# CONCEPTS POUR LA DESCRIPTION DE BASES DE DONNÉES MULTI-REPRÉSENTATION

#### **Christelle VANGENOT**

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Laboratoire de Bases de Données IN-Ecublens, 1015 Lausanne, Suisse

#### Résumé

L'une des limitations majeures des modèles de données spatiaux actuels est leur pauvreté quant aux possibilités de gérer plusieurs représentations différentes des mêmes objets géographiques selon différents points de vue ou selon différents niveaux de résolution. Dans cet article, nous identifions tout d'abord quels sont les besoins induits par la présence de représentations multiples des mêmes objets puis nous proposons des concepts permettant d'associer plusieurs représentations à un objet, de décrire la validité des associations topologiques, de relier des objets qui se correspondent à différentes résolutions et enfin, de décrire et d'interroger les objets et leurs attributs à des niveaux de résolution sémantique différents

#### Abstract

One of the requirements which are poorly supported by spatial data models is a consistent management of different representations of the same spatial phenomena under different viewpoints or at different resolutions. In this paper, we first identify the needs induced by the coexistence of multiples representations of the same objects, then we propose a set of concepts allowing the specification of several representations for the same real world object, the description of topological relationship validity, to link objets describing the same reality and finally to describe and query objects and their attributes at different levels of semantic resolution.

#### Mots-Clés

Modèle de données spatiales, multi-représentation, résolution spatiale, résolution sémantique.

## Key Words

Multiple representation, spatial resolution, semantic resolution, spatial data model

Les applications employant des bases de données spatiales se sont multipliées depuis quelques années tout en se diversifiant, de la traditionnelle cartographie aux applications de gestion et planification du territoire, aide à la décision basée sur l'analyse spatiale, gestion environnementale, etc. L'afflux de nouveaux besoins a fait apparaître de façon très claire les limites des systèmes d'informations géographiques actuellement sur le marché : insuffisance des fonctions offertes, inadéquation des solutions techniques, difficultés d'utilisation. Parmi les besoins non satisfaits, l'un des plus criants, compte tenu de l'importance de la réutilisation et du partage de données, est celui de systèmes assurant une gestion cohérente de plusieurs bases de données spatiales décrivant le même espace selon des points de vue différents ou à des degrés de résolution différents.

La multi-représentation est un sujet qui a fait l'objet de nombreuses recherches [7 et 9]. L'objectif de cohérence dans un environnement multibase ne peut être atteint que si le système dispose d'un modèle de données assez puissant pour s'accommoder des différences de représentation entre les données existantes [1].

La spécification du modèle conceptuel MADS [6] a été la première étape de recherche dans cette direction. Ce papier présente un ensemble de concepts pour étendre les modèles existants afin de leur permettre de décrire des objets du monde réel à différentes résolutions spatiales et sémantiques. Le modèle enrichi permet :

- d'associer plusieurs représentations à un objet,
- de définir des relations topologiques différentes selon la résolution spatiale,
- de relier des objets qui se correspondent à différentes résolutions et enfin,
- de décrire et d'interroger les objets et leurs attributs à des niveaux de résolution sémantique différents.

Cet article est consacré au problème de représentation multi-résolution (aussi appelée multi-échelle)...

# 1. Les besoins en multi-représentation

Nous nous sommes attachés à décrire des données selon plusieurs niveaux de résolution et nous considérons que ces représentations coexistent au sein de la même base de données.

Le concept de résolution est au cœur de la multi-représentation. il est le plus souvent défini comme la taille minimale d'information représentable. A l'évidence, cette définition fait référence à une visualisation de l'information : production d'une carte, affichage à l'écran, photo... Dans une approche bases de données (qui est celle adoptée ici), la présentation de l'information est séparée des caractéristiques intrinsèques de l'information. Ainsi, par exemple, un objet peut être visualisé de multiples façons selon divers critères. Il convient donc de chercher la définition de la résolution par rapport à l'information elle-même, plutôt que du côté de sa restitution.

Or, on sait que la représentation de l'information dans la base est déterminée par des choix de perception et d'abstraction de la réalité, choix dictés par les besoins des applications. Ainsi, la résolution d'acquisition dépend à la fois du type de données à représenter et des traitements à effectuer. Cette résolution d'acquisition, dite résolution terrain [7], peut aussi être contrainte par le support de saisie utilisé : photo aérienne, image satellite, scannage de cartes ou de plans sur papier, mesures sur le terrain, etc.

