

-Des données 3D pour les architectes, urbanistes et paysagistes-

PFE présenté par : **Cédric Minéry**
Société d'accueil : *Service de la Mensuration Officielle (SEMO)*
Directeur de PFE : *Laurent Niggeler*
Correcteurs: *Emmanuel Alby*
Mathieu Koehl



1. Introduction

Les techniques de modélisation 3D deviennent de plus en plus efficaces et intéressent toujours plus de monde dans des domaines d'activités extrêmement variés, allant des activités commerciales comme les jeux vidéos ou le cinéma depuis quelques années, jusqu'aux activités de géo-information et de représentation du territoire. Le Service de la Mensuration Officielle (SEMO) de Genève fut parmi les précurseurs dans la création d'une maquette virtuelle 3D de grande envergure, soit environ 76 000 bâtiments sur plus de 245 km².

Toutes ces données peuvent être téléchargées sur le site du SITG (Système d'Information du Territoire Genevois) via un extracteur. Malgré son potentiel énorme, ce socle de données 3D n'est malheureusement que trop peu utilisé par les professionnels de la construction. Le but de ce projet est de comprendre les raisons de cette sous-utilisation et d'y apporter des solutions. Tout d'abord, il s'agira de mener une étude de besoin auprès des utilisateurs, d'entendre leurs attentes et les problèmes qu'ils rencontrent, afin de pouvoir ensuite proposer un prototype de « jeu de données prêtes à l'emploi » et de donner des pistes pour favoriser leurs utilisations. Le tout sera illustré par des exemples concrets.

2. Analyse du besoin

La première étape a consisté à faire des visites sur les lieux de travail de différents professionnels afin de récolter leurs attentes en termes de 3D et leurs commentaires sur les données fournies par le SITG.

Voici les points importants qui ont été évoqués par l'ensemble des personnes interrogées :

- **L'interopérabilité** : véritable fil rouge du projet, en raison de la multiplicité de logiciels et de formats 3D existants. Il s'agira en fait de créer les passerelles entre deux mondes qui ne sont pas encore tout à fait compatibles, à savoir le SIG 3D (gestion des données du SEMO) et la CAO 3D (Construction assistée par ordinateur).
- **Le géo-référencement et les systèmes de coordonnées** : les architectes et les paysagistes n'ont souvent aucun intérêt à recevoir les données dans le système national suisse (MN03) avec des coordonnées en centaines de milliers de mètres. De plus, plusieurs logiciels comme 3DstudioMax ne gèrent que 7 chiffres significatifs dans les coordonnées, ce qui génère des arrondis importants et de gros problèmes de conservation de la géométrie des objets lors de leurs imports et échanges.
En revanche, les urbanistes travaillent généralement sur des projets à plus grande envergure et ont donc besoin d'un repère fixe commun à tous les acteurs participant à un même projet.
- **Le contenu du jeu de données** : les architectes et paysagistes ont une utilité très visuelle de leurs maquettes numériques, pour insérer leurs projets dans leurs environnements futurs et les présenter à leurs clients ou au public par le biais d'images de synthèses ou même d'animations.
 - A cette fin, le Modèle Numérique de Terrain (MNT) proposé par le SITG ne les satisfait pas. En effet, celui-ci, issu d'un levé Lidar filtré de manière basique, est trop brut et chaotique. En plus des traditionnels survols, la maquette numérique doit permettre d'offrir une perspective humaine, des vues piétonnes au niveau de la rue par exemple, ce qui implique d'avoir le détail des routes, trottoirs et îlots, avec un terrain lisse et propre visuellement.
 - La profondeur de champ est souvent réduite, alors que les vues et perspectives sont importantes dans l'élaboration d'un projet, d'autant plus que Genève est encerclé par les montagnes et son lac qui représentent des repères visuels d'orientation connus de tous.

