

Table des matières

1. Introduction	7
1.1 Lieu du stage	8
1.2 Historique	9
2. But du Projet	10
2.1 Sources des données	11
2.2 Métadonnées	12
2.3 Méthodologie	13
3. Structure de Base	14
3.1 Découpage des segments	15
3.2 Correction de topologie	16
4. Itinéraires	17
4.1 SuisseMobile	17
4.2 Boucles Transfrontalières	20
5. Couche du réseau intégral	21
5.1 Propositions de nouveaux chemins	21
5.2 Chemins transfrontaliers	22
6. Difficulté récurrente	23
7. Référencement linéaire	23
7.1 Couche itinéraire	24
7.3 Table d'événements	27
7.5 Problème de la boucle	30
7.6 Passages dangereux	31
8. Précision de la géométrie du réseau	32
9. Exporter les couches d'événements	33
10. Projet MXD et GDB	34
11. Discussions	36
11.1 Randonnée pédestre	36
11.2 DGNP	36
11.3 Etat de Genève	37
11.4 Certificat complémentaire en géomatique	38
12. Conclusion	38
Entretiens	40
Bibliographie	41

Table des figure

Figure 1 : Erreurs topologiques de la couche ffp_randonnée_pédestre.....	10
Figure 2 : Base de données spatiales livrée par les mandataires	11
Figure 3 : Combiner le réseau entier en un seul objet.....	14
Figure 4 : Découper des lignes à chaque croisement	15
Figure 5 : Exemple d'embranchements et de boucles.....	15
Figure 6 : Topologie « pas de nœud pendant »	16
Figure 7 : Correction de topologie	17
Figure 8 : SuisseMobile, itinéraires nationaux 3 et 4.....	18
Figure 9 : Combiner les itinéraires SuisseMobile.....	19
Figure 10 : Table attributaire des itinéraires SuisseMobile	19
Figure 11 : Digitalisation des boucles transfrontalières	20
Figure 12 : Identification des chemins non officiels du réseau total.....	21
Figure 13 : Identification des chemins transfrontaliers.....	22
Figure 14 : Description du référencement linéaire.....	23
Figure 15 : Model Builder, création d'une couche itinéraire.....	24
Figure 16 : Outil « Créer des itinéraires »	25
Figure 17 : Localiser des entités le long d'itinéraires.....	26
Figure 18 : Model Builder, couches d'événements référencées	27
Figure 19 : Chevauchement et découpage des segments	27
Figure 20 : Structure de la table d'événements schématisée	28
Figure 21 : Exemple de table d'événements de l'accessibilité	28
Figure 22 : Option «Afficher les événements d'itinéraires»	29
Figure 23 : Fenêtre «Afficher les événements d'itinéraires»	29
Figure 24 : Couches d'événements	29
Figure 25 : Problème des boucles	30
Figure 26 : Correction de la table d'événements.....	31
Figure 27 : Positionnement des passages dangereux.....	32
Figure 28 : Affinement de la géométrie du réseau	32
Figure 29 : Model Builder, exporter une table d'événements	33
Figure 30 : Le projet MXD et la GDB	34

1. Introduction

« Je ne me souviens pas d'avoir eu dans tout le cours de ma vie d'intervalle plus parfaitement exempt de soucis et de peine que celui des sept ou huit jours que nous mêmes à ce voyage ; car le pas de madame Sabran, sur lequel il fallait régler le nôtre, n'en fit qu'une longue promenade. Ce souvenir m'a laissé le goût le plus vif pour tout ce qui s'y rapporte, surtout pour les montagnes et les voyages pédestres. Je n'ai voyagé à pied que dans mes beaux jours, et toujours avec délices. Bientôt les devoirs, les affaires, un bagage à porter m'ont forcé de faire le monsieur et de prendre des voitures ; les soucis rongeurs, les embarras, la gêne, y sont montés avec moi ; et dès lors, au lieu qu'auparavant dans mes voyages je ne sentais que le plaisir d'aller, je n'ai plus senti que le plaisir d'arriver »¹.

Envoyé à Turin en 1728 par Mme de Warens et accompagné par M. et Mme Sabran, le jeune Jean-Jacques Rousseau confie son amour pour la marche et la randonnée qui offre l'accès à une nature vivifiante et reposante. Près de trois cents ans plus tard, la ville natale de l'auteur a su conserver des promenades et des balades dans ce même esprit de contemplation d'une nature séduisante. Cependant, le monde a changé, il est devenu mécanisé, industriel puis urbanisé et informatisé. Les chemins ont été quelque peu relégués, bétonnés ou effacés, mais pas oubliés.

La modernité qui les a menacé leur procure également les instruments d'une nouvelle promotion. Tout comme internet met à disposition instantanément l'intégralité des œuvres d'auteurs du passé, les technologies de l'information de plus en plus localisées offrent aux chemins de randonnée une plus grande visibilité. Parmi ces instruments, la géomatique apporte de nouvelles perspectives pour la sauvegarde et le développement de ces réseaux. Les applications mobiles sur tablette et Smartphone incarnent un nouvel horizon pour redonner aux citoyens l'envie et le plaisir de marcher.

¹ Jean-Jacques Rousseau, *Les confessions*, Partie I, Livre II, dans : « Œuvres complètes de J. J. Rousseau », par : V.D.Musset-Pathay, chez : P.Dupont, Libraire-Editeur, Paris, 1824, p.88 | numérisé par Google [en ligne] <http://books.google.ch/books?id=-M0iRfqxcC&printsec=frontcover&dq=Jean-Jacques+Rousseau+Les+confessions&hl=fr&sa=X&ei=phJVUqHOH4SC4ATwpID4Dg&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false> (consulté le 8 octobre 2013).

Ce rapport de stage veut mettre en exergue l'utilité de la géomatique pour la gestion des chemins de randonnée pédestre du canton de Genève. L'Etat est responsable de l'entretien et de la valorisation du réseau. Pour ce faire, l'information doit être complète, précise et rapide d'accès. Cependant, les données doivent être ordonnées ! Ce rapport propose de décrire leur traitement, leur compilation et leur mise à disposition grâce aux outils de la géomatique notamment ceux du référencement linéaire. Il propose également une réflexion élargie sur l'utilisation, le développement et les perspectives de ces outils au sein des services de l'Etat de Genève.

1.1 Lieu du stage

Le Département de l'intérieur, de la mobilité et de l'environnement (DIME) réunit l'essentiel des compétences en matière d'agriculture, eau, environnement, génie civil, mensurations officielles, mobilité, nature et paysage². Ces deux dernières activités sont l'apanage de la direction générale de la nature et du paysage (DGNP) qui a pour mission de « garantir durablement au bénéfice de la population genevoise, le développement d'un patrimoine naturel de haute valeur - en particulier au niveau des espèces de la faune et de la flore sauvages - par le maintien et la gestion active d'espaces suffisants »³. Les espaces naturels sont le théâtre de nombreuses activités de délasserment dont les citadins à proximité sont friands notamment à la belle saison. Ces divertissements font toutefois pression sur les écosystèmes naturels. Veiller à la bonne harmonie entre la pratique de ces loisirs et ces espaces est la vocation du service des activités de plein air⁴. Parmi ses responsabilités figure l'entretien et la promotion du réseau des chemins de randonnée pédestre en collaboration avec « Genève Rando », l'ancienne « association genevoise de tourisme pédestre »⁵. Pour ce faire, un plan directeur des chemins de randonnée est élaboré au niveau cantonal. Ce n'est pas un texte explicatif ou descriptif mais une carte qui représente le réseau de routes et chemins qui se prêtent à la randonnée et dessert l'ensemble du canton, en particulier les communes rurales⁶. Ce plan directeur répond à l'application de la loi fédérale sur les chemins pour piétons et de randonnée pédestre (LCPR) qui a pour but « l'établissement des plans des réseaux communicants de chemins pour piétons et de chemins de randonnée pédestre, ainsi que l'aménagement et la conservation de ces réseaux ». L'article 3 définit ce réseau comme destiné essentiellement au délasserment et se trouvant en règle générale en dehors des agglomérations. Il comprend des chemins judicieusement raccordés, en particulier des tronçons pour piétons et des routes peu fréquentées qui suivent dans la mesure du

² République et canton de Genève, Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement > Accueil [en ligne] <http://etat.geneve.ch/dt/accueil.html> (consulté le 3 octobre 2013).

³ République et canton de Genève, Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement, Direction générale de la nature et du paysage, « Mission et politique publique », [en ligne] http://etat.geneve.ch/dt/nature_paysage-758-3890.html (consulté le 3 octobre 2013).

⁴ Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement, « Nature dans le canton de Genève, bilan de 10 ans d'actions et perspectives », 2010, p105, [en ligne] (consulté le 3 octobre 2013). http://etat.geneve.ch/dt/SilverpeasWebFileServer/bilan_nature_B%C3%A0Tv2.pdf?ComponentId=kmelia274&SourceFile=1277994980140.pdf&MimeType=application/pdf&Directory=Attachment/Images/

⁵ Genève Rando, Association pour la promotion de la marche dans le canton de Genève, organisation de randonnées accompagnées et de séjours de marche. <http://www.geneverando.ch/> [en ligne] (consulté le 3 octobre 2013).

⁶ République et canton de Genève, Plan directeur cantonal, Projets et mesures, 3 Nature, paysage et espaces agricoles, 3.10 plan directeur des chemins de randonnée pédestre [en ligne] http://www.ge.ch/plan-directeur/asp/fiche_plan_directeur.asp?fiche_no=402 (consulté le 3 octobre 2013).

possible des chemins historiques. Il doit desservir notamment les zones propices à la détente, les sites (points de vue, rives, etc.), les monuments, les arrêts des transports publics ainsi que les installations touristiques⁷.

1.2 Historique

Dans les années cinquante les stigmates de la guerre mondiale éveillent chez les populations européennes le besoin de se réappropriier leurs territoires. En Suisse, cet engouement se traduit par une valorisation des paysages et des montages grâce à de longues marches. Les promeneurs deviennent les artisans de la promotion des randonnées et de leurs balisages. Dans un même temps la montagne est aussi un enjeu d'importance pour l'agriculture dont l'activité pousse à la construction de routes et de voies d'accès pour augmenter le rendement grâce aux véhicules et à la mécanisation. Dans les années septante, les associations de randonneurs demandent au niveau des chambres fédérales une protection des chemins. Dans la constitution est inscrite une loi leur assurant une protection et un revêtement naturel. Les cantons définissent un plan directeur des chemins de randonnées pédestres qui se différencie des chemins pour piétons urbains.

En 1998, à Genève le parlement met en place une loi d'application de la loi fédérale. A cette occasion un vieux réseau de chemins de randonnées est réactualisé. Une carte de ce réseau balisé fait office de plan directeur. Un certain nombre d'aspects sont précisés, dont la qualité du revêtement ainsi que la sécurisation des passages dangereux. Plusieurs services sont responsables, ce qui rend la coordination difficile. Depuis 1999, la gestion des chemins de randonnées est centralisée à la Direction générale de la nature et du paysage (DGNP) à l'exception des chemins pour piétons goudronnés qui sont à la charge du Département de l'urbanisme (DU). A partir des années 2000, la géomatique progresse et commence à redessiner le plan directeur, mais l'ancien sous forme de papier subsiste. Jusqu'en 2012, deux plans font référence avec des informations, des relevés et une précision différents. L'unification du plan directeur sous la forme d'une couche géomatique sous la responsabilité d'un seul service permet d'en faire un instrument efficace de travail, d'information du public et de protection en regard des autorisations de construire ou des constructions illicites.

Les chemins de randonnées sont des chemins de loisirs, mais le réseau suisse est conçu pour une promenade d'au minimum trois heures, or seulement deux ou trois pour cents de la population l'utilise dans cette fonction première de grande randonnée. La majorité des personnes se promènent sur des parcours beaucoup plus courts et sous forme de boucle pour revenir à leur point de départ. Cependant, à Genève le réseau n'est pas structuré en boucle. Il n'y a pas d'indication et de signalisation dans ce sens. Un nouveau plan directeur devrait être repensé, d'une part des grands axes avec un maximum de revêtements naturels et d'autre part un réseau secondaire sous la forme de boucle. Selon d'autres cantons-villes, tel que Bâle, qui ont fait cette réflexion, il y a de fortes chances que le réseau soit mieux connu et plus emprunté.

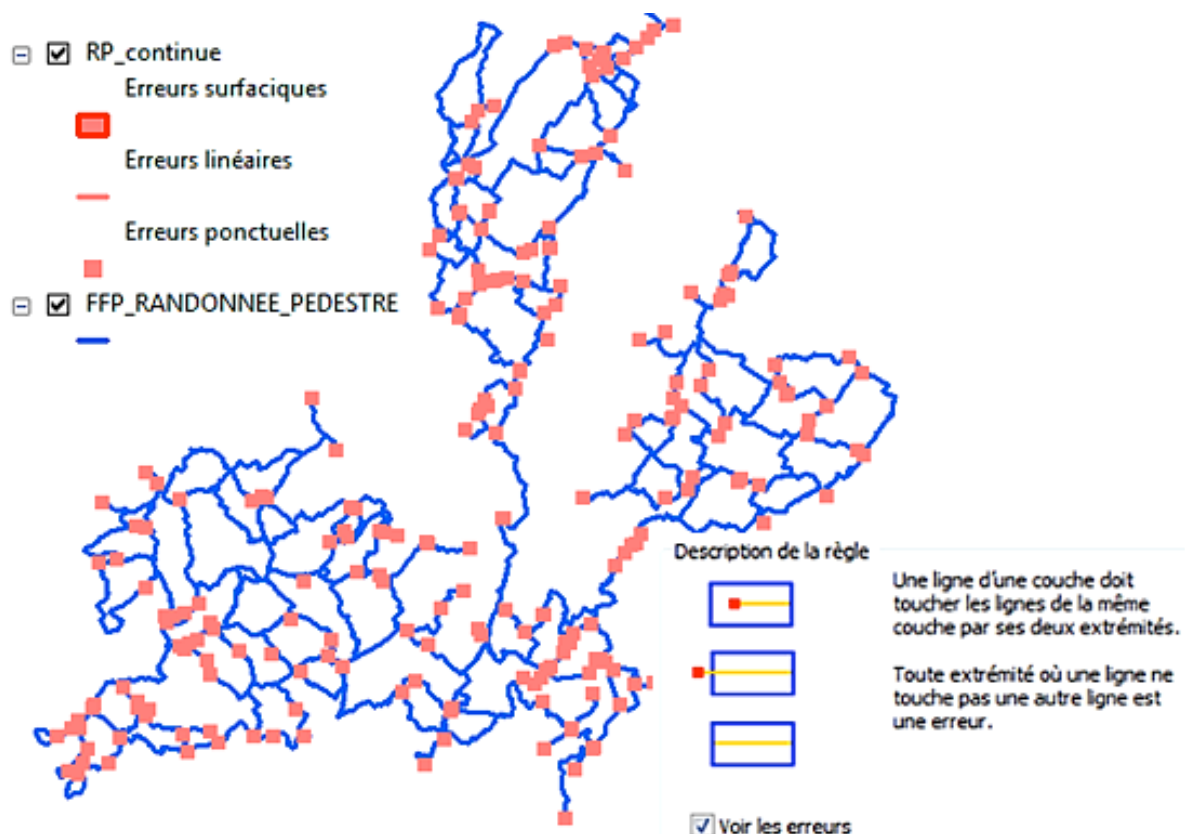
⁷ Confédération suisse, Site internet des autorités fédérales, Accueil > Droit fédéral > Recueil systématique > Droit interne > 7 Travaux publics > 704 Loi fédérale du 4 octobre 1985 sur les chemins pour piétons et les chemins de randonnée pédestre (LCPR), [en ligne] <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19850207/index.html> (consulté le 3 octobre 2013).

