

# Intégration de la temporalité dans les données de référence

## Cas du système d'information du territoire genevois

C. MÉDICI (ENSG), L. NIGGELER (SEMO GENÈVE), D. BENI (ARXIT), P. BORDIN.

**N**ous vivons tous dans un espace en quatre dimensions : les trois dimensions spatiales et la dimension temporelle. À l'heure actuelle, les logiciels de gestion de données spatiales ne gèrent pas la chronologie : ils représentent l'état d'un lieu à une date donnée, mais cette date est fixe et peu exploitable. Cependant, la dimension temporelle est importante dans de nombreux domaines, notamment au canton de Genève, et plus précisément au Service de la Mensuration Officielle (SEMO), qui souhaiterait pouvoir voir l'évolution son plan cadastral. La question reste alors la même quel que soit le corps de métier : comment observer un état géographique à un instant donné dans le passé ou l'avenir ? Quelle modélisation de base de données adopter afin qu'elle puisse aujourd'hui ou dans un avenir proche répondre aux besoins temporels ? Comment reproduire à l'identique l'état d'un SIG dans le passé ?

Dès 2002, le Canton de Genève a dû faire face à cette problématique en modélisant une base de données temporelle afin de répondre au besoin d'affichage de données trafic en temps réel (<http://www.geneve.ch/infomobilité>).

Les questions évoquées ci-dessus ont pu être étudiées dans le cadre d'un stage avec l'aide des experts de la société *arx iT* (<http://www.arxit.com>).

### La dimension temporelle, un besoin universel grandissant

Depuis les années 80, de nombreux chercheurs ont exposés leurs théories sur la modélisation spatio-temporelle de base de données, et de nombreux modèles de données ont vu le jour. Ces derniers varient cependant beaucoup en fonction de leurs finalités. Aujourd'hui, les besoins se font ressentir dans de nombreux corps de métier, comme la recherche médicale et biologique, l'économie, l'environnement, l'histoire. Les logiciels SIG semblent être les outils les plus adaptés à ce genre de demandes. Pleinement adaptés aux aspects spatiaux et attributaires, ils peinent à intégrer la dimension temporelle, bien qu'ils en aient la capacité.

La modélisation temporelle peut être totalement différente en fonction du type temporel des objets que l'on souhaite visualiser. Effectivement, il existe deux types d'évolutions temporelles : l'évolution continue et l'évolution discrète.

Lorsque l'on parle d'évolution continue, on considère que l'objet change en permanence. Par exemple la température en un point donné évolue de manière continue. On retrouve ces phénomènes dans les domaines de

la médecine, lors du suivi de la propagation des maladies, mais aussi dans le domaine de l'environnement où l'on étudie les flux migratoires de la faune ou la flore ou encore les fluctuations des débits des rivières dues à la fonte des glaces (dans le cadre de la prévention des crues). Le besoin d'outils de gestion spatio-temporel dans ces domaines est très fort, car la visualisation de ces flux appuierait les analyses et les prévisions cyndinologiques.

Les objets évoluant de manière discrète passent d'un état à un autre de façon brusque ; on parle alors d'« événement » pour caractériser ce changement. Dans la suite de cet article, on se penchera plus particulièrement sur des cas traitant des objets discrets. Ils constituent une grande partie des besoins : on les retrouve dans les problématiques de gestion de plan d'occupation des sols, de cadastre, de plan historiques ou d'urbanisme. Dans ces domaines, on s'appuie parfois sur des archives ou une certaine forme d'historisation des données, c'est alors que la gestion chronologique devient importante. Cette « historisation » des données n'est pas forcément bien gérée partout et pourtant elle renferme des informations précieuses, car elle représente la seule trace restante du passé. La mise en place d'outils temporels permettrait alors d'implémenter une trajec-

topographie temporelle automatique et numérique, ce qui faciliterait l'archivage et permettrait aussi une interaction de l'utilisateur avec ces données. La mise à disposition de tous de ces données servirait alors de nombreux secteurs, comme le bâtiment, par exemple, où il est toujours intéressant de savoir ce qu'il a été construit auparavant en un lieu donné. C'est dans cette optique que s'est inscrit un stage étudiant l'adaptation d'une base de données dans le but de gérer les aspects temporels des objets.

## Contexte

Le SEMO assure le cadre de référence spatial des systèmes d'information du territoire du Canton de Genève. Il est responsable de l'existence et de la qualité des données de la mensuration officielle qui comprend les données spatiales de référence. Ces données sont mises à jour de manière continue et la base de données représente l'état du territoire d'aujourd'hui.