- Le mobilier urbain et la végétation permettraient d'habiller la maquette et de lui donner de la vie, notamment pour les paysagistes.
- Le danger lors du traitement de données 3D est que les fichiers deviennent vite très lourds numériquement. Il faudra en tenir compte afin de ne pas réserver leurs utilisations seulement aux possesseurs d'ordinateurs très puissants.

Malgré toutes ces remarques, il ressort comme impression générale que l'utilité d'une maquette numérique tridimensionnelle n'est plus à prouver, que ce soit comme outil de conception, de simulation, de présentation interactive ou d'aide à la décision.

Une équipe de travail composée de représentants des professions citées ci-dessus a été composée afin de suivre le projet par des réunions de coordination mensuelles. Ces réunions ont servi à valider les décisions et orientations choisies.

3. Prototypage de la solution envisagée

Afin de répondre aux différents problèmes cités ci-dessus, un prototype de « socle urbain 3D » à plusieurs niveaux de détails a été imaginé. Son principe est simple : afin d'économiser de la mémoire informatique tout en proposant une grande étendue de données, il faut dégrader le niveau de détail, de contenu et de définition des objets au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre d'intérêt de la maquette. C'est une technique qui est déjà couramment utilisée dans plusieurs domaines et notamment par les jeux vidéo afin de plonger le joueur dans des environnements de plus en plus riches et vastes à la fois.

3.1 La zone région

C'est un MNT du Canton de Genève et des montagnes françaises environnantes issu d'un nuage de points qui a été décimé intelligemment puis triangulé afin de bien conserver la morphologie du terrain. Ce MNT peut être drapé avec une image satellite à basse résolution (taille du pixel au sol: 10 ou 25m).

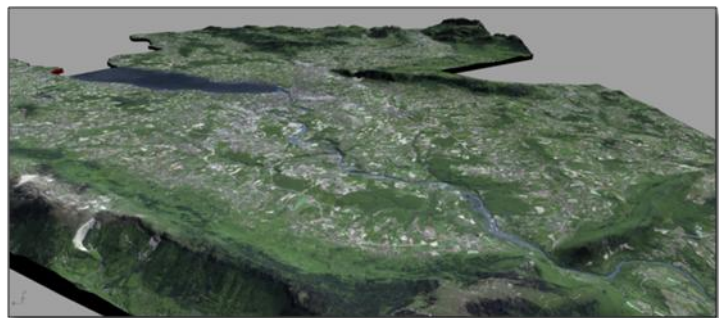


Figure 1 | Aperçu de la zone région

3.2 La zone projet

C'est la zone d'intérêt de la maquette que l'on viendra intégrer dans la zone région par opération booléenne. Son étendue est réduite afin de pouvoir y mettre beaucoup de détails (500x500m par exemple) mais sa forme doit pouvoir être choisie pour certains travaux spécifiques (forme linéaire pour des travaux d'infrastructures de transport notamment). Elle comprend les bâtiments 3D de la zone au niveau de détails maximum, et surtout son terrain est composé d'un « **Modèle Numérique de Rue (MNR)** », permettant des visualisations au niveau du sol dans l'environnement proche du projet.

Ce MNR représente le point de développement majeur du projet, c'est une surface dérivée du domaine routier 2D, de la base des bâtiments en 3D et des points Lidar de la zone. Elle est obtenue grâce à un outil complexe qui a été développé en « modelbuilders » dans l'environnement ESRI. Nous voyons son fonctionnement sur la figure ci-contre : on copie les entrées du processus dans l'arborescence puis on lance dans l'ordre les différents outils qui créent des couches intermédiaires sans importance et enfin les couches finales en sorties.