Dans cette optique d'un réseau amené à changer et à se modifier, la géomatique est un outil efficace capable de répondre à ces besoins d'évolution dynamique. Avant, le plan était sous forme de papier et statique avec des changements mineurs. Actuellement, le réseau doit pouvoir s'adapter et être facilement communiqué au grand public avec des possibilités de personnalisation. Des outils plus réactifs sont également nécessaires pour la planification et la gestion des problématiques qui sont de plus en plus complexes. Grâce à la géomatique les informations sont plus actuelles, les connaissances sont plus précises, la surveillance plus efficace et la sécurité est également améliorée⁸.

2. But du Projet

Le Plan directeur des chemins de randonnée pédestre n'est autre que la classe d'entités "FFP_RANDOMNEE_PEDESTRE" disponible à la consultation sur le guichet cartographique du système d'information du territoire genevois (SITG). Toutefois, cette couche n'est plus à jour. Elle doit être enrichie de nouvelles informations utiles comme, par exemple, le revêtement du sol pour le public ou les mesures d'aménagement pour les services de l'Etat. De plus, la géométrie de la couche présente de nombreuses erreurs de topologie (figure 1).

Figure 1 : Erreurs topologiques de la couche ffp_randonnée_pédestre



⁸ Les informations sur l'histoire et l'actualité des chemins de randonnée pédestre ont été recueillies auprès de Luc Deley, Chef de service des activités de plein air à la DGNP.

Une équipe de professionnels est mandatée pour parcourir tout le réseau des chemins de randonnées du canton. Différentes classes d'entités sont ainsi produites et apportent de nouvelles informations.

Le travail a plusieurs objectifs :

- Produire une couche des chemins de randonnée pédestre avec une géométrie mise à jour et une topologie corrigée.
- Uniformiser les différentes couches d'informations sur le réseau de façon à ce que toutes leurs géométries soient identiques et parfaitement superposées.
- Créer un projet .mxd contenant une seule couche sur laquelle sont compilées toutes les informations.

Pour ce faire le référencement linéaire est utilisé. Il permet de localiser des événements le long d'itinéraires. De façon détournée, il permet également de superposer parfaitement les géométries de différentes couches.

2.1 Sources des données

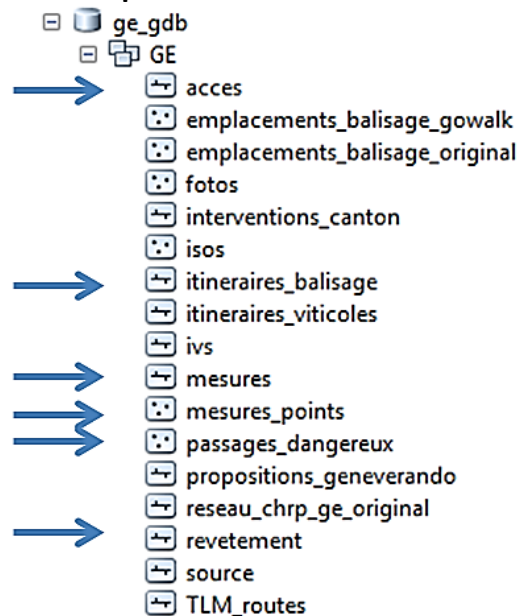
Les nouvelles données sont fournies par une équipe de mandataires spécialisés :

- Félix Karl Kromer et sa société Kromer Mobility
- Sandro Benedetti, collaborateur de l'organisation ViaStoria
- Claude-Alain Blanc et sa société Signaxis

Ils parcourent l'ensemble du réseau de chemins de randonnée du canton et créent de nouvelles classes d'entités livrées dans une base de données spatiales (figure 2).

Les couches représentent toutes le même réseau mais leurs géométries ne se superposent pas systématiquement les unes aux autres. De plus, certaines possèdent des segments supplémentaires alors que d'autres ont des segments en moins.

Figure 2 : Base de données spatiales livrée par les mandataires



2.2 Métadonnées

Parmi les couches remises par les mandataires, celles utiles pour le travail sont retenues :

- « acces »
Valeurs : accès / barrière / inconnu / privé.
Accessibilité d'un chemin pour les chaises roulantes. Si le chemin est trop étroit, humide, sans tracé, avec des escaliers ou des barrières, il est considéré comme inaccessible. Cependant, la pente et son degré d'inclinaison ne sont pas pris en compte. Il est possible le cas échéant de les mesurer à partir du modèle numérique de hauteur.
- « itineraire_balisage »
72 cheminements qui empruntent le réseau des chemins de randonnée pédestre. Ils sont extraits des formulaires de GenèveRando, de l'attribut «nom_itiner» de la couche originale « FFP_RANDOMNEE_PEDESTRE » ou simplement définis par les mandataires. Ce sont des itinéraires techniques utilisés pour parcourir le réseau méthodiquement. Ce ne sont pas des tracés officiels, ils ne s'adressent pas au public ni aux randonneurs.
- « mesures »
Valeurs : création-autorisation / création-construction / création-dégrappage / création-réfection / maintien-dégrappage / maintien-réfection / suppression / sans-mesure.
Liste de propositions des mandataires faite à l'Etat pour l'entretien et l'amélioration du réseau.
- « mesures_points »
Couche de points qui servent à identifier par un code les différentes interventions potentielles décrites dans la couche « mesures ».
- « passages_dangereux »
Contient les traversées et les passages dangereux selon plusieurs sources (GenèveRando, Canton, mandataires). Dans la majorité des cas cela concerne la traversée piétonne de routes à grande vitesse.
- « revêtement »
Valeurs : naturel / goudron / mixte / inconnu
Revêtement du sol en fonction de ce que les mandataires ont constaté sur le terrain.

La résolution des classes d'entités pour ce travail ainsi que celles produites ont et auront une résolution comprise entre 50 cm et 1 m de précision.

2.3 Méthodologie

Le réalisation de se travail peut être découpée en trois parties distinctes.

- La partie compilation des informations.
Plusieurs intervenants ont des demandes différentes en terme de résultats. Comprendre leurs souhaits et leurs attentes en fonction de leur métier et de leur expertise personnelle et une étape importante pour identifier une liste d'éléments qui doivent être pris en compte. Les différentes informations ont des sources variée : mandataires, collaborateurs de la DGNP, guide touristique, Confédération, associations, témoignages, etc. La compilation des informations et la compréhension des besoins sont une première étape essentielle.
- La partie édition manuelle.
La mise en forme qualitative des données doit être faite de façon à les rendre compatibles avec un processus automatisé. Il est donc nécessaire de passer par une relecture attentive des informations et de nombreuses corrections manuelles au cas par cas.
- La partie programme et outil.
Une fois les données nettoyées et compatibles, le travail quantitatif peut être effectué par des traitements rapides et automatisés des informations. Les outils informatiques et les interfaces de programmation facilitent cette étape.

En pratique ces étapes se mélangent abondamment. Les informations ne viennent pas dans l'ordre idéal. Les intervenants ne se manifestent pas tous en amont du travail. Les outils ne sont pas tous identifiés et connus depuis le départ. Les attentes et le projet se modifient et s'affinent au fur et à mesure. Le travail est donc un travail itératif⁹.

⁹ Le terme « itération » vient du verbe latin iterare qui signifie "cheminer" ou de iter, "le chemin".

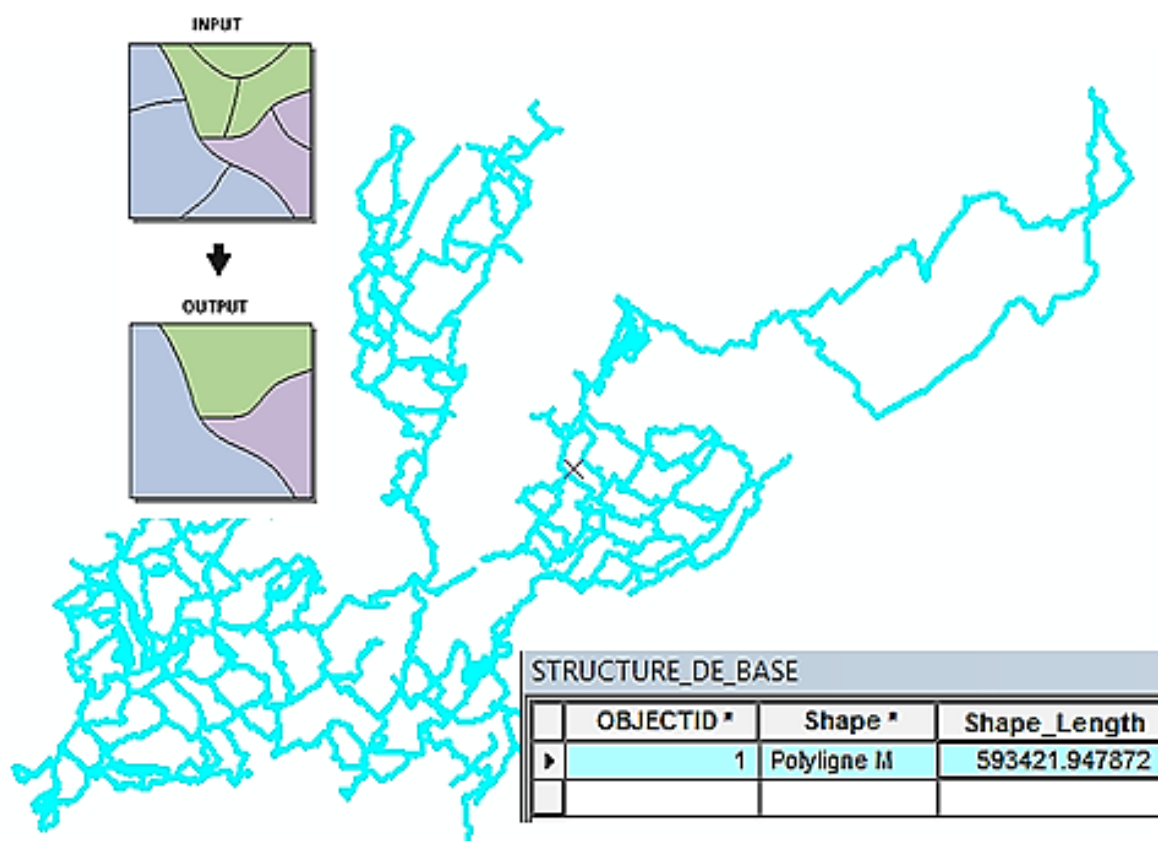
3. Structure de Base

La classe d'entités "revêtement" est utilisée pour constituer une couche de base car aucune des autres couches fournies par les mandataires possèdent des segments qui ne figurent pas sur celle-là. Une copie de cette couche est exportée dans une nouvelle base de données spatiales sans les différents attributs qu'elle contient pour ne conserver que sa géométrie.

Les segments présents dans la couche « ffp_randonnee_pedestre » qui ne sont pas représentés dans les couches des mandataires sont ajoutés manuellement au moyen d'un copié-collé entre couches.

Tous les segments du réseau sont rassemblés en un seul objet avec l'option "combiner" de la barre d'édition ou avec l'outil "fusionner" (dissolve), (figure 3).