Nous dirons que la résolution d'une information dans la base de données est sa résolution d'acquisition.

Le concept de résolution s'applique aussi bien aux caractéristiques spatiales de l'information qu'aux caractéristiques thématiques [5]. Dans cette deuxième dimension, la multiplicité de niveaux de résolution possibles peut s'exprimer par la définition de hiérarchies de classification [8] ou par la définition de domaines hiérarchisés pour les valeurs d'attributs [7]. Par exemple, dans un schéma où les seules classes pour modéliser les édifices sont les classes *Edifice Religieux* et *Musée*, la classification ne permettra pas de distinguer les mosquées des églises. Un schéma étendu avec les classes *Eglise*, *Mosquée*, *Synagogue...*, *Musée Art*, *Musée Histoire Naturelle...*, permettra de décrire les objets du monde réel avec une résolution sémantique plus précise.

Nous avons identifié les besoins suivants :

#### - Différentes valeurs « géométrie » selon la résolution

Les attributs "géométrie" et plus généralement les attributs du domaine spatial doivent pouvoir mémoriser plusieurs valeurs, chacune avec la résolution correspondante. Par exemple, un bâtiment sera représenté à la fois par la surface correspondant à son emprise à une résolution spatiale très précise et par un point donnant sa position à une résolution spatiale moins précise.

### - Intervalle de validité pour les associations topologiques

La description explicite d'une association topologique entre des objets spatiaux est importante car elle permet de contraindre les objets à la respecter. Elle permet aussi de lui associer une sémantique applicative et éventuellement des attributs. Or, cette association topologique ne sera pas nécessairement valide quelle que

soit la résolution considérée. Par exemple, si on considère une base de données constituée à partir de cartes, deux objets distants de moins de 6 m sont disjoints lorsqu'ils sont représentés à une résolution de 1 m mais sont adjacents lorsqu'ils sont représentés à une résolution de 10 m. Il est donc nécessaire de pouvoir associer un intervalle de validité, en termes de résolution, à une association topologique.

## - Requêtes à différents niveaux de résolution

Un utilisateur peut demander à se placer à l'un des niveaux de résolution mémorisés par la base de données, voire à un autre niveau si celui-ci peut être dérivé par le système à partir des informations mémorisées. Par exemple, un utilisateur peut demander les parcelles cultivées en blé et un autre utilisateur peut demander les parcelles cultivées. Le modèle et le système doivent pouvoir offrir cette flexibilité.

#### - Relier entre eux les objets ou les ensembles d'objets décrivant la même réalité à différentes résolutions

Lorsque plusieurs objets décrivent la même entité du monde réel à différentes résolutions spatiales ou sémantiques, ils doivent être reliés. On distingue deux cas :

- une entité du monde réel peut être représentée globalement par un objet d'une classe à une résolution (spatiale ou sémantique) et de façon fragmentée par un ensemble d'objets d'une (voire de plusieurs autres) classe(s) à une autre résolution. Par exemple, cette situation peut résulter du regroupement d'objets selon des critères particuliers :
  - regroupement des parcelles ayant le même type d'occupation du sol suite au changement de résolution sémantique,
  - regroupement d'objets trop proches suite au changement de résolution spatiale, par exemple, un ensemble de bâtiments devenant une zone bâtie,
  - regroupement d'objets en fonction de leurs relations sémantiques et spatiales : par exemple, agrégation d'objets *Segment-de-Rivière* en un objet *Rivière*.
- par ailleurs, une entité peut être représentée par un objet avec une description sémantique très précise à une résolution et par un objet avec une description sémantique moins précise à une autre résolution. Par exemple, dans une application certains traitements voient un ensemble général d'objets *Route* et d'autres traitements voient deux ensembles distincts, les objets *Route Nationale* d'une part et les objets *Route Départementale* d'autre part.

#### - Définir la valeur d'un attribut en fonction de la valeur d'un autre attribut

La coexistence de différentes représentations du même objet introduit des redondances qui doivent être contrôlées par des contraintes d'intégrité ou des règles de dérivation. Par exemple, la géométrie d'une rivière peut être dérivée de la géométrie de ses segments de rivière.

