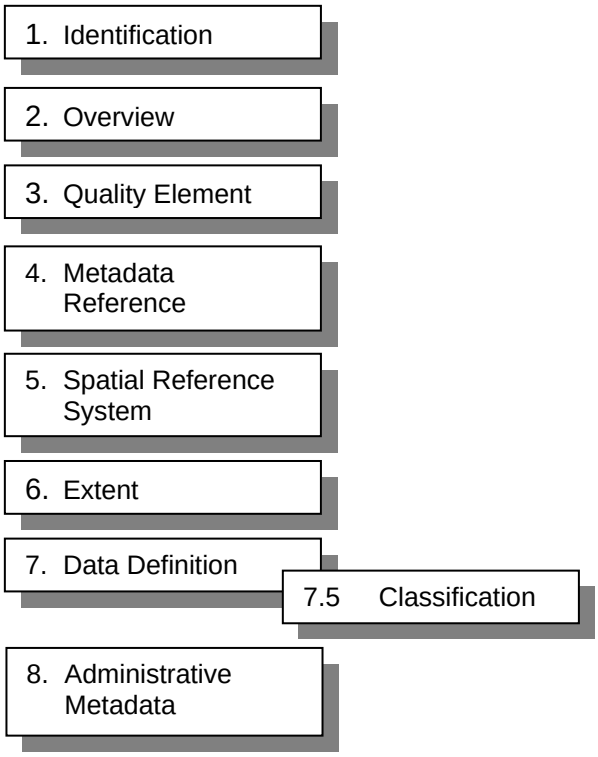


Figure 4-1 : Sections de métadonnées de la prénorme européenne ENV 12657

La prénorme européenne a été mise en œuvre par un certain nombre de pays, par exemple la France qui l'a reprise sous forme de norme expérimentale française et la Slovénie qui l'applique pour le Slovenian National Spatial Data Catalogue[4], et dans le cadre d'initiatives et de projets européens, comme par exemple l'initiative pour le développement d'une infrastructure européenne de métadonnées spatiales (European Spatial Metadata Infrastructure, ESMI).

4.2 Au niveau national

Ce chapitre présente des démarches de normalisation de niveau national les plus significatives.

4.2.1 FGDC (Etats-Unis)

Les Etats-Unis possèdent depuis 1994 une norme de métadonnées pour les données géographiques, intitulée *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM). Le Federal Geographic Data Committee (FGDC)[5] coordonne les travaux de normalisation dans le domaine de l'information géographique, et en particulier dans le domaine des métadonnées. Ils possèdent en outre une expérience certaine des systèmes de repérage linéaire *(Linear Referencing System)* appliqués au domaine routier, dont les principes adoptés (points de repère) sont assez proches de ceux utilisés en Suisse.

4.2.2 ANZLIC (Australie, Nouvelle Zélande)

En l'absence de modèles internationaux de métadonnées, l'Australie et la Nouvelle Zélande ont développé leur propre modèle en 2001 (The **ANZLIC Metadata Guidelines**). Depuis la rédaction de la norme ISO 19115, ils ont adopté ce standard comme une norme nationale (AS/NZS ISO 19115-2005). Il faut noter que ces pays ont largement contribué à l'établissement de la norme ISO en faisant part de leurs expériences.
ANZLIC développe actuellement (2006) son propre profil basé sur IOS 19115.

4.2.3 Canada

L'Office des normes générales du Canada (ONGC) a publié une norme pour la description des données numériques à référence spatiale. Cette norme peut être assimilée à une norme de métadonnées pour les données géographiques.

CAN/CGSB-171.3-95[6]
Information de répertoire décrivant les ensembles de données numériques à référence spatiale
Édition en vigueur : avril, 1995

Cette norme présente un formulaire imprimé qui peut servir à décrire des ensembles de données numériques à référence spatiale. Une fois rempli, ce formulaire procure de l'information pertinente aux utilisateurs potentiels, qui peut servir à la compilation d'entrées de répertoire.

Une proposition de métadonnées principales en géomatique pour les ministères et organismes du gouvernement du Québec[7] a été réalisée par le Secrétariat du Conseil du trésor. Cette proposition découle des travaux poursuivis par le Plan géomatique du gouvernement du Québec sur la normalisation des métadonnées et initiés dès 1995. Elle s'est appuyée sur la norme canadienne sur les métadonnées de l'Office des normes générales du Canada, sur les travaux en cours de l'ISO quant à l'élaboration d'une norme internationale sur les métadonnées, ainsi que sur le projet de norme d'adressage du gouvernement fédéral. Cette proposition s'est concentrée sur les métadonnées principales seulement.

Des travaux seront par ailleurs entrepris dès 1999, afin de remplacer graduellement cette norme à l'aide de profils de la norme de l'ISO sur les métadonnées.

[4] http://193.2.111.28/gu_eng/applic/cepp/cepp.asp
[5] http://www.fgdc.gov/
[6] http://www.pwgsc.gc.ca/cgsb/catalogue/serie/171_serie-f.html
[7] http://www.tresor.gouv.qc.ca/autorout/geo-meta.htm

4.3 Suisse

Le Profil CH de la COSIG se base sur la norme IOS 19115 et a fait l'objet d'une norme suisse de métadonnées GM03, publiée en 2005.

La Suisse a initié en 2001 un processus pour définir une norme en matière de métadonnées géographiques. La démarche est coordonnée et portée par le Centre de Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique au sein de l'administration fédérale (COSIG)[8]. Les travaux de l'ISO ont servi de base à l'élaboration de ce document : l'objectif est en fait de proposer un profil suisse de la norme ISO 19115 (i.e. avec quelques particularités propres à répondre aux besoins de la Suisse, comme par exemple l'intégration des aspects législatifs, mais qui reste conforme à la norme ISO).

Exemples d'application :
La première application de mise en œuvre du profil-CH prévue sera l'application geocat.ch. Celle-ci se base sur un concept de catalogue de données décentralisé et pour fonctionner il faudra que les métadonnées soient structurées selon GM03.

4.4 France

La France a mis en consultation début 2006 son profil basé sur la norme ISO 19115.

[8] http://www.cosig.ch/

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Annexe 9.2

Norme ISO et profil CH

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJECTIFS 3

2. RÉFÉRENCES 3

3. ABRÉVIATIONS 4

4. NORME ISO 4

4.1 ISO/TC 211 4
4.1.1 Contexte 4
4.1.2 Domaines de normalisation 4
4.1.3 Le processus de normalisation 5
4.2 Norme de métadonnées ISO 19115 6
4.2.1 Contexte 6
4.2.2 Objet 6
4.2.3 Structure et contenu 6
4.2.4 Description et contenu des différents domaines 9

5. PROFIL CH : NORME GM03 12

5.1 Contexte 12
5.2 Objet 12
5.3 Structure et contenu 13
5.4 Description et contenu des différents domaines 14
5.5 Perspectives 15

1. OBJECTIFS

Ce document présente la normalisation des métadonnées au niveau international dans le cadre de l'ISO, ainsi que la démarche entreprise au niveau suisse par la COSIG.

2. RÉFÉRENCES

[COSIG, 2001] **COSIG, 2001**, *Elaboration d'un modèle de métadonnées pour la Suisse compatible avec la norme ISO/DIS 19115*, Wabern, décembre 2001;

[COSIG, 2002a] **COSIG, 2002a**, *Geographischen Metadaten. Projekt für die Erarbeitung eines schweizerischen Profils gemäss ISO-Standard 19115*, GIS-SIT Workshop vom 19. März 2002;

[COSIG, 2002b] **COSIG, 2002b**, *geocat.ch Catalogue de métadonnées pour les données géographiques*, Août 2002 ;

[Gilgen, 2000] **Gilgen M., 2000**, *Normes et standards pour données géographiques*, Accords de participation ASIT-VD – EPFL et VD-GE-NE – EPFL, EPFL-SIRS, Lausanne ;

[Gilgen, 1999] **Gilgen M., 1999**, *Méta-information de données géoréférencées*, Accords de participation ASIT-VD – EPFL et VD-GE-NE – EPFL, EPFL-SIRS, Lausanne ;

[ISO, 1999] **ISO/TC 211/WG 3 15046-15 Editing committee, 1999**, *2. CD 19115, Geographic information - Metadata*, ISO/TC 211 Secretariat, Oslo, 118 p. Doc. ISO/TC 211 N831, http://www.isotc211.org/dokreg09.htm

[ISO, 1998] **ISO/TC 211/WG 3 Geospatial Data Administration, 1998**, *CD 15046-15, Geographic Information - Part 15 : Metadata*, ISO/TC 211 Secretariat, Oslo, 161 p. Doc. ISO/TC 211 N538, http://www.isotc211.org/dokreg06.htm

[ISO, 2003] **ISO, 2002**, Stades de l'élaboration des Normes internationales, mise à jour 13.02.03, http://www.iso.org/iso/fr/stdsdevelopment/whowhenhow/proc/proc.html

[CDS] ENVIROCAT (Catalogue des données environnementales de la Suisse) http://www.envirocat.ch/

[CSDGM] CSDGM Content Standard for Digital Geospatial Metadata http://www.fgdc.gov/metadata/

[COSIG] COSIG Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique http://www.cosig.ch/

[CSI-SIG] CSI-SIG Conférence suisse sur l'informatique – Groupe de travail sur les informations géographiques http://www.sik-gis.ch/

[FGDC] FGDC Federal Geographic Data Committee http://www.fgdc.gov/

[ISO] ISO International Organization for Standardization http://www.iso.org/

[ISO/TC 211] ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics http://www.isotc211.org/

3. ABRÉVIATIONS

ISO International Organization for Standardization
COSIG Centre de Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique au sein de l'administration fédérale

4. NORME ISO

4.1 ISO/TC 211

4.1.1 Contexte

Le comité technique ISO/TC 211 (Information géographique / Géomatique), dont la Suisse est membre, est chargé de l'élaboration des normes touchant au domaine de l'information géographique.
Les travaux de l'ISO ont pour objectif d'établir un ensemble structuré de normes pour les informations à caractère géographique. Cette famille de normes, constituer l'ensemble des normes de la série ISO 19100.
Ces normes ont, en général, pour but de spécifier des méthodes, des outils et des services pour la gestion (incluant la définition et la description), l'acquisition, le traitement, l'analyse, l'accès, la présentation et le transfert de données sous forme numérique entre différents utilisateurs et systèmes.

4.1.2 Domaines de normalisation

Groupes de travail auprès de l'ISO/TC 211 :
- Geospatial Services
- Imagery
- Information communities
- Location based services
- Information management

Le tableau suivant montre la liste des normes de l'ISO/TC 211 avec un état de situation de l'avancement[1].

Nr ISO	Titre	État
ISO 19101	Reference model (Modèle de référence)	IS
ISO 19102	Overview (Présentation générale)	X
ISO 19103	Conceptual schema language (Language de schéma conceptuel)	IS
ISO 19104	Terminology (Terminologie)	IS
ISO 19105	Conformance and testing (Conformité et essais)	IS
ISO 19106	Profiles (Profils)	IS
ISO 19107	Spatial schema (Schéma spatial)	IS
ISO 19108	Temporal schema (Schéma temporel)	IS
ISO 19109	Rules for application schema (Règles pour schéma d'application)	IS
ISO 19110	Feature cataloguing methodology (Méthodologie de catalogage des entités)	IS
ISO 19111	Spatial referencing by coordinates (Repérage spatial par coodonnées)	IS
ISO 19112	Spatial referencing by geographic identifiers (Repérage spatial par identificateurs géographiques)	IS
ISO 19113	Quality principles (Principes de qualité)	IS
ISO 19114	Quality evaluation procedures (Procédures d'évaluation de la qualité)	IS
ISO 19115	Metadata (Métadonnées)	IS
ISO 19116	Positioning services (Services de positionnement)	IS
ISO 19117	Portrayal (Présentation)	IS

1 État 31.12.05

Nr ISO	Titre	État
ISO 19118	Encoding (Encodage)	IS
ISO 19119	Services (Services)	IS
ISO 19120	Functional standards Amendement 1 (Normes fonctionnelles)	IS/TR
ISO 19121	Imagery and gridded data (Imagerie et données rectangulaires)	IS/TR
ISO 19122	Qualifications and Certification of personnel (Qualifications et accréditation du personnel)	IS/TR
ISO 19123	Schema for coverage geometry and functions (Schéma de la géométrie et des fonctions de couverture)	IS
ISO 19124	Imagery and gridded data components (Composantes d'imagerie et de données rectangulaires)	Review Summary
ISO 19125-1	Simple feature access — Part 1: Common architecture (Accès aux entités simples – Partie 1: Architecture commune)	IS
ISO 19125-2	Simple feature access — Part 2: SQL option (Accès aux entités simples – Partie 1: Option SQL)	IS
ISO 19125-3	Simple feature access — Part 3: COM/OLE option (Accès aux entités simples – Partie 3: Option COM/OLE)	
ISO 19126	Profile - FACC Data Dictionary (Profil – Dictionnaire de données FACC)	
ISO 19127	Geodetic codes and parameters (Codes et paramètres géodesiques)	IS/TS
ISO 19128	Web Map server interface (Interface Web Map server)	IS
ISO 19129	Imagery, gridded and coverage data framework	TS 2006
ISO 19130	Sensor and data models for imagery and gridded data	IS 2007
ISO 19131	Data product specifications	IS 2006
ISO 19132	Location based services possible standards	IS 2007
ISO 19133	Location based services tracking and navigation	IS
ISO 19134	Multimodal location based services for routing and navigation	IS 2007
ISO 19135	Procedures for registration of geographical information items	IS
ISO 19136	Geography Markup Language	IS 2007
ISO 19137	Generally used profiles of the spatial schema and of similar important other schemas	IS 2005
ISO 19138	Data Quality measures	TS 2006
ISO 19139	Metadata – Implementation specification	TS 2005
ISO 19140	Technical amendment to the ISO 191** Geographic information series of standards for harmonization and enhancements	Several amendments

- NWI: New Work Item
- WD: Working draft
- CD: Committee draft
- PDTS or PDTR: Proposed Draft Technical Specification or Report
- DTS or DTR: Draft Technical Specification or Report
- DIS: Draft International Standard
- FDIS: Final Draft International Standard
- IS: International Standard
- X: supprimée

4.1.3 Le processus de normalisation

La publication d'une norme ISO[2] comme standard international est le résultat d'un accord entre les comités membres de l'ISO.
Les normes ISO sont élaborées par les comités techniques (TC) (p.ex. TC 211) et sous-comités, selon un processus qui se subdivise en six étapes :

1. Stade de proposition : lancement du processus par la demande de mise à l'étude d'une nouvelle question ou *New work item proposal* (NP), qui est soumise au vote des membres du TC/SC afin d'être inclue dans le programme de travail.
2. Stade préparatoire : un groupe de travail composé d'experts est mis en place pour la préparation d'un avant-projet.
3. Stade comité : un premier projet de comité ou *Committee draft* (CD) est disponible et diffusé aux membres du TC/SC pour observations et vote. Processus itératif jusqu'à l'obtention du consensus,

2 [ISO, 2003]

ensuite finalisation du texte définitif pour sa soumission comme projet de Norme internationale ou *Draft International Standard* (DIS).
4. Stade enquête : le projet de Norme internationale (DIS) est distribué à tous les comités membres de ISO pour observations et vote. S'il est approuvé il devient projet final de Norme internationale ou *Final Draft International Standard* (FDIS).
5. Stade approbation : le projet final de Norme internationale (FDIS) est distribué à tous les comités membres de l'ISO pour vote final.
6. Stade publication : si le projet final de Norme internationale (FDIS) est approuvé le texte définitif est envoyé au Secrétariat central de l'ISO, qui procède à la publication de la Norme internationale ou *International Standard* (IS)

Si un document possède déjà un certain degré de maturité dès l'annonce du projet de normalisation (NP), par exemple document rédigé comme norme par une autre organisation, il peut omettre certains étapes (« procédure par voie express »).