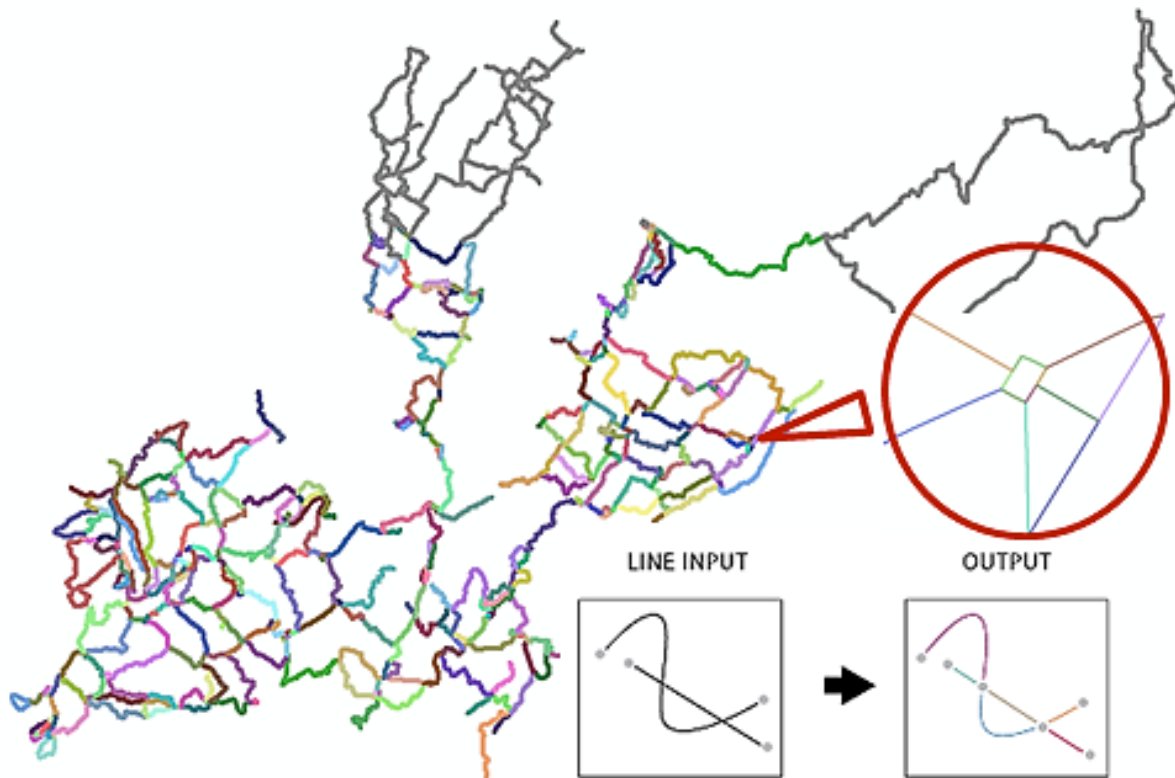
Figure 3 : Combiner le réseau entier en un seul objet



3.1 Découpage des segments

Ensuite le réseau est découpé à chaque intersection lorsque deux segments se croisent avec l'outil "entités vers ligne" (feature to line), (figure 4).

Figure 4 : Découper des lignes à chaque croisement



Ce découpage est utile pour le référencement linéaire (c.f chapitre 7) car celui-ci ne fonctionne pas correctement avec un objet dont la géométrie contient plusieurs segments en « embranchements » ou si le segment a la forme d'une boucle (figure 5).

Figure 5 : Exemple d'embranchements et de boucles

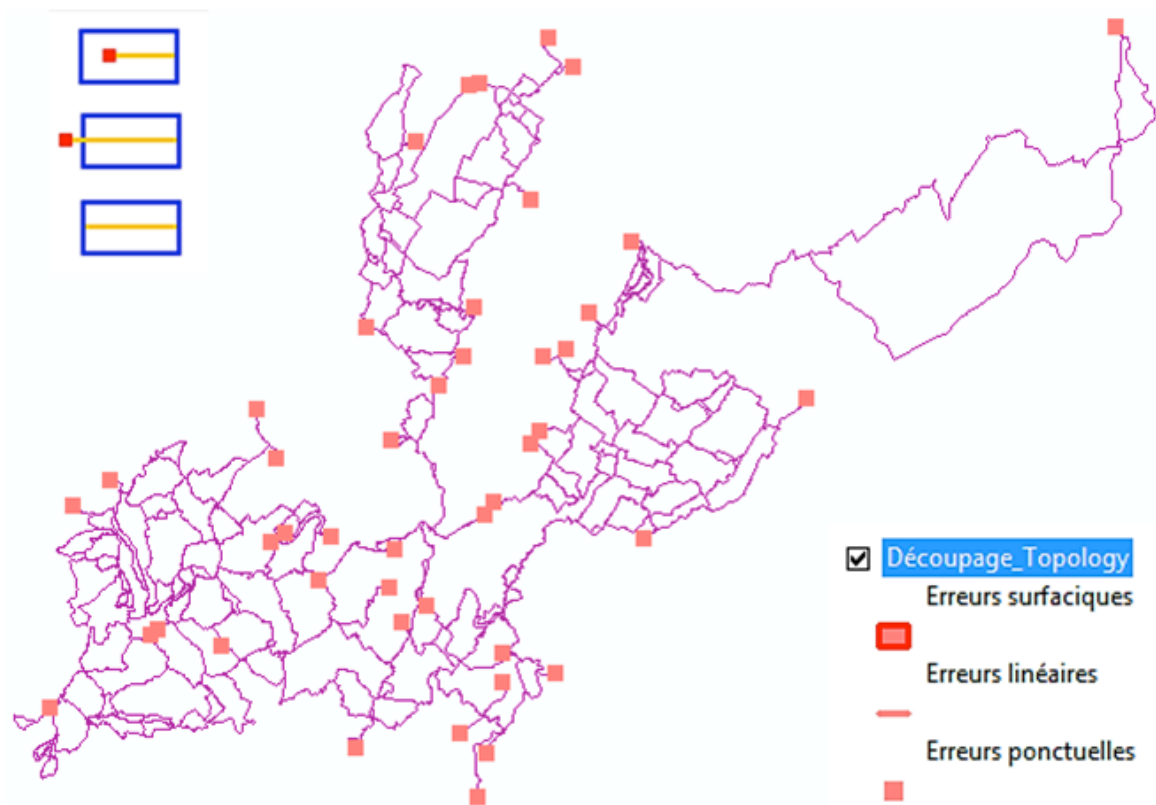


Le référencement linéaire fonctionne mieux si chaque segment correspond à un objet et si les boucles sont découpées en plusieurs segments.

3.2 Correction de topologie

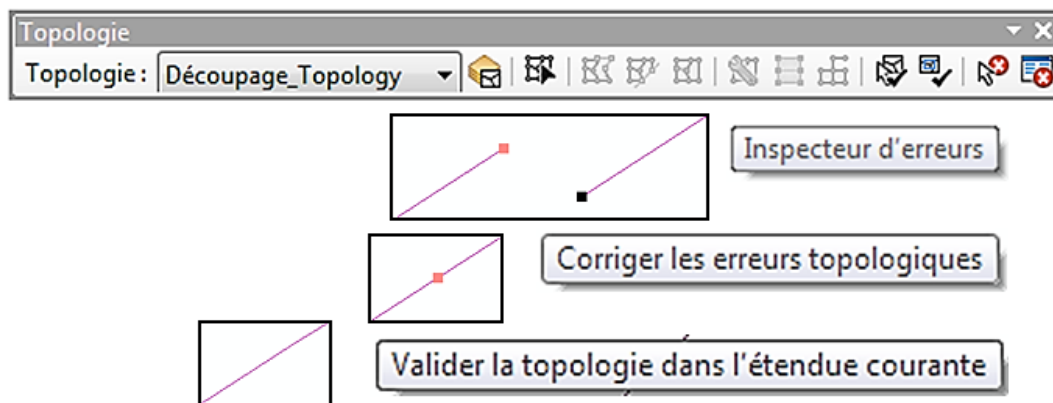
La géométrie du réseau doit être continue hormis les culs-de-sac. Tous les segments doivent faire la jonction avec d'autres segments à leurs extrémités. Pour vérifier si c'est bien le cas une topologie « ne doit pas avoir de nœuds pendants » est appliquée avec la définition suivante : « une ligne d'une couche doit toucher les lignes de la même couche par ses deux extrémités. Toute extrémité où une ligne ne touche pas une autre ligne est une erreur » (figure 6).

Figure 6 : Topologie « pas de nœud pendant »



Les erreurs topologiques sont indiquées par de petits carrés. Il convient donc de les corriger. La barre d'outils "topologie" disponible en mode édition facilite le travail grâce à des options d'identification et de correction des erreurs (figure 7).

Figure 7 : Correction de topologie



La structure de base contient ainsi tout le réseau des chemins de randonnée pédestre du canton avec des tronçons découpés à chaque intersection et sans erreurs topologiques. Les couches lignes des mandataires « itinéraire_balisage, mesures, accès et revêtement » sont également corrigées selon le même procédé.

4. Itinéraires

Un certains nombres d'itinéraires particuliers empruntent le réseau des chemins de randonnée pédestre. Ces itinéraires doivent être ajoutés au projet pour que le public et les randonneurs puissent les connaître.

4.1 SuisseMobile

En règle générale, les chemins du réseau ne font pas l'objet d'un parcours, l'utilisateur va où il veut. Sur un itinéraire, c'est un cheminement particulier qui est proposé. La promenade doit être diversifiée avec des changements de milieux, des revêtements différents et des paysages variés. Par ailleurs, il y a une plus-value thématique avec des bornes d'informations sur le sujet de la randonnée. Ainsi, les itinéraires participent à la promotion du réseau non seulement auprès de ceux qui le pratiquent déjà mais surtout auprès de ceux qui ne le connaissent pas encore.

Trois itinéraires supplémentaires préalablement digitalisés par François Niggli, ingénieur en gestion de la nature et mandataire à la DGNP, sont compilés :

- Chemin_sans_obstacles
- Balade_viticole
- Sentier_du_Rhône

Les balades viticoles serpentent à travers tout le canton à la rencontre des cépages et des caves genevoises. Des bornes d'informations ponctuent le trajet pour fournir des explications sur le terroir et la vinification.

Le sentier du Rhône est un itinéraire qui existe depuis longtemps. Il est répertorié notamment sur le site internet de « SuisseMobile » qui référence les itinéraires de toute la Suisse. Cependant, il contient que très peu d'indications et il y a peu de balisage sur le

terrain. La décision est prise de le rendre plus visible avec en mettant en avant ses caractéristiques et un logo particulier.

Les chemins sans obstacles sont des promenades qui se veulent spécifiquement adaptées aux personnes à mobilité réduite. Ces itinéraires ne contiennent pas de marche, ni d'escalier et ils n'ont pas de forte pente. Des personnes à mobilité réduite testent la difficulté pour la valider.

La ViaJacobi et le Panorama Alpin sont deux itinéraires nationaux et historique qui passent par le canton de Genève. Il convient de les digitaliser aussi en une couche au moyen de l'option « traçage » du menu « édition ». Ces parcours sont décrits sur le site internet¹⁰ de « SuisseMobile », itinéraires nationaux 3 et 4 (figure 8).

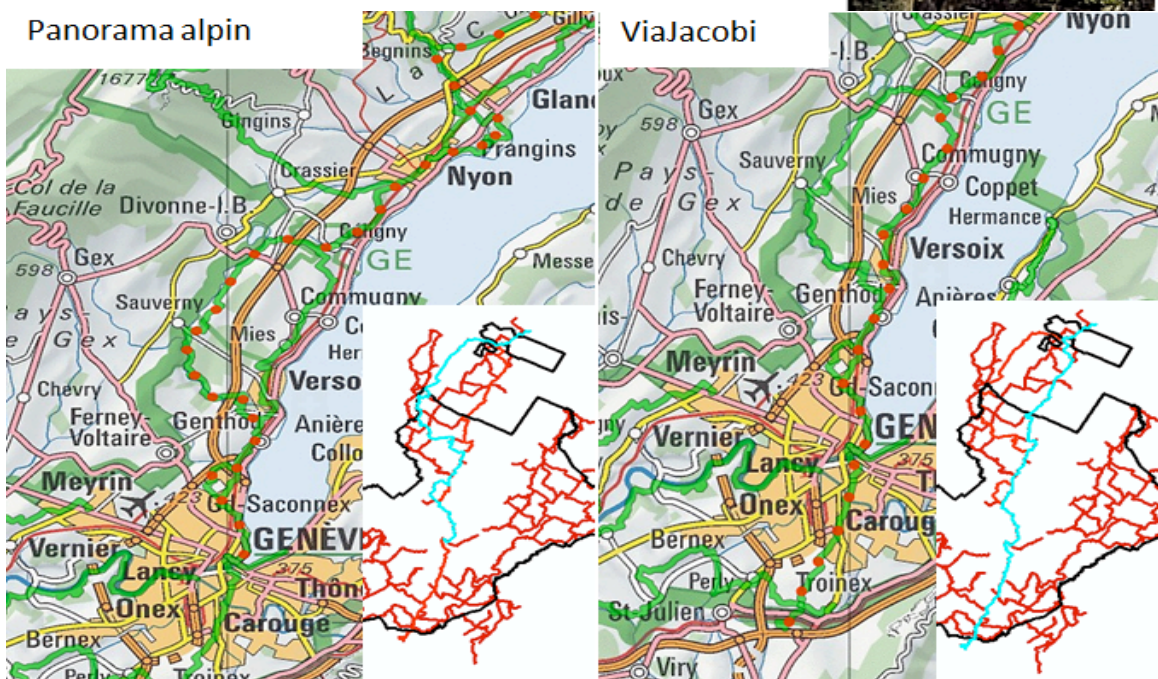
Figure 8 : SuisseMobile, itinéraires nationaux 3 et 4

Chemin panorama alpin
Rorschach-Genève

Le Chemin panorama alpin du lac Bodensee au lac Léman promet une belle vue sur les sommets des Alpes, mais aussi du Mittelland et du Jura. La route traverse le paysage culturel traditionnel des Préalpes, où lait et fromage dominent encore aujourd'hui. [Plus](#)

ViaJacobi
Rorschach- / Konstanz (D)-Genève (Grenze)

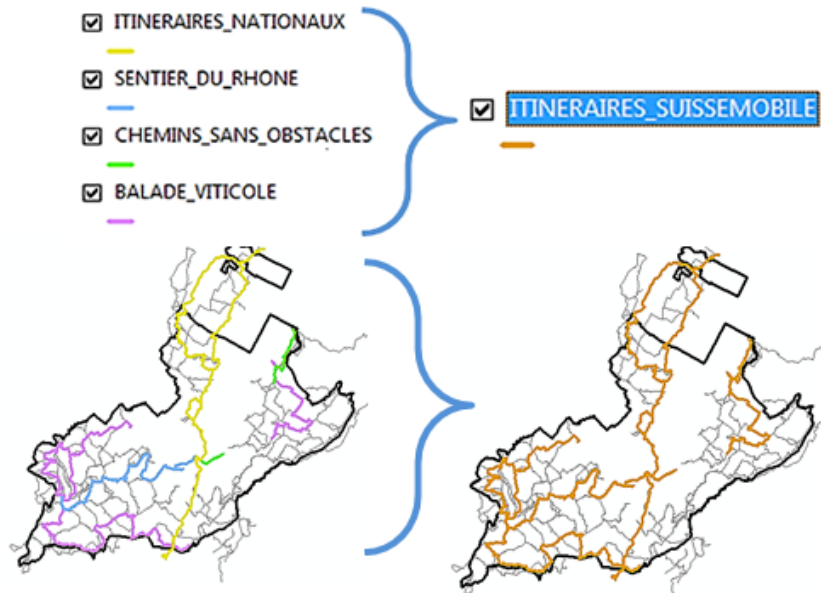
La ViaJacobi mène du lac Bodensee à Genève. Elle fait partie du chemin de Compostelle européen. Bordée d'églises, de couvents et de chapelles, elle offre une expérience unique de la randonnée sur des chemins historiques par un paysage culturel varié. [Plus](#)



¹⁰ SuisseMobile [en ligne], <http://www.wanderland.ch/fr/suisse-a-pied.html>, (consulté le 3 octobre 2013).

