



## Intégrer et gérer la temporalité dans le système d'information du territoire genevois ([www.SITG.ch](http://www.SITG.ch))

Nous vivons dans un espace en quatre dimensions ; les trois dimensions spatiales et la dimension temporelle. A l'heure actuelle, les logiciels de gestion de données spatiales ne gèrent pas l'aspect temporel. 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 pour l'administration de l'Etat de Genève, précisément le service de la Mensuration Officielle (SEMO) dont les actions nécessitent de pouvoir disposer d'une vision juste de l'évolution du cadastre dans le temps.

La question est identique quel que soit le corps de métier : Comment observer un état géographique à un instant donné, dans le passé ou dans le futur ? 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 en temps réel sur l'état de la circulation ([www.geneve.ch/infomobilite](http://www.geneve.ch/infomobilite)).

Ces questions ont été abordées durant le stage de Claire MEDICI, effectué durant l'été 2011 au SEMO, avec l'assistance technique de la société arx IT ([www.arxit.com](http://www.arxit.com)).

## Connaître et maîtriser l'histoire des données, un besoin général croissant

Depuis les années 80, de nombreux chercheurs ont exposé leurs théories sur la modélisation spatio-temporelle de bases de données. De nombreux modèles de données ont alors vu le jour. Ces modèles varient beaucoup en fonction de leurs finalités. De nombreux corps de métier connaissent des besoins similaires. C'est le cas par exemple dans le domaine de la recherche médicale et biologique, de l'économie, de l'environnement, de l'Histoire. Les logiciels employés pour la gestion des systèmes d'informations géoréférencées (SIG) constituent semble-t-il les outils les plus adaptés à ce genre de demandes. Ils peinent cependant à intégrer la dimension temporelle, bien qu'ils en aient la capacité.

La modélisation temporelle peut être totalement différente selon le type d'objets dont on souhaite intégrer la temporalité pour pouvoir les visualiser sous cet angle particulier.

Il existe deux types d'évolutions temporelles : l'évolution continue et l'évolution discrète.

→ **L'évolution continue** considère que l'objet change en permanence. Par exemple, la température en un point donné évolue de manière continue. Ces caractéristiques sont présentes dans les domaines de la médecine, avec l'étude de la propagation des maladies, de l'environnement, où l'on étudie les flux migratoires de la faune ou de la flore, ou encore la fonte des glaces et la montée du niveau des eaux.

Il existe un besoin réel et important d'outils de gestion spatio-temporels dans ces domaines. En effet la visualisation de ces types de flux permettrait d'analyser et d'anticiper les risques et les dangers, afin de mieux les prévenir.

→ **L'évolution discrète** concerne les objets dont l'état se modifie de manière brusque. On parle alors d'« événements » pour caractériser leur changement. Dans la suite de cet article on se penchera plus particulièrement sur des cas d'objets discrets. Ils représentent une grande partie des besoins. On les retrouve en particulier dans les plans d'occupation des sols, le cadastre, les plans d'urbanisme ou historiques. Ces domaines pratiquent l'archivage, ou tout au moins une certaine forme d'historisation des données. Ce type de classement permet de conserver des informations précieuses qui constituent la seule trace existante de la forme passée, mais l'absence de systématique représente un handicap pour une gestion harmonisée selon des critères communs à l'ensemble des utilisateurs.

C'est pourquoi la mise en place d'outils temporels spécifiques permettrait d'implémenter une historisation automatique et numérique, qui faciliterait l'archivage et permettrait aussi une meilleure interaction entre l'utilisateur et les données à disposition. Ces données serviraient dans de nombreux secteurs, comme celui du bâtiment où il est intéressant de connaître l'histoire des différentes implantations en un lieu donné.

C'est dans cette optique que l'adaptation d'une base de données destinée à gérer la temporalité des objets a été étudiée dans le cadre du stage mentionné plus haut.