4.2 Norme de métadonnées ISO 19115

4.2.1 Contexte

La norme internationale sur les métadonnées ISO 19115 est inspirée en partie de la norme américaine CSDGM[3]. La première version de cette norme a été le premier document de travail du comité de l'ISO/TC 211. C'est pour cette raison qu'on y retrouve certaines analogies.
Le processus d'élaboration d'une norme internationale (ISO) pour les métadonnées a commencé en 1996. Par rapport au premier planning élaboré au départ, les échéances ont été retardées de plusieurs mois voir années, à cause des nombreux commentaires à prendre en considération et les modifications à faire lors de différents stades de consultation.
Cette norme a été publiée par l'ISO en 2003.

4.2.2 Objet

La norme internationale ISO 19115 « *a pour but de fournir une structure permettant la description de données géographiques numériques. Cette norme internationale est par ailleurs destinée à être utilisée par des analystes de systèmes d'informations, des programmeurs ou des développeurs de systèmes d'information géographique de façon à comprendre les bases et les exigences d'ordre général s'appliquant à la normalisation des informations géographiques. Cette norme internationale définit des éléments de métadonnées, fournit un modèle conceptuel des données et établit un ensemble de définitions, de procédures d'extensions de même qu'une terminologie commune aux métadonnées. Lorsqu'elle est appliquée par un producteur de données, cette norme internationale :*
1. *Lui fournit des informations adaptées pour la caractérisation adéquate de ses données géographiques.*
2. *Facilite l'organisation et la gestion de métadonnées liées à des données géographiques.*
3. *Permet aux utilisateurs d'employer les données géographiques de la manière la plus efficace possible grâce à la connaissance de leurs caractéristiques de base.*
4. *Facilite la recherche, la récupération et la réutilisation des données. La localisation, l'accès, l'évaluation, l'acquisition et l'utilisation des données en sont d'autant plus aisés pour les utilisateurs.*
5. *Permet aux utilisateurs d'évaluer le degré d'utilité de données géographiques pour eux. »*

4.2.3 Structure et contenu

La norme ISO 19115 définit le modèle nécessaire pour décrire les données géographiques ainsi que les services. Elle contient les informations sur leur identification, couverture, qualité, modèle spatial et temporel, système de référence et sur leur distribution en format numérique.
Cette norme est utilisable :

[3] Norme américaine de métadonnées Content Standard for Digital Geospatial Metadata [CSDGM] élaborée par le [FGDC]

- Pour la création de catalogues de jeux de données, pour des activités de clearinghouse, et pour la description complète de jeux de données.
- Pour des jeux de données géographiques, des séries de jeux de données et des simples objets individuels ou des propriétés d'objets.

La norme définit :

- Les sections de métadonnées obligatoires et celles conditionnelles, les entités et les éléments de métadonnées.
- Le jeu minimal de métadonnées requis pour servir la gamme complète des applications de métadonnées (noyau du modèle ou *Core*) (par exemple découverte de données, utilisation de données, etc.)
- Les éléments de métadonnées optionnels pour permettre, si nécessaire, une description plus large normalisée des données (*Comprehensive Metadata Profile*)
- Une méthode pour étendre les métadonnées pour s'adapter à des besoins spécifiques (Extension).

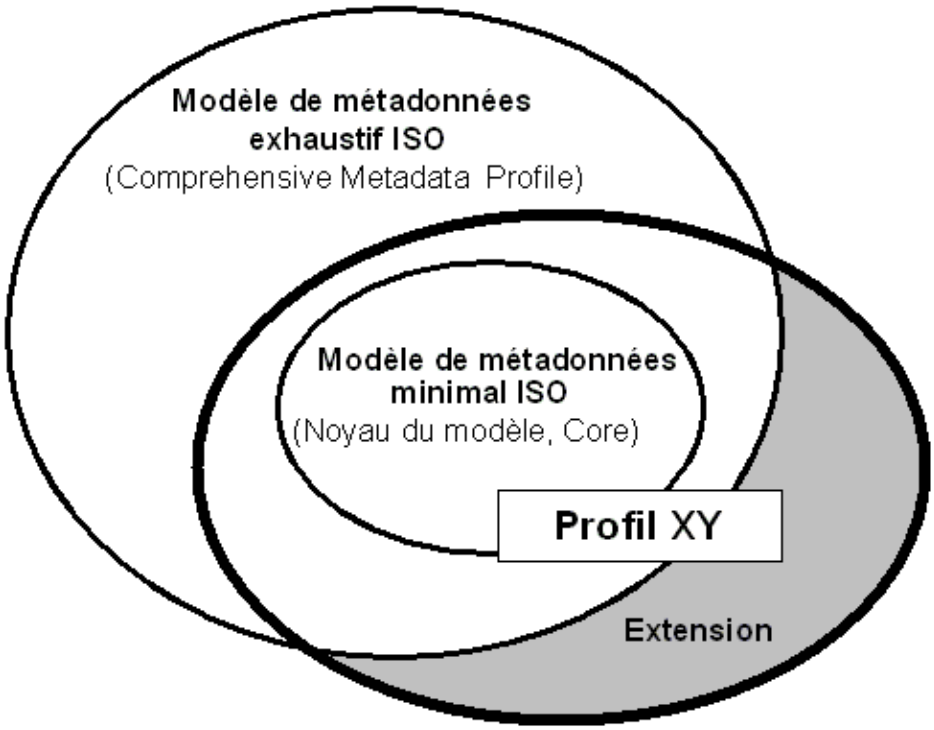


Figure 4-1 : « Modèle ISO »[4]

La norme ISO 19115 est structurée en deux parties :

- Une introduction : qui contient les conventions et les définitions destinées à faciliter la compréhension des descriptions utilisées dans les annexes (par exemple introduction à UML, les normes ISO de référence, etc.)
- Les annexes : qui constituent la partie plus détaillée. Les annexes de A à E sont à caractère normatif, les autres (de F à J) à caractère informatif.
  Les parties plus importantes de la norme sont :
  - Les diagrammes de classes ou schémas de métadonnées (Metadata Schema), sous forme de diagramme UML (Annexe A de la norme).
  - Le catalogue des objets (DataDictionary) (Annexe B de la norme).

  Les possibilités et les règles régissant l'extension du modèle de métadonnées sont décrites dans l'Annexe C de la norme.

[4] [COSIG, 2001]

Le modèle de métadonnées est subdivisé en paquets UML. Chaque paquet contient une ou plusieurs entités (*classes UML*), qui peuvent être détaillées (*sub-classed*) ou généralisées (*super-classed*). Les entités contiennent des attributs. Il peut y avoir des relations entre une ou plusieurs entités, et les entités peuvent être agrégées ou répétées si nécessaire.

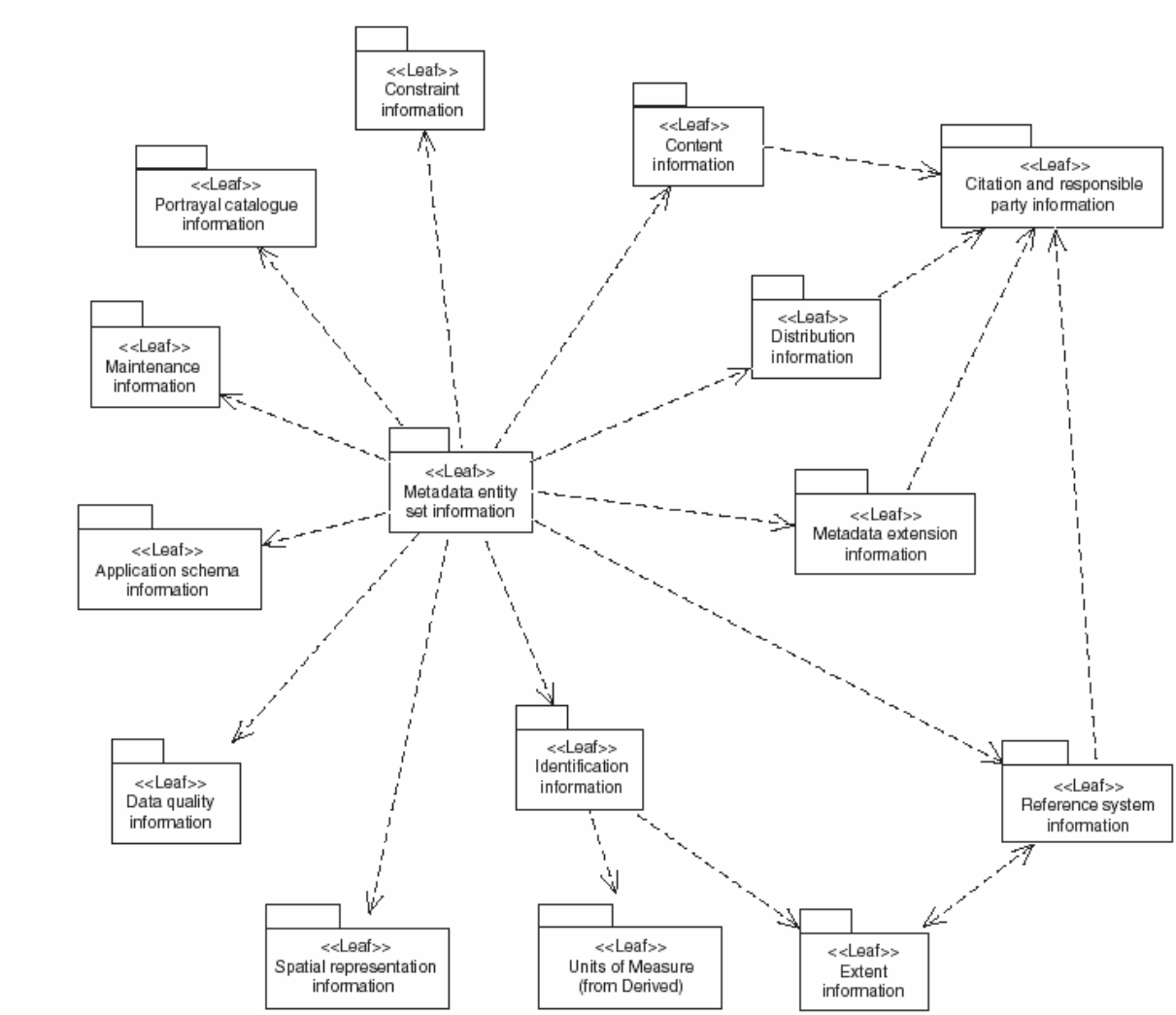


Figure 4-2 : « Les paquets du modèle »

Le modèle ISO définit les paquets ou domaines thématiques suivants :

- Jeu de métadonnées ou *Metadata entity set information* [1.1]
- Identification ou *Identification information* [1.2]
- Restrictions ou *Constraint information* [1.3]
- Qualité des données ou *Data quality information* [1.4]
- Mise à jour ou *Maintenance information* [1.5]
- Représentation spatiale ou *Spatial representation information* [1.6]
- Système de référence ou *Reference system information* [1.7]
- Contenu ou *Content information* [1.8]
- Présentation ou *Portrayal catalogue information* [1.9]
- Distribution ou *Distribution information* [1.10]
- Extension des métadonnées ou *Metadata extension information* [1.11]
- Schéma d'application ou *Application schema information* [1.12]
- Etendue ou *Extent information* [2.1]

- Informations de provenance ou *Citation and responsible party information* [2.2]

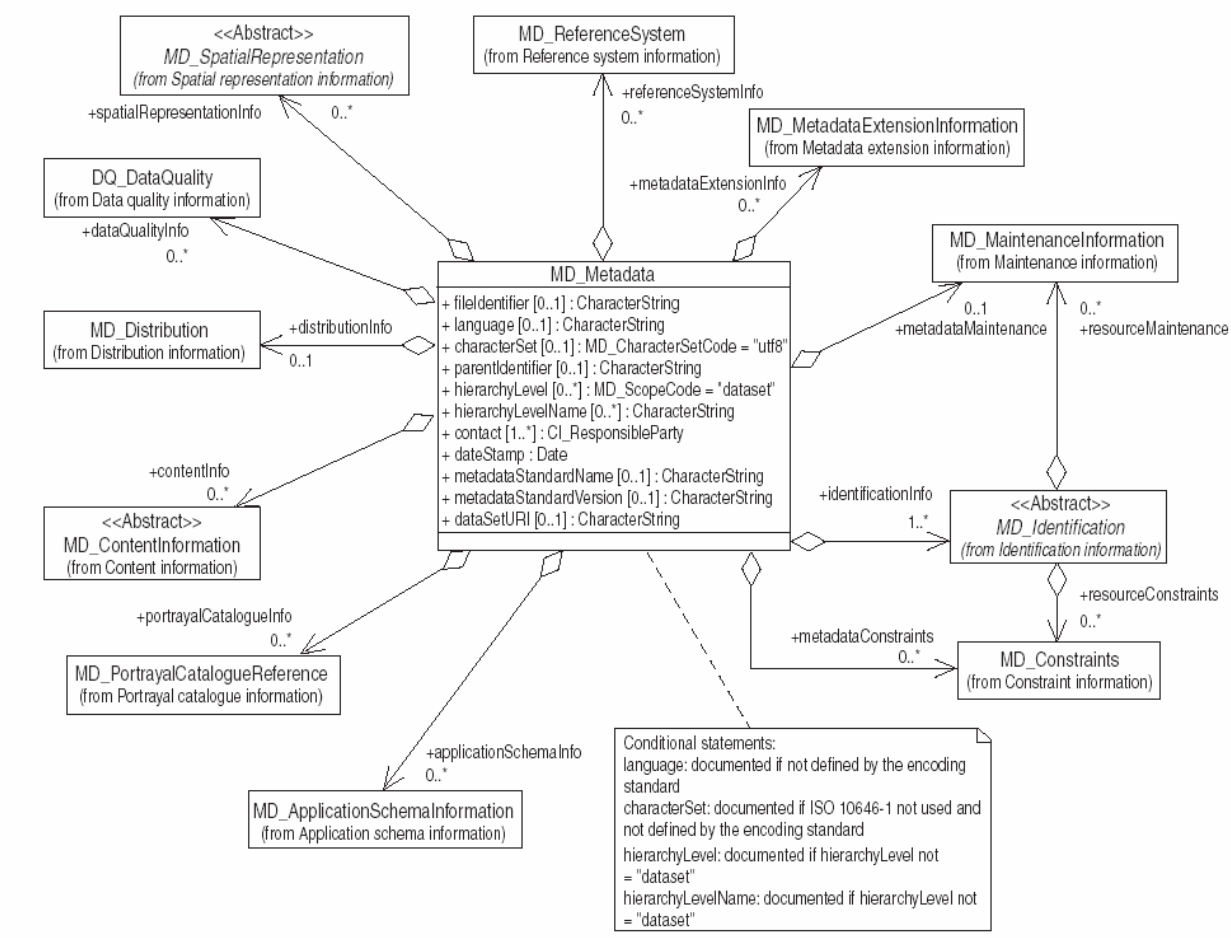


Figure 4-3 : « Diagramme UML des classes principales »

La norme définit un jeu exhaustif d'éléments de métadonnées, dont en général seulement un sous ensemble est utilisé.
Les profils permettent de créer des reproductions sélectives à partir du modèle complet de l'ISO selon la particularité de l'application.
La norme ISO permet aussi d'étendre un profil avec d'autres éléments de métadonnées. La manière dont les structures prédéfinies sont à étendre ainsi que les extensions permises sont décrites dans la norme.
Cependant un nombre minimal d'éléments de métadonnées est nécessaire afin de garantir une description minimale des données géographiques. La norme définit ce modèle minimal de métadonnées comme noyau du modèle ou *Core*. Dans ce noyau appartiennent tous les éléments de métadonnées qui permettent de répondre aux questions suivantes :

- Existe-t-il un jeu de données pour un thème donné? (QUOI)
- Le jeu de données relatif à une localisation donnée existe-t-il ? (OÙ)
- Auprès de qui puis-je obtenir ces données ? (QUI)
- Sous quelle forme puis-je obtenir les données ? (COMMENT)
- Quand ou à quelle période le jeu de données a-t-il été créé ou mis à jour pour la dernière fois ? (QUAND)

