



# **T4SU : analyses et représentations des vues du ciel, du soleil et des saillances paysagères dans le contexte d'un outil de CAO**

Kevin Hartwell, Thomas Leduc

## **► To cite this version:**

Kevin Hartwell, Thomas Leduc. T4SU : analyses et représentations des vues du ciel, du soleil et des saillances paysagères dans le contexte d'un outil de CAO. SAGEO 2016, Sandro Bimonte; Thomas Devogele; Ali Hassan, Dec 2016, Nice, France. hal-01402727

**HAL Id: hal-01402727**

**<https://hal.science/hal-01402727>**

Submitted on 25 Nov 2016

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# T4SU : analyses et représentations des vues du ciel, du soleil et des saillances paysagères dans le contexte d'un outil de CAO

Kevin Hartwell<sup>1</sup>, Thomas Leduc<sup>1</sup>

1. UMR AAU – CRENAU, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes  
6 quai François Mitterrand - BP 16202 - F-44262 NANTES cedex 2, France  
[kevin.huthart@gmail.com](mailto:kevin.huthart@gmail.com), [thomas.leduc@crenau.archi.fr](mailto:thomas.leduc@crenau.archi.fr)

---

**RESUME.** LA TRANSITION D'UNE CARTOGRAPHIE 2.5D A UNE VERITABLE 3D EST INDISPENSABLE A UNE ANALYSE PERTINENTE DES PROBLEMATIQUES ENVIRONNEMENTALES URBAINES TELLE CELLE DU PHENOMENE D'ILET DE CHALEUR URBAIN. C'EST DANS CET OBJECTIF QUE LE PLUGIN T4SU POUR SKETCHUP A ETE DEVELOPPE, A L'INTERFACE DES LOGIQUES D'ANALYSE ET DE PRESENTATION DES DONNEES SPATIALES ISSUES DE LA GEOMATIQUE D'UNE PART ET DE LA CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (CAO) D'AUTRE PART. SI CES DEUX APPROCHES SONT NEES DANS DES CONTEXTES ET POUR DES NIVEAUX D'ECHELLE BIEN DISTINCTS, LEURS COMPLEMENTARITES SONT DESORMAIS LARGEMENT SYNERGIQUES. LES DONNEES PUBLIQUES NATIONALES PEUVENT AINSI ETRE ANALYSEES A L'ECHELLE DU FRAGMENT URBAIN OU DU QUARTIER. PLUS PARTICULIEREMENT, LE PLUGIN T4SU PERMET L'ANALYSE ET LA REPRESENTATION DES VUES DU CIEL, DU SOLEIL, ET DES SAILLANCES PAYSAGERES.

**ABSTRACT.** THE TRANSITION FROM 2.5D TO 3D IS NECESSARY FOR THE CORRECT ANALYSIS OF URBAN ENVIRONMENTAL ISSUES SUCH AS URBAN HEAT ISLAND EFFECTS. IT IS IN THIS PERSPECTIVE THAT THE TOOLS 4 SKETCHUP (T4SU) PLUGIN WAS CREATED, BRIDGING THE GAP BETWEEN GIS SYSTEMS AND CAD SOFTWARE. IF THESE TWO APPROACHES HAVE STEMMED FROM DIFFERENT CONTEXTS AND FOR DIFFERENT SCALES, THEY PRESENTLY HOLD A SYNERGETIC RELATIONSHIP. PUBLIC GEO-REFERENCED DATA MAY THEREBY BE USED AT THE SCALE OF THE URBAN FRAGMENT OR NEIGHBORHOOD. PARTICULARLY, T4SU ALLOWS FOR THE ANALYSIS OF SKY AND SUN VIEW FACTORS, AS WELL AS LANDSCAPE SALIENCES.

**MOTS-CLES :** SIG 3D, MODELES URBAINS, CAO, ETUDE DES VISIBILITES, CHAMPS D'ISOVISTS, CARTE DES VUES DU CIEL.

**KEYWORDS:** 3D GIS, URBAN MODELS, CAD, VISIBILITY STUDIES, ISOVIST FIELDS, SKYMAP

---

## 1. Introduction : de la nécessité d'un outil d'analyse des visibilité à l'échelle du quartier dans le contexte de la CAO

En Conception Assistée par Ordinateur (CAO), l'objectif visé n'est pas uniquement figuratif comme dans le cas du Dessin Assisté par Ordinateur. Il s'agit traditionnellement, de produire le système d'information d'un objet manufacturé capable d'encapsuler son fonctionnement voire de permettre d'interagir avec lui à travers par exemple un mécanisme de réalité virtuelle (Moreau, 2009). Si l'objet d'étude est la ville, géo-localisée par essence, le système d'information est alors potentiellement géographique (SIG). Or, d'après Moreau (2009), « un des objectifs des SIG est la production de cartes », c'est-à-dire d'une « représentation symbolique graphique la mieux adaptée à la communication d'une information ». L'association des capacités de synthèse cartographique et de géo-traitement des SIG aux capacités de conception de systèmes complexes de la CAO, permet une modélisation avancée de la ville.