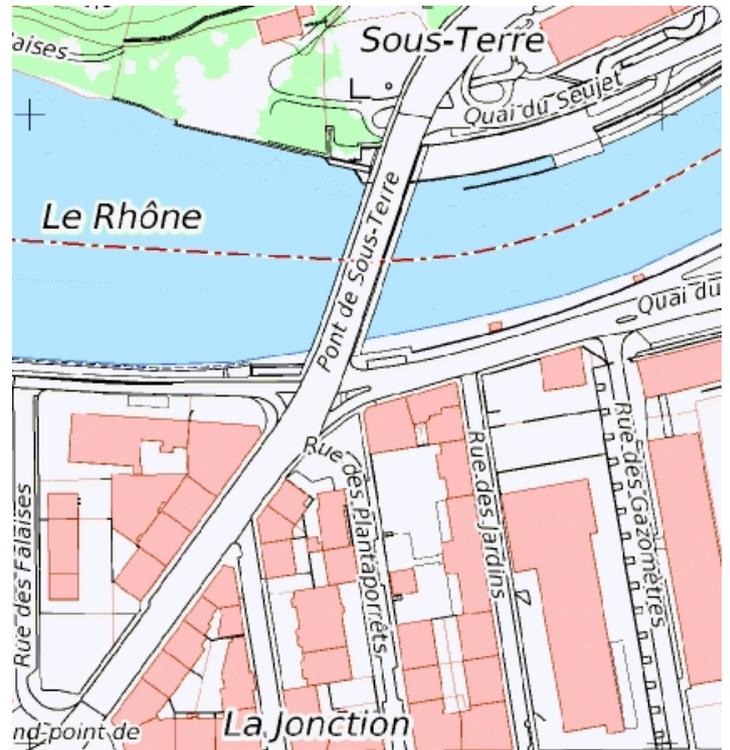


Figure 1 : Extrait du plan de base de Genève

## Le contexte temporel des bases de données genevoises est appelé à évoluer

Le SEMO assure le cadre de référence spatial des systèmes d'information du territoire du canton de Genève. Ce service garantit l'existence et la qualité des données de la Mensuration officielle genevoise, qui réunit l'ensemble des données spatiales de référence ainsi que les règles de leur gestion et de leur maintenance. Les données sont mises à jour de manière continue au sein d'une base, qui contient et présente l'état du territoire tel qu'il existe aujourd'hui.

Le service de la mensuration officielle souhaite développer de nouvelles fonctionnalités, qui puissent permettre de **visualiser** et d'**interroger** à un instant « t » par exemple un plan cadastral. La mise en place d'un tel outil est prévue dans la Loi fédérale sur la géoinformation (LGéo) qui incite à l'historisation des géodonnées. Cette mise en place s'avère nécessaire pour permettre aussi l'évolution des systèmes d'informations géoréférencées, qui facilitera le travail des opérateurs. En plus d'observer un plan cadastral à une date donnée, il deviendra alors possible de déterminer l'origine d'erreurs de cadastration, grâce à un historique des corrections.

Le Système d'information du territoire genevois ([www.SITG.ch](http://www.SITG.ch)) est actuellement constitué de deux bases de données : la base de données « métier » sur laquelle travaillent les opérateurs de la mensuration officielle et les géomaticiens, et la base de données de consultation accessible via le web. La mise à jour des objets cadastraux s'effectue en collaboration avec le service du Registre foncier. C'est en effet ce service qui réceptionne les documents relatifs aux mutations, autrement dit les modifications des données de la mensuration, comme par exemple la réunification ou la division de parcelles, la prise en compte de l'emprise de nouveaux bâtiments, de murs, de routes, etc..

Le Registre foncier procède à une première vérification de la conformité entre les actes notariés qui valident les modifications, et l'information fournie par le SEMO concernant les données. Le dossier retourne ensuite au SEMO, qui effectue une « mise à jour spatiale ». Cette mise à jour une fois effectuée, le dossier passe au Registre foncier pour une dernière vérification. C'est lors de cette vérification que le Registre foncier doit pouvoir connaître la géométrie de l'objet avant sa mutation. Or à ce stade de la procédure, la mise à jour spatiale a déjà été effectuée.

Il s'avère donc indispensable de conserver une trace de l'état antérieur des objets. Car les différentes modifications - géométriques ou attributaires - sont multiples et variées. Cette variété s'accroît encore avec le besoin de prendre en charge le modèle temporel des différentes mises à jour.