4.2.4 Description et contenu des différents domaines

- **Jeu de métadonnées** ou *Metadata entity set information* [1.1] : Jeu de métadonnées comportant des informations d'identification importantes et étant en relation (agrégation) avec les autres classes principales. Exemples : nom du contact, interlocuteur

- **Identification** ou *Identification information* [1.2] : Identification du jeu de données et indications relatives à son étendue spatiale et temporelle. Exemples : description des données, titre, étendue spatiale (zone), étendue temporelle (validité des données dans la période 1990 - 2000).
- **Restrictions** ou *Contraint information* [1.3] : Restrictions d'accès et d'utilisation. Exemples : coypright, restrictions d'utilisation découlant de conditions d'octroi de licence, etc.
- **Qualité des données** ou *Data quality information* [1.4] : Informations concernant la qualité et la provenance conformément à la norme ISO 19113 Quality. Exemples : provenance (par exemple numérisation de la carte nationale au 1:25'000), indications relatives à l'intégralité et à la précision.
- **Mise à jour** ou *Maintenance information* [1.5] : Fréquence et champ d'application des actualisations. Exemples : date de la prochaine mise à jour prévue, champ d'application de la mise à jour (par exemple une mise à jour partielle limitée à la couverture du sol).
- **Représentation spatiale** ou *Spatial representation information* [1.6] : Données de type vecteur, raster, etc. Exemples : pour les données de type vecteur : type de géométrie, topologie (points, réseau linéaire, réseau surfacique). Pour les données de type raster : nombre de pixels, ordre des axes, paramètres de géoréférencement.
- **Système de référence** ou *Reference system information* [1.7] : Informations sur le système géodésique de référence. Exemples : CH-03, MN95, etc.
- **Contenu** ou *Content information* [1.8] : Description du contenu du jeu de données. Renvoi au catalogue des objets, au modèle de données ou à la description des données. Le contenu de ces catalogues ne fait toutefois pas partie des métadonnées. Exemple : renvoi à des modèles INTERLIS.
- **Présentation** ou *Portrayal catalogue information* [1.9] : Renvois à des catalogues de présentations. Exemples : légende (par exemple pour des plans de zones), directives de présentation.
- **Distribution** ou *Distribution information* [1.10] : Informations concernant le fournisseur auprès duquel les données peuvent être obtenues, de même que la forme sous laquelle elles peuvent l'être. Exemples : informations sur la commande (par exemple les prix ou les émoluments), les sources (par exemple le service gestionnaire des données), les adresses URL (possibilité d'accès aux données en ligne ou hors ligne), les formats de données (ex. : DXF), les supports de données (CDROM).
- **Extension des métadonnées** ou *Metadata extension information* [1.11] : Documentation des extensions d'éléments de métadonnées non compris dans le champ de la norme ISO 19115. Exemples : modèle de métadonnées des extensions (ex. : nouvel attribut dans le modèle des métadonnées).
- **Schéma d'application** ou *Application schema information* [1.12] : Description du logiciel d'application utilisé pour la génération des données.

Dans deux paquets, des classes utilisées dans les paquets mentionnés ci-dessus sont définies :

- **Etendue** ou *Extent information* [2.1] : Description de l'étendue spatiale (description géométrique) Exemples : polygone, rectangle, zone géographique (ex.: canton d'Argovie).
- **Informations de provenance** ou *Citation and responsible party information* [2.2] : Tableaux standard de description des sources, des personnes et des responsabilités. Exemples : informations sur la provenance, titre du document, référence ISBN / nom de l'organisation, adresses, e-mail, etc.

Les éléments du noyau du modèle de métadonnées (Core) sont ceux indiqués dans la figure suivante. Les élément obligatoires sont indiqués avec « M » (*Mandatory*), ceux optionnels avec « O » (*Optionnal*) et ceux obligatoires sous certaines conditions avec « C » (*Conditional*).

Dataset title (M) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.citation > CI_Citation.title)	**Spatial representation type** (O) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.spatialRepresentationType)
Dataset reference date (M) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.citation > CI_Citation.date)	**Reference system** (O) (MD_Metadata > MD_ReferenceSystem)
Dataset responsible party (O) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.pointOfContact > CI_ResponsibleParty)	**Lineage** (O) (MD_Metadata > DQ_DataQuality.lineage > LI_Lineage)
Geographic location of the dataset (by four coordinates or by geographic identifier) (C) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.extent > EX_Extent > EX_GeographicExtent > EX_GeographicBoundingBox or EX_GeographicDescription)	**On-line resource** (O) (MD_Metadata > MD_Distribution > MD_DigitalTransferOption.onLine > CI_OnlineResource)
Dataset language (M) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.language)	**Metadata file identifier** (O) (MD_Metadata.fileIdentifier)
Dataset character set (C) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.characterSet)	**Metadata standard name** (O) (MD_Metadata.metadataStandardName)
Dataset topic category (M) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.topicCategory)	**Metadata standard version** (O) (MD_Metadata.metadataStandardVersion)
Spatial resolution of the dataset (O) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.spatialResolution > MD_Resolution.equivalentScale or MD_Resolution.distance)	**Metadata language** (C) (MD_Metadata.language)
Abstract describing the dataset (M) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.abstract)	**Metadata character set** (C) (MD_Metadata.characterSet)
Distribution format (O) (MD_Metadata > MD_Distribution > MD_Format.name and MD_Format.version)	**Metadata point of contact** (M) (MD_Metadata.contact > CI_ResponsibleParty)
Additional extent information for the dataset (vertical and temporal) (O) (MD_Metadata > MD_DataIdentification.extent > EX_Extent > EX_TemporalExtent or EX_VerticalExtent)	**Metadata date stamp** (M) (MD_Metadata.dateStamp)

Figure 4-4 : « Eléments du noyau du modèle de métadonnées »

5. PROFIL CH : NORME GM03

5.1 Contexte

En 2001 la Suisse a initié un processus pour définir une norme en matière de métadonnées géographiques. La démarche est coordonnée et portée par le Centre de Coordination de l'information géographique et des systèmes d'information géographique au sein de l'administration fédérale (COSIG)[5].

Avant cette démarche, mise à part les expériences cantonales (p.ex. dictionnaire ASIT-VD) ou régionales, au niveau national deux organismes s'étaient déjà occupés de la problématique des métadonnées de manière indépendante. Cela à amené à la réalisation de deux catalogues de données, le catalogue de la CSI-SIG[6] et le *Catalogue of Data Sources* (CDS)[7], qui possèdent chacun leur propre modèle de métadonnées.

Dans le but de susciter la saisie de métadonnées et de faciliter les échanges, les intentions de la démarche de COSIG sont de : « définir un modèle suisse de métadonnées commun qui devra servir d'assise aux futures bases de métadonnées et la base d'échange de métadonnées. ».
Une proposition de modèle suisse (Profil-CH devenu GM03) a été réalisée sur la base des travaux de l'ISO et elle a été mise en consultation à fin 2001 par la COSIG auprès des différents intéressés. Suite aux remarques, une première correction du profil-CH a été réalisée en avril 2002.

En 2005, le modèle de métadonnées GM03 (modèle de métadonnées Suisse pour les géodonnées) a été publié et fait l'objet d'une norme (SN 612 050).

En liaison avec ce projet de métadonnées, la COSIG a lancé en 2002 un autre projet pour la réalisation d'un service de catalogage de données géographiques (geocat.ch). L'objectif de ce projet est la création d'une infrastructure de base commune pour permettre le fonctionnement d'un service de découverte. Ce service permettra d'accéder à partir d'un portail Internet commun, aux métadonnées existantes en Suisse auprès des différents fournisseurs de géodonnées. Ce service est basé sur une solution décentralisé, qui permet aux fournisseurs de données une gestion locale des métadonnées au sein de leur institution et ainsi le libre choix de la solution de catalogage. Le portail suisse de recherche de géodonnées est opérationnel depuis janvier 2005. De nombreux cantons et offices ont déjà adhéré à ce catalogue.

Ces deux projets, GM03 et geocat.ch, sont la première étape dans la réalisation d'une Infrastructure Nationale de Données Géographiques (INDG). Pour la mise en œuvre d'une telle infrastructure la COSIG a lancé à fin 2002 le projet d'impulsion e-geo.ch[8]

5.2 Objet

L'objet de GM03 est de définir un ensemble standardisé de métadonnées pour décrire les informations géographiques. (http://www.cosig.ch/frameset/gm03_f.htm)
Le modèle de métadonnées Suisse (GM03) a été réalisé sur la base de la pré-norme ISO 19115, l'objectif est en fait de proposer un profil suisse de la norme ISO 19115.
Le modèle de métadonnées Suisse a été conçu en prenant en compte les éléments suivants :

- *Le noyau du modèle de la norme ISO (Core).*
- *Les éléments de métadonnées nécessaires pour couvrir le champ d'application des catalogues de données CSI-SIG et CDS.*
- *Les éléments de métadonnées ou les classes obligatoires selon les dispositions ou les prescriptions de la norme.*

Le Profil-CH a donc l'exigence d'être compatible avec la norme ISO en intégrant les possibilités d'extension offertes par la norme.

[5] [COSIG]
[6] [CSI-SIG]
[7] [CDS]
[8] http://www.e-geo.ch

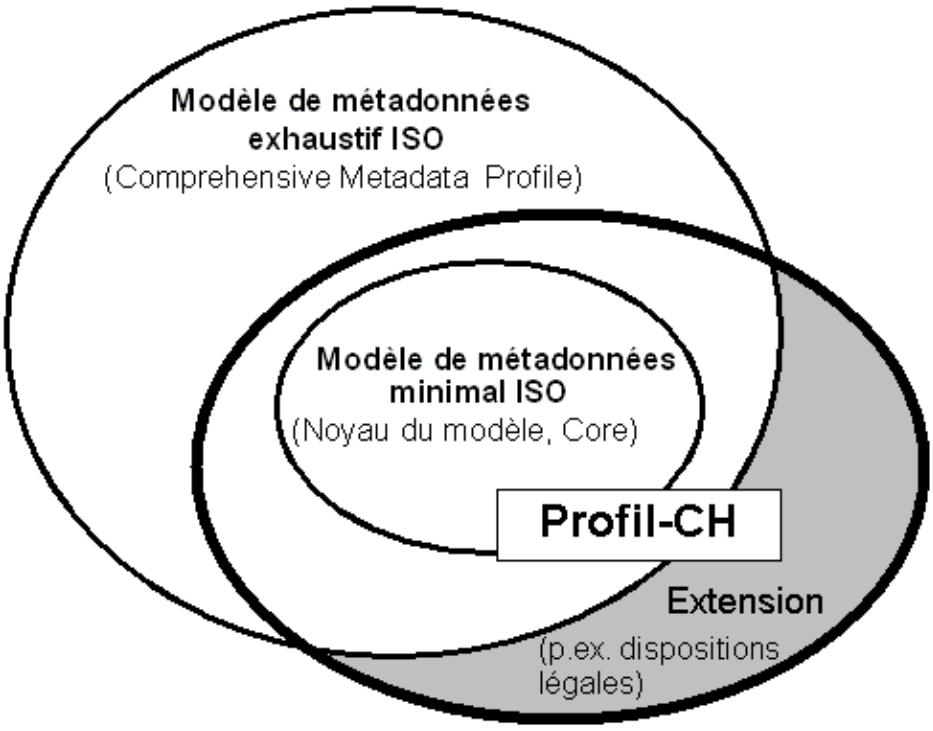


Figure 5-1 : Profils et extensions

5.3 Structure et contenu

Le modèle suisse se base sur le noyau du modèle (Core) et sur les métadonnées obligatoires de la pré-norme ISO 19115 auxquelles ont été ajoutées des informations supplémentaires qui permettent de satisfaire les besoins suisses (en particulier des catalogues existants CSI-SIG et CDS).
Dans ce chapitre on va décrire la structure et le contenu du profil CH qui englobe les éléments du noyau de la norme ISO et les éléments propres à la proposition Suisse.

Le profil CH est subdivisé en domaines conformément à la structuration des métadonnées dans la norme ISO :

- Jeu de métadonnées [1.1]
- Identification [1.2]
- Restrictions [1.3]
- Qualité des données [1.4]
- Mise à jour [1.5]
- Représentation spatiale [1.6]
- Système de référence [1.7]
- Contenu [1.8]
- Distribution [1.10]
- Dispositions légales [1.13] (extension de la norme ISO)
- Etendue [2.1]
- Informations de provenance [2.2]

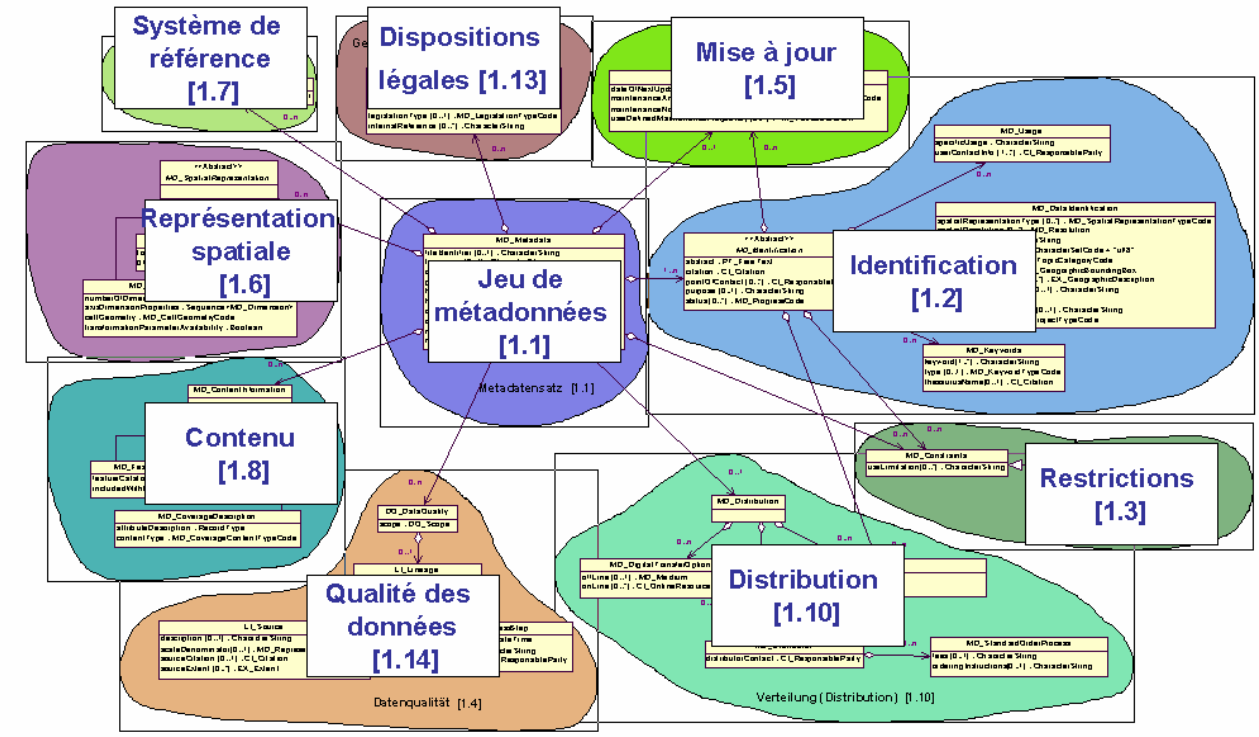


Figure 5-2 : « Profil CH »[9]

Les métadonnées peuvent se rapporter à des jeux de données entiers, mais également à des objets (features), attributs, types d'objets et d'attributs ou à des agrégations de données ou de niveau hiérarchique. Les dépendances hiérarchiques entre jeux de métadonnées peuvent être indiquées par filiation.