## 2. Le modèle sous-jacent : MADS

Notre objectif est de définir les concepts que doit offrir un modèle de données spatiales pour pouvoir décrire des bases de données avec multi-représentation. Les concepts proposés peuvent être adaptés à tout modèle de données spatiales. Cependant, afin d'illustrer le propos, nous proposons d'étendre le modèle MADS [6]. C'est un modèle conceptuel objet+association, dont l'un des objectifs majeurs est d'assurer l'indépendance entre la modélisation des structures de données et celle de la spatialité. MADS permet ainsi d'associer une spatialité aux différents niveaux structurels : au niveau des objets, des attributs et des associations. Un objet défini comme spatial est automatiquement enrichi d'un attribut au nom prédéfini (géométrie) dont le domaine de valeur est un type abstrait spatial. Ce dernier permet d'exprimer l'information sur la localisation et l'emprise de l'objet et de lui associer des méthodes. La spatialité est visualisée sous forme d'icônes permettant d'exprimer l'information de façon visuelle, claire et synthétique. Un attribut défini comme spatial est un attribut dont le domaine de valeur est aussi un type abstrait spatial. L'ensemble des types abstraits spatiaux est organisé en une hiérarchie de généralisation/spécialisation qui contient des types

prédéfinis simples (point, ligne, surface), des types génériques (*Géo* : n'importe quel type spatial, *GéoSimple* : n'importe quel type spatial simple) et des types composés à partir des types simples. La hiérarchie peut être étendue par l'administrateur de la base.

Définir explicitement une association comme spatiale revient à lui attribuer une sémantique topologique. MADS offre aussi les associations d'agrégation entre les objets.

# 3. Estampillage des attributs spatiaux

#### 3.1. Description d'un attribut spatial estampillé

Nous proposons l'estampillage des attributs spatiaux avec une résolution spatiale : plusieurs valeurs sont alors conservées pour cet attribut sous la forme d'un ensemble de couples (valeur, résolution). La figure 1 présente un exemple de modélisation d'un objet à différentes résolutions : les cantons sont modélisés par la classe d'objets spatiaux *Canton* dont l'attribut spatial *ville.position* est estampillé. Un attribut estampillé peut être implémenté sous la forme d'un attribut complexe multi-valué. Cependant, cet attribut complexe n'est rien d'autre qu'un artifice de modélisation. Ainsi, l'estampillage est clairement préférable au niveau conceptuel. La résolution stockée dans l'estampille correspond à la résolution au moment de l'acquisition des données (par exemple à 1 m, à 10 m).

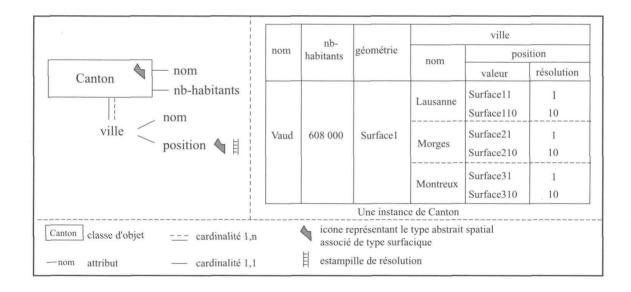


Figure 1 - Estampillage d'un attribut spatial

La figure 1 présente des valeurs possibles pour un objet de la classe *Canton. Surface 11*, *Surface 11*, *Surface 210*, *Surface 210*, *Surface 31*, *Surface 310* sont des représentations surfaciques.

Les attributs non-estampillés sont constants quelle que soit la résolution. La valeur d'un attribut estampillé n'est pas connue hors des estampilles, l'objet (les attributs) n'est pas représentable pour cette résolution.

L'attribut géométrie d'une classe d'objets spatiaux peut aussi être estampillé : ses objets pourront ainsi avoir plusieurs géométries différentes suivant la résolution (par ex. *Canton* figure 2).

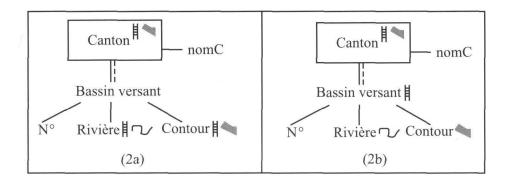


Figure 2 - Estampillage d'un attribut complexe

L'estampille peut être placée à tout niveau d'un attribut complexe. La figure 2a présente un attribut complexe multi-valué *BassinVersant* surfacique composé de deux attributs monovalués estampillés : *Rivière* (linéaire) et *Contour* (surfacique). Une valeur de *Bassin versant* contiendra un entier, un ensemble de lignes, ayant chacune une résolution spatiale associée (*Rivière*) et un ensemble de surfaces ayant chacune une résolution spatiale associée (*Contour*). Par contre si l'attribut *BassinVersant* est estampillé (fig. 2b), une valeur de *BassinVersant* est un ensemble de triples : un nombre, une rivière et un contour, avec une résolution associée.