## Modélisation temporelle

Avant de construire le modèle de données temporel proprement dit, il était indispensable d'enquêter sur les capacités de la base de données « métier », sur son fonctionnement et son utilisation. Il était aussi nécessaire de connaître l'état de l'art dans le domaine de la prise en charge de la temporalité des données. Ces différentes exigences, alliées à l'examen des quelques outils temporels développés dans les logiciels utilisés pour les SIG, ont permis de déterminer un modèle pertinent pour répondre aux besoins de la Mensuration officielle genevoise.

La manière d'intégrer la temporalité dans une architecture de données déjà en place a ensuite fait l'objet d'une analyse spécifique. Le choix s'est finalement porté sur la création d'une nouvelle base de données, qui puisse contenir simultanément tous les objets « vivants », c'est-à-dire actuellement visibles, et tous les objets « radiés », c'est-à-dire obsolètes, avec une fonction de gestion du temps.

Le schéma ci-contre présente l'architecture générale des données incluant la nouvelle 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 conçue à cet effet.

La gestion temporelle sera rendue possible grâce aux attributs temporels.

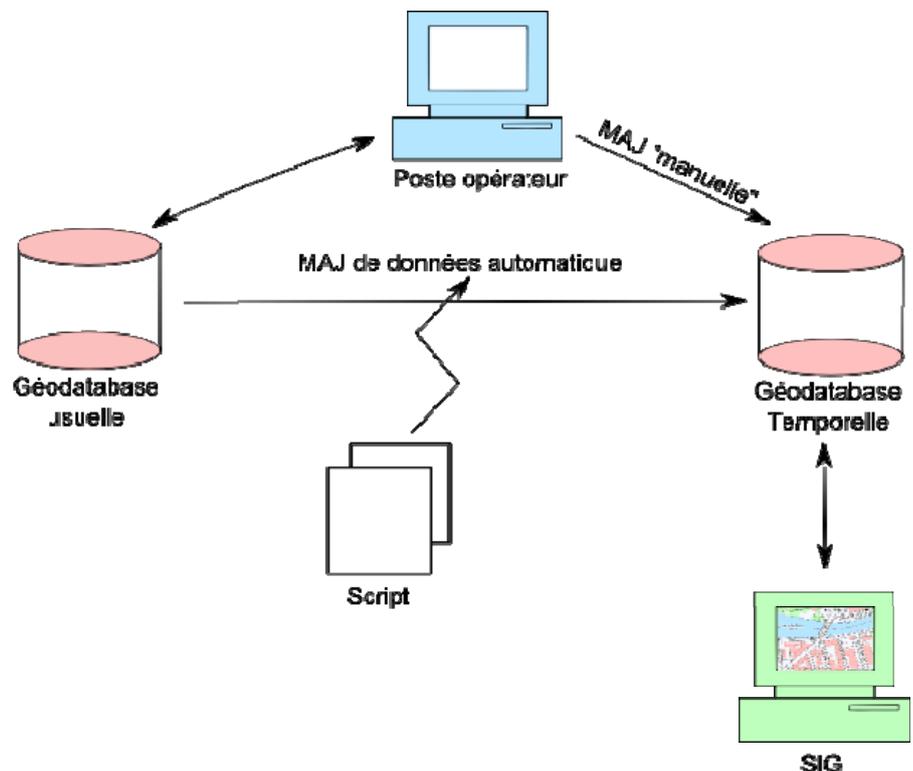


Figure 2: Architecture générale avec base

En effet, chaque objet doit avoir dans le modèle temporel une **date de création**, une **date de radiation** ainsi qu'un identifiant unique.

Cet identifiant unique est indispensable dans le cas de l'historisation des données, sans quoi la gestion des objets n'est pas possible. Ce système de notation des dates permet d'attribuer

à chaque entité sa propre durée de vie. Chaque objet possède une particularité au sein d'une base temporelle : il constitue une entité géométrique accompagnée de ses attributs. Or, dès qu'un attribut est modifié ou que la géométrie change, un nouvel objet doit être créé. Tout objet qui subit une modification doit alors être radié et un nouvel objet doit être créé à sa place. C'est de cette manière que la temporalité des objets rassemblés au sein d'une même couche de données peut être prise en compte.

Pouvoir interroger un objet afin de connaître l'histoire et les caractéristiques de sa modification ; pouvoir créer des rapports répertoriant toutes les modifications avec leur descriptif en fonction d'un objet, d'un intervalle de temps, ou d'un type de mutation, faisait partie des objectifs à atteindre grâce à la modélisation de la base de données.