Ces cinq tracés qui sont autant de classes d'entités différentes sont regroupés en une seule couche nommée "itinéraire_SuisseMobile" à l'aide de l'outil "combiner"(merge), (figure 9).

Figure 9 : Combiner les itinéraires SuisseMobile

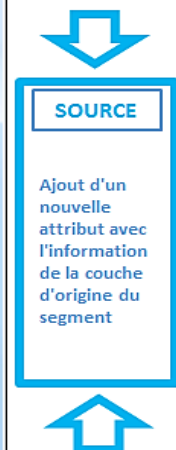


La table attributaire de cette nouvelle couche est optimisée (figure 10) :

- Les deux segments du parcours « rive droite » indifférenciés par leurs attributs sont combinés en un seul.
- L'attribut « état » qui est presque vide et qui permet de faire la différence entre l'actuel parcours « sentier du Rhône » et la partie en projet est supprimé. L'information est reportée dans la colonne « nom » avec « sentier du Rhône actuel » et « sentier du Rhône projet ».
- Un nouvel attribut est ajouté avec la mention de la couche source du tracé : itinéraires nationaux, balade viticole, sentier du Rhône ou chemins sans obstacles.

Figure 10 : Table attributaire des itinéraires SuisseMobile

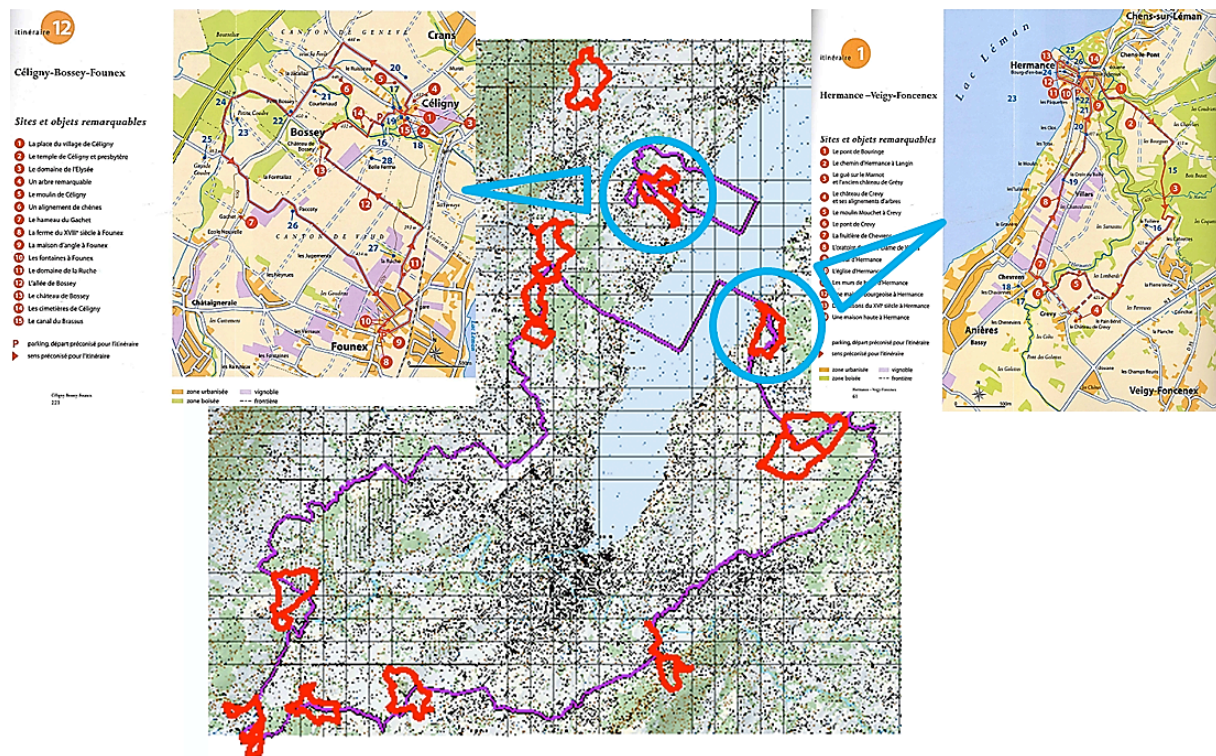
OBJECTID *	Shape *	NOM	NUMERO	ETAT	Shape_Length
1	Polyligne	Entre Arve et Lac	105	<Nul>	17744.515216
2	Polyligne	Entre Arve et Rhône	104	<Nul>	27180.949048
3	Polyligne	Rive droite	103	<Nul>	17642.484617
4	Polyligne	Rive droite	103	<Nul>	7894.387148
5	Polyligne	Entre Arve et Lac	105	<Nul>	777.314403
6	Polyligne	Promenade du Lac Léman	148	<Nul>	2806.108156
7	Polyligne	Promenade du coteau entre Arve et lac	147	<Nul>	6214.708904
8	Polyligne	Chemin panorama alpin	3	<Nul>	32214.450643
9	Polyligne	ViaJacobi	4	<Nul>	35488.668957
10	Polyligne	Sentier du Rhône	101	ACTUE	20216.805934
11	Polyligne	Sentier du Rhône	101	PROJE	2557.623244



4.2 Boucles Transfrontalières

De nombreux chemins se prolongent au-delà de la frontière du Canton de Genève dans le canton de Vaud ou en France voisine. Certains d'entre eux participent à des promenades suivant des boucles transfrontalières. Ces différentes boucles, au nombre de douze, sont décrites et commentées dans un « Guide de découverte du patrimoine transfrontalier »¹¹. Les tracés de ses boucles sont reproduits par digitalisation pour constituer une nouvelle couche nommée « boucles_transfrontalières » (figure 11).

Figure 11 : Digitalisation des boucles transfrontalières



De part et d'autre de la frontière le fonctionnement administratif n'est pas le même. A Genève le réseau est entretenu par le canton dans sa totalité. En France, chaque commune s'occupe de la part du réseau qui est sur son territoire. Les possibilités d'action, les démarches administratives et les moyens financiers sont très différents. De plus, les chemins français sont souvent dans des propriétés privées.

Cette complexité administrative rend les boucles transfrontalières peu connues et elles ne sont que très rarement mises à disposition de façon claire au travers notamment des outils géomatiques. Actuellement, le projet d'agglomération concerne de nombreux aspects comme le transport ou l'économie, mais les activités de loisirs ne sont pas encore valorisées.

¹¹ Yves Bischofberger, Jean-Marc Labrosse, Alexandre Malgouerné, "Guide de découverte du patrimoine transfrontalier : Les chemins du bassin genevois", Slatkine, Genève, 2002, 234 pages.

5. Couche du réseau intégral

La digitalisation des itinéraires SuisseMobile et des boucles transfrontalières apportent quelques segments supplémentaires qu'il faut ajouter à la structure de base. Une "couche totale" est créée avec toute la géométrie des différentes classes d'entités.

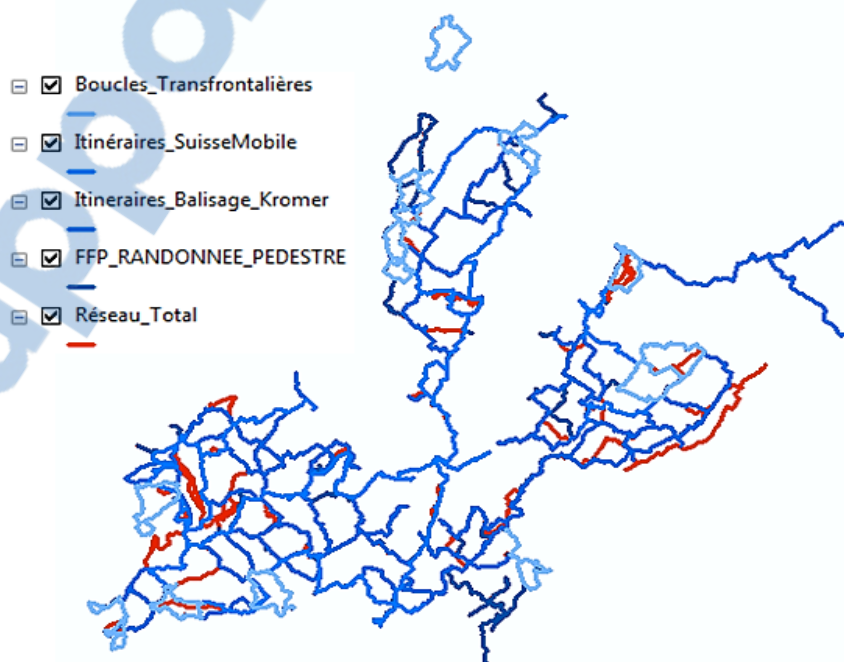
La première information importante de la couche des chemins de randonnée pédestre doit permettre de faire la distinction entre les chemins qui sont sous la responsabilité de l'Etat et ceux qui ne le sont pas. Pour ce faire, un attribut "statut" est créé dans la table d'attributaire de la couche du réseau total pour faire la distinction entre :

- "PDCRP Genève" = Les chemins officiellement balisés contenus dans le Plan directeur des chemins de randonnée pédestre qui sont sous responsabilité de l'Etat de Genève.
- "Propositions" = Les propositions de nouveaux chemins qui ne sont pas officiellement balisés ou qui n'existent pas physiquement.
- "Réseau français" = Les cheminement en France voisine à l'extérieur des frontières du Canton de Genève et qui sont présents à titre indicatif.
- "Canton de Vaud" = Les cheminements dans le canton de Vaud à l'extérieur des frontières du Canton de Genève qui sont présents à titre indicatif.

5.1 Propositions de nouveaux chemins

Les couches des mandataires ne distinguent pas les chemins balisés et les propositions qui ne sont pas des chemins officiels. Il faut identifier dans le réseau les segments qui représentent des propositions d'aménagement qui ne sont pas effectives dans la réalité (figure 12).

Figure 12 : Identification des chemins non officiels du réseau total



Partir de la couche totale (en rouge) et recouvrir avec :

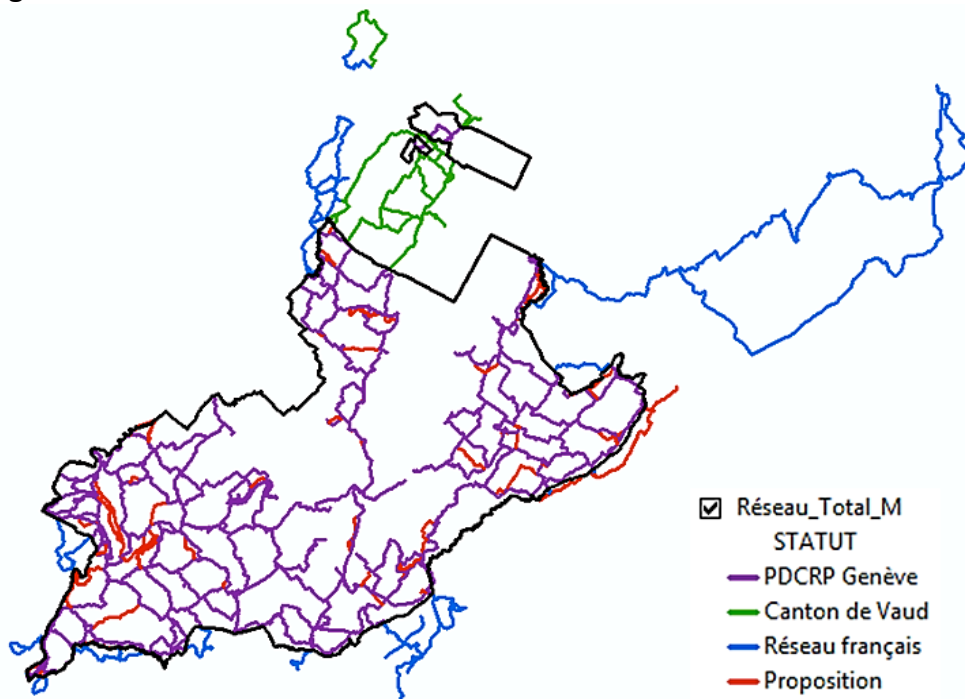
- la couche ffp_randonnée _pédesrte (en bleu foncé)
- les itinéraires balisés/techniques des mandataires (en bleu lapis lazuli)
- les itinéraires SuisseMobile (en bleu roi)
- les boucles transfrontalières (en bleu clair)

Reste en rouge les segments qui ne sont pas officiels! L'attribut « statut » de la couche du réseau total est complété à la main avec l'éditeur. Les segments des différentes couches ne se superposent pas systématiquement, ce qui empêche l'utilisation d'outils du type « découpage » (clip). Les segments qui représentent des chemins non officiels y sont inscrits en tant que "Proposition".

5.2 Chemins transfrontaliers

La géométrie des chemins n'est pas toujours exacte. Certains chemins qui sont en réalité dans le canton ont une géométrie qui dépasse ses limites. Dans ces cas-là, ils sont redessinés à l'intérieur. Pour les chemins présents à titre indicatif qui ne relèvent pas de l'Etat de Genève, les segments sont coupés lors du passage de la frontière (figure X).

Figure 13 : Identification des chemins transfrontaliers



L'attribut « statut » de la couche totale est une nouvelle fois complété à la main avec l'éditeur pour identifier les chemins dans le canton de Vaud, en France voisine et ceux qui sont sous la responsabilité de l'Etat de Genève et qui figurent en tant que tel dans le Plan directeur des chemins de randonnée pédestre (PDCRP).