5.4 Description et contenu des différents domaines

- **Jeu de métadonnées** [1.1] : contient les informations d'identification de référence des métadonnées (p.ex. langue de la métadonnée, norme utilisée, etc.).
- **Identification** [1.2] : contient les informations permettant d'identifier les données décrites par les métadonnées (p.ex. indication de provenance, un résumé, etc.) ainsi que les informations sur le format, l'aperçu graphique, l'utilisation, les restrictions, des mots-clés, sur la mise à jour.
  Il contient aussi des informations sur les caractéristiques spatiales (p.ex. étendue spatiale minimale) et thématiques des données (p.ex. classification thématique en thèmes prédéfinis), au jeu de caractères utilisé, à la langue ainsi que d'autres informations de nature descriptive.
- **Restrictions** [1.3] : contient la description des restrictions d'accès et d'utilisation. Dans les restrictions légales, il y aura les informations sur les restrictions liées aux droits de propriété intellectuelle, sécurité, etc. Le modèle permet de distinguer clairement les restrictions sur les métadonnées de celles sur les données.
- **Qualité des données** [1.4] : contient les informations sur la qualité avec des informations relatives aux données sources ainsi que sur les étapes de traitement.
- **Mise à jour** [1.5] : contient les informations sur l'étendue et l'époque de la mise à jour des données. On trouve des informations sur la fréquence et le degré de la mise à jour. Aucune indication concernant l'étendue spatiale de la mise à jour n'est prévue
- **Représentation spatiale** [1.6] : contient les informations sur le mode de représentation des données. Elle se compose des représentations pour la description des caractéristiques des données de type raster et de celles pour les données de type vecteur.

[9] [COSIG, 2002a]

- **Système de référence** [1.7] : contient les informations sur le système de référence spatial et temporel utilisé pour le jeu de données.
- **Contenu** [1.8] : contient les informations qui permettent l'identification du modèle de données, du catalogue des objets ou la description des données de type raster décrivant le contenu des données. Aucun catalogue d'attributs ou de données ou modèle de données ne sont contenus dans les métadonnées.
- **Distribution** [1.10] : contient les informations pour obtenir les données. Informations relatives au format, au transfert numérique et au distributeur, ainsi que son processus de commande.
- **Dispositions légales** [1.13] : regroupe les informations sur les dispositions légales importantes pour les données.

- **Etendue** [2.1] : contient les éléments de métadonnées décrivant l'étendue spatiale, verticale et temporelle des données. L'étendue géographique peut être spécifiée par une délimitation au moyen d'un polygone, d'un rectangle de délimitation géographique et d'une description textuelle.
- **Informations de provenance** [2.2] : permet de normaliser les indications de provenance. Il contient également des types de données permettant d'identifier les services en charge des données et des métadonnées.
- **Multilinguisme** [2.3] : permet de gérer des informations textuelles dans différentes langues.

5.5 Perspectives

La première application de mise en œuvre de la norme GM03 sera l'application geocat.ch. Celle-ci se base sur un concept de catalogue de données décentralisé et pour fonctionner il faudra que les métadonnées soient structurées selon le standard décrit dans GM03.
La norme ISO n'impose pas d'interfaces pour le transfert de métadonnées, mais les exemples sont basés sur XML. En Suisse il est prévu d'utiliser INTERLIS avec une codification XML comme format de transfert commun. Cette transmission permettra d'échanger les métadonnées ainsi que le modèle.

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Annexe 9.3

FGDC et métadonnées

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJECTIFS 3

2. RÉFÉRENCES 3

3. ABRÉVIATIONS 3

4. LE FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (FGDC) 4

4.1 Contexte 4
4.2 Organisation et travaux 4

5. LA NORME DE MÉTADONNÉES CSDGM 4

5.1 Contexte 4
5.2 Objet 4
5.3 Structure et contenu 5
5.4 Description des sections principales 7
5.5 Exemples 8
5.5.1 Exemple d'utilisation de la norme pour décrire une donnée géographique 8
5.5.2 Exemple de mise en œuvre de la norme dans une application de catalogage de données 9

6. NSDI FRAMEWORK TRANSPORTATION IDENTIFICATION STANDARD 10

6.1 Contexte 10
6.2 Objet 10
6.3 Structure et contenu 10

1. OBJECTIFS

Ce document a pour but de présenter les travaux de normalisation en matière de métadonnées géographiques aux Etats-Unis et en particulier la norme de métadonnées élaborée par le FGDC.

2. RÉFÉRENCES

[FGDC, 1995] **FGDC, 1995,** *Content Standards for Digital Geospatial Metadata Workbook* , Federal Geographic Data Committee, Washington, D.C.

[FGDC, 1998] **FGDC, 1998**, *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (revised June 1998). FGDC-STD-001-1998. Federal Geographic Data Committee, Washington, D.C., 90 p. http://www.fgdc.gov/metadata/

[Gilgen, 1999] **Gilgen M., 1999**, *Méta-information de données géoréférencées*, Accords de participation ASIT-VD – EPFL et VD-GE-NE – EPFL, EPFL-SIRS, Lausanne ;

[Schweitzer, 1998] **Schweitzer, P. N., 1998**, *Putting Metadata in Plain Language*, GIS World, Adams Business Media, Arlington Heights, Vol. 11, n° 9/98, pp. 56-59. http://www.geoplace.com/gw/1998/0998/998abc.asp

[Schweitzer, 1999] **Schweitzer, P. N., 1999**, *Frequently-asked questions on FGDC metadata,* U.S. Geological Survey, Reston, 14 p. http://geology.usgs.gov/tools/metadata/tools/doc/faq.html

[Stitt, 1999] **Stitt, S., 1999**, *An Image Map of the Content Standard for Digital Geospatial Metadata*, U.S. Geological Survey, Reston. http://biology.usgs.gov/fgdc.metadata/version2/

[FGDC] Federal Geographic Data Committee http://www.fgdc.gov/

[NSDI] National Spatial Data Infrastructure http://www.fgdc.gov/components

[USGS] Tools for creation of formal metadata http://geology.usgs.gov/tools/metadata/

3. ABRÉVIATIONS

[FGDC]	FGDC Federal Geographic Data Committee http://www.fgdc.gov/
[NSDI]	NSDI National Spatial Data Infrastructure http://www.fgdc.gov/components
[CSDGM]	CSDGM Content Standard for Digital Geospatial Metadata

4. LE FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE (FGDC)

4.1 Contexte

Le Federal Geographic Data Committee (FGDC)[1] est un comité de médiation responsable de coordonner les activités et la mise en place de l'infrastructure nationale de données spatiales (NSDI)[2] américaine. Une des principales activités est la coordination des travaux de normalisation dans le domaine de l'information géographique, et en particulier dans le domaine des métadonnées.

4.2 Organisation et travaux

Le FGDC possède plusieurs groupes de travail (*Working Groups*) dont un s'occupe en particulier des métadonnées (*Metadata ad hoc*). Il y a aussi environ une douzaine de sous-comités thématiques (*FGDC subcommittees*), dont un s'intéresse au domaine des transports : le *FGDC Ground Transportation Subcommittee.*

5. LA NORME DE MÉTADONNÉES CSDGM

5.1 Contexte

Les Etats-Unis possèdent depuis 1994 une norme de métadonnées pour les données géographiques, intitulée *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* (CSDGM). La version révisée (CSDGM version 2), actuellement en vigueur date de juin 1998.

Cette norme est largement utilisée aux Etats-Unis, mais aussi à l'extérieur, dans le cadre de plusieurs initiatives et projets d'infrastructures de données spatiales. Elle a été utilisée comme document de base pour la rédaction de la norme internationale ISO. Pour cette raison, on y retrouve certaines analogies dans les premières versions du projet de l'ISO.

5.2 Objet

L'objectif de la norme CSDGM est de fournir un jeu commun et unique d'informations pour la documentation de données géographiques numériques. La norme définit le nom des éléments d'information et des éléments composés (groups d'éléments d'information) qui doivent être utilisés pour ce but. Elle leur donne aussi une définition, ainsi que des informations sur les valeurs qui doivent être fournies pour ces éléments. La norme fournit donc un ensemble d'informations structurées appelées éléments de métadonnées, pouvant être utilisées pour décrire les données géographiques. Selon le FGDC, les métadonnées sont utilisées pour :

- maintenir l'investissement interne d'une organisation dans des données géographiques ;
- fournir des informations sur la possession des données d'une organisation par des catalogues ou clearinghouse ;
- fournir des informations nécessaires pour traiter et interpréter des données à recevoir par un transfert, à partir d'une source extérieure.

Les éléments inclus dans la norme couvrent les quatre domaines suivants pour lesquels les métadonnées jouent un rôle prépondérant en tant que source d'information.

- disponibilité (*availability*) : les informations nécessaires pour déterminer l'ensemble des données qui existent pour un endroit géographique.

[1] http://www.fgdc.gov/
[2] National Spatial Data Infrastructure : infrastructure nationale de données géographiques

- adéquation aux besoins (*fitness for use*) : les informations nécessaires pour déterminer si l'ensemble des données satisfait un besoin spécifique.
- accès (*access*) : les informations nécessaires pour acquérir un ensemble identifié de données.
- transfert (*transfer*) : les informations nécessaires pour traiter et employer un ensemble de données.

Ces domaines montrent le rôle des métadonnées et forment une suite d'opérations qui permet aux utilisateurs de déterminer quelles données sont disponibles, d'évaluer leur format d'utilisation, d'accéder aux données, et de les transférer et les traiter. L'ordre exact dans lequel les éléments de métadonnées sont évalués, et leur importance relative ne seront pas les mêmes pour tous les utilisateurs.

5.3 Structure et contenu

Le modèle de métadonnées de la norme CSDGM est structuré en sept sections principales, et trois sections secondaires.
Les sections secondaires sont des sections dont les informations peuvent apparaître à plusieurs reprises dans les sections principales.

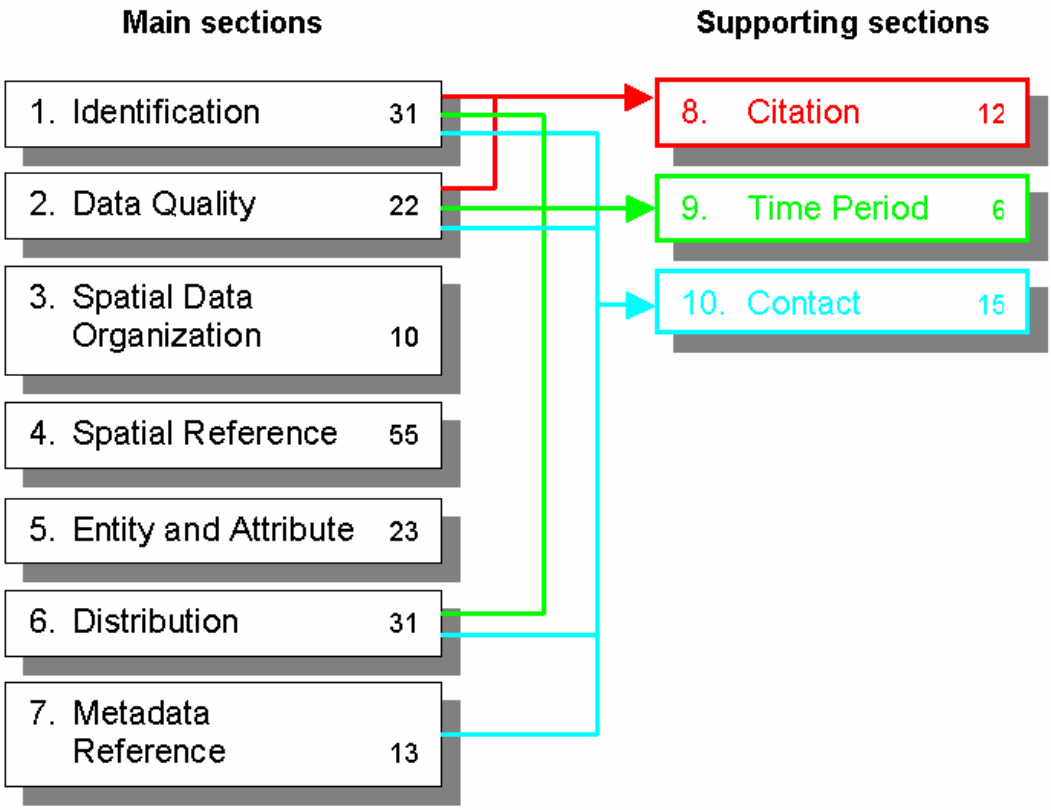


Figure 5-1 : « Sections de métadonnées de la norme américaine CSDGM »[3]

Le modèle de métadonnées est présenté sous forme textuelle, par une notation qui permet de décrire les relations entre les métadonnées (*production rules*) et de donner leur définition et caractéristiques (*list of component elements*).
Pour chaque section, la structure hiérarchique des métadonnées, avec leur niveau d'obligation (obligatoire, conditionnel ou facultatif) et leur cardinalité, est décrite au moyen des « *production rules* ».

[3] [Gilgen, 1999]

Ensuite, chaque élément de données et élément composé est caractérisé par son nom, sa définition, son type et son domaine de valeur, ainsi qu'un nom abrégé, dans la partie *list of component elements*.
Chaque élément composé et élément de données est repéré par un numéro, selon une notation hiérarchique, mais qui n'est pas un identifiant.
Les sections de métadonnées sont considérées formellement comme des éléments composés, définis par le type « compound ».

Forme pour la définition des éléments composés :

Compound element name -- definition.
Type : compound
Short Name : (nom abrégé)

Forme pour la définition des éléments de données :

Data element name -- definition.
Type : (choix entre « integer », « real », « text », « date » ou « time »)
Domain : (domaine de valeurs)
Short Name : (nom abrégé)

La norme américaine donne des lignes directrices pour faire des extensions de la norme et créer des profils. Une extension des métadonnées est la définition de nouveaux éléments de métadonnées qui ne sont pas contenus dans la norme et qui sont nécessaires pour répondre à des besoins particuliers d'un producteur de données. Un profil est un sous-ensemble des éléments de métadonnées de la norme qui est choisi par une communauté d'utilisateurs (par exemple du domaine routier). Le profil peut aussi contenir des nouveaux éléments de métadonnées (donc une extension de la norme).