Par définition, l'estampille d'un attribut complexe s'applique à tous ses composants. Ainsi, les attributs composants d'un attribut estampillé sont automatiquement estampillés et ne peuvent être estampillés à nouveau.

Les valeurs d'un attribut estampillé peuvent être de différents domaines. Quand la différence de résolution est faible, les géométries appartiennent généralement au même domaine : une surface est caricaturée, une ligne est lissée. Cependant, une différence de résolution plus significative peut entraîner un changement de domaine : une surface trop petite peut devenir un point, une surface trop étroite une ligne et une ligne trop courte un point. Dans ce cas, il faut permettre de stocker des valeurs de domaines différents.

Les domaines spatiaux doivent inclure des types génériques regroupant plusieurs types de base. Une solution est donc d'organiser les types spatiaux en une hiérarchie comme dans le modèle MADS. L'utilisateur peut ainsi employer le type spatial générique prédéfini *GéoSimple* ou définir un type spatial spécifique pour son application.

## 3.2. Interrogation des attributs estampillés

Quelques opérateurs de base ont été définis pour interroger les attributs estampillés :

 $o.g\acute{e}om\acute{e}trie[\ r\ ] \hookrightarrow \$ la valeur de l'attribut  $g\acute{e}om\acute{e}trie$  de l'objet o à la résolution r, si elle existe :

ex: Select c.ville.position[10m] from c in Canton

Surface110.

 $o.g\acute{e}om\acute{e}trie[r+] \hookrightarrow la valeur de l'attribut g\acute{e}om\acute{e}trie$  de l'objet o à la résolution r, si elle existe, ou la valeur à la résolution plus précise la plus proche de r, si elle existe :

```
ex: Select c.ville.position[ 20m +] from c in Canton
where c.nom = "Vaud" and c.ville.nom = "Montreux"
```

L'attribut ville de nom "Montreux" n'a pas de représentation à la résolution 20 m. La requête va donc afficher la valeur à la résolution 10 m qui est la valeur à la résolution plus précise la plus proche de 20 m.

o.géométrie  $[r-] \hookrightarrow la$  valeur de l'attribut géométrie de l'objet o à la résolution r, si elle existe, ou la valeur à la résolution moins précise la plus proche de r, si elle existe.

 $o.g\acute{e}om\acute{e}trie[r \sim] \hookrightarrow$  la valeur de l'attribut  $g\acute{e}om\acute{e}trie$  de l'objet o à la résolution r, si elle existe, ou la valeur à la résolution la plus proche de r, si elle existe.

```
ex: Select c.ville.position[8m ~] from c in Canton
where c.nom = "Vaud" and c.ville.nom = "Lausanne"

→ la géométrie à la résolution 10m.
```

 $o.g\'{e}om\'{e}trie.r\'{e}solutions() \hookrightarrow$  l'ensemble des résolutions pour lesquelles l'attribut  $g\'{e}om\'{e}trie$  de l'objet o possède une valeur :

```
ex: Select c.ville.position.résolutions() from c in Canton
where c.nom = "Vaud" and c.ville.nom = "Lausanne"
```

Le résultat est l'ensemble contenant les résolutions existantes pour l'attribut ville.position du canton dont le nom est Vaud et pour la ville Lausanne : {1, 10}.

D'autres méthodes ont aussi été définies, par exemple pour trouver la géométrie à la résolution la plus (ou la moins) précise ou la résolution la plus (ou la moins) précise stockée. Deux géométries à des résolutions différentes ne peuvent pas être comparées. Cependant, il peut être nécessaire de le faire (absence de données). Ainsi, nous proposons une méthode permettant d'étendre pour une requête donnée la validité d'une géométrie à une autre résolution. Par exemple, si nous avons une géométrie pour *Autoroute* à 10 m et une géométrie pour *Ville* à 15 m, il est possible de faire la requête suivante :

```
Intersect (Autoroute.géométrie[10], (10)Ville.géométrie[15])
```

Dans le cadre de la requête seulement, le système va utiliser la géométrie existante de Ville.