6. Difficulté récurrente

Les tracés des différentes couches ne se superposent pas systématiquement dans leurs géométries. Cette situation rend l'utilisation des requêtes spatiales imprécise et l'utilisation d'outils du type « découpage » (clip) hasardeux. Il faut pouvoir caler parfaitement la géométrie d'une couche de ligne sur une autre. Toutefois, le programme ArcGis 10 n'a pas de fonctionnalité simple qui permette de réaliser ce type d'ajustement. En effet, en mode édition l'option « union » copie la géométrie d'une couche sur l'autre couche. Il en ressort une seule couche avec les deux géométries additionnées. La barre "ajustement spatiale" demande, quant à elle, de pointer les décalages manuellement un par un à chaque fois que des éléments ne se superposent pas comme ils devraient.

Une autre possibilité serait l'utilisation de l'un des nombreux outils de géotraitement mais aucun n'a l'effet désiré :

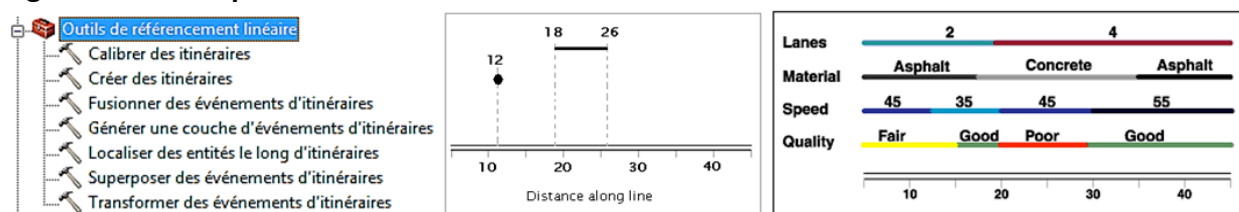
- "Intégrer" : fait une moyenne entre les géométries de deux lignes. La succession de couches à superposer rend la géométrie mouvante. Il n'y a pas la possibilité de caler une couche sur une autre qui resterait fixe. A cela s'ajoute les problèmes de distance de capture car tous les chemins ne sont pas éloignés de la même façon.
- "Fusionner des lignes" : combine plusieurs segments d'un même trait en un seul objet.
- "Juxtaposer" : rajoute la géométrie d'une couche à une autre couche.
- "Capturer" : ne fonctionne pas avec deux couches de lignes.
- "Fusionner" : combine des objets en fonction d'un attribut.
- "Combiner" : colle ensemble deux couches en une seule.
- "Agréger" : ne fonctionne qu'avec les polygones.

Ce problème peut être résolu grâce à une utilisation détournée des outils du référencement linéaire.

7. Référencement linéaire

"Le référencement linéaire est la méthode de stockage des emplacements géographiques à l'aide de positions relatives le long d'une entité linéaire mesurée. Des mesures de distance sont utilisées pour localiser les événements le long de la ligne" (figure 14).

Figure 14 : Description du référencement linéaire



"Le référencement linéaire permet d'associer plusieurs jeux d'attributs à des portions d'entités linéaires sans qu'il soit nécessaire que les lignes sous-jacentes soient segmentées (fractionnées) chaque fois que les valeurs attributaires changent. Par exemple, la plupart

des classes d'entités représentant des axes médians de routes sont segmentées aux endroits où trois segments de route ou plus se croisent et où la route change de nom¹².

Ces outils ont été développés à l'origine pour la gestion des routes. Ils permettent de situer des éléments à une distance précise du début ou de la fin d'un parcours avec un sens de déplacement. Il est possible, par exemple, de situer des panneaux de signalisation le long d'une route et d'obtenir la distance entre eux.

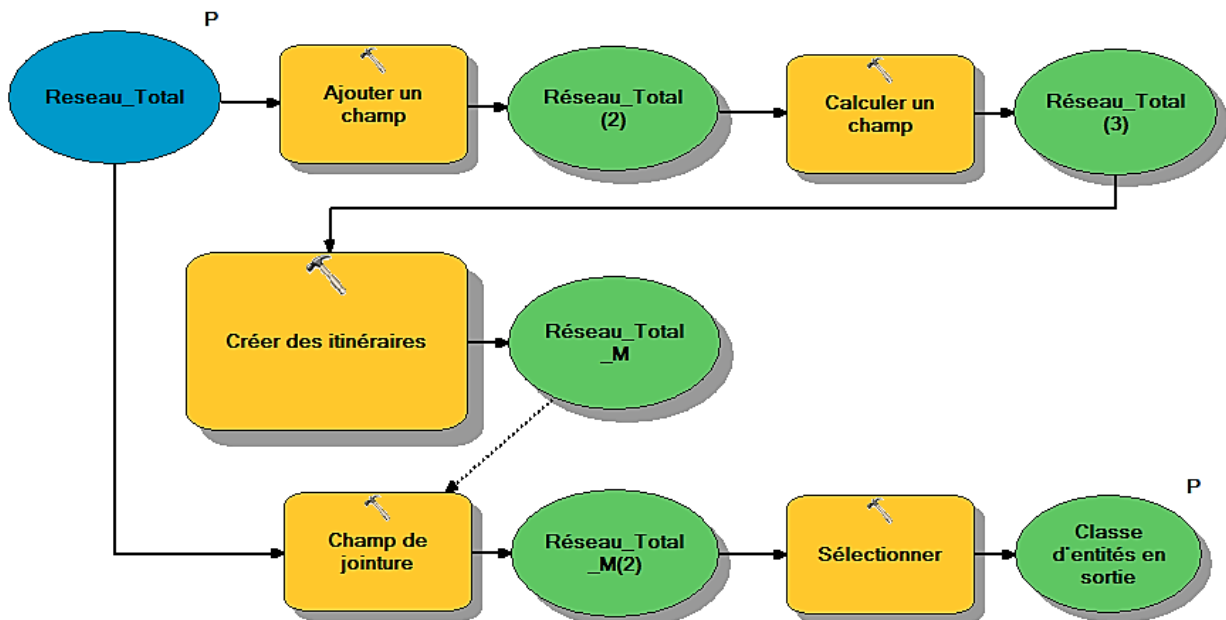
Dans le cas des chemins de randonnée, le référencement linéaire permet de superposer toutes les informations des couches sur une seule géométrie consultable à loisir. De façon détournée, ces outils permettent également de corriger les différentes couches en les calant toutes sur une seule et même géométrie.

7.1 Couche itinéraire

Pour appliquer le référencement linéaire, il faut choisir une couche qui sert de base sur laquelle toutes les autres seront référencées. Cette couche doit se comporter comme un itinéraire avec un départ et une arrivée. De cette façon le parcours peut être mesuré et calculé.

Pour créer cette couche itinéraire, il est nécessaire de passer par plusieurs étapes qui sont autant d'outils. Ce processus est automatisé et résumé par un model builder (figure 15).

Figure 15 : Model Builder, création d'une couche itinéraire



¹² ArcGis Resource Center DeskTop10
<http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//003900000001000000>

La couche avec le réseau total est utilisée comme référence. Il faut la transformer en itinéraire. C'est-à-dire que la couche polyligne devient une « polyligne M », ce qui signifie que les lignes du réseau sont mesurées avec un début et une fin pour chaque segment (figure 16).

Figure 16 : Outil « Créer des itinéraires »

Créer des itinéraires

Entités lignes en entrée
Reseau_Total

Champ d'identifiant d'itinéraire
identifiant

Classe d'entités itinéraires en sortie
Reseau_Total_M

Source des mesures
LENGTH

Champ M de départ (facultatif)

Champ M d'arrivée (facultatif)

Priorité de coordonnées (facultatif)
UPPER_LEFT

Facteur de mesure (facultatif)
1

Décalage de mesure (facultatif)
0

Ignorer les interruptions (facultatif)

Créer un index (facultatif)

OK Annuler Environnements Afficher l'aide >>

Le champ d'itinéraire est un champ qui doit identifier de manière unique chaque objet de la table attributive. Les outils « ajouter un champ » et « calculer un champ » permettent de créer un nouvel attribut qui est complété avec les mêmes valeurs que l'attribut « OBJECTID » (ID). La « propriété de coordonnées » donne la direction générale des mesures qui vont donner un « sens » général au réseau, par exemple : d'en bas à gauche à en haut à droite. Ainsi, la couche « Réseau_Total_M » est une couche itinéraire mesurée qui sert de support à toutes les autres classes d'entités qui sont référencées dessus.

7.2 Couche référencées

Le référencement linéaire des couches d'informations les transforment en table d'événements qui sont superposées sur la couche d'itinéraire. Pour ce faire, l'outil « localiser des entités le long d'itinéraires » est utilisé (figure 17).

Figure 17 : Localiser des entités le long d'itinéraires

Localiser des entités le long d'itinéraires

Entités en entrée
Accessibilité

Entités itinéraires en entrée
Réseau_Total_M

Champ d'identifiant d'itinéraire
identifiant

Rayon de recherche
2 Mètres

Table d'événements en sortie
one\Chemins de randonnée pédestre\CRP Travail.gdb\Accessibilité_Loc

Propriétés des événements en sortie
RID

Type d'événements
LINE

Mesure de départ
FMEAS

Mesure d'arrivée
TMEAS

Conserver uniquement l'emplacement d'itinéraire le plus proche (facultatif)

Inclure le champ de distance dans la table en sortie (facultatif)

Conserver les événements linéaires de longueur nulle (facultatif)

Conserver tous les champs (facultatif)

Utiliser le décalage de la direction M (facultatif)

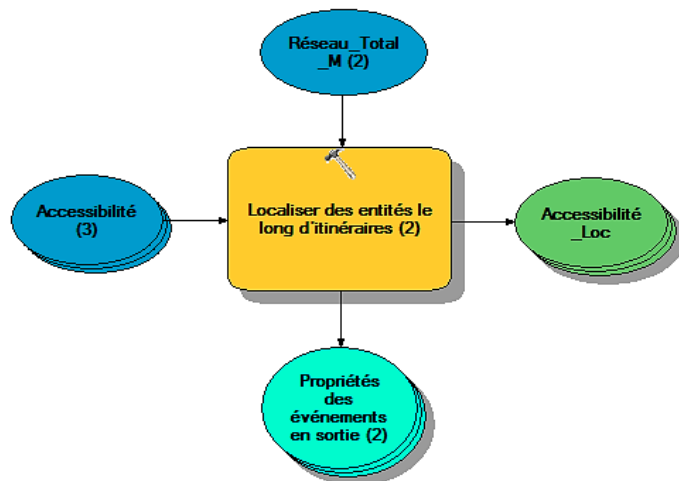
OK Annuler Environnements Afficher l'aide >>

- L'« entité en entrée » est la couche qui doit être référencée.
- L'« entité linéaire en entrée » est la couche sur laquelle l'« entité en entrée » est référencée. Le « champ d'identifiant d'itinéraire » est un champ de la couche itinéraire qui identifie chacun de ses objets de manière unique.
- L'« identifiant d'itinéraire » (RID) est un champ créé automatiquement et pour identifier quels segments sont référencés sur quels segments d'itinéraire.
- Le « FMEAS » et le « TMEAS » sont deux champs de la table d'événements créés qui stipulent le début et la fin d'un segment de la couche référencée sur la couche itinéraire.

Comme le même procédé est appliqué à toutes les couches d'information un « model builder » avec un traitement par lot permet de toutes les transformer en tables d'évènements de manière automatisée (figure 18).

Pour ce travail, il peut être intéressant de pouvoir recréer la couche d'information selon sa structure d'origine. Pour ce faire, un attribut nommé identifiant (comme pour la couche itinéraire) est créé en amont. Ainsi, lors de l'exportation d'une couche d'évènements, l'utilisation de l'outil « combiner » (merge) sur cet attribut permet de reconstituer la classe d'entités dans sa structure d'origine avec le nombre d'objets qu'elle avait au départ.

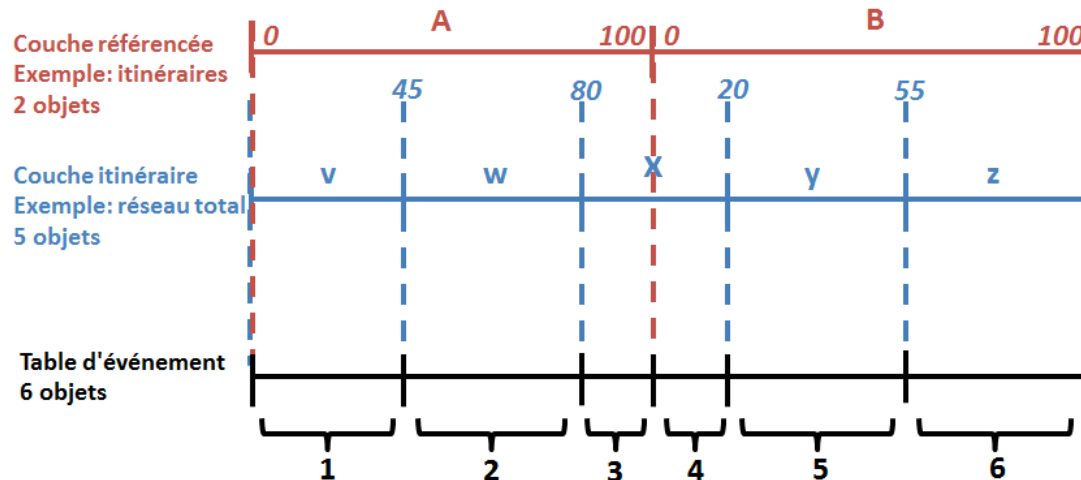
Figure 18 : Model Builder, couches d'évènements référencées



7.3 Table d'évènements

Lors du référencement linéaire les structures des couches itinéraire et référencée se superposent et sont géométriquement découpées à chaque début et fin de segment. Pour cette raison, les tables d'évènements contiennent un grand nombre d'objets. Par exemple, la couche des itinéraires SuisseMobile contient neuf objets qui représentent chacun un parcours en un seul segment géométrique. Cependant, la table d'évènements qui en résulte contient deux cents objets car chaque parcours est découpé en fonction du nombre de segments qui les composent dans la couche itinéraire du réseau total (figure 19).