Dès les années 1990, a été développé à l'ENSA Nantes, un logiciel de simulation d'ensoleillement, d'éclairement et de rayonnement thermique des projets architecturaux et urbains appelé SOLENE. Ce premier développement s'est depuis élargi aux divers bilans radiatifs, thermiques ou aérauliques urbains. Afin d'exploiter les maquettes numériques de bâtiments produites en agence ou bureau d'étude, un utilitaire d'export des maquettes SketchUp au format natif des géométries de SOLENE a été développé en 2006. En parallèle, pour le besoin des recherches conduites dans le registre des perceptions visuelles un nouveau développement logiciel intitulé T4SU (*Tools for SketchUp*) a été initié en 2014. Cet outil est conçu pour être le « lieu » d'implémentation de divers concepts tels que l'isovist, le champ d'isovists (Benedikt, 1979) ou l'isovist partiel (Conroy, 2001).

Or, comme le constate (Groleau, 2000), la simulation des éclairagements solaires et lumineux relève fondamentalement de problématiques de (co)visibilité. C'est donc dans ce même contexte qu'ont été implémentées les vues du ciel et plus précisément le facteur de vue du ciel (Steyn, 1980), les carte de vues du ciel (Teller & Azar, 2001) ainsi que l'exposition à l'éclairement solaire direct (Littlefair, 1998).

Divers outils existent déjà qui permettent d'analyser certains de ces concepts. Un état de l'art permet notamment d'identifier, en ce qui concerne les isovists, un plugin ArcGIS (Rana, 2006), une implémentation du SOI (Fisher-Gewirtzman & Wagner, 2003), des implémentations MATLAB d'isovisimatrix (Morello & Ratti, 2009) ou d'isovist 3D (Suleiman *et al.*, 2012) ou encore une implémentation Rhino/Grasshopper attribuable à (Koltsova *et al.*, 2013).

En ce qui concerne l'estimation des vues du ciel, avec les développements en LISP de cartes de vues du ciel de (Teller & Azar, 2001), diverses implémentations ont été produites comme un plugin ArcGIS par (Souza *et al.*, 2003), une approche raster par (Ratti & Richens, 2004), ou encore (Matzarakis *et al.*, 2007) qui à partir de l'implémentation RayMan ont produit SkyHeli (Matzarakis & Matuschek, 2009).

Enfin, concernant les apports solaires, divers développements ont été réalisés depuis SOLENE, qu’il s’agisse de Townscope II (Teller & Azar, 2001), de SOLWEIG (Lindberg *et al.*, 2008), de RayMan et SkyHeli déjà mentionnés, du module *r.sun* de GRASS de (Hofierka & Šúri, 2002) voire des logiciels commerciaux comme ArchiWIZARD développé initialement par la société HPC-SA.

En instrumentant toutes ces déclinaisons d’une même analyse de la ville par la visibilité dans le contexte d’un outil logiciel « grand-public » tel SketchUp, nous faisons le pari de mettre à disposition de la communauté recherche des instruments renouvelés, « comparables » (parce que développés dans un même contexte), faciles à prendre en main (ce logiciel de CAO étant réputé pour son ergonomie), etc.

## 2. T4SU : un outil urbain bénéficiant des apports de la géomatique

T4SU s’inscrit dans une application principalement utilisée à l’échelle architecturale. Il est cependant adapté afin d’être utilisé comme un outil de la géomatique. Pour transposer certains concepts des SIG dans le contexte de SketchUp, plusieurs adaptations et « détournements » ont été nécessaires. Nous en recensons quelques-uns dans la table 1. Il importe néanmoins de remarquer ici que cette traduction reste largement incomplète, tant du point de vue de la symbologie, que du traitement spatial (puisque par exemple, nul mécanisme d’indexation spatiale ou de géo-traitement RCC8 n’est proposé via l’API en Ruby).

Table 1. Traduction de quelques concepts ou fonctionnalités du monde de la géomatique dans le contexte du plugin T4SU de SketchUp.

Fonctionnalité SIG	Correspondance SketchUp
Couche d’information	Calque (instance de <i>Layer</i> )
Type géométrique (ponctuel, linéaire surfacique)	Objet dérivé de la classe <i>Drawingelement</i> ( <i>ConstructionPoint</i> , <i>Edge</i> et <i>Face</i> )
Attributaire alphanumérique	Objet <i>AttributeDictionary</i>
Affichage, superposition et estompage de cartes	Canal alpha et transparence de l’objet <i>Material</i> (accesseurs <i>material</i> et <i>back_material</i> de l’objet <i>Face</i> )
Rendu symbole gradué	Développement spécifique en Ruby
Formats d’import	Développement spécifique en Ruby (lecteurs SHP et DBF, GMSH/Msh, etc.)