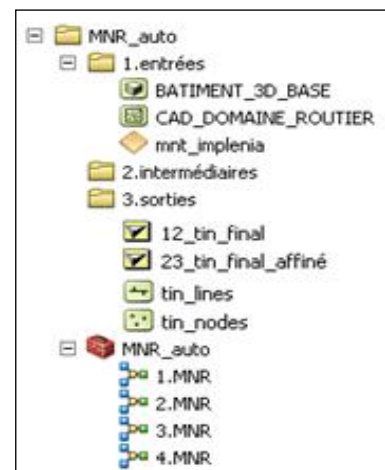


Figure 2 | arborescence de l'outil MNR

Le processus global prend environ **15 minutes** pour une zone urbaine de 500m par 500m et fait s'enchaîner une soixantaine d'outils ArcGIS, à savoir entre autres, des créations de corridors, des interpolations, des filtres passe-bas pour lisser les surfaces et des ajustements 3D pour décaler par exemple les hauts de trottoirs par rapport à la route. Le MNR peut également être drapé avec une orthophoto haute définition (pixel: 10 ou 5 cm).

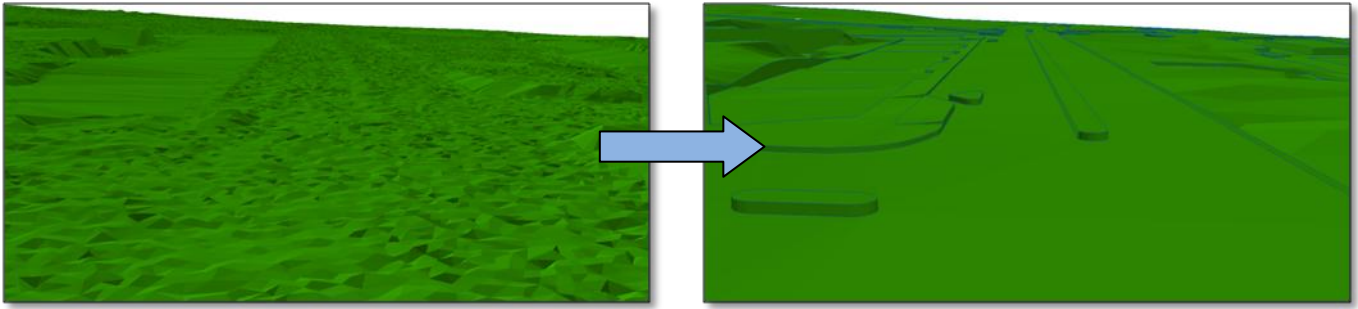


Figure 3 | MNT d'une zone urbaine avant et MNR après application du processus.

En plus de la surface TIN (ou RTI : Réseau de Triangles Irrégulier) finale, l'outil donne les lignes de ruptures et les sommets des triangles qui la composent. Cela est pratique pour exporter le terrain vers des logiciels de CAO et pouvoir encore éditer le MNR, le modifier, le compléter avec des levés sur le terrain par exemple. En effet, le MNR ne donne qu'un modèle simplifié de la réalité avec une précision relative qui a été estimée en calculant les distances verticales entre chaque point du nuage Lidar et le MNR. On obtient la répartition gaussienne ci-contre avec une moyenne de **-4 cm** et un écart type de **23 cm** ce qui est largement acceptable pour des problématiques de rendu visuel.

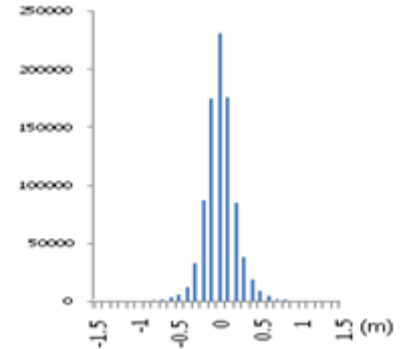


Figure 4 | histogramme de répartition des distances Lidar/MNR

3.3 Géotraitements complémentaires et tailles des données

Afin de corriger les problèmes liés aux longueurs des coordonnées, toutes les données peuvent subir une translation unique afin de ramener les données dans un système local arbitraire, commun à tous les projets genevois, le système « MNGE ». La translation inverse permettra ensuite au SEMO d'insérer les projets d'architecture dans son socle 3D.