Contrairement aux objets qui sont dotés d'une certaine durée de vie, la catégorie des événements correspond à des objets ponctuels dans le temps. Ils évoluent sur le mode discret que l'on a décrit précédemment.

Pour illustrer ces différences, prenons le cas de la gestion temporelle du cadastre. Soient trois couches : les parcelles, les bâtiments et les adresses.

Dans la base temporelle, les attributs que l'on souhaite exploiter de manière temporelle sont conservés. Les couches correspondant à ces objets sont constituées des attributs 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, comme le montre le schéma ci-dessous.

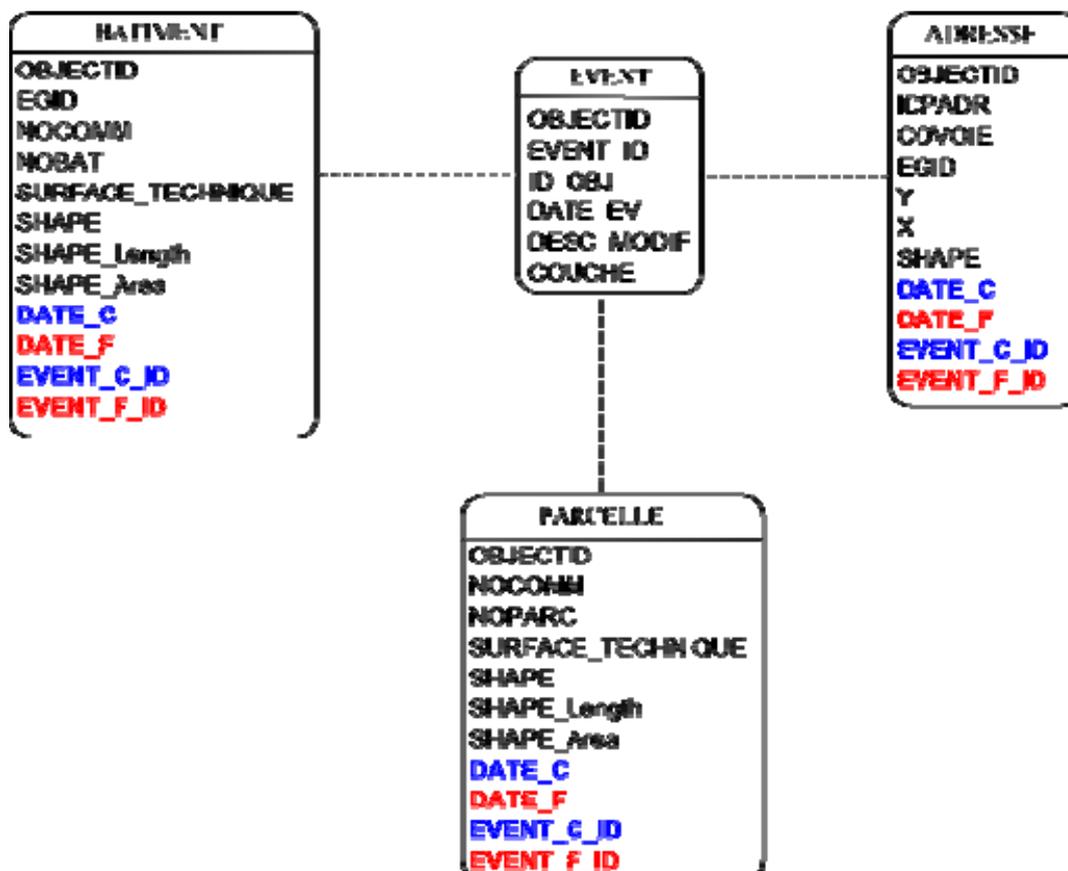


Figure 3 : Modèle conceptuel simplifié des données

La base se remplit alors au fur et à mesure des mises à jour, des modifications, des créations et des suppressions d'objets. Chaque couche est constituée de la superposition de tous les objets radiés ou encore en vie. Mais cette superposition rend impossible la validation des règles topologiques usuelles dans la base temporelle. Afin de pouvoir conserver la 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 a lieu à la fin de chaque mise à jour. Tout objet modifié est considéré comme radié, et sa date de radiation est inscrite. L'objet modifié est un nouvel objet, qui sera copié dans la base temporelle et dont les champs de création seront saisis. La table des événements se remplit également, à chaque ajout et suppression d'objet. Cette modélisation permet d'exploiter des données temporelles, en utilisant les outils développés sous ArcGIS 10. Le modèle de données permet également d'exploiter d'autres fonctionnalités, pour lesquelles les outils ne sont pour le moment pas développés, comme par exemple la création interactive de rapports, ou encore les requêtes spatio-temporelles.