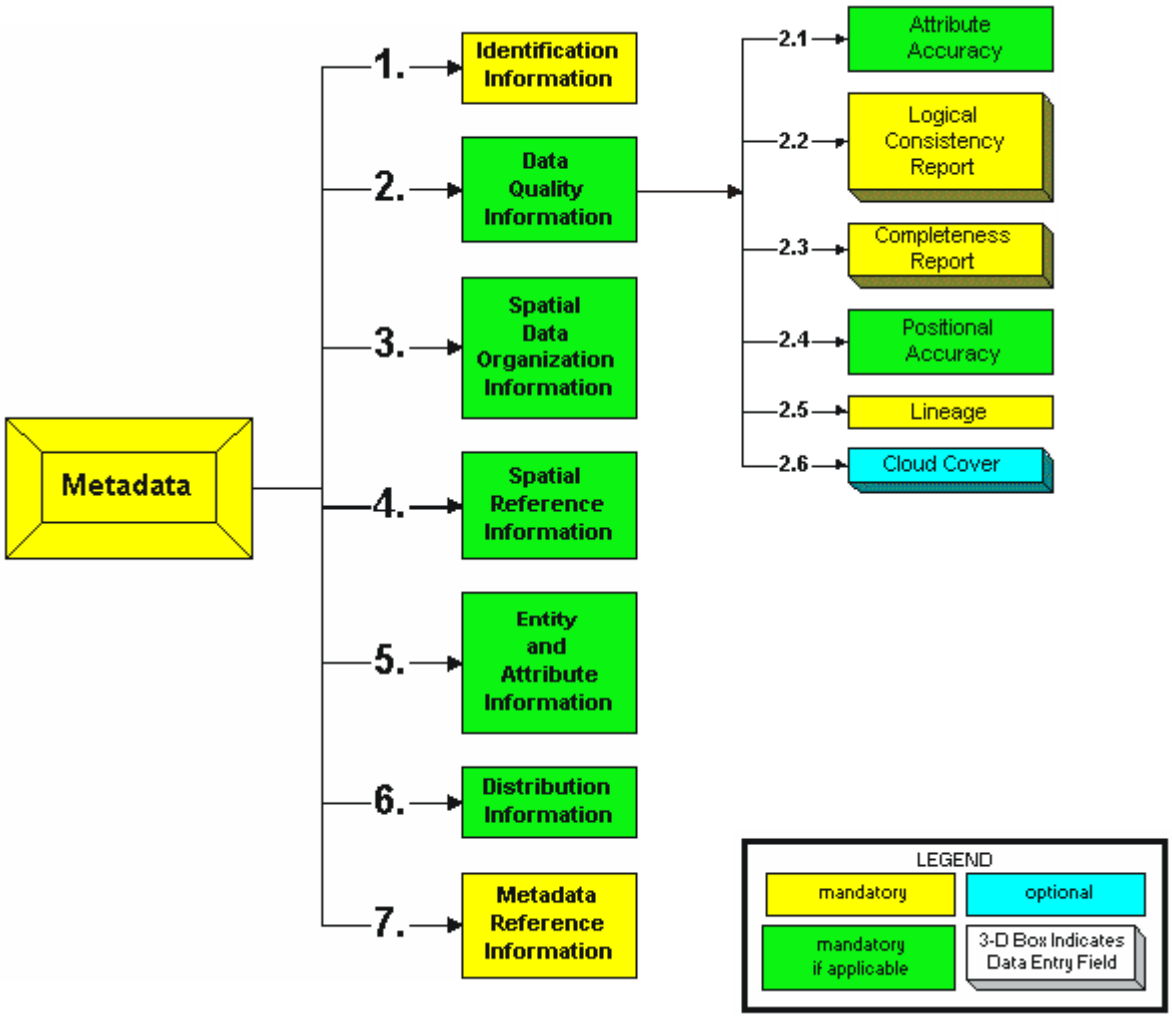


Figure 5-2: « Représentation graphique de la norme américaine CSDGM »[4]

5.4 Description des sections principales

Le contenu des sections principales de la norme américaine CSDGM est le suivant :

1. **Identification Information** : information de base sur les données ou jeu de données (p.ex. nom de la donnée, des références sur les données, description, mise à jour, couverture, etc.).
2. **Data Quality Information** : informations sur la qualité des données (précision des attributs, exactitude de la position, etc.).
3. **Spatial Data Organisation Information** : informations sur la représentation spatiale des données (type d'objet, etc.).
4. **Spatial Reference Information** : informations sur le système de référence utilisé (système de coordonnées, etc.)
5. **Entity and Attribute Information** : informations sur le contenu des données géographiques, inclut le type d'entités, leurs attributs, leur domaine, etc.)
6. **Distribution Information** : informations sur la diffusion des données (distributeur, comment les obtenir, etc.).
7. **Metadata Reference Information** : informations sur les métadonnées (standard utilisé, date de mise à jour, etc.)

[4] [Stitt, 1999]

5.5 Exemples

5.5.1 Exemple d'utilisation de la norme pour décrire une donnée géographique

Exemple tiré du « National Park Service », Alaska region
http://www.nps.gov/akso/gis/metadata/john_rd.html#Metadata_Reference_Information

Identification_Information:

Citation:
Citation_Information:
Originator: National Park Service, Alaska Support Office
Publication_Date: 19971001
Title: Johnson River Road(Proposed)
Geospatial_Data_Presentation_Form: Map
Publication_Information:
Publication_Place: Anchorage, Alaska
Publisher: National Park Service, Alaska Support Office
Online_Linkage: <http://www.nps.gov/akso/gis>
Description:
Abstract:
Proposed Johnson River road and alternative Cook Inlet access routes to access mining claims in the Johnson River drainage within Lake Clark National Park. Road linework and alternative road routes is approximate.
Purpose:
Vector coverage designed to give approximate road routes and alternatives currently proposed by Cook Inlet Regional Corporation to access a mining claim within Lake Clark National Park. Coverage was created by Joel Cusick and Laurel Bennet using existing ArcView background coverages (1:63,360) and heads up digitizing. Alternative road routes to access Cook Inlet potential port sites are also shown. This coverage was built ONLY to give approximate road locations at a scale of 1:63,360.
Supplemental_Information: -
Time_Period_of_Content:
Time_Period_Information:
Range_of_Dates/Times:
Beginning_Date: 19970101
……..