Figure 19 : Chevauchement et découpage des segments



Dans la figure ci-dessus, la couche référencée composée de deux segments A et B est découpée pour chaque segments u, v, w, x, y et z de la couche itinéraire. La situation serait la même si les couches étaient inversées. Le segment x a un début et une fin qui ne se chevauche pas avec les débuts et fins des segments A et B, cette situation génère des objets supplémentaires.

La table d'événements a toujours au moins le même nombre d'objets que la couche qui en contient le plus. En règle générale, c'est nettement plus car des objets supplémentaires sont créés à chaque fois que les débuts et fins de segments ne se chevauchent pas parfaitement (figure 20).

Figure 20 : Structure de la table d'événements schématisée

OBJECTID*	RID	identifiant	Name	FMEAS	TMEAS	Shape*
1	V	A	info	0	45	longueur
2	W	A	-	45	80	-
3	X	A	-	80	100	-
4	X	B	-	0	20	-
5	Y	B	-	20	55	-
6	Z	B	-	55	100	-

Dans la figure ci-dessus, comme le segment x se superpose sur la fin du segment A et le début du segment B, la table d'événements crée deux objets distincts « XA » et « XB ».

L'attribut « RID » représente la structure de la couche itinéraire, l'attribut « identifiant » celle de la couche référencée. Si l'attribut « RID » est combiné la structure de la couche itinéraire est recrée, de même pour la couche référencée avec l'attribut « identifiant » (figure 21).

Figure 21 : Exemple de table d'événements de l'accessibilité

Structure de la couche itinéraire

Accessibilité_Loc						
OBJECTID*	RID	FMEAS	TMEAS	NAME	identifiant	
1	1	905.062142	907.469742	inconnu	530	
2	1	0.000042	23.328742	inconnu	1155	
3	1	23.328742	905.062142	inconnu	1310	
4	2	0.000042	292.637442	barrière	740	
5	3	0.000042	39.670642	barrière	1306	
6	4	0.000042	64.452842	accès	594	
7	5	0.000042	273.328942	accès	738	

Structure de la couche référencée

Le champ « identifiant » dans les attributs des couches référencées n'est pas nécessaire pour que le référencement linéaire et les tables d'événements fonctionnent. Cependant, il permet de recréer la classe d'entités d'origine par l'intermédiaire d'outils comme exporter (export) et combiner (merge).

7.4 Événements d'itinéraires

Une table d'événements n'est pas une classe d'entités en soit. Elle s'affiche dans la fenêtre de la table des matières sous le répertoire par source d'un « projet.mxd ». Un clic droit sur le nom de la table permet de sélectionner l'affichage des événements d'itinéraires (figure 22).

Une fenêtre s'ouvre dans laquelle il faut désigner la couche d'itinéraire sur laquelle les événements d'itinéraires doivent être affichés (figure 23).

Figure 23 : Fenêtre « Afficher les événements d'itinéraires »

Afficher les événements d'itinéraires

Les événements d'itinéraires sont des objets dont les emplacements sont mesurés le long d'itinéraires. Une table contenant des événements d'itinéraires peut être ajoutée à la carte en tant que couche.

Spécifiez les itinéraires référencés par les événements de la table

Référence d'itinéraire : Réseau_Total_M

Identifiant d'itinéraire : identifiant

Spécifiez la table contenant les événements d'itinéraires

Choisissez une table de la carte ou recherchez une autre table.

Table d'événements : Accessibilité_Loc

Identifiant d'itinéraire : RID

Choisissez le type d'événement à stocker dans la table :

Ponctuels : définissent un emplacement précis le long d'un itinéraire

Linéaires : définissent les portions discontinues d'un itinéraire

Choisissez les champs M pour les événements linéaires :

Mesure de départ : FMEAS

Mesure d'arrivée : TMEAS

Choisissez le champ de décalage. Les événements peuvent être décalés par rapport aux itinéraires.

Décalage : <Aucun>

M'avertir si la couche obtenue doit avoir des fonctionnalités restreintes

Options avancées... OK Annuler

Figure 22 : Option « Afficher les événements d'itinéraires »

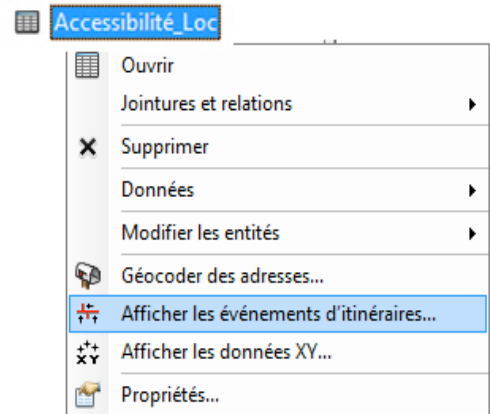
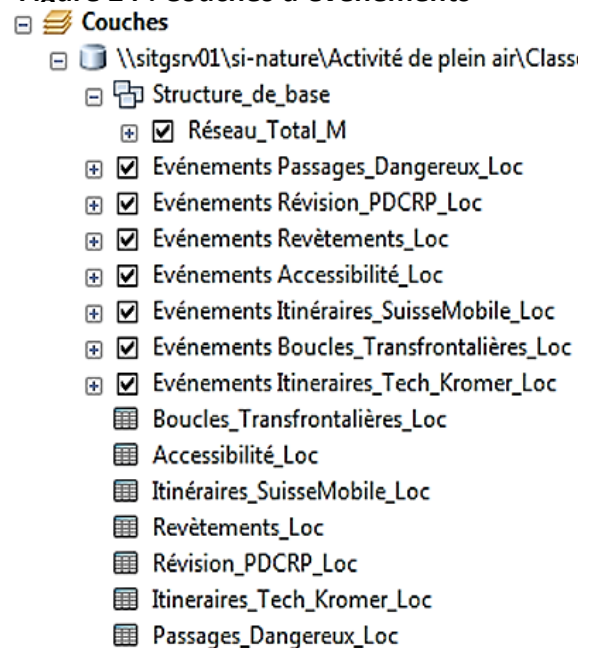


Figure 24 : Couches d'événements

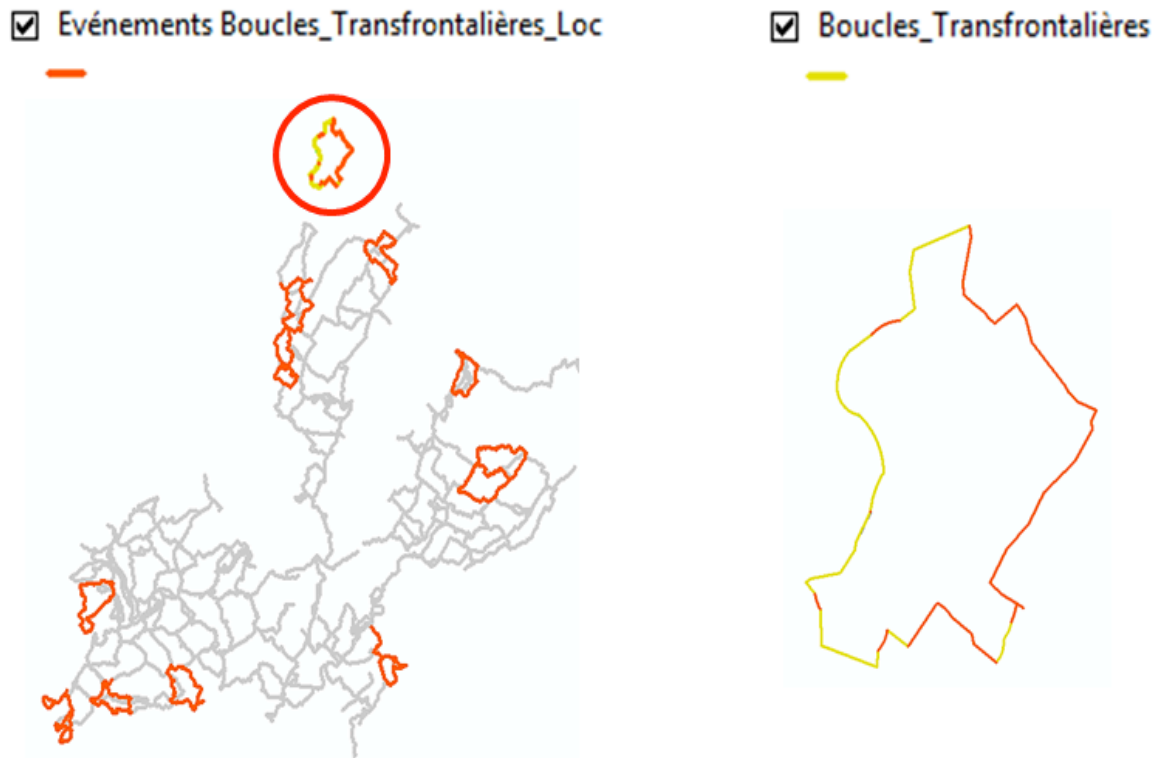


L'opération doit être répétée pour toutes les tables d'événements qui doivent apparaître dans le projet.mxd (figure 24).

7.5 Problème de la boucle

Les parcours en forme de boucle posent des difficultés au référencement linéaire notamment au niveau du sens de déplacement qui ne doit pas « revenir en arrière » (figure 25).

Figure 25 : Problème des boucles

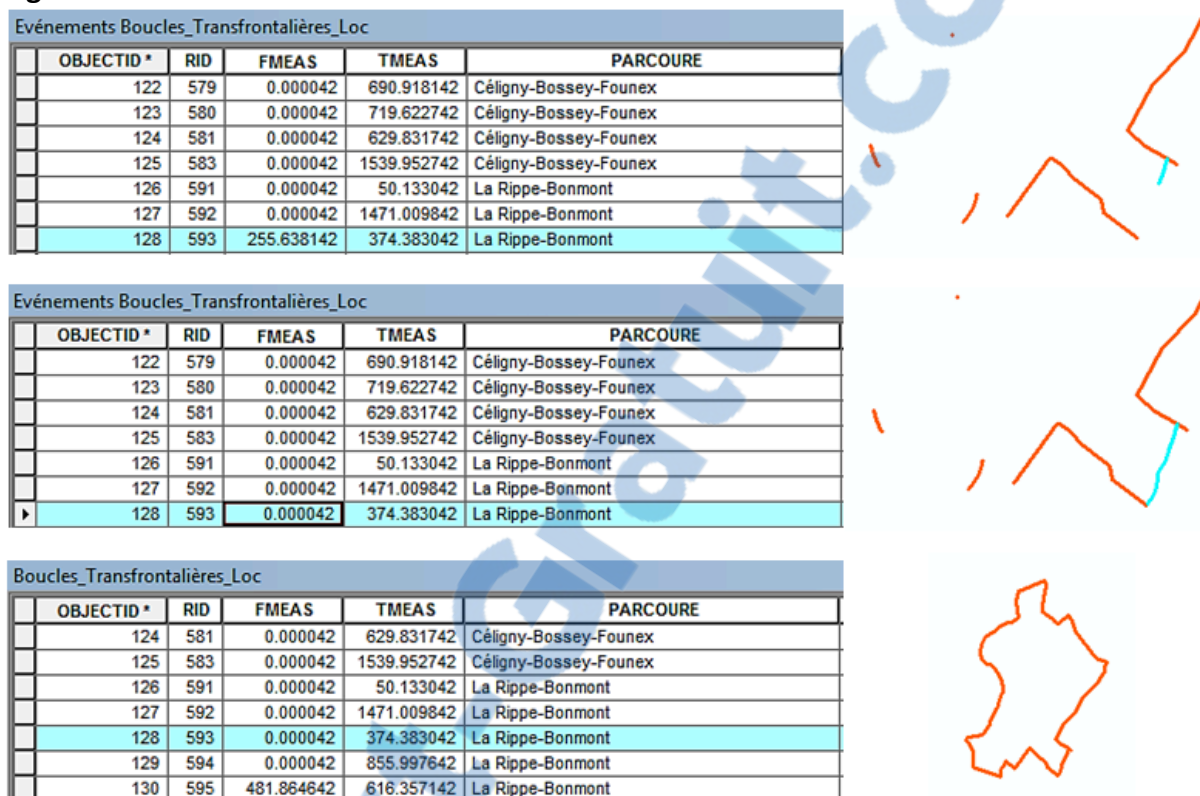


Pour les boucles intégrées au réseau le problème peut être résolu en les découpant en plusieurs segments. Pour les boucles isolées, il est nécessaire de corriger directement les données dans la table d'événements.

Pour compléter une boucle dont le tracé n'a pas entièrement été référencé, il faut ouvrir la table attributaire de la « couche événement » ce qui revient à dire « la table d'événements ».

Le segment doit commencer (FMEAS) à « 0 » (0,000042) et finir (TMEAS) avec une valeur qui correspond à la longueur du segment de la couche itinéraire indiquée dans sa table attributaire. La correction de ces valeurs entraîne la correction géométrique du segment référencé (figure 26).

Figure 26 : Correction de la table d'événements



Tous les objets de la table doivent commencer à « 0 » et finir avec la valeur de la longueur du segment sur lequel ils sont référencés. Ainsi, la table d'événements est corrigée, les « trous » dans la géométrie de la boucle sont comblés et lors d'un éventuel réaffichage des événements d'itinéraires la boucle apparaît sans erreurs.

7.6 Passages dangereux

Le long du réseau des chemins de randonnée des passages dangereux sont identifiés. Ils sont présentés sous la forme d'une couche de points qui à priori se prête bien au référencement linéaire, celui-ci étant développé à l'origine pour la gestion d'informations ponctuelles (panneaux, accidents, etc) le long des routes. Toutefois, la géométrie de cette couche est trop imprécise pour que l'outil « localisation d'entités le long d'itinéraires » soit efficace. En effet, ce dernier relocalise un point sur la ligne qui lui est le plus proche. Or dans ce cas de figure le premier segment le plus proche du point est rarement le lieu du danger effectif (figure 27).

Figure 27 : Positionnement des passages dangereux



Pour éviter cet écueil, il faut recourir à l'édition à la main pour situer le lieu exact du danger (souvent une route à grande vitesse). Après quoi, la transformation en table d'événements ne pose plus de problème particulier.

8. Précision de la géométrie du réseau

Une fois que toutes les couches d'informations sont référencées linéairement sur la couche du « réseau total », les modifications de la géométrie de cette dernière entraîne automatiquement la modification à l'identique de toutes les couches d'événements qui s'y réfèrent.