Ce modèle ne prétend en aucun cas être le modèle historique idéal ; il reste peu maniable et assez contraignant, en raison du volume des transferts à effectuer. Un modèle parfaitement efficient devrait permettre de tout « historiser ». Chaque couche, chaque attribut, chaque objet, devrait être repérable par une date de création et une date de radiation. Il deviendrait alors possible d'exporter un objet historisé, accompagné de son modèle. Il n'existe pas à l'heure actuelle d'outil capable d'effectuer ces procédures. Le modèle proposé ici constitue donc un premier pas vers la prise en compte de la temporalité dans la gestion des données géométriques, en attendant de pouvoir travailler avec des modèles et avec des outils plus puissants.

## Du modèle au prototype

Afin de pouvoir confirmer la validité de cette modélisation, deux prototypes ont été conçus. **Le premier prototype** a été réalisé directement à partir des données du SEMO. Une couche « archive » est tenue à jour, dans laquelle l'objet radié est copié lors de chaque mise à jour, et sa date de radiation saisie automatiquement. Cet archivage s'opère dans 3 couches : les parcelles, les bâtiments et les adresses. Ces trois couches « archives » ont été adaptées au modèle de données précédemment présenté.

L'évolution de ces couches a pu être visualisée sous ArcMap avec l'outil temporel d'ArcGIS 10, qui permet de visualiser une carte à un instant choisi.

La temporalité peut alors être activée pour les couches souhaitées, à condition qu'elles contiennent au moins un attribut de type « Date ». Dans notre cas, la temporalité prend en compte les deux dates, de création et de radiation. Le curseur des dates agit comme un filtre, qui permet de visualiser uniquement les objets dont la date sélectionnée est comprise entre les dates de création et de radiation de l'objet considéré.

**Le second prototype** a été créé pour répondre aux besoins de la Direction des patrimoines et des sites du canton de Genève. En se basant sur le même modèle que précédemment, une base de données temporelle a été mise en place, et l'évolution des données a pu être visualisée par les outils ArcGIS.

L'outil Temps permet de visualiser des données et de saisir des requêtes.