en format XML
http://www.nps.gov/akso/gis/metadata/john_rd.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<!DOCTYPE metadata (View Source for full doctype...)>
- <metadata>
  - <idinfo>
    - <citation>
      - <citeinfo>
          <origin>National Park Service, Alaska Support Office</origin>
          <pubdate>19971001</pubdate>
          <title>Johnson River Road(Proposed)</title>
          <geoform>Map</geoform>
        - <pubinfo>
            <pubplace>Anchorage, Alaska</pubplace>
            <publish>National Park Service, Alaska Support Office</publish>
          </pubinfo>
          <onlink>http://www.nps.gov/akso/gis</onlink>
        </citeinfo>
      </citation>
    - <descript>
        <abstract>Proposed Johnson River road and alternative Cook Inlet access
          routes to access mining claims in the Johnson River drainage within
          Lake Clark National Park. Road linework and alternative road routes is
          approximate.</abstract>
        <purpose>Vector coverage designed to give approximate road routes and
          alternatives currently proposed by Cook Inlet Regional Corporation to
          access a mining claim within Lake Clark National Park. Coverage was
          created by Joel Cusick and Laurel Bennet using existing ArcView
          background coverages (1:63,360) and heads up digitizing. Alternative
          road routes to access Cook Inlet potential port sites are also shown.
          This coverage was built ONLY to give approximate road locations at a
          scale of 1:63,360.</purpose>
        <supplinf>-</supplinf>
```

Autre exemple :

CSDGM mais avec extension “ESRI”
http://www.kitsapgov.com/gis/metadata/enviro/efault.htm
Thème : known earthquake fault lines

5.5.2 Exemple de mise en œuvre de la norme dans une application de catalogage de données

Exemple : Master Environmental Library

https://mel.dmso.mil/

6. NSDI FRAMEWORK TRANSPORTATION IDENTIFICATION STANDARD

6.1 Contexte

Le *FGDC Ground Transportation Subcommittee* coordonne les activités du domaine des transports terrestres qui sont liées à des données géographiques.
Une des responsabilités du *FGDC Ground Transportation Subcommittee* est le développement d'un modèle conceptuel standard d'identification et de description de segments de routes, indépendamment de représentations cartographiques ou analytiques de réseaux. Cela dans l'objectif de faciliter le partage des données routières à l'intérieur de la NSDI américaine.
Les transports sont en effet aussi une des sept données de base (*framework layers*) de la NSDI. Les données de base (*NSDI framework data*) sont collectées à un niveau de précision (accuracy) spatiale et d'actualisation (currency) connu, documentées selon les normes sur les métadonnées, et diffusables à un prix bas et sans restrictions d'utilisation. La qualité de ces données dépend du fournisseur, la NSDI ne spécifient pas de normes sur la précision (accuracy) spatiale.
Ce modèle conceptuel standard sert de base pour la maintenance des données produites dans ce cadre et pour établir des relations entre la modélisation des routes et des données alphanumériques.

6.2 Objet

Le *NSDI Framework Transportation Identification Standard* définit la collection des objets qui sert comme base pour les transferts d'informations à travers les différents réseaux, du plus haut niveau du système de repérage linéaire *(Linear Referencing System)* et des représentations cartographiques des routes.
La norme définit uniquement les tronçons qui correspondent au monde réel et fournit le domaine pour le transfert des attributs au système de repérage linéaire et le système cartographique.

6.3 Structure et contenu

Le modèle est constitué par un jeu de *Framework Transportation Segments* (*FTSeg*), ou tronçons, qui ont aux extrémités des *Framework Transportation Reference Points* (*FTRP*).
Pour chaque *Framework Transportation Segments* (*FTSeg*) on a des attributs obligatoires et un identifiant unique. Chaque *Framework Transportation Segments* (*FTSeg*) commence et se termine par un *Framework Transportation Reference Points* (*FTRP*). Chaque *Framework Transportation Reference Points* (*FTRP*) a des attributs obligatoires et un identifiant.

La norme prévoit à l'avenir de pouvoir être étendue pour couvrir d'autres types d'objets des transports comme les réseaux de chemins de fer, etc.

- ***Framework Transportation Reference Point (FTRP):*** *The specified location of a (required) endpoint of a Framework Transportation Segment (FTSeg), or an (optional) reference point offset along the length of the FTSeg, on a physical transportation system.*
  Pour chaque FTRP on a les informations suivantes :
  - *Autority-ID*
  - *FW-Transportation-Segment-Reference-Point-ID*
  - *Date*
  - *Location-Description*
  - *FTRP-Feature-Type (Optional)*
  - *Latitude*
  - *Longitude*
  - *Horizontal-Accuracy-Measurement-Method*: code qui permet de décrire la méthode utilisé pour l'acquisition de la position horizontale et de spécifier la précision sur les coordonnées (long, lat).
    Par exemple : 100 = dérive d'une mesure GPS stationnaire sans correction différentielle (DGPS),

*1xx = Stationary GPS measurement - differentially corrected to “xx” meters (105 = differential correction to 5 meter accuracy).
- *Horizontal-Accuracy (Optional and Recommended)*: erreur maximale estimée sur la position horizontale.
- *Elevation (Optional and Recommended)* : altitude.
- *Vertical-Accuracy-Measurement-Method (Required if Elevation id not “blank”)* : code qui permet de décrire la méthode utilisé pour l’acquisition de l’altitude et de spécifier sa précision. Par exemple : 100 = dérive d’une mesure GPS stationnaire sans correction différentielle,
- *Vertical-Accuracy (Optional and Recommended)* : erreur maximale estimée sur l’altitude.
- *Status*.

- ***Framework Transportation Segments (FTSeg):*** *The specified location of a (required) endpoint of a Framework Transportation Segment (FTSeg), or an (optional) reference point offset along the length of the FTSeg, on a physical transportation system.*
  Pour chaque FTRP on a les informations suivantes :
  - *Autority-ID*
  - *FW-Transportation-Segment- -ID*
  - *Date*
  - *From-End-Point*
  - *To-End-Point*
  - *Path-Description*
  - *Intermediate-Point (Required when Applicable)*
  - *FTSeg-Feature-Type (Optional)*
  - *State*
    Length (Optional and Recommended)
  - *Length-Accuracy-Measurement-Method (Required if Length is not “blank”)*: code qui permet de décrire la méthode utilisé pour la détermination de la longueur et de spécifier la précision sur la longueur du FTSeg.
    Par exemple : 310 = déterminé à partir des données vectorielles d’une base de données à l’échelle 1 :12'000.
  - *Status*

- ***Connectivity Table*** : Les FTSeg peuvent être utilisés pour construire un réseau topologique, mais ils ne le représentent pas en eux-mêmes. Les FTRP sont nécessaires pour établir des connections entre deux ou plusieurs FTSeg, ils peuvent aussi être situés le long de FTSeg où il n’y a pas une connexion. La structure pour décrire ces relations est décrite par une table de connexion (*Connectivity Table*).
  - *Autority-ID*
  - *FW-Transportation-Segment-Referenc-Point -ID*
  - *Date*
  - *FTSeg-ID*
  - *FTSeg-Offset-%*:
  - *Offset-%-Accuracy-Description*: code qui permet de décrire la méthode utilisé pour la détermination du FTSeg-Offset-% et de spécifier la précision de l’excentration le long du FTSeg.
    Par exemple : 220 = mesuré par levé géodésique (survey measurement).
  - *Status*

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Annexe 9.4

GDF4 et métadonnées

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJECTIFS 3

2. RÉFÉRENCES 3

3. STRUCTURATION DE GDF 3

4. METADONNEES DANS LE CATALOGUE D'ATTRIBUTS: 3

4.1 Attributs généraux (pour toutes les classes d'objets) 3
4.2 Attributs pour "Routes et ferries" 4
4.3 Attributs pour "routes et ferries" et "enchaînement" 4

5. CATALOGUE DES MÉTADONNÉES 4

5.1 Introduction 4
5.2 L'identification et la description des différentes unités logiques et physiques 4
5.2.1 Entête d'un volume: 4
5.2.2 Entête d'un jeu de données: 5
5.2.3 Entête d'une section: 5
5.3 La définition des types de champs et d'enregistrements 5
5.4 La table des matières 5
5.5 La description des sources de données externes utilisées 5
5.6 La spécification du système de référence spatial utilisé 6
5.7 La description des informations syntaxiques utilisées pour la publication des informations de mise à jour. 6

6. CATALOGUES DE TEXTE POUR LES MÉTADONNÉES 6

6.1 Les langues 6
6.2 Les systèmes géodésiques 6
6.3 Les systèmes de coordonnées 7
6.4 Les ellipsoïdes 7
6.5 Les types de projection 7

1. OBJECTIFS

Ce document décrit la gestion des métadonnées dans le format de données géographiques GDF 4.0.
Il s'agit d'un document interne qui est destiné aux personnes concernées par le projet MetaRou. Il sert à analyser quelles notions de métadonnées sont utilisées aujourd'hui dans les normes européennes.

2. RÉFÉRENCES

[GDF4.0] ITS - GDF- Geographic Data File – Overall data specification; EN ISO 14825

3. STRUCTURATION DE GDF

GDF- geographic data files – est un standard international pour la définition et la représentation de jeux de données géographiques. Il a été conçu pour la navigation automobile, mais s'étend à un champ beaucoup plus large aujourd'hui. Il permet de modéliser tout le domaine routier ainsi que ses alentours.

GDF est composé de plusieurs éléments:

- Le catalogue des objets
- Le catalogue des attributs
- Le catalogue des relations
- Les lois de représentation des objets
- Le catalogue de métadonnées
- La structure logique des données
- Les spécifications sur les enregistrements média

Chaque objet de la réalité est décrit par un type d'objet (feature), auquel peuvent être rattachés toute une série d'attributs. Chaque objet peut être relié à un autre objet par l'intermédiaire d'un certain type de relations.

On a par exemple un objet de la classe "routes et ferries" de type "élément de route" qui a un attribut "largeur".

Les catalogues des types d'objets et des attributs sont extrêmement complets.

La plupart des métadonnées se trouvent évidemment dans le catalogue des métadonnées, mais on en retrouve également un certain nombre dans le catalogue d'attributs.

4. METADONNEES DANS LE CATALOGUE D'ATTRIBUTS:

On trouve un certain nombre d'attributs qui peuvent être qualifiées comme métadonnées. Dans les paragraphes suivants, on peut voir quelques exemples.

4.1 Attributs généraux (pour toutes les classes d'objets)

- Positionnal Accuracy (Précision de la position)
- Validity Period

4.2 Attributs pour "Routes et ferries"

- Location Reference Type
- Opening Period
- Pronunciation System
- Validity Period
- …

4.3 Attributs pour "routes et ferries" et "enchaînement"

- Traffic Flow Measurement Type
- Traffic Flow Measurement Unit
- …

5. CATALOGUE DES MÉTADONNÉES

Le catalogue des métadonnées est très axé sur la définition des métadonnées pour les fichiers, et les jeux de données. Dans les paragraphes suivants, on trouve une brève description du contenu de ce catalogue.

5.1 Introduction

Un jeu de données en format GDF devrait être le plus autodescriptif possible, de façon que le destinataire puisse interpréter les données sans devoir recourir à des volumes de documentation copieux. Ces informations autodescriptives s'appellent métadonnées et contiennent les éléments principaux suivants:

- L'identification et la description des différentes unités logiques et physiques
- La définition des types de champs et d'enregistrements
- La table de matières
- La description des sources de données externes utilisées
- La spécification du système de référence spatial utilisé
- La description des informations syntactiques utilisées pour la publication des informations de mise à jour.

5.2 L'identification et la description des différentes unités logiques et physiques

Dans les entêtes de chaque jeu de données, de chaque fichier et de chaque volume sont spécifiés des métadonnées comme par exemple:

5.2.1 Entête d'un volume[1]:

- Nom du fournisseur des données
- Numéro de version
- Taille du volume
- Identifiant de l'album
- Date de création
- Date du copyright
- Détenteur du copyright
- …

[1] Volume: La plus petite unité physique d'un media. P.ex. une disquette, un DVD, un CD

5.2.2 Entête d'un jeu de données[2]:

- Identifiant international pour les jeux de données
- Date d'édition
- Langue du jeu de données
- Couverture géographique du jeu de données
- Résolution XY du jeu de données
- …

5.2.3 Entête d'une section[3]:

- Document source
- Datum géodésique
- Ellipsoïde de référence
- Méthode de projection
- Système de coordonnées
- Déclinaison magnétique

5.3 La définition des types de champs et d'enregistrements

Chaque champ, chaque enregistrement, chaque objet et chaque type d'attribut utilisé dans un fichier GDF donné doit être défini de manière explicite au début d'un jeu de données:

Il s'agit de spécifier par exemple les longueurs de champ, les types de données, les unités et leurs exposants, le domaine de valeurs etc.

Chaque type d'enregistrement (records), chaque type d'objet, chaque type d'attribut et chaque type de relation doit être représenté par une définition, intégrée au début du jeu de données

5.4 La table des matières

L'entête du jeu de données et les définitions pour les champs, les enregistrements, des types d'attributs, des codes de valeurs pour les attributs, des classes d'objet et des types de relation sont suivies par des informations qui décrivent succinctement le contenu du jeu de données. S'y rajoutent des informations concernant la couverture géographique de chaque section. En outre, on retrouve des spécifications sur les types de réseaux de transport, les valeurs par défaut des attributs, des abréviations et les structures génériques des surfaces administratives présentes dans le jeu de données.

La table des matières contient les points suivants:

- Directoire
- Domaine spatial
- Spécification des réseaux
- Valeurs par défaut des attributs
- Définition de la structure administrative
- Abréviations

5.5 La description des sources de données externes utilisées

Chaque instance d'un jeu de données est basée sur des informations qui étaient déjà disponibles auparavant, ou bien sous forme de documents ou bien en réalité. Chaque jeu de données doit contenir une

[2] Jeu de données: Un large jeu de données d'une région géographique particulière, créé à un certain instant et délivré par un certain fournisseur
[3] Section:Une section est un sous-ensemble géographique d'une couche thématique d'un jeu de données

courte description des sources utilisées pour sa création. Elles sont nécessaires pour des raisons de copyright, mais elles sont également utiles pour des questions de contrôle qualité.

Ainsi, on retrouve les informations sur le type de source, son identifiant (ISBN / ISSN …), sa langue, sa date de création, son échelle etc pour les documents utilisés et les dates de lever pour les objets levés directement selon la réalité.

5.6 La spécification du système de référence spatial utilisé