## 4. Résolution sémantique

Le concept de résolution sémantique s'applique aux caractéristiques thématiques de l'information. Dans ce cas, il permet de définir le niveau de détail sémantique avec lequel les données sont définies. Or, lors de la modélisation conceptuelle, selon le concepteur et les objectifs de l'application, les mêmes données peuvent être représentées par des concepts différents, par exemple des classes ou des attributs. La résolution sémantique peut ainsi intervenir dans la description de domaines hiérarchisés des valeurs d'attributs et dans la description de hiérarchies de classification.

## 4.1. Résolution sémantique des attributs à domaine hiérarchique

Les attributs de domaine hiérarchique changent de valeur lorsque la résolution sémantique change. Par exemple, l'attribut type d'occupation du sol d'un objet *Parcelle* aura pour valeur *musée histoire naturelle* à une résolution sémantique précise, *musée* à une résolution moins précise, etc. L'ensemble des valeurs possibles pour un musée d'histoire naturelle est écrit en caractères gras dans la figure 3. Un tel attribut prend ses valeurs dans un domaine arborescent. Seule la valeur la plus précise connue de l'attribut est conservée.

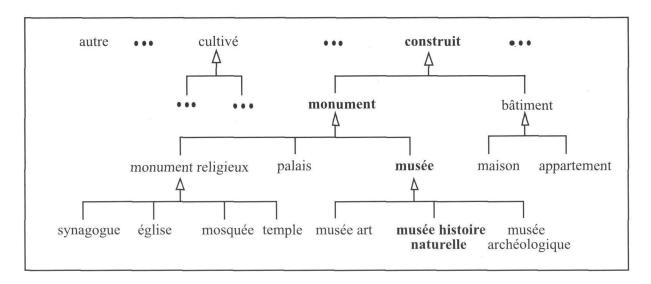


Figure 3 - Domaine de valeur hiérarchique de l'attribut : type-occupation-sol

#### 4.2. Interrogation des attributs à domaine hiérarchique

Un domaine de valeur arborescent est muni d'une relation d'ordre partiel comme dans un système de gestion de base de données [7]. Pour interroger les données à différents niveaux de résolution, un prédicat est associé au domaine. Il permet de tester si une valeur est un ancêtre d'une autre valeur. Par exemple :

Select p from p in Parcelle where p.type-occupation-sol > "monument religieux"

contient l'identifiant des parcelles ayant un descendant de monument religieux pour l'attribut type-occupationsol. Le descendant appartient à l'ensemble (synagogue, église, mosquée, temple).

Pour pouvoir changer de niveau de résolution pour un attribut dans une requête, une fonction Père() est définie. Cette fonction permet de remplacer la valeur d'un attribut par la valeur de son père dans la hiérarchie. Par exemple :

Select p from p, px in Parcelle

where px.numéro = "X77" and Père (p.type-occupation-sol) = Père (px.type-occupation-sol)

⇒ les parcelles ayant le même type-occupation-sol que la valeur du père de l'attribut type-occupationsol de la parcelle "X77".

# 4.3. Résolution sémantique des classes appartenant à une hiérarchie de classification

Une hiérarchie de classification présente des classes à des niveaux sémantiques différents. Afin de pouvoir répondre à des requêtes de niveaux sémantiques différents comme par exemple Liste des monuments , Liste des musées , le modèle doit offrir la multi-instantiation des objets c'est à dire que l'objet est conceptuellement instancié dans sa classe et dans toutes ses surclasses. La figure 5a modélise les monuments non plus comme une valeur de l'attribut occupation-du-sol mais comme une hiérarchie de classes. Un musée m est une instance des classes Musée et Monument. L'interrogation des données à des niveaux sémantiques différents ne nécessite donc pas la définition de nouveaux opérateurs. Par exemple, la liste des monuments (comprenant les musées et les statues ) est donnée par la requête suivante :

Select m from m in Monument

# 5. Estampillage des associations topologiques

Les relations topologiques changent-elles lorsque la résolution change ? Selon certains auteurs [2], les vraies relations topologiques ne changent pas lorsque la résolution change ; pour d'autres [3], les relations topologiques ne devraient pas changer mais suivant la façon dont est faite la généralisation cartographique, elles peuvent changer.