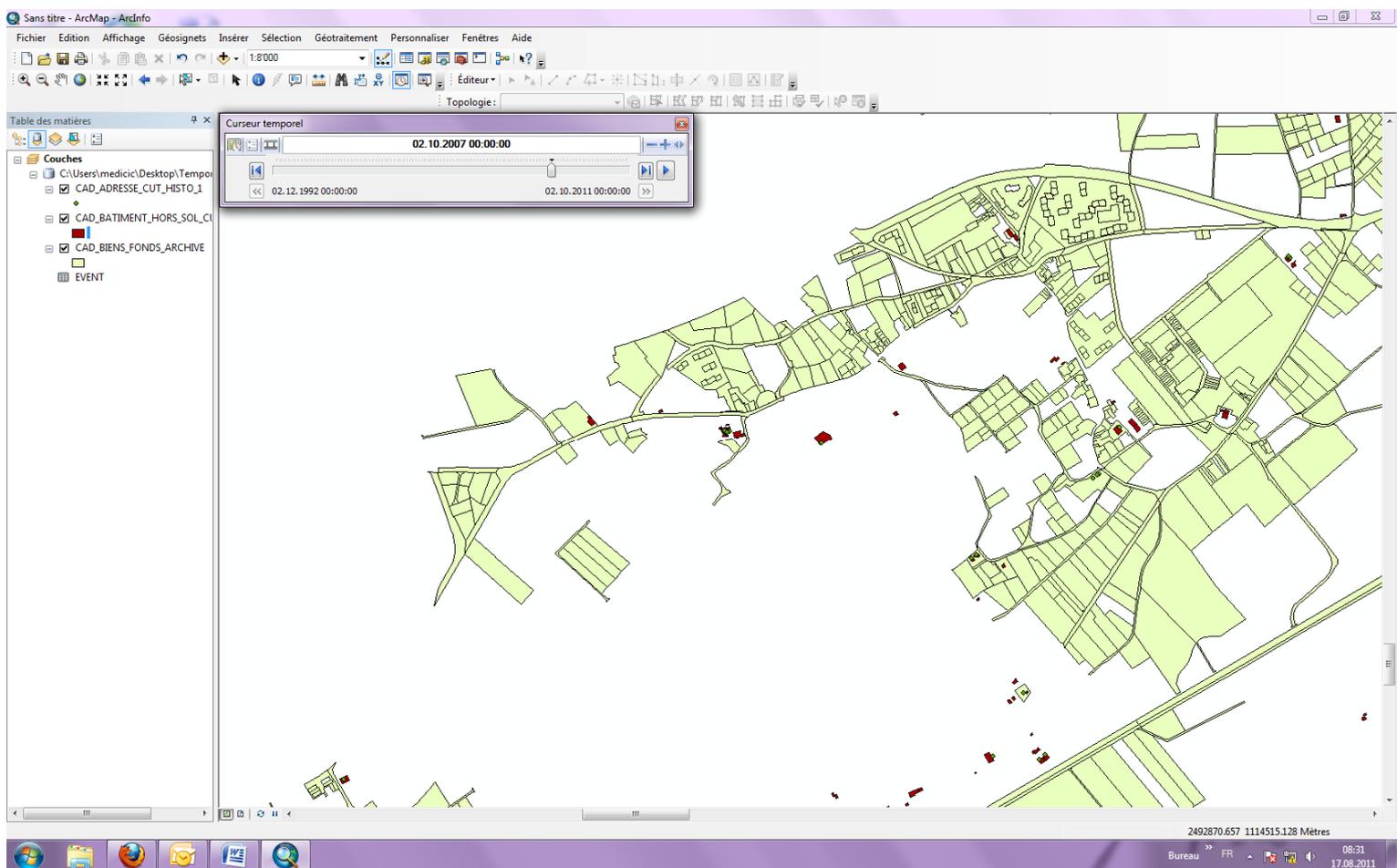


Figure 4 : Aperçu écran des données Archives du SEMO

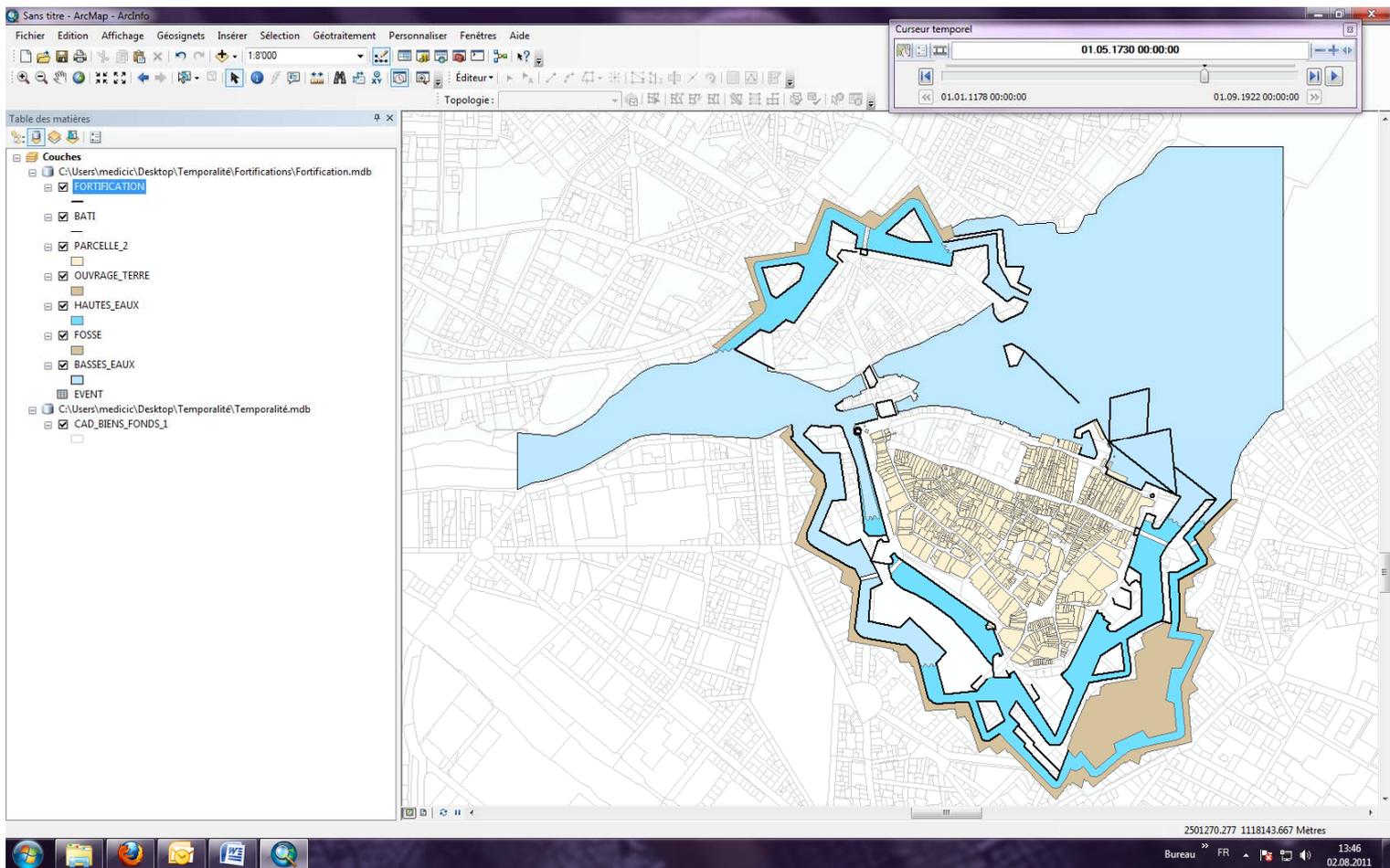


Figure 5 : Aperçu écran des données des Site et Patrimoine

## Conclusion :

Le modèle de base de données temporelles est tout à fait satisfaisant en terme de visualisation cartographique et en terme d'interrogation de la base. Il représente un premier pas vers une gestion du temps généralisée dans les SIG. Il est souhaitable de pouvoir à terme reconstituer un SIG complet, de manière à pouvoir représenter et analyser un état antérieur, au moyen des règles topologiques et géométriques et du modèle de données du moment de l'observation. Il s'agirait donc de pouvoir « remonter le temps », pour ce qui concerne les objets géométriques, comme pour ce qui concerne la structure du SIG. En plus de pouvoir préserver les informations historiques sur les objets, c'est la trace de l'évolution du SIG lui-même qui serait conservée. La base temporelle fusionnerait alors avec la base de travail, pour former une base unique. Cette nouvelle forme d'architecture représente la forme idéale d'une véritable base temporelle.