Le service de la mensuration officielle voudrait étendre ces fonctionnalités afin de pouvoir visualiser et interroger un plan cadastral à un instant *t*. Cet outil, que le SEMO aimerait mettre en place, répond à une incitation fédérale législative qui encourage l'historisation des données géographiques, mais aussi à une envie d'évolution des SIG qui facilitera le travail des opérateurs. On pourrait ainsi, en plus d'observer un plan cadastral à une date donnée, retrouver l'origine d'erreurs en tenant un registre des corrections.

Le système d'information du territoire genevois (SITG) compte deux bases de données : la base de données « métier » sur laquelle tous les opérateurs travaillent ; la base de données de consultation, accessible via le web. La mise à jour des objets cadastraux s'effectue en collaboration avec le registre



Figure 1 : Extrait du plan cadastral de Genève.

foncier. Ce dernier réceptionne les documents relatifs aux mutations, effectue une première vérification avant de transférer le dossier au SEMO, qui procède à la mise à jour spatiale. Une fois cette actualisation effectuée, le registre foncier récupère le dossier pour la vérification de sortie. Or, lors de cette vérification, le registre foncier doit connaître la géométrie de l'objet avant sa mutation ; mais la mise à jour spatiale ayant été effectuée, le dessin primitif n'est plus disponible. Le voyage graphique dans le temps devient non seulement un besoin utilisateur, mais aussi un fort besoin métier. Les types de modifications géométriques et attributaires sont multiples et variés au sein du service. La problématique se complexifie alors avec la prise en charge dans un modèle temporel de ces mises à jour.

## Modélisation temporelle

En préalable à la construction d'un modèle de données temporelles, il faut se renseigner sur la base de données « métier »,

son utilisation, et son mode de fonctionnement. Il faut également recenser tout ce qui a été produit dans le domaine pour compiler un « état de l'art ». Le modèle a été choisi en fonction de cet état de l'art et des quelques outils temporels développés dans les logiciels SIG.

Puis, avant de rentrer dans les détails de la modélisation de la base de données, il a fallu déterminer comment intégrer la temporalité dans une architecture de données déjà en place. Le choix s'est alors porté sur la création d'une nouvelle base de données, qui contiendrait tous les objets « vivants » et tous les objets « radiés », organisée selon un modèle de données adapté à la gestion du temps.

Nous avons opté pour une duplication de la base de données en raison de la maniabilité de la base usuelle : la base de travail est propice aux changements de modèle, or on ne peut, dans une base historique, opérer de tels changements, pour la simple raison que l'on pourrait perdre de l'information historisée et, par là même, tout l'intérêt de cette historisation.

La figure 2 représente l'architecture générale des données incluant la base de données temporelle. La transmission des informations d'une base à l'autre se fera soit automatiquement via des scripts, soit manuellement par un opérateur, via une interface spécialement conçue.

La gestion temporelle se traduit par l'ajout d'attributs temporels. Chaque objet doit posséder, dans le modèle temporel une date de création, une date de radiation ainsi qu'un identifiant unique : cet

radié, et sa date de radiation également renseignée. On peut ainsi procéder à une historisation de toutes les modifications apportées sur une couche.

L'ajout d'une table « événement » s'est révélé un élément important et propre aux besoins du SEMO, qui désirait pouvoir interroger les objets afin de connaître les raisons des mutations, créer des rapports répertoriant toutes les modifications des objets avec leur descriptif selon un intervalle de temps ou un type de mutation. En oppo-

seuls sont préservés les attributs les plus importants que l'on veut historiser. Les couches sont donc constituées des attributs que l'on a choisis, des dates de création et de radiation, ainsi que des identifiants faisant référence aux événements de création et de radiation de chaque objet. On obtient alors une modélisation simplifiée de la base de données représenté par le schéma de la figure 3.

La base se remplit au fil des mises à jour, des modifications, des créations, et des suppressions d'objets : chaque couche est alors constituée de la superposition de tous les objets vivants ou radiés. Cette superposition rend impossible la validation des règles topologiques usuelles dans la base temporelle, si bien que, afin de conserver une cette validité topologique, il est important de ne copier que les objets valides de la base usuelle à la base temporelle, et de transférer tous les objets, même ceux ayant subi des modifications géométriques mineures.