Voici le système régissant la translation du système MN03 au système MNGE :

$$\begin{cases} X_{mnge} = X_{mn03} - \mathbf{480\ 000\ m} \\ Y_{mnge} = Y_{mn03} - \mathbf{109\ 000\ m} \\ Z_{mnge} = Z_{mn03} \end{cases} \quad (1)$$

Les données sont ensuite converties dans différents formats, soit par le logiciel FME Workbench qui supporte presque tous les formats existants, soit directement par un logiciel de CAO comme Rhino qui permet d'importer et d'exporter de nombreux formats également, tout en conservant la géométrie des objets. Trois formats principaux ont été retenus à l'usage par l'équipe, à savoir les formats *.3ds, Wavefront Object (*.obj) et *.3dm de Rhino. Ces 3 formats permettent de couvrir la majorité des logiciels de conception 3D utilisés à Genève, notamment ArchiCAD, 3DStudio, Rhino, SketchUp ou Artlantis.

Ci-dessous, un tableau qui résume les poids des différents fichiers :

	Données	Poids			
		.3ds	.3dm	.obj	.tiff
zone région	MNT	22 Mo	35 Mo	82 Mo	
	image satellite (pixel: 5m)				470 Mo
zone projet (500x500m en zone urbaine)	MNR	6 Mo	7 Mo	26 Mo	
	bâti 3d	2 Mo	2 Mo	10 Mo	
	orthophoto (pixel: 10cm)				93 Mo

Tableau 1 | Poids des données

4. Favoriser l'utilisation de la 3D

En plus des difficultés techniques, une réflexion a également été menée sur les avantages concrets que pourraient trouver les architectes à créer des maquettes 3D en dehors de leurs valeurs ajoutées visuelles. Les points qui sont ressortis portaient sur des simplifications procédurales (une maquette 3D complète remplacerait des plans 2D et des coupes) dans les demandes de permis de construire ou des temps d'obtention diminués. Des exemples de concours d'architecture où les participants devraient insérer leurs projets dans un environnement 3D fourni par le maître d'ouvrage pourraient également être envisagés. Malheureusement, de telles procédures prennent beaucoup de temps à être mises en place. Aussi, pour le moment, plusieurs

documents (une fiche présentant les avantages et les limites de la 3D ainsi qu'un dépliant illustrant des réalisations 3D possibles grâce au socle urbain 3D) ont été créés afin d'être diffusés et de motiver l'utilisation de la 3D et les contacts avec le SEMO.

5. Exemples de résultats

De par son orientation vers l'architecture, ce projet a naturellement nécessité de se concentrer sur l'aspect visuel et la diversité des rendus possibles à partir du socle urbain 3D et du MNR, dont voici quelques exemples:

- Le socle urbain 3D sous forme de « maquette blanche » (e), semblable aux maquettes physiques de concours d'architecture. On peut également l'exporter en *.stl en vue d'une impression 3D.
- Le rendu photoréaliste avec les textures du sol et des toitures issues de l'orthophoto (c).
- La « maquette technique » (a) avec un rendu plus ou moins esquissé.
- La maquette globale dans son environnement avec les montagnes au fond et le MNR au premier plan (d).
- Des vues piétonnes habillées avec des symboles 3D (b) et dans lesquelles on peut finalement insérer un projet d'architecture concret (f).