Dans un jeu de données, tous les paramètres géodésiques nécessaires pour l'interprétation correction des coordonnées X,Y,Z doivent être décrits de manière explicite de façon que des coordonnées peuvent être transformées dans un autre système de coordonnées. Les descriptions des paramètres géodésiques sont données au niveau du jeu de données et sont complétées par un numéro d'identification par lequel ils peuvent être référés par les entêtes des sections pour lesquelles elles sont importantes.

Les paramètres géodésiques contiennent les parties suivantes:

- Datum géodésique
- Datum vertical
- Ellipsoïde de référence
- Méthode de projection
- Système de coordonnées
- Ondulation du géoïde
- Déclinaison magnétique

5.7 La description des informations syntaxiques utilisées pour la publication des informations de mise à jour.

Pour la publication des informations de mise à jour, il est nécessaire de spécifier une certaine structure syntaxique. Elle est décrite sous ce point.

6. CATALOGUES DE TEXTE POUR LES MÉTADONNÉES

En annexe à la norme, on peut trouver des catalogues de texte pour certains types de métadonnées, comme par exemple:

6.1 Les langues

- FRE: French
- GER: German
- ITA: Italian
- ROH: Raeto-Romance
- les pays
- CHE: Switzerland
- DEU: Germany
- FRA: France

6.2 Les systèmes géodésiques

- BRE: Bern 1898
- WGE: WGS 84

6.3 Les systèmes de coordonnées

- WB: Switzerland Bonne Grid
- WC: Switzerland Conformal Oblique Cylindrical Grid

6.4 Les ellipsoïdes

6.5 Les types de projection

Projet METAROUTE

Gestion de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers

Annexe 9.5

Modélisation de la Géométrie des Axes

TABLE DES MATIÈRES

1. OBJECTIFS 3

2. RÉFÉRENCES 3

3. LES TYPES DE GEOMETRIES D'AXE 4

4. LA MODELISATION DES GEOMETRIES 5

4.1 Géométrie de base horizontale 7
4.1.1 Modélisation par des droites 7
4.1.2 Modélisation par droites, arcs de cercle et courbes de raccordement 7
4.1.3 Modélisation par spline 7
4.2 Géométrie de base verticale 8
4.2.1 Modélisation par des points 8
4.2.2 Modélisation par droites et arcs de cercle 8
4.3 La modélisation dans les normes 9

5. CALAGE 9

5.1 Définitions 9
5.2 Principe 9

6. TRANSFORMATIONS « XY » <> « UV » 10

6.1 Principes 10
6.2 Transformation dans le SRB 10
6.3 Transformation dans le système planaire 11
6.4 Règles de transformation 12

7. QUALITE D'UNE GEOMETRIE D'AXE 13

7.1 Principes 13
7.2 Classes de précision 15

1. OBJECTIFS

Le but du projet METAROUTE est de définir les métadonnées nécessaires à la description de la provenance et de la qualité des données du repérage spatial et de la géométrie des axes routiers. Dans cette annexe, l'accent est mis sur la modélisation des axes de route avec pour objectif de :

- rappeler les différents types de géométrie ;
- définir les notions de géométrie de base horizontale et verticale ;
- proposer une modélisation pour la géométrie des axes
- décrire les paramètres permettant de qualifier la géométrie d'axe

Ce document a également servi de base pour la rédaction de la norme SN 640 913 : Système d'information de la route : repérage linéaire ; géométries d'axes.

2. RÉFÉRENCES

[VSS-AGRAM, 2003] VSS2000/362, Etude de l'acquisition d'une géométrie de référence des axes de maintenance, EPFL, avril 2003

[VSS-SYRROU, 2000] VSS 10/99, Systèmes de repérage spatial des données routières, EPFL, mai 2000

[Weston, 2002] Weston Stephan, An introduction to the mathematics and construction of splines, Addix software Consultancy Limited, sept. 2002.

[ISO, 2002] Text of 19107 Geographic information - Spatial schema, ISO TC211

[VSS, Schnittstellen] INSER SA, RP AG, Schnittstellen zwischen Strassendatenbanken und Geo-Informationssysteme, Entwurf 2001

3. LES TYPES DE GEOMETRIES D'AXE

Par géométrie d'axe, on entend la description vectorielle de la position et de la forme géométrique de l'axe de la route dans un système de référence terrestre. En Suisse, la localisation des axes routiers est effectuée dans le système de coordonnées nationales.

On distingue :

- la **géométrie horizontale** qui est la projection verticale de la géométrie d'axe sur un plan horizontal ; le plan de projection horizontal utilisé est en général le plan de projection de la carte nationale. Cette géométrie horizontale est également appelée tracé en situation.

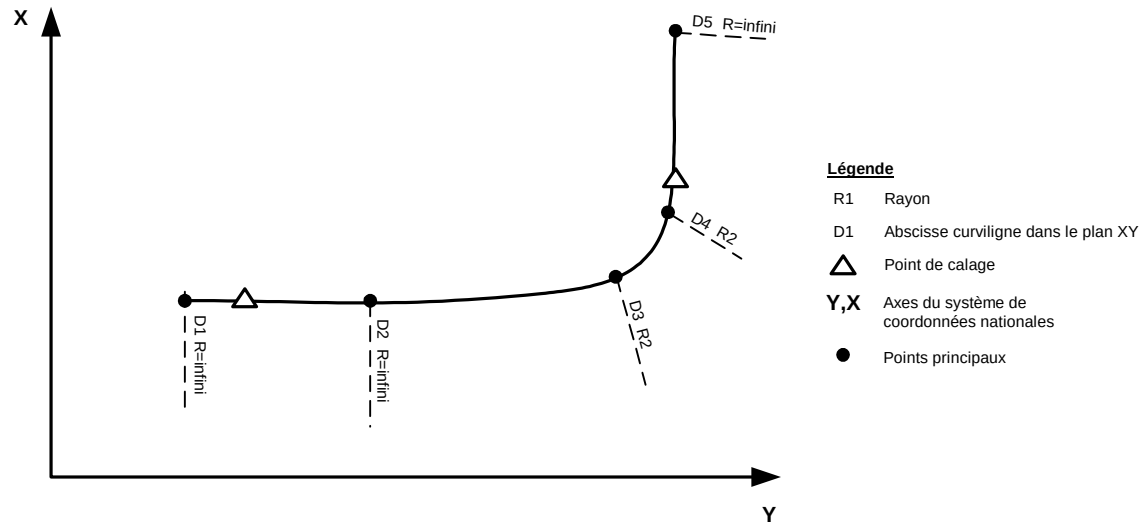


Figure 1 : Géométrie horizontale d'un axe routier.

- la **géométrie verticale** est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développée et représentée sur un plan. C'est la description des variations d'altitude le long de l'abscisse curviligne de l'axe de la route. On parle également de profil en long.

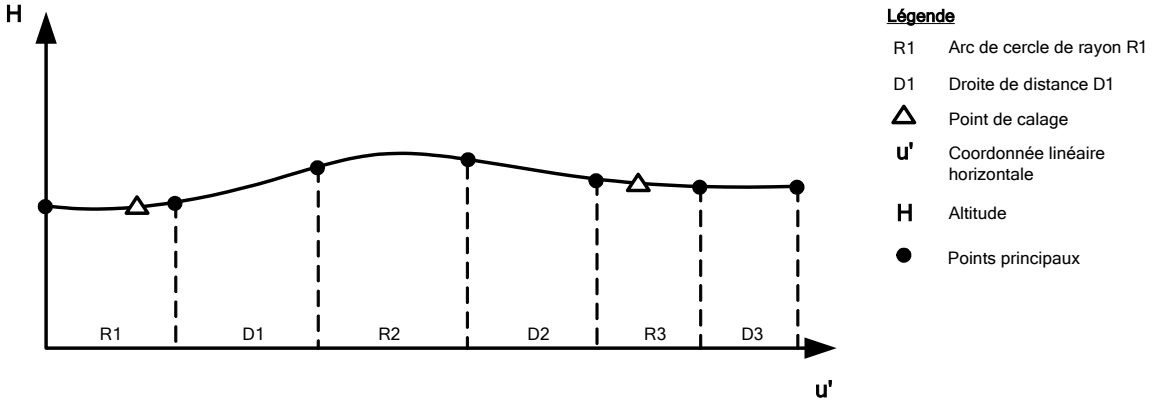


Figure 2 : Géométrie verticale d'un axe routier.

Selon l'usage de la géométrie d'axe, on distingue différents types et fonctions :

- **La géométrie de projet** décrit la géométrie de construction d'un axe routier, telle qu'elle est dessinée par le concepteur. Cette géométrie sert comme base pour la construction de la route en question. Elle est constituée du tracé en situation (alignement, arc de cercle, courbes de raccordement) et du profil en long (ligne droite, arc de cercle).

- **La géométrie réelle** décrit le tracé de l'axe routier tel qu'il a été construit sur le terrain. C'est l'élément original sur lequel sont effectuées les mesures de repérage spatial d'objets routiers. C'est l'axe de maintenance, appelé communément axe de la route (en général le milieu de la chaussée).
- **La géométrie de référence** est la géométrie d'axe issue du terrain ou de données numériques de grande précision. C'est une géométrie tridimensionnelle localisée dans un système de référence terrestre.

- **La géométrie horizontale de base** est la projection verticale de la géométrie de référence sur le plan horizontal de la projection cartographique. Elle est nécessaire pour la transformation entre le système de coordonnées nationales (y, x) et le système de repérage spatial de base (u,v). La coordonnée linéaire horizontale u' dans la géométrie horizontale de base correspond à la coordonnée u du SRB.
- **La géométrie verticale de base** est une coupe verticale passant par la géométrie de référence, développée et représentée sur un plan vertical, analogue à la géométrie d'un profil en long. Elle est représentée sur un plan avec l'altitude (H) en ordonnée et la coordonnée linéaire horizontale (u') en abscisse.

- **La géométrie horizontale de représentation** est une géométrie d'axe horizontale issue d'une numérisation sur une carte, une orthophoto ou un schéma. La géométrie de représentation permet de transformer les coordonnées issues d'un système de repérage spatial linéaire dans un système de repérage spatial planaire et vice-versa. Ce principe est appliqué pour des besoins de représentation.
- **La géométrie verticale de représentation** est une coupe verticale développée issue d'un profil en long de la route. Elle est représentée sur un plan avec l'altitude (H) en ordonnée et la coordonnée linéaire horizontale (u') en abscisse.

4. LA MODELISATION DES GEOMETRIES

Type de géométrie	Points et segments	Arcs et courbes	Remarques
Projet - situation		Alignement, arc de cercle, courbe de raccordement	
Projet – profil en long		Droite, arc de cercle	
Réelle			Non modélisée. C'est la route construite
Géométrie de référence	Suite de points (3D) formant une polyligne dans l'espace		Cette géométrie est issue du terrain et sa modélisation consiste en une **séquence de points levés dont la densité est fonction de la sinuosité de l'axe**.
Géométrie horizontale de base	Suite de points (2D) formant une polyligne dans le plan de projection	i) Courbe de type spline (2D) ii) Alignement, arc de cercle, courbe de raccordement	Cette géométrie est la projection verticale de la géométrie de base dans le plan horizontal de projection.
Géométrie verticale de base	Suite de points dans le plan vertical (et développé) passant par l'axe	i) Courbe de type spline (2D) ii) Droite, arc de cercle	Cette géométrie est une coupe verticale passant par l'axe de la géométrie de base
Géométrie de représentation	Suite de points (2D) formant une polyligne dans le plan de projection	i) Courbe de type spline (2D) ii) Alignement, arc de cercle	

Tableau 1 : synthèse des types de géométrie et de leurs modélisations

Les différentes géométries d'axe sont utilisées pour des processus métier spécifiques et sont réservées à des traitements associés aux données spatiales (transformations géométriques).

- **La géométrie de projet** d'une route sépare clairement la composante horizontale de la composante verticale. Les entités géométriques sont des éléments simples comme la droite, l'arc de cercle et la courbe de raccordement. L'axe de la route est ainsi composé d'une succession d'entités géométriques qui en assurent la continuité (deux entités géométriques ont une tangente commune en leur point de contact).
- **La géométrie réelle** est la réalisation de la géométrie de projet. Elle est issue des travaux d'implantation et de construction. Dans l'espace, l'axe réel est une courbe tridimensionnelle.
- **La géométrie de référence** est issue de **l'acquisition** de l'axe de route (le milieu de la chaussée). Les méthodes de lever (topométrie, photogrammétrie) permettent de déterminer les coordonnées de points de l'espace. L'axe est donc saisi comme une suite de points dont la densité est fonction de la courbure de la route (un virage serré nécessitera plus de points pour être décrit qu'une ligne droite). Cette géométrie primaire est adaptée à la réalité complexe (irrégulière) du terrain et aux méthodes d'acquisition. Par contre pour exploiter la géométrie de base, on doit passer par une modélisation adaptée à l'usage (Par ex. transformations géométriques) et dont la gestion est aisée.
- **La géométrie horizontale/verticale de base** est une projection dans le plan horizontal/vertical de la géométrie de référence. Comme pour le projet, l'axe de la route doit répondre à des conditions de continuité. La modélisation dans le plan par une courbe de type spline offre cet avantage, mais les algorithmes de paramétrisation d'une telle courbe doivent être normalisés. Une alternative existe avec l'estimation de l'axe de la route par des primitives géométriques de type droite, cercle et courbe de raccordement. Cette synthèse est nécessaire, car elle offre un modèle mathématique adapté aux transformations géométriques (linéaire u,v <> planaire X,Y), et à la gestion dans la base de données.
- **La géométrie de représentation** est issue de l'acquisition sur un support cartographique. Sa modélisation obéit aux mêmes règles que celles de la géométrie de base.

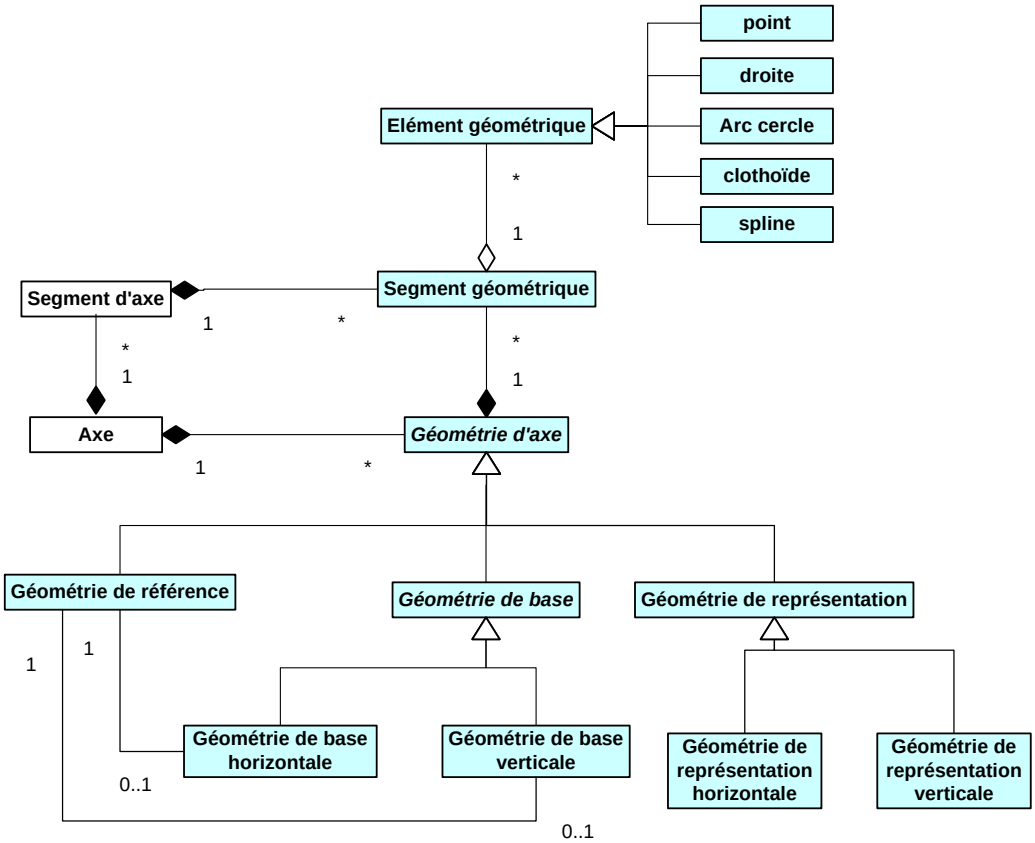


Figure 3 : Relation entre types de géométries

4.1 Géométrie de base horizontale

Une géométrie de base horizontale peut être décomposée en plusieurs segments géométriques. Un segment géométrique est continu et est composé d'éléments géométriques (droite, arc de cercle, courbe de raccordement, spline).

4.1.1 Modélisation par des droites

Une modélisation simple et proche de l'acquisition consiste à relier les points saisis sur l'axe de maintenance par une polyligne constituée de segments de droite. La droite peut être décrite par un point origine, une longueur horizontale et un azimut.

Objet	Point origine	• Longueur Hz	Orientation
Droite	Point ($X_{début}$, $Y_{début}$)	$Long._{Hz}$	Azimut (direction par rapport au Nord de la carte)

Tableau 2 : modélisation par droites

4.1.2 Modélisation par droites, arcs de cercle et courbes de raccordement

L'utilisation d'alignements, d'arcs de cercle et de courbes de raccordement est bien adaptée aux projets routiers. Cette modélisation, connue des professionnels de la route, doit être reprise et adaptée à l'exploitation de la géométrie de base. Dans ce cas, on propose d'estimer le segment de géométrie par une succession de droites et de cercles que l'on peut modéliser dans le plan horizontal comme suit :

Objet	Point origine	Longueur Hz	Orientation	Paramètre
Droite	Point ($X_{début}$, $Y_{début}$)	$Long._{Hz}$	Azimut (direction par rapport au Nord de la carte)	[vide]
Arc de Cercle	Point ($X_{début}$, $Y_{début}$)	$Long._{Hz}$	Azimut	Rayon
Clothoïde ou autre	Point ($X_{début}$, $Y_{début}$)	$Long._{Hz}$	Azimut	Paramètre A
Condition de continuité : - Un point est commun à la fin d'un élément géométrique (droite, cercle, courbe) et au début du suivant. - Le vecteur tangent en ce point est identique pour les deux éléments géométriques				

Tableau 3 : modélisation par droites, cercles et clothoïde

Rappel :

Clothoïde : $\boxed{Long \bullet R = A^2}$ avec L = long. De l'abscisse curviligne, R = rayon du cercle auscultateur
A = paramètre de la clothoïde (constante)

Cette modélisation s'appuie sur des paramètres simples et connus. Un segment géométrique peut être décrit (en théorie) avec un minimum d'éléments géométriques successifs (droites, d'arcs de cercles et courbes de raccordement). Par contre les algorithmes permettant d'extraire automatiquement ces primitives géométriques à partir d'une suite de points, issus de l'acquisition, sont peu répandus et sont sensibles à la densité et à la précision des points levés sur le terrain.

4.1.3 Modélisation par spline

L'utilisation de courbes paramétriques de type spline est largement répandue dans le mode de la conception assistée par ordinateur. Les splines peuvent être considérées comme un modèle mathématique qui associe une représentation continue d'une courbe s'appuyant sur des points de contrôle dans un espace donné [Weston, 2002].

C'est donc une approche de modélisation envisageable lorsqu'il s'agit d'estimer une courbe continue à partir d'une suite de points dans un plan horizontal pour des besoins d'estimation de la géométrie de l'axe. Le calcul de la spline consiste à estimer les coefficients d'un polynôme avec des conditions imposées sur les

points de contrôle. Ainsi il existe un grand nombre de modèles d'interpolation par spline selon les propriétés désirées par l'utilisateur.

Objet	Type	Degré	Points de contrôle	Paramètre
Spline	Polynomial Cubique		Point (X_i, Y_i) i=1 : $Point_{début}$ i=n : $Point_{fin}$	
Condition de continuité : - La spline passe par l'ensemble des points de contrôle. - Le vecteur tangent au dernier point d'une $Spline_j$ est identique au vecteur du premier point de la $Spline_{j-1}$				

Tableau 4 : modélisation par spline

L'interpolation par spline est disponible dans de nombreux logiciels de DAO/CAO où l'usage a été grandement simplifié grâce aux interfaces graphiques. Par contre ces fonctions produisent un effet « boite noire », car la définition mathématique de la fonction d'interpolation ainsi que les coefficients du polynôme ne sont pas toujours disponibles. La description rigoureuse du modèle d'interpolation et de ses paramètres n'est donc pas évidente dans le but de l'intégrer à la base de données routière.

4.2 Géométrie de base verticale

Une géométrie de base verticale peut être décomposée en plusieurs segments géométriques. Un segment géométrique est continu et est composé d'éléments géométriques (droite, arc de cercle, spline). La géométrie verticale est dépendante de la géométrie horizontale car l'altitude est une fonction de la coordonnée linéaire horizontale u' (abscisse curviligne mesurée dans le plan horizontal).

4.2.1 Modélisation par des points