Le transfert des données d'une base à l'autre s'opère à chaque fin de mise à jour. Tout objet modifié est considéré comme radié, et sa date de radiation est remplie. L'objet transformé devient un objet neuf qui sera copié dans la base temporelle avec les champs de création saisis ; la table événement se remplit également à chaque ajout et suppression d'objet.

Cette modélisation permet une exploitation des données temporelles par les outils développés sous ArcGIS 10. Le modèle de données offre également l'exploitation d'autres fonctionnalités pour lesquelles aucun outil n'existe, comme la création interactive de rapport ou les requêtes spatio-temporelles.

Ce modèle ne prétend en aucun cas être le modèle historique idéal, il reste peu maniable et assez

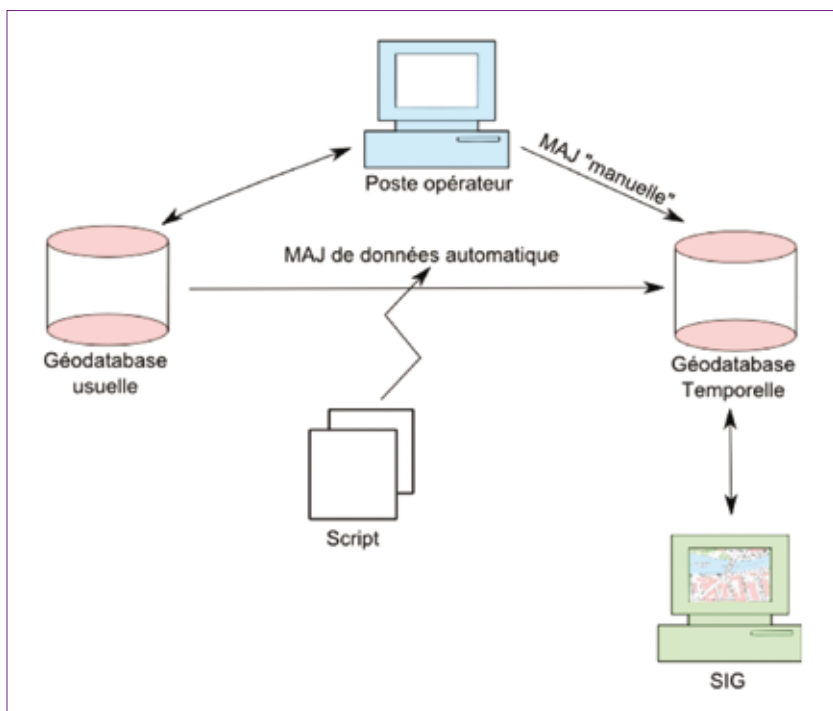


Figure 2 : Architecture générale des données.

identifiant unique est indispensable dans le cas de l'historisation des données. Les deux dates permettent de définir la durée de vie de chaque entité, c'est-à-dire l'intervalle de temps durant lequel elles devront apparaître. L'objet, dans la base temporelle, se compose d'une entité géométrique unique, accompagné de ses attributs. Dès qu'un attribut est modifié ou que la géométrie change, un nouvel objet doit être créé et sa date de création fixée au moment de la mutation ; simultanément, l'objet modifié se trouve

situation aux objets qui « vivent » pendant un intervalle de temps, l'événement constitue un ponctuel temporel. On retrouve alors le schéma des objets de type discret qui alternent entre intervalle et événements : deux événements encadrent tout intervalle de vie.

À titre d'exemple, prenons le cas simplifié (bien qu'inspiré du cas pratique du SEMO) de la gestion temporelle du cadastre. Ce dernier comporte trois couches : les parcelles, les bâtiments et les adresses. Dans la base temporelle,

contraignant en raison des transferts à effectuer. Un modèle abouti devrait tout historiser : chaque couche, attribut ou objet posséderait une date de création et une date de radiation ; on pourrait alors ne plus seulement exporter un objet historisé, mais aussi un objet accompagné de son modèle. Il n'y a pas, aujourd'hui, d'outil de gestion de base de données gérant ce concept, qu'on ne peut donc pas encore réellement exploiter. Le modèle précédemment proposé ne propose donc qu'un premier pas vers la temporalité, dans l'attente de modèles et d'outils plus puissants.