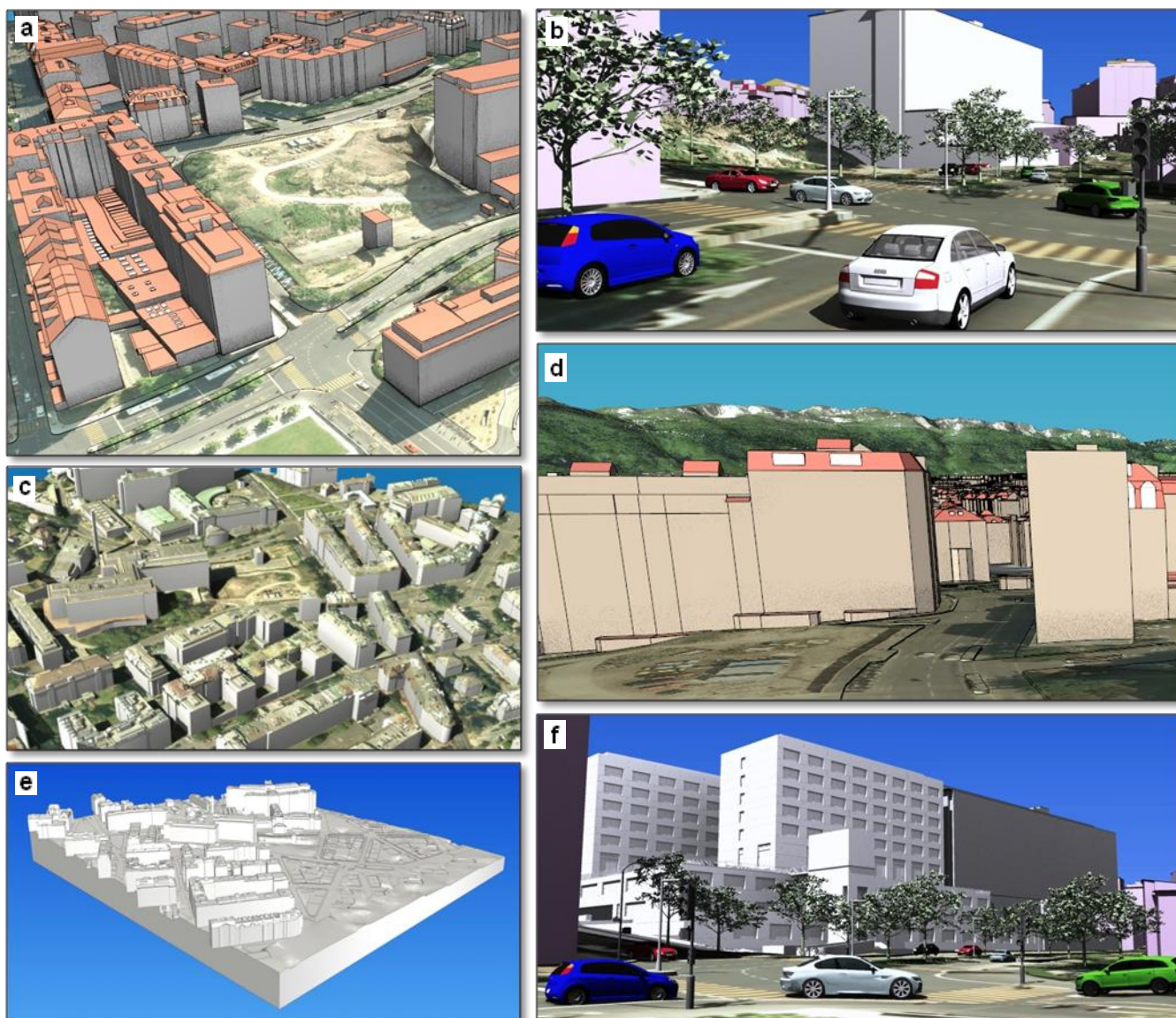


Figure 5 | Aperçus des différents rendus possibles

6. Conclusion

Au vue des résultats obtenus et des retours positifs des membres de l'équipe de travail, on peut dire que le socle urbain 3D créé et surtout le MNR remplissent effectivement les objectifs fixés au début du projet.

La mise en place de l'outil 3D dans l'aménagement du territoire implique nécessairement des changements dans les pratiques professionnelles concernées et donc des investissements de temps et d'argent. Ces changements représentent une véritable (r)évolution culturelle tout en sachant que la 3D est souvent injustement perçue comme un saut dans l'inconnu technique avec un temps d'adaptation conséquent.