La couche « ffp_randonnée_pédestre » comporte de nombreuses erreurs géométriques. Toutefois, elle présente un tracé plus précis que les couches des mandataires dont est issu la géométrie du « réseau_total » (figure 28).

Figure 28 : Affinement de la géométrie du réseau



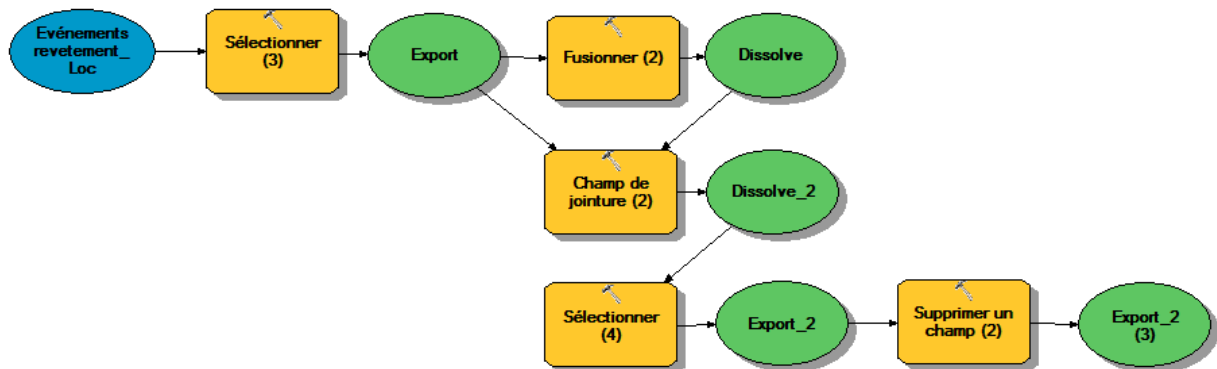
En comparant avec une Orthophoto de 2011, d'une résolution de 5 cm ainsi qu'avec la couche « ffp_randonnée_pédestre » la géométrie du « réseau_total » est corrigée pour être plus précise.

Toutefois, si la géométrie des couches référencées se modifie en même temps que la couche itinéraire, ce n'est pas le cas de la table d'événements qui s'y réfère. Lorsque la longueur d'une ligne est modifiée dans sa géométrie, l'information "SHAPE_Length" dans la table attributaire de la couche itinéraire est corrigée mais ce n'est pas le cas des attributs « FMEAS » et « TMEAS » dans les tables d'événements. Pour corriger ce problème les couches d'événements référencées sont exportées en véritable classe d'entités puis une nouvelle fois référencées pour que les informations des nouvelles tables d'événements soient exactes.

9. Exporter les couches d'événements

Les couches d'événements sont exportées pour créer des classes d'entités à part entière. Un « model builder » est utilisé pour automatiser le traitement qui se répète sur plusieurs couches. Un attribut "SHAPE_Length" qui n'est pas présent dans les tables d'événements est alors recalculé en fonction de la nouvelle géométrie. Il faut supprimer les attributs de début et de fin de segment « FMEAS et TMEAS » qui ont conservés leurs informations inexactes (figure 29).

Figure 29 : Model Builder, export table d'événements



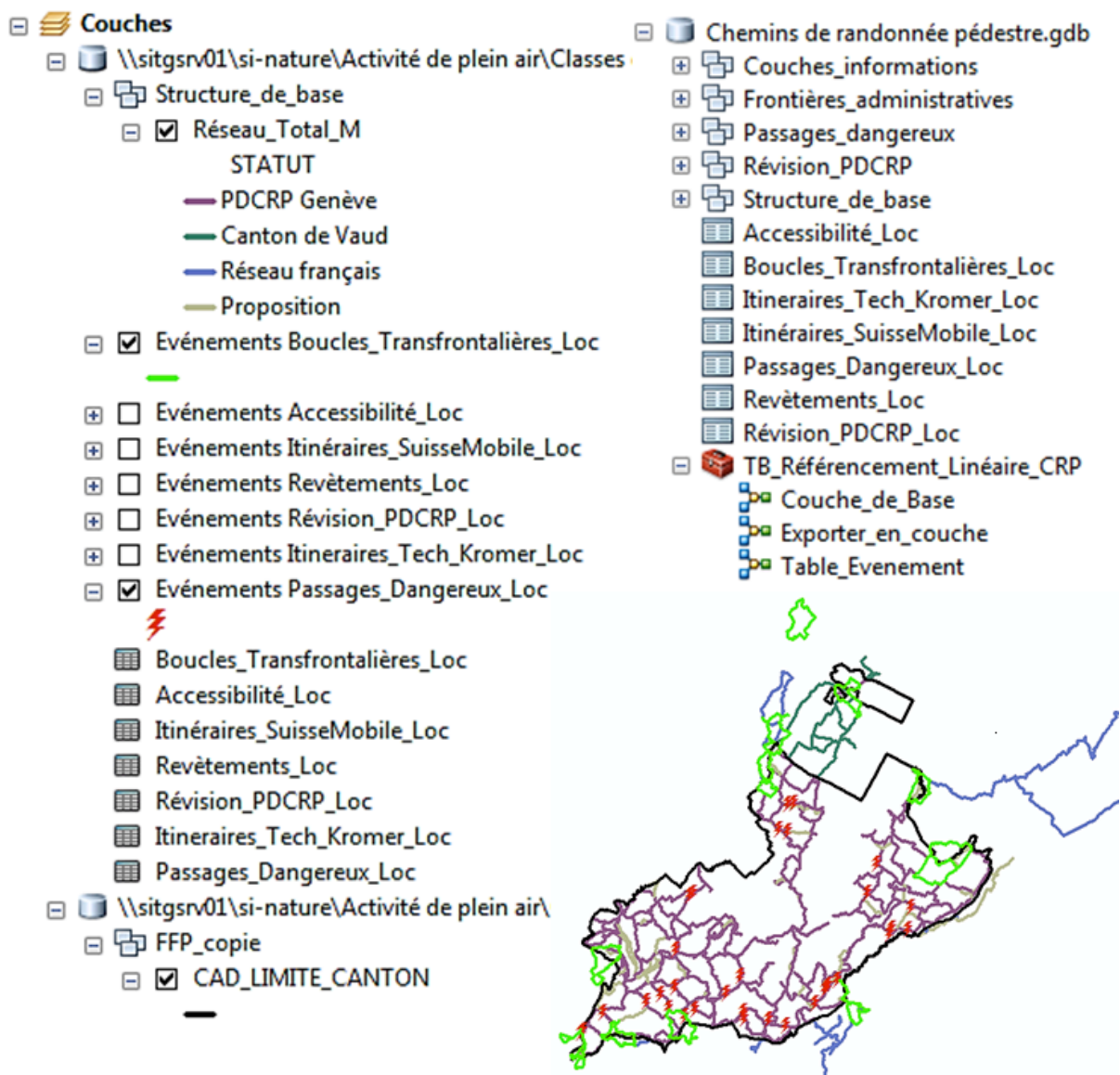
- « sélectionner », utilisé sans sélection préalable, agit comme une exportation.
- « fusionner » (sur le champ « identifiant ») permet de reconstituer la structure de la couche sans la multiplication des objets (lignes) issu du référencement linéaire.
- « champ de jointure » permet de récupérer les attributs perdus lors de l'utilisation de l'outil « fusionner » mais l'opération de jointure n'est pas permanente.
- La deuxième sélection sert à valider la jointure sous la forme d'une classe d'entités avec une table attributaire enregistrée contenant tous les éléments de la jointure.
- « supprimer un champ » n'est pas nécessaire dans la mesure où la sélection permet déjà de ne pas emporter tous les attributs. Toutefois cela permet de décomposer le processus et d'identifier plus clairement les attributs à supprimer.

Ensuite, ces couches sont à nouveau référencées linéairement. Les valeurs de début et de fin de segment « FMEAS » et « TMEAS » sont recalculées en fonction de la nouvelle géométrie.

10. Projet MXD et GDB

En définitive, le projet .mxd qui résulte de ce travail comporte une classe d'entités avec tout le réseau des chemins de randonnée pédestre, les tables d'événements et les couches d'événements. La base de données spatiale contient les tables d'événements, des classes d'entités issues de l'exportation de ces tables et plusieurs « model builder » pour automatiser le travail si le processus devait être à nouveau répété (figure 30).

Figure 30 : Le projet MXD et la GDB



Le référencement linéaire permet d'afficher des événements le long d'itinéraires sans découper les lignes à chaque changement d'attribut. Toutefois, les tables d'événements contiennent un très grand nombre d'objets découpés un grand nombre de fois, ce qui les rend désagréables à consulter.

Par ailleurs, le référencement linéaire s'avère particulièrement utile, non seulement pour caler parfaitement une géométrie sur une autre, mais également pour corriger les segments de plusieurs couches en même temps avec le menu édition. Cependant, les valeurs numériques dans les tables d'événements ne se corrigent pas automatiquement. C'est un point qui peut être amélioré dans les futures versions du programme ArcGis.

Le référencement linéaire possède donc ses avantages et ses inconvénients. Il est adapté dans le cadre d'une consultation sur un guichet cartographique public où les tables attributaires ne sont pas consultées directement mais seulement utilisées par le programme pour afficher une information. Il est moins pertinent dans le cadre d'une utilisation professionnelle où les tables d'événements pourraient être utilisées. Leurs trop grands nombres d'objets les rendent difficilement consultables.

Une alternative pour un guichet public serait une couche avec un réseau fragmenté à chaque changement d'information. La table attributaire serait composée d'un nombre excessif d'objets et d'attributs mais ne nécessiterait pas de table d'événements. En ce qui concerne les professionnels, plusieurs couches avec des informations différents mais avec le même réseau géométrique, serait plus facile et plus agréable à utiliser. Dans ce cas, la mise à jour devra être répétée sur chaque couche à l'identique avec les erreurs qui peuvent en découler.

Une solution serait un projet .mxd dont les informations des tables d'événements se corrigent automatiquement en même temps que la géométrie. Toutes les mises à jour auraient lieu à ce niveau. Ensuite, les tables d'événements exportées en classe d'entités au moyen d'un Model Builder ou d'FME serait misent à disposition des professionnels pour leurs activités orientées métier. Puis, le projet .mxd, sans être consulté directement, servirait de « base de données » pour afficher des informations sur un guichet public suite à une requête.

11. Discussions

La géomatique est une discipline en plein essor. Le certificat en géomatique, suivi de stage à la DGNP, fournit une belle occasion de constater la transversalité des SIG aussi bien aux travers des disciplines scientifiques que des structures des services publics.

11.1 Randonnée pédestre

Les chemins de randonnée pédestre subissent une forte pression du fait de l'urbanisation qui tend à bétonner les sentiers au détriment des revêtements naturels. Cette situation est renforcée par la méconnaissance de ce type d'activité. Seulement une petite partie de la population connaît et pratique la grande randonnée. La majeure partie des citoyens ne connaissent pas le réseau. Ils sont plutôt à la recherche de promenades courtes le temps d'une après-midi avec un parcours qui les ramène à proximité de leur point de départ sous forme d'une boucle. Par ailleurs, cette pratique est en concurrence avec d'autres activités de loisir¹³. Pour répondre à ces différents défis, la géomatique se révèle un allier précieux. Grâce à ces outils, l'accès à l'information est beaucoup plus facile. Les données sont plus actuelles et mise à jour plus rapidement. Toutes les tâches de gestion sont optimisées, ce qui rend la planification plus efficace. Une connaissance précise du réseau et de son évolution permet de mieux le préserver face à l'urbanisation. Il est possible par exemple de faire retirer le béton là où il n'a pas lieu d'être. Des itinéraires thématiques ou emblématiques ont vocations à faire connaître les chemins de randonnée. La géomatique participe efficacement à ces efforts de promotion. Son rôle est renforcé avec le développement des SIG mobiles à disposition d'une population de plus en plus équipée en smartphones et tablettes numériques. Ainsi, le randonneur peut connaître instantanément les chemins à proximité et optimiser son parcours en fonction de nombreuses informations. Dans cette optique, une prochaine étape serait le géoréférencement des informations concernant le balisage. Ces informations sont encore compilées sous format papier. Dans un SIG, elles seraient à disposition des randonneurs pour le choix de leur promenade et également à disposition des gestionnaires pour leurs planifications¹⁴.

11.2 DGNP

Les chemins de randonnée sont loin d'être la seule thématique avec une composante géographique propice à la géomatique. Au sein de la DGNP, nombreux sont les services et les projets qui y font appel. Les services de conservation de la faune, de la flore ou des cours d'eau développent des applications pour planifier les nouvelles interventions et avoir une vue d'ensemble dans l'espace et dans le temps. Avant la géomatique, l'information était dans des papiers sous forme de fiches et de cartes. L'obtention d'informations simples comme, par exemple, le lieu et la date de fauche étaient longues et fastidieuses. Une fois les informations compilées dans une base de données géographiques, il est aisé de les interroger avec des mises en relation et des statistiques. Ainsi, il est possible de répondre rapidement à une question telle que : l'ensemble des

¹³ Luc Deley, Chef du service des activités de plein air, DGNP, en charge de tous les projets en lien avec la gestion et la promotion des chemins de randonnée pédestre.

¹⁴ François Niggli, ingénieur en gestion de la nature, mandataire à la DGNP, participant à de nombreux projets en lien avec la gestion et la promotion des chemins de randonnée pédestre.

surfaces de fauche, durant une période et à proximité d'éléments donnés ?¹⁵ Un exemple parlant de projet développé à la DGNP pour lequel les systèmes d'informations sont extrêmement utiles, est celui de la « Planification des secours dans les zones difficiles d'accès ». Pour quelqu'un qui a un accident en forêt, c'est difficile d'identifier et de décrire le lieu où il se trouve. L'arrivée des secouristes peut être considérablement ralentie. La définition de points de rencontre dispatchés dans les zones à risques et connus des secouristes et des employés de la DGNP facilite la rencontre et l'intervention¹⁶.