Rien ne permet encore, aujourd'hui, de concevoir une telle base, ni de l'exploiter. C'est pourquoi il est important de créer dans un premier temps des modèles aptes à mieux saisir les besoins des géomètres et des géomaticiens. Le modèle tel que décrit plus haut répond à de nombreuses attentes. Il constitue un très bon moyen d'exploiter et de conserver l'historicité des objets.

Mais il n'est pas nécessaire pour tous. La première approche proposée dans cet article peut donc constituer une réponse très satisfaisante dans certains domaines et peut être facilement mis en place.

Cette réflexion est le préambule à la mise en place d'une application spécifique, dès le deuxième semestre 2012. Afin d'y parvenir, les différentes étapes du changement du modèle de données existant vont être précisées, ainsi que les processus de mise à jour du service de la mensuration officielle, de manière à pouvoir assurer l'efficacité du suivi temporel des données.

Pour plus d'information:

Claire MEDICI, Ecole nationale des sciences géographiques, Marnes-la-Vallée  
([claire.Medici@ensg.eu](mailto:claire.Medici@ensg.eu))

Laurent Niggeler, Géomètre cantonal, Genève, Service de la mensuration officielle,  
([laurent.niggeler@etat.ge.ch](mailto:laurent.niggeler@etat.ge.ch)) / [www.ge.ch/sem0](http://www.ge.ch/sem0).