Une modélisation simple et proche de l'acquisition consiste à relier les points altimétriques saisis sur l'axe de maintenance en fonction de l'abscisse curviligne mesurée dans le plan horizontal. Un point est alors décrit par son altitude et son abscisse curviligne.

Objet	Altitude	• Abscisse Hz	(pente)
Point	Altitude	$Long._{Hz}$ mesurée sur la géométrie de base horizontale	

Tableau 5 : modélisation par points

4.2.2 Modélisation par droites et arcs de cercle

L'utilisation de droites et d'arcs de cercle est bien adaptée au profil en long de projets routiers. Cette modélisation, connue des professionnels de la route, doit être reprise et adaptée à l'exploitation de la géométrie de base verticale. Dans ce cas, on propose d'estimer la géométrie verticale par une succession de droites et de cercles que l'on peut modéliser comme suit :

Objet	Point origine	Longueur Hz	Pente	Paramètre
Droite	Point ($Abscisse_{Hz}$, Altitude)	$Long._{Hz}$	Pente	[vide]
Arc de Cercle	Point ($Abscisse_{Hz}$, Altitude)	$Long._{Hz}$	Pente (au point origine)	Rayon

Tableau 6 : modélisation par droites, cercles et clothoïde

4.3 La modélisation dans les normes

La norme ISO19107 sur le schéma spatial de l'information géographique définit les schémas conceptuels pour la description et la manipulation des éléments caractéristiques des données à référence spatiale. On y trouve notamment le formalisme à appliquer lors de la description d'objets géométriques simples et complexes et de topologie [ISO, 2002].

Tous les types de primitives ou éléments géométriques sont décrits avec leurs paramètres respectifs et les mécanismes d'interpolation. Les schémas conceptuels sont présentés dans le langage UML (Unified Modeling Language).

Remarque
Si le choix de la modélisation de la géométrie des axes s'oriente sur l'utilisation d'arcs de cercle et de spline, il faudra étudier le formalisme proposé dans la norme ISO19107 afin de décrire rigoureusement ces objets géométriques et leur mécanisme d'interpolation.

5. CALAGE

Ce chapitre a servi d'appuis à la rédaction de la norme SN 640 913 : Géométries d'axes.

5.1 Définitions

Le calage est la procédure qui permet de faire coïncider l'échelle de mesure du système de repérage spatial de base avec l'échelle de mesure d'une géométrie horizontale. Cette procédure s'appuie sur une géométrie d'axe horizontale et sur des éléments de calage repérés simultanément dans les deux systèmes.

Les points de calage sont des points sur ou proche de l'axe de la route repérés à la fois dans le SRB et dans le système de repérage spatial planaire. Ils sont utilisés pour la transformation entre les deux systèmes.

Le facteur de calage est le rapport entre la longueur d'un élément de calage issu du SRB et la longueur correspondante sur la géométrie d'axe horizontale.
Un élément de calage est la portion d'axe de la route qui suit un point de calage projeté perpendiculairement à l'axe de la route et sur lequel s'applique un facteur de calage.

Un segment calé est la suite continue d'éléments de calage compris entre un point de calage de début et un point de calage de fin pour un segment d'axe.

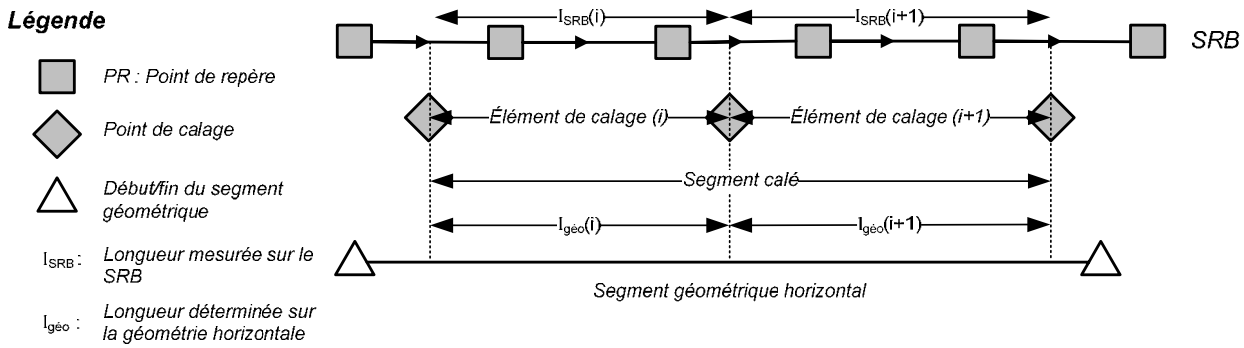


Figure 4 : principe du calage

5.2 Principe

Le principe du calage réside dans un ensemble d'opérations qui permettent le calcul des facteurs de calage sur un segment d'axe. Cette procédure s'applique d'une part à la géométrie de base pour le calcul de

transformation de coordonnées, et d'autre part aux géométries de représentation pour des besoins de cartographie.

La procédure de calage est possible si et seulement si la portion d'axe à caler contient une géométrie d'axe et des points de calage repérés correctement dans les deux systèmes de repérage spatial (SRB et planaire). La précision de localisation des points de calage doit être comparable dans les deux systèmes de repérage.
La procédure de calage s'applique individuellement à chaque élément de calage. Une suite continue d'éléments de calage, compris dans un segment géométrique horizontal, forme un segment calé (figure 4).

Un élément de calage repose, d'une manière cohérente, sur une partie d'un segment géométrique horizontal de forme homogène et de pente semblable. A chaque élément de calage, on associe un facteur de calage qui est le rapport entre la longueur de l'élément de calage mesurée sur le SRB et la longueur correspondante sur le segment géométrique horizontal. Le dernier élément de calage d'un segment de calage a une longueur de 0 mètre.

Le résultat du calage permet d'associer une mesure de distance sur le SRB à une mesure de distance le long de la géométrie d'axe ayant servi au calage.

Comme points de calage, on choisira des objets visibles sur le terrain et dans la carte, comme par exemple les ouvrages d'art (pont, tunnel), les passages de cours d'eau, les passages à niveau, un pylône ou une ligne à haute tension. Les nœuds de trafic sont d'excellents points de calage, car ils sont situés à des endroits clés du réseau routier. Lorsqu'ils sont déterminés dans les deux systèmes de repérage, les points de repères sont des candidats bien appropriés comme points de calage pour la géométrie horizontale de base.

6. TRANSFORMATIONS « XY » <> « UV »

Ce chapitre a servi d'appuis à la rédaction de la norme SN 640 913 : Géométries d'axes.

6.1 Principes

Le projet Metaroute a pour objectif de proposer un modèle pour qualifier le repérage spatial quel que soit le système utilisé. La cohabitation de deux systèmes de repérage est possible si l'on définit les règles et les éléments qui qualifient la transformation géométrique.
Les principes de transformation de coordonnées du système linéaire (u,v) dans le système planaire (X,Y) sont en partie décrits dans le rapport [VSS, Schnittstellen]. Ce rapport décrit la problématique de la transformation illustrée par une série d'exemples.
Voici les principes de base des transformations dans le SRB ou dans le système planaire (X,Y).

6.2 Transformation dans le SRB

La transformation de coordonnées vers le SRB est l'opération mathématique qui permet de calculer des coordonnées linéaires (u, v et éventuellement w) à partir de coordonnées originales mesurées dans le système de repérage spatial planaire (figure 5).

La transformation de coordonnées s'appuie sur le principe de projection perpendiculaire d'un lieu sur l'axe de la route. Connaissant les coordonnées nationales du lieu, la transformation consiste à calculer les coordonnées relatives à la géométrie d'axe horizontale (géométrie de base horizontale ou géométrie de représentation). Par coordonnées relatives, on entend l'écart latéral (v) et la coordonnée linéaire horizontale (u'). Ensuite, le facteur de calage horizontal est appliqué afin de déterminer la distance de référence (u) dans le SRB.

Si l'altitude (H) est mesurée, la hauteur de référence (w) est déterminée perpendiculairement à l'axe de la route. En règle générale, l'altitude du point projeté sur la géométrie d'axe (Ha) correspond à celle qui est donnée par la géométrie verticale de base ou de représentation, mesurée à la position de la coordonnée linéaire horizontale (u'). Par contre, si la déclivité (i) de la route est importante, il faut corriger la coordonnée linéaire horizontale (u') de façon à respecter le principe d'une projection perpendiculaire à l'axe (figure 6).

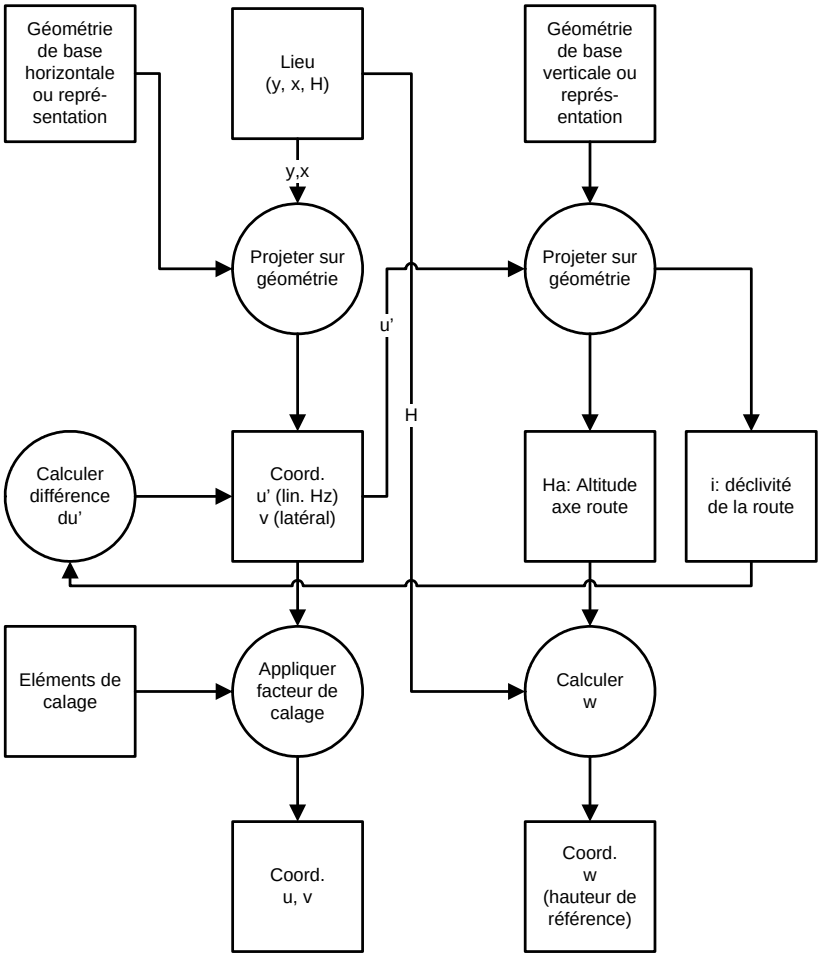


Figure 5 : Transformation dans le SRB

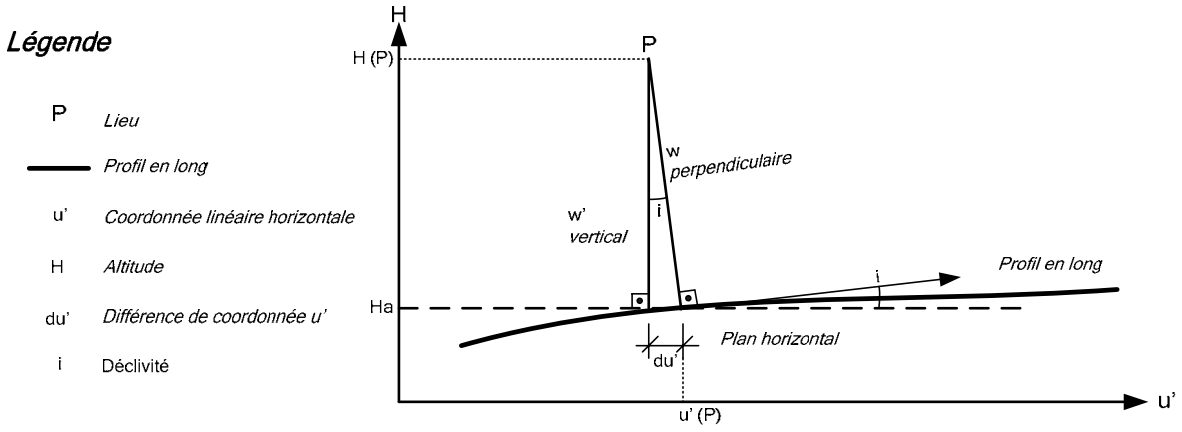


Figure 6 : Projection d'un lieu P et détermination de la hauteur de référence w

6.3 Transformation dans le système planaire

La transformation de coordonnées vers le système de repérage planaire est l'opération mathématique qui permet de calculer des coordonnées nationales à partir de coordonnées originales (u, v, et éventuellement

w) mesurées dans le SRB. Cette transformation est univoque, il existe une et une seule solution en coordonnées nationales (figure 7).

La transformation de coordonnées s'appuie sur le principe de la détermination de coordonnées planaires à partir de la distance de référence (u) et de l'écart latéral (v) mesurés sur le SRB.
Le facteur de calage horizontal est appliqué afin de déterminer la coordonnée linéaire horizontale (u').

La coordonnée linéaire horizontale (u') et l'écart latéral (v) déterminent une position relative à la géométrie d'axe horizontale (géométrie horizontale de base ou de représentation). La transformation de coordonnées associe les coordonnées nationales à cette position (u', v).

A partir de la géométrie verticale de base ou de représentation et de la coordonnée linéaire horizontale (u'), on peut déterminer l'altitude (Ha) du point au niveau de l'axe de route. En règle générale, l'altitude (H) est l'addition de l'altitude au niveau de l'axe de route (Ha) et de la hauteur de référence (w). Par contre, si la déclivité (i) de la route est importante, il faut en tenir compte dans le calcul des coordonnées nationales en respectant le principe d'une projection perpendiculaire à l'axe de route (figure 6).

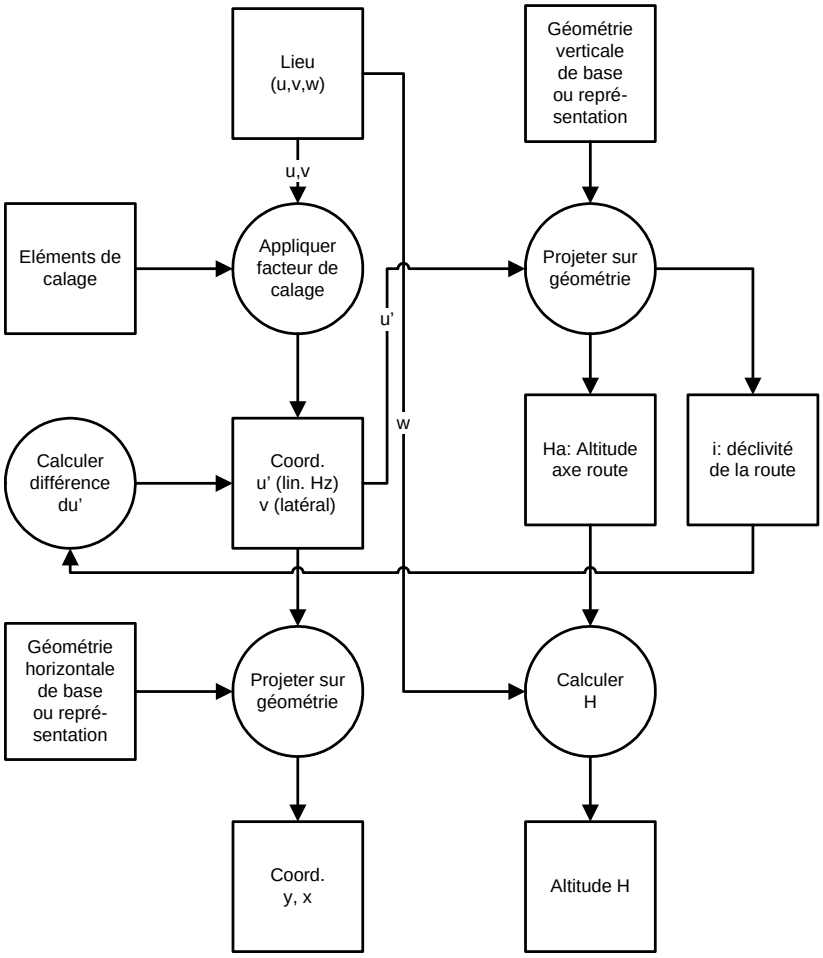


Figure 6 : Transformation dans le système de repérage spatial planaire

6.4 Règles de transformation

Toutes les coordonnées transformées héritent des propriétés des coordonnées originales, de la géométrie d'axe et de la procédure de calage. La qualification des coordonnées transformées se fait par l'intermédiaire des métadonnées des composantes du repérage spatial.

Chaque composante du repérage spatial a des éléments de qualité qui lui sont propres. La combinaison d'éléments de qualités différentes suit des règles basées sur la comparaison des précisions horizontale et verticale.

Lors d'une transformation de coordonnées, c'est la précision horizontale la moins bonne qui dicte le critère de précision horizontale qui est associé aux coordonnées transformées.

L'usage d'une géométrie de représentation permet d'effectuer des transformations uniquement pour des besoins de cartographie. Seul l'usage de la géométrie de base permet de transformer des coordonnées originales (mesurée sur le terrain) en coordonnées transformées, si l'ensemble des critères de qualité répond à des niveaux de tolérance préconisés. Dans ce cas, la transformation de coordonnées doit satisfaire le principe d'unicité et de réciprocité. A un couple de coordonnées nationales, il existe un et un seul couple de coordonnées linéaires du SRB (u, v) et vice-versa.

7. QUALITE D'UNE GEOMETRIE D'AXE

7.1 Principes

Dans le cas de la géométrie des axes, on s'intéresse plus particulièrement à la composante qui qualifie la précision de la position. Cette notion de précision appliquée à la géométrie d'un axe de route est un amalgame de différentes sources d'incertitudes :

- **La nature de l'objet** : la route construite a sa propre réalité dans le terrain avec la difficulté d'estimer correctement le milieu de la chaussée ;
- **La méthode d'acquisition** : c'est l'incertitude propre à la méthode topométrique employée et à sa mise en œuvre dans le terrain ;
- **La modélisation de l'objet** : comme on l'a vu au chapitre 4, cette modélisation est une combinaison de la modélisation issue du terrain (séquence de points) et de la modélisation par des primitives géométriques ou par des courbes de type spline.

L'utilisateur sera confronté au modèle de synthèse (droites et arcs de cercle ou spline) dont la qualification des paramètres doit permettre une bonne estimation de la précision de la géométrie de l'axe. D'un point de vue conceptuel, il faut associer la précision de la position de l'axe à l'usage que l'on fait de cette géométrie, par exemple le calcul de transformations (planaire <> linéaire).

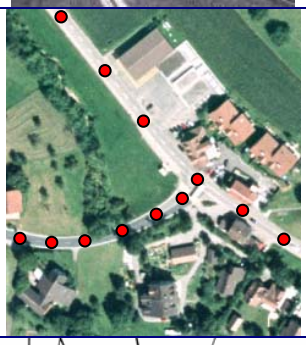
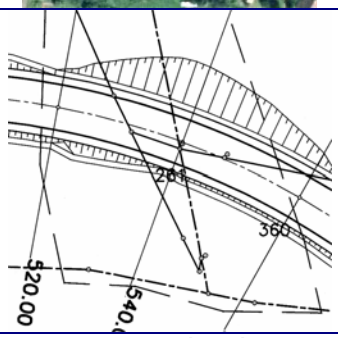
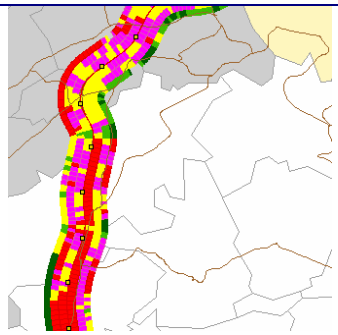
Cycle de l'information	Objets	Estimation de la précision
Monde réel		- évaluation des conditions du terrain pour estimer le milieu de la chaussée - conditions particulières
Acquisition		- méthode topométrique utilisée - qualité du support cartographique - précision (écart-type) planimétrique et altimétrique du point levé ou digitalisé
Modélisation		- précision des points principaux des éléments géométriques - précision de paramètres des éléments (rayon, clotho) - précision des points de contrôle pour les spline - précision de l'interpolation
Gestion	- segment géométrique stocké et décrit dans la base de données. *Un segment géométrique est composé de plusieurs éléments géométriques (droite, cercle, spline)*	- agrégation de la qualité des paramètres du modèle au niveau d'un segment de géométrie. - *Comment qualifier un tel segment et comment agréger les paramètres ?* - But : obtenir une estimation de la précision : - Longueur des segments (Longitudinale) - Précision des points principaux (Lat., Long.) > Définir des CLASSES de précision
Exploitation		- application de la **transformation** d'un point levé en coordonnées curvilignes (u,v) dans le système de coordonnées surfaciques (X,Y) et vice versa. - estimation de la précision sur les coordonnées d'un point transformé à l'aide de la géométrie de base - l'estimation de l'erreur s'appuie sur : - la précision du point levé - la précision de la géométrie de base - la précision des facteurs de calage - l'algorithme de transformation

Tableau 7 : Etapes d'estimation de la précision

Dans le cycle de vie de l'information spatiale, la notion de précision intervient lors de toutes les étapes. La maîtrise de la propagation des erreurs dans ces différentes étapes est indispensable afin de renseigner correctement l'utilisateur sur la qualité attendue.

7.2 Classes de précision

Ce chapitre propose une série de classes de précision utilisées pour qualifier la géométrie d'un axe ainsi que la précision de la localisation d'un lieu. Cette approche doit permettre à l'utilisateur d'exploiter la géométrie sur la base d'informations de qualité proches des besoins du métier. Ce principe s'inspire de l'ordonnance technique sur la mensuration officielle (OTEMO : http://www.admin.ch/ch/f/rs/211_432_21/).

Ce principe consiste à définir des classes de précision qui sont données par une erreur moyenne (1 sigma) en planimétrie et/ou en altimétrie. Cette erreur moyenne est un estimateur statistique pour la position spatiale qui correspond à l'agrégation d'estimateurs statistiques de différents paramètres qui dépendent de la modélisation de la géométrie d'un axe de route.

Le tableau 8 propose différentes classes de précision selon les usages de la géométrie des axes que l'on peut trouver dans les applications du domaine routier (planification, construction, gestion de l'entretien,..). Les exigences de précision de la position sont définies par l'erreur moyenne de la position d'un point ou d'un axe (géométrie). On associe ces classes de précision à des niveaux de tolérance (NT).. L'erreur moyenne de la position ne doit pas dépasser les valeurs-limites fixées en fonction du niveau de tolérance.

Niveau tolérance	Erreur moy. planimétrique	Erreur moy. altimétrique	« Catégorie » de précision	Usage
NT1	10 cm	10 cm	Mensuration officielle	Géométrie de base
NT2	25 cm	25 cm	Mobile mapping	Géométrie de base
NT3	50 cm	50 cm	Orthophoto, TLM	Géométrie de base et Géométrie de représentation
NT4	200 cm	200 cm	Plan ensemble (selon les cantons)	Géométrie de représentation
NT5	500 cm	500 cm	Vector25, CN25	Géométrie de représentation

Tableau 8: Classes de précision