Certaines relations topologiques semble être indépendantes de la résolution : elles sont valables aussi longtemps que les objets reliés existent, par exemple l'inclusion et l'intersection. Au contraire, la disjonction sur une carte est un exemple typique de relation qui peut être vraie à une résolution et fausse à une autre, moins précise. La disjonction peut ainsi être remplacée par l'adjacence ou l'intersection. De la même façon, l'adjacence de deux objets surfaciques peut être remplacée par la disjonction si à une résolution moins précise les deux objets sont représentés par des points.

En conséquence, les associations topologiques doivent pouvoir être estampillées. L'estampillage des associations peut être fait de deux manières : on peut soit associer un ensemble de résolutions à l'association (sa nature reste constante), soit lui associer des paires <nature, résolution>. La première solution implique que, si une association change selon la résolution deux types d'association doivent être définis dans le schéma (un par résolution). L'autre solution permet de définir un seul type d'association dont la nature est alors générique.

Une relation topologique exprime une contrainte entre les géométries des deux objets liés. Pour que cette contrainte puisse être vérifiable, les deux géométries doivent être comparables à la même résolution. Soit t une association topologique reliant les objets spatiaux a et b. Soit Sa (resp. Sb, St) l'ensemble des résolutions associées à a (resp. b, t). A l'évidence, la contrainte suivante doit être vérifiée :

 $St \subseteq Sa \cap Sb$ .

Si St est vide, i.e. t ne dépend pas de la résolution ou n'est pas estampillée, la contrainte conduit à une intersection non vide : Sa  $\cap$  Sb  $\neq \emptyset$ .

# 6. L'agrégation des objets

Un autre cas où une entité du monde réel possède plusieurs représentations dans la base de données est celui où l'entité réelle est représentée globalement par un objet d'une classe et, de façon fragmentée, par un ensemble d'objets d'une (voire de plusieurs) autres classes. Par exemple, une rivière peut être représentée comme un objet *Rivière* et comme une agrégation de segments obtenus par un critère de segmentation. Pour relier les deux représentations (qu'elles soient à la même résolution ou non), le modèle de données doit inclure le concept d'agrégation.

Dans le contexte de généralisation spatiale, l'agrégation est réalisée par un groupe de trois opérateurs ayant des contraintes géométriques différentes (fusion spatiale, agrégation cartographique, agrégation d'abstraction) [6]. Cependant notre objectif n'étant pas de proposer des opérateurs mais des concepts descriptifs, et la sémantique étant la même dans les trois cas, notre modèle comporte un seul concept, l'association d'agrégation. C'est grâce aux mécanismes qui lui sont associés, la dérivation des attributs et les contraintes d'intégrité spatiale, que la distinction des différents cas est réalisée si besoin est.

L'association d'agrégation peut être utilisée dans différentes situations. Par exemple, la figure 4 présente un schéma où les objets d'une classe sont construits à partir des objets d'une autre classe auxquels on a appliqué la structuration [4] i.e. une opération de simplification spatiale qui construit à partir d'un ensemble d'objets surfaciques (bâtiments terrain dans notre exemple), un ou plusieurs objets (bâtiments structurés) dont la géométrie globale traduit l'aspect général des objets de départ mais pas nécessairement avec une cartographie à l'échelle 1/1. Les objets résultant de la structuration peuvent n'avoir aucune signification : c'est l'ensemble qui par sa forme, l'espacement entre les objets et la position des objets traduit

l'aspect général des objets de départ. Par exemple, la généralisation d'un ensemble de six bâtiments pourra créer un nouvel ensemble de quatre bâtiments. On ne sait pas quels sont les bâtiments sources d'un bâtiment généralisé. La seule correspondance qui puisse être établie se situe entre l'ensemble d'objets sources et l'ensemble d'objets résultats.