11.3 Etat de Genève

La DGNP est une direction qui intègre abondamment la géomatique dans ses services, c'est peut-être parce que le centre de compétence du SITG fait partie du même département à l'instar du service de la mensuration officielle. Toutes les directions ne sont pas encore coutumières des systèmes d'information géographique, nonobstant l'Etat de Genève est à l'avant-garde dans ce domaine et pousse en ce sens. Tout commence au début des années 90, à l'initiative de François Mumenthaler, l'ancien directeur du SSIG, qui comprit l'importance de la gestion du territoire et des données territoriales au niveau de Genève et de son agglomération. Il promut l'utilisation des SIG, ce qui aboutit à la création du Système d'information du territoire genevois fruit d'un réseau de partenaires. L'Etat se dota d'un service de géomatique constitué, non pas de géomaticiens, mais de collaborateurs aux profils proches des métiers avec des compétences techniques et informatiques acquises plus tard en pratique. Ce sont donc des coordinateurs qui assurent les relais entre les professionnels de différents métiers et les programmeurs informaticiens spécialisés. Chacun d'entre eux est le correspondant d'une Direction voir d'un Département entier. Au sein de l'Etat, certaines structures n'ont pas de répondant géomatique, au contraire d'autres, comme la DGNP, se dotent en local de leurs propres responsables pour assurer un suivi géomatique permanent des projets et collaborer étroitement avec le répondant au SSIG. Seuls quelques collaborateurs manient le logiciel ArcGis pour faire des cartes ou un traitement particulier. C'est surtout le guichet cartographique qui est utilisé essentiellement dans une optique de recherche d'informations factuelles. L'acceptation de la géomatique ne se fait pas sans résistance mais son efficacité semble rapidement convaincre les sceptiques qui voient leurs recherches d'informations simplifiées et la réalisation de leurs projets accélérée¹⁷.

La transversalité de la géomatique l'appelle à devenir un pivot central de la collaboration entre les différentes structures de l'Etat qui mettront plus facilement leurs données et leurs informations en commun pour coordonner plus efficacement leurs efforts et leurs actions. La tendance actuelle à l'Etat de Genève se dirige vers l'« open data » qui vise à mettre des données à disposition gratuitement. Elles peuvent même être retravaillées, transformées, intégrées dans des applications et revendues par la

¹⁵ Joëlle MASSY, responsable du bureau technique local de la géomatique à la DGNP, participe notamment à l'élaboration d'application pour les unités de gestion notamment « GesNat » pour le service de la conservation de la nature et « GesFor » pour le service des forêts avec en préparation un équivalent pour la gestion des rivières.

¹⁶ François Niggli, ingénieur en gestion de la nature, mandataire à la DGNP, concepteur de l'application « Planification des secours dans les zones difficiles d'accès ».

¹⁷ Joëlle Massy, responsable du bureau technique local de la géomatique à la DGNP et Olivier Binz, responsable et répondant de la géomatique de la DGNP au SSIG.

suite. Bien que l'ensemble des données récoltées jusqu'à présent représente des centaines de millions de francs, le retour sur investissement est rentable car la géomatique simplifie et optimise le travail d'un très grand nombre d'acteurs publics et privés en centralisant toutes les informations en un même endroit. La rentabilité pourra être encore facilement améliorée lorsque tous les utilisateurs potentiels qui ne connaissent pas encore cette ressource l'exploiteront¹⁸.

11.4 Certificat complémentaire en géomatique

Face à des problématiques de plus en plus complexes et transversales à différentes thématiques le marché et le monde professionnel ont besoin autant de compétences spécialisées que d'intermédiaires pour coordonner les savoirs. Le certificat complémentaire en géomatique répond à ce besoin en développant des profils interdisciplinaires capables de faire le lien entre différentes spécialisations. Pour les étudiants, c'est également un avantage car dans de nombreux domaines les possibilités d'emploi sont limitées, les compétences en géomatique sont recherchées.

Le certificat est une bonne base et une connaissance qui ouvre les yeux sur le potentiel et les possibilités de la géomatique. Il peut s'avérer un excellent complément à de nombreuses formations. La mise en pratique des notions vues en cours dans le cadre d'un stage permet de s'approprier ses outils. L'échange avec d'autres utilisateurs est enrichissant et permet d'approfondir les connaissances. La consultation des forums et des aides sur internet procure un complément particulièrement utile pour éviter les blocages et trouver des solutions à des problèmes spécifiques. Une amélioration possible serait une introduction au programme « FME » et aux logiciels libres comme « QGis ». FME pour « Feature Manipulation Engine » est un excellent complément au SIG et à ArcGis car il amène de nombreuses possibilités de traitement parfaitement compatible. QGis pour « Quantum Geographic Information System » est une bonne alternative gratuite pour le traitement des données géographiques en particulier les rasters. Ce type de programme est appelé à prendre de l'ampleur notamment sous forme d'applications mobiles compatibles avec les nouveaux supports de géolocalisation représentés par les tablettes numériques et les Smartphones.

12. Conclusion

Ce rapport met en évidence les opportunités offertes par la géomatique pour l'Etat en général et ses différents services en particulier. Dans le cas des chemins de randonnée pédestre, la couche à disposition comportait de nombreuses erreurs géométriques et peu de détails. Cette carte faisant office de plan directeur, il était nécessaire de l'affiner et de le renseigner. Les mandataires chargés de parcourir le réseau ont fourni des couches d'informations qui ne se superposaient pas dans leurs géométries. Cette situation empêchait de profiter pleinement des avantages de la géomatique comme les comparaisons et les interactions entre couches. Pour remédier à cette situation un processus en plusieurs étapes est nécessaire. Tout d'abord obtenir des informations sur les données et leurs méthodes d'acquisitions qui s'est avéré difficile du fait de la diversité des sources et du nombre d'intermédiaires. Ensuite, un plan du réseau complet

¹⁸ Olivier Binz, responsable et répondant de la géomatique de la DGNP au SSIG.

est élaboré pour recevoir les différentes informations et servir de structure de référence. Par l'intermédiaire des outils du référencement linéaire toutes les couches d'informations sous forme de tables d'événements sont compilées sur cette unique géométrie de base. Puis, la précision du réseau est affinée grâce à la comparaison avec des plans officiels et des orthophotos. Un projet .mxd accessible sur un serveur en ligne met ses informations à disposition de tous les collaborateurs de la DGNP. Par ailleurs, des « modèles builder » permettent la mise à jour du travail. Des classes d'entités peuvent ainsi être créées à partir du serveur interne pour être mise à disposition d'un large public sur un guichet cartographique.

La géomatique développe l'information et la met rapidement à disposition. C'est une aubaine pour les chemins de randonnée qui peuvent ainsi être mieux protégés et mieux connus. Par ailleurs, le développement d'une activité physique saine participe à des objectifs plus vastes de santé publique. Pour la DGNP, la géomatique procure de nombreuses solutions adaptables à toute la variété de ses services. Les informations pour la prise de décision sont simples et claires. Des applications sont développées pour la gestion aussi bien de la forêt que des cours d'eau en passant par la biodiversité. L'Etat de Genève, c'est doté d'un fantastique service de géomatique qui tend à se développer dans ses différents Départements même si certains sont encore balbutiant dans ce domaine. La géomatique peut fournir une réponse au cloisonnement des différents services qui pourront mettre leurs données et leurs informations en commun pour fournir des prestations concertées et coordonnées. Dans ce contexte, le certificat en géomatique répond à une demande des professionnels qui sont de plus en plus à la recherche de compétence en SIG d'autant qu'elles sont utiles dans un vaste panel de métiers.

La philosophie lente de la marche contemplatrice rentre en résonance avec les technologies immédiates qui la promeuvent. A l'instar des informations instantanées, les personnes se déplacent également beaucoup plus vite. Bateaux, voitures et avions ont mis le monde à proximité. Il y a trois cent ans déjà, Jean-Jacques Rousseau remarquait que la destination était déjà en passe d'être plus importante que le chemin parcouru. Lorsqu'il revint en Savoie pour retrouver Mme de Warens et que de passage à Lyon, il obtint l'aide de Mademoiselle de Châtelet, il déclarait que se déplacer à cheval était déjà trop rapide pour profiter de tous les subtils plaisirs du voyage : « Mademoiselle de Châtelet voulait que je prisse un cheval ; je n'y pus consentir, et j'eus raison : j'aurais perdu le plaisir du dernier voyage pédestre que j'ai fait en ma vie ... »¹⁹.

¹⁹ Jean-Jacques Rousseau, *Les confessions*, Partie I, Livre IV, dans : « Œuvres complètes de J. J. Rousseau », par : V.D.Musset-Pathay, chez : P.Dupont, Libraire-Editeur, Paris, 1824, p.246 | numérisé par Google [en ligne] <http://books.google.ch/books?id=-M0iRrfqxcC&printsec=frontcover&dq=Jean-Jacques+Rousseau+Les+confessions&hl=fr&sa=X&ei=phJVUqHOH4SC4ATwpID4Dg&ved=0CC4Q6AEwAA#v=snippet&q=voyage%20p%C3%A9destre&f=false> (consulté le 8 octobre 2013).

Entretiens

Des entretiens ont été menés avec différents collaborateurs de la DGNP au cours des mois de novembre et octobre 2013 pour amener des éléments de réflexion sur le lien entre la géomatique, les chemins de randonnée et les services de l'Etat de Genève.

MASSY Joëlle, Responsable du bureau technique local de la géomatique à la DGNP.

DELEY Luc, Chef du service des activités de plein air, DGNP, en charge de tous les projets en lien avec la gestion et la promotion des chemins de randonnée pédestre.

NIGGLI François, Ingénieur en gestion de la nature, mandataire à la DGNP, participant à de nombreux projets en lien avec la gestion et la promotion des chemins de randonnée pédestre.

BINZ Olivier, Responsable et répondant de la géomatique de la DGNP au SSIG.

Bibliographie

BIRRER Hans-Jörg (mandataires), FRIEDEN Peter (gestion du projet), « Revêtement des routes forestières et rurales : goudronnées ou gravelées ? », Berne : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 1995, Cahier de l'environnement ; n° 247. Chemins de randonnée pédestre, 20p.

BISCHOFBERGER Yves, LABROSSE Jean-Marc, MALGOUVERNE Alexandre, « Guide de découverte du patrimoine transfrontalier : les chemins du bassin genevois », Genève : Ed. Slatkine, 2002, 234p.

ERNST Martine « Les voies romaines : guide romain de voyage », l'Office national suisse du tourisme (ONST), Berne : Benteli, cop. 1992, 120p.

FRESCURAT Marie-Luce, POIRRIER Michel, « ABC Rando : accessibilité, balisage, chemins de randonnées », Seyssinet : Libris, 2004-2008, vol 2.

JUD Heinrich, « Petite introduction à la LCPR (Loi fédérale sur les chemins pour piétons et les chemins de randonnée pédestre du 4 octobre 1985) », Zurich : Association droits du piéton et Fédération suisse de tourisme pédestre (FSTP), 1987, Cahier de l'ADP, no 10, 32 p.

MATSCHER Hans Rudolf, « Découvrir la Suisse romande sur les chemins de l'histoire : 48 étapes de randonnée sur les sentiers historiques revalorisés par ViaStoria : captivant et fascinant, aussi bien pour les familles que pour les randonneurs confirmés », Pfäffikon : Fink Medien, 2009, 144p.

PORTNER Carlo (Mandataire), « Responsabilité en cas d'accidents sur les chemins de randonnée pédestre », Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), Division Protection du paysage, Section chemins pour piétons et chemins de randonnée pédestre/planification, Berne : Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 1996, Cahier de l'environnement ; no 266. Chemins de randonnée pédestre, 192 p.

RUFIN Jean-Christophe, « Immortelle randonnée : Compostelle malgré moi », Chamonix : Guérin, 2013, 258p.

SCHWAB Heinz, « Chemins vers la Suisse : voies romaines, sur les traces des pèlerins de St-Jacques, le grand chemin Walser, sentiers muletiers et routes de commerce, la voie suisse », Zürich : Office national suisse du tourisme, 1994, 27p.

Et

Jean-Jacques ROUSSEAU, « Les confessions », Partie I, Livre IV, dans : « Œuvres complètes de J. J. Rousseau », par : V.D.Musset-Pathay, chez : P.Dupont, Libraire-Editeur, Paris, 1824, p.246

Sites internet

République et canton de Genève, Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement > Accueil [en ligne] <http://etat.geneve.ch/dt/accueil.html> (consulté le 3 octobre 2013).

République et canton de Genève, Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement, Direction générale de la nature et du paysage, « Mission et politique publique », [en ligne] http://etat.geneve.ch/dt/nature_paysage-758-3890.html (consulté le 3 octobre 2013).

Département de l'intérieur de la mobilité et de l'environnement, « Nature dans le canton de Genève, bilan de 10 ans d'actions et perspectives», 2010, p105, [en ligne] (consulté le 3 octobre 2013).

http://etat.geneve.ch/dt/SilverpeasWebFileServer/bilan_nature_B%C3%A0Tv2.pdf?ComponentId=kmelia274&SourceFile=1277994980140.pdf&MimeType=application/pdf&Directory=Attachment/Images/

République et canton de Genève, Plan directeur cantonal, Projets et mesures, 3 Nature, paysage et espaces agricoles, 3.10 plan directeur des chemins de randonnée pédestre [en ligne] http://www.ge.ch/plan-directeur/asp/fiche_plan_directeur.asp?fiche_no=402 (consulté le 3 octobre 2013).

Confédération suisse, Site internet des autorités fédérales, Accueil > Droit fédéral > Recueil systématique > Droit interne > 7 Travaux publics > 704 Loi fédérale du 4 octobre 1985 sur les chemins pour piétons et les chemins de randonnée pédestre (LCPR), [en ligne] <http://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19850207/index.html> (consulté le 3 octobre 2013).

Genève Rando, Association pour la promotion de la marche dans le canton de Genève, organisation de randonnées accompagnées et de séjours de marche. <http://www.geneverando.ch/> [en ligne] (consulté le 3 octobre 2013).

Et

ArcGis Resource Center DeskTop10, Société ESRI, Aide en ligne
<http://help.arcgis.com/fr/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/003900000001000000>

PS : J'ai commencé mes premières études de texte avec Jean-Jacques ROUSSEAU, je finis mon dernier papier universitaire avec lui.

LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