## Réalisation de prototypes

Afin de confirmer la validité de cette modélisation deux prototypes ont été conçus. Le premier directement à partir des données du SEMO : une couche archive est tenue à jour, à chaque changement, l'objet radié est déplacé dans cette couche et la date de radiation est saisie automatiquement. Cet archivage s'opère sur trois couches : les parcelles, les bâtiments et les adresses. Ces trois couches archives furent donc adaptées au modèle de données précédemment décrit. Grâce à l'outil Temps d'ArcGIS 10, l'évolution de ces couches a pu être visualisée sous ArcMap. L'outil temporel d'ArcGIS permet de visualiser une carte à un instant précis ; la temporalité peut être activée sur les couches que l'on souhaite, à condition qu'elles contiennent au moins un attribut de type Date. Dans notre cas, la temporalité prend en compte les deux dates, celle de création et celle de radiation. Le curseur agit alors comme un filtre, qui ne retient que la visualisation des objets dont la date sélectionnée est comprise entre les deux dates de création et de radiation de l'objet.

Un second prototype a été réalisé pour la direction des sites et patrimoine de Genève qui, intéressé par la problématique, a mis à notre disposition ses données. En se basant sur le même modèle, nous avons réalisé une autre base de données temporelle, et l'évolution des données a pu être visuali-

seulement remonter le temps en termes d'objet, mais aussi en termes de structure même du SIG : en plus de préserver les informations historiques sur les objets, on garde une trace de l'évolution du SIG lui-même ; la base temporelle fusionnerait avec la base de travail.

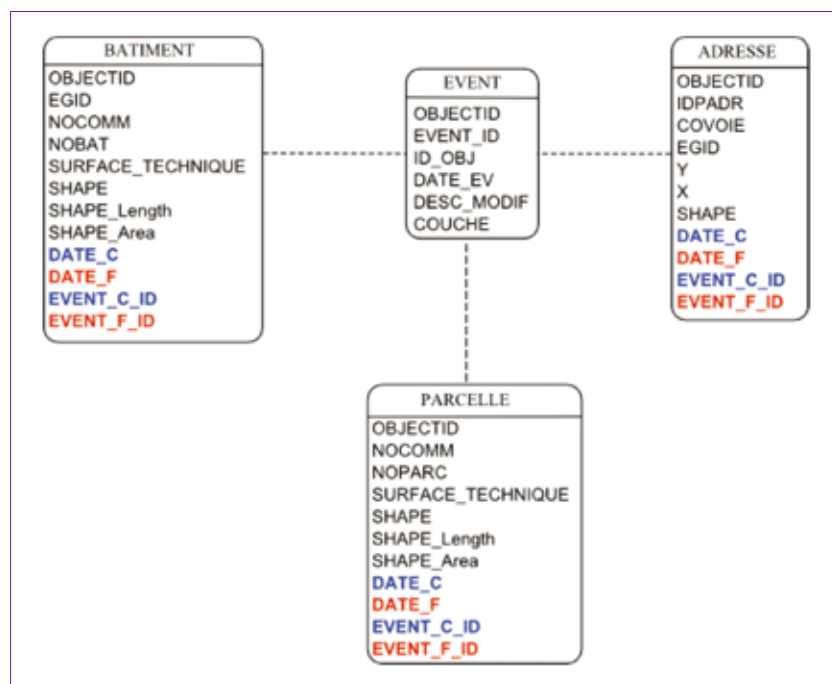


Figure 3 : Modèle temporel conceptuel simplifié de données.

sée par les outils ArcGIS. L'outil Temps ne permet pas seulement une visualisation, mais aussi des requêtes ainsi que la demande d'information.

## Conclusion

Ce modèle de base de données temporelle est tout à fait satisfaisant en termes de visualisation cartographique et en termes d'interrogation de la base. Cependant, il n'est qu'un premier pas, qu'une première approche de la réelle gestion de temps dans les SIG. On voudrait pouvoir reconstituer un SIG complet dans l'état dans lequel il fut à une date donnée, avec les règles topologiques et de construction géométriques d'alors et le modèle de données de cette époque. L'idéal serait de ne pas

Cette architecture est l'architecture idéale d'une base temporelle, cependant aujourd'hui rien ne permet de concevoir une telle base, ni de l'exploiter. C'est pourquoi il est important d'expérimenter sur des prototypes afin de mieux comprendre nos besoins.

Le modèle décrit dans cet article répond aux attentes de nombreuses personnes, et constitue pour l'instant un très bon moyen d'exploiter et de conserver l'historicité des objets. Quand bien même un modèle plus poussé serait plus facilement manipulable et plus puissant, il ne serait pas forcément adapté à tous. Cette première approche peut donc constituer une réponse adéquate et aisée à mettre en place dans certains domaines. ■