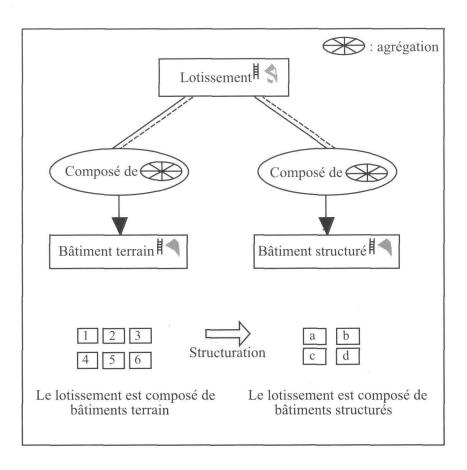


Figure 4 - Exemple d'agrégations

Cette situation est modélisée à l'aide de l'agrégation comme dans la figure 4. Un lotissement est composé de bâtiments terrain (source) et de bâtiments structurés (résultat). L'objet Lotissement possède un attribut estampillé géométrie avec deux valeurs, la géométrie dérivée de l'ensemble de Bâtiments terrain et la géométrie dérivée de l'ensemble de Bâtiments structurés.

```
Lotissement.g\'{e}om\'{e}trie[r1] = Aggregation(Compos\'{e}De.B\^{a}timentTerrain.g\'{e}om\'{e}trie[r1])
Lotissement.g\acute{e}om\acute{e}trie[r2] = Aggregation(Compos\acute{e}De.B\^{a}timentStructur\acute{e}.g\acute{e}om\acute{e}trie[r2])
```

Nous pouvons aussi définir une contrainte d'intégrité spatiale sur les rectangles englobant des géométries (MBR):

MBR (Lotissement.géométrie[r1]) = MBR (Lotissement.géométrie[r2])

## 7. Lien de généralisation/spécialisation

Dans une base de données multi-résolution, plusieurs objets peuvent décrire la même entité du monde réel à des niveaux de résolution sémantique différents. Le modèle de données doit donc inclure le lien de généralisation/spécialisation avec inclusion de population pour que, lors des requêtes, on trouve l'objet dans la surclasse et dans la sous-classe.

Les objets décrivant la même entité du monde réel peuvent ou non avoir la même géométrie dans la surclasse et dans la (les) sous-classe(s) :

#### 7.1. Même géométrie

Si les objets ont la même géométrie dans la surclasse et dans la sous-classe, et que toutes les sousclasses ont une géométrie du même type abstrait spatial, alors la géométrie est définie dans la surclasse et héritée par toutes les sous-classes.

#### 7.2. Même géométrie de domaine différent

Les objets dans la surclasse et dans la sous-classe ont la même géométrie, mais certaines sous-classes ont une géométrie d'un domaine différent (cf. fig. 5a). Un type abstrait spatial générique est associé à la surclasse et des types plus spécifiques sont définis dans les sous-classes. La géométrie est héritée avec raffinement.

La figure 5a présente une hiérarchie de généralisation pour une application dont certains traitements voient un ensemble d'objets *Monument* dont la géométrie est de domaine générique *GéoSimple* (point ou surface) regroupant les musées et les statues et d'autres traitements voient deux ensembles distincts, un ensemble de musées d'une part (de domaine surfacique) et un ensemble de statues d'autre part (de domaine ponctuel). Les géométries de *Musée* et *Statue* sont héritées avec raffinement de celles de *Monument*: tout objet possède une seule géométrie qui est de domaine *Point* si c'est une *Statue* et qui est de domaine *Surface* si c'est un *Musée*. Ces déclarations sont des contraintes d'intégrité obligeant les musées à être des surfaces et les statues à être des points. Ainsi les traitements portant sur *Monument* utiliseront les méthodes génériques de *GéoSimple* alors que ceux portant sur *Musée* (respectivement *Statue*) utiliseront les méthodes spécifiques de *Surface* (respectivement *Point*) et les traitements portant sur l'ensemble des monuments (musée et statue) utiliseront les méthodes génériques associées à *GéoSimple*.

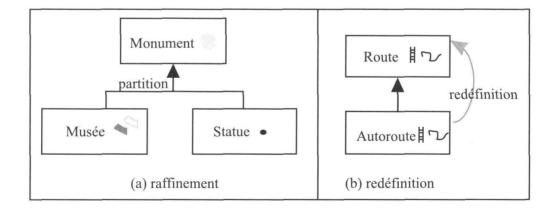


Figure 5 - Lien de généralisation

## 7.3. Géométries différentes

Les objets dans la surclasse et dans la sous-classe ont des géométries différentes. Ces géométries décrivent le même objet mais proviennent de résolutions spatiales différentes. Par exemple dans la figure 5b, une *Route* et une *Autoroute* sont des classes dont la géométrie est estampillée et de domaine Ligne. Dans cette base de données, on souhaite conserver les géométries des routes à la résolution 1 m et 10 m quand elles existent. Par contre pour les autoroutes, en plus des géométries aux résolutions 1 m et 10 m, on souhaite conserver une géométrie à la résolution 50m.

Dans ce cas, le modèle de données doit offrir le mécanisme d'héritage avec redéfinition afin qu'une seconde valeur soit mémorisée dans les objets de la sous-classe. La géométrie estampillée d'*Autoroute* est ainsi héritée avec redéfinition de celle de *Route* :

- les objets qui n'appartiennent qu'à la classe *Route* ont une seule géométrie estampillée : par exemple, une ligne pour la résolution 1 m et une ligne simplifiée pour la résolution 10 m ;
- les objets qui appartiennent à la classe *Route* et à la classe *Autoroute* (les autoroutes) ont deux géométries estampillées : la géométrie estampillée héritée de *Route* (les lignes à 1 m et à 10 m) et la géométrie estampillée redéfinie de *Autoroute* (les lignes à 1 m et à 10 m et, par exemple, une nouvelle ligne encore plus simplifiée à la résolution 50 m).

Pour être cohérente avec la géométrie estampillée de la surclasse, la géométrie redéfinie doit aussi être estampillée. Ainsi, la surclasse et la sous-classe manipuleront toutes deux une liste de géométries même si, comme dans notre exemple, la liste de géométries de la sous-classe ne contient qu'un seul élément.

Dans cet article, nous avons proposé d'utiliser la technique d'estampillage, (comme dans les bases de données temporelles) pour représenter la même information à des résolutions spatiales différentes. Cet estampillage s'applique aux attributs spatiaux et en particulier à l'attribut géométrie, attribut implicitement associé aux objets spatiaux. Il s'applique également aux associations topologiques pour définir leur intervalle de validité. Des règles de cohérence ont été définies pour la validation d'un schéma ainsi estampillé et pour l'interrogation de la base. Nous avons mis en évidence l'importance des concepts d'agrégation et de généralisation/spécialisation avec plusieurs mécanismes d'héritage (simple, raffiné, redéfini) pour assurer la cohérence de plusieurs représentations dans des classes différentes des mêmes entités du monde réel.

Nous avons également abordé le problème de la multi-résolution sémantique des attributs pour laquelle nous reprenons l'approche développée dans un article précédent [6]. Nous avons montré comment la multi-instantiation permet de résoudre simplement la question de la finesse de classification.

Il nous reste à établir une définition formelle de l'estampillage multi-résolution. La représentation de points de vue multiples sur les objets, autre facteur clé de la multi-représentation, est étudiée actuellement mais n'est pas discutée dans cet article.

#### Remerciements

J'aimerais remercier le Professeur Stefano Spaccapietra et le Professeur Christine Parent pour leur contribution à ce travail, pour leurs commentaires et leur constant support.

## Références bibliographiques

- [1] DEVOGELE T., PARENT C., SPACCAPIETRA S., 1998 : On spatial database integration, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 12, n° 4
- [2] JONES C.B., KIDNER D.B., LUO L.Q., BUNDY G.L., WARE J.M., 1996: Database design for a multi-scale spatial information system, *International Journal of Geographical Information Systems*, Vol. 10, n° 8, pp. 901-920
- [3] KILPELAÏNEN T., SARJAKOSKI T., 1993: Knowledge-based methods and multiple representation as means of online generalization, in Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Cologne, Mai 3-9, pp. 211-220
- [4] LAGRANGE J.P., RUAS A., 1993: Etat de l'art en généralisation, Rapport technique IGN, DT 93-0538
- [5] MOLENAAR M., 1998: Composite objects and multiscale approaches in M. Molenaar, éd: An introduction to the theory of spatial object modelling for GIS, Londres, Taylor & Francis, pp. 161-191
- [6] PARENT C., SPACCAPIETRA S., ZIMANYI E., DONINI P., PLAZANET C., VANGENOT C., ROGNON N., CRAUSAZ P.A., 1997: MADS, modèle conceptuel spatio-temporel, Revue internationale de géomatique, Vol. 7, n° 3-4, pp. 317-352
- [7] SCHOLL M., VOISARD A., PELOUX J.P., RAYNAL L., RIGAUX P., 1996 : SGBD Géographiques, Spécificités, International Thomson Publishing
- [8] STELL J., WORBOYS M., 1998: Stratified Map Spaces: A formal basis for multi-resolution spatial databases, *Proceedings of the 8th International Symposium on Spatial Data Handling*, SDH'98, p. 180-189
- [9] VANGENOT C., 1998: Représentation multi-résolution, Concepts pour la description de bases de données avec multi-représentation, in : Les nouveaux usages de l'information géographique, Actes des Journées Cassini 1998, Revue internationale de géomatique, Vol. 8, n° 1-2, pp. 121-147