Quatre « outils » fondamentaux forment le socle des diverses implémentations de T4SU relatives à l’analyse des visibilité. Le lancer de rayon, la modélisation géométrique de la voûte de ciel par un dôme géodésique, la modélisation des trajectoires solaires en fonction de la latitude du lieu, du jour de l’année et de l’heure du jour et l’estimation de l’irradiation solaire normale directe. En ce qui concerne le lancer de rayon, nous avons tiré profit de la méthode *raytest* de la classe *Model*, implémentée nativement dans SketchUp. Concernant les trois autres « outils de base », plusieurs variantes ont été développées dans T4SU : 1) une modélisation de ciel par triangulation récursive d’un icosaèdre ou d’une pyramide carrée (Miguet, 2000), 2) une modélisation de la déclinaison du soleil par diverses méthodes

(Spencer, Fletcher, Campbell & Norman, etc.), 3) diverses modélisations de l'irradiation solaire normale directe (Perrin de Brichambaut, Perraudau, Dogniaux, etc.).

La version en cours<sup>1</sup> rassemble plus de 10 400 instructions réparties dans plus de 180 classes Ruby. Outre les modules dédiés aux analyses des visibilitées déjà mentionnés, T4SU incorpore plusieurs modules visant à « transformer » SketchUp en un SIG. Le premier module est relatif à l'import/export de fichiers de données (permettant ainsi les échanges avec le mailleur GMSH (Geuzaine & Remacle, 2009), la plate-forme de simulation numérique multi-physique SALOME, les principaux SIG via un lecteur SHP/DBF, etc.). Le second module est relatif à l'édition (triangulation, carroyage, modélisation de la voûte de ciel, extrusion sur modèle de terrain, édition de l'attributaire, etc.). Enfin, le troisième module est relatif à la sélection automatique de géométries selon certains critères.

### 3. Trois exemples d'utilisation

#### 3.1. Vues du ciel et refroidissement nocturne

Nous proposons d'estimer, dans ce premier exemple, les facteurs de vue du ciel au sol pour l'ensemble des points de l'espace interstitiel dans le secteur cathédrale à Nantes (France). Pour ce faire, la première étape consiste à échantillonner l'ensemble de la surface au sol hors l'emprise des bâtiments. Nous optons ici pour un simple quadrillage ou carroyage. Cet échantillonnage étant réalisé, le facteur de vue du ciel (*Sky View Factor*, SVF) est estimé au centroïde de chaque élément par lancer de rayon vers chaque item de la modélisation de la voûte de ciel (et ratio de surfaces de triangles sphériques vus rapportées à la surface de l'hémisphère correspondant). Le SVF calculé pour chaque item du carroyage est alors stocké en attribut de l'élément de surface correspondant, ce qui permet finalement de produire une carte choroplète où le dégradé de couleur est proportionnel au ratio de vue du ciel. Dans la figure 1a, la couleur foncée correspond aux endroits du sol où le ciel est peu visible et où les échanges radiatifs nocturnes sont de fait limités (réduisant le refroidissement nocturne et amplifiant ainsi le phénomène d'îlot de chaleur urbain).

#### 3.2. Positionnement de panneaux solaires en toiture

Ce deuxième exemple s'inscrit dans le registre du positionnement optimal de panneaux photovoltaïques en toitures, en environnement urbain, lorsque les effets de masques risquent de réduire substantiellement la rentabilité de l'installation. En effet, le rendement d'un tel panneau est fonction de l'irradiation solaire directe qui est-elle-même étroitement corrélée à l'angle d'incidence des rayons solaires sur la surface du panneau. Après une détection automatique des toitures, nous procédons à leur échantillonnage par quadrillage, puis au calcul de l'irradiation au centroïde de

<sup>1</sup> Le plugin est téléchargeable à l'adresse [https://sourcesup.renater.fr/frs/?group\\_id=684](https://sourcesup.renater.fr/frs/?group_id=684). La documentation est consultable sur <http://t4su.wordpress.com> (consultée le 22/11/2016).

chaque item du carroyage. Dans la figure 1b, la couleur foncée correspond aux endroits où les apports solaires, en termes d’énergie, sont moindres (réduisant d’autant le rendement du dispositif).

### 3.3. Exposition à l’éclairement solaire direct le long d’un parcours urbain

Le troisième exemple est une illustration du mécanisme de double projection<sup>2</sup> permettant de représenter conjointement les vues du ciel et du soleil (à différentes dates) en divers points d’un parcours urbain. Il s’agit ici plus précisément de superposer, en chaque point d’échantillonnage, les trajectoires solaires, discrétisées, aux solstices d’hivers et d’été, et les masques bâtis environnants (cf. figure 1c). Cette représentation spatio-temporelle (3D+t dans la mesure où elle intègre diverses positions du soleil au cours du temps) permet d’identifier les périodes d’ensoleillement des divers lieux étudiés pour deux courses solaires extrémales (solstices). Cette cartographie participe donc de la compréhension de la contribution de l’exposition à l’éclairement solaire direct comme facteur physique constitutif de l’ambiance des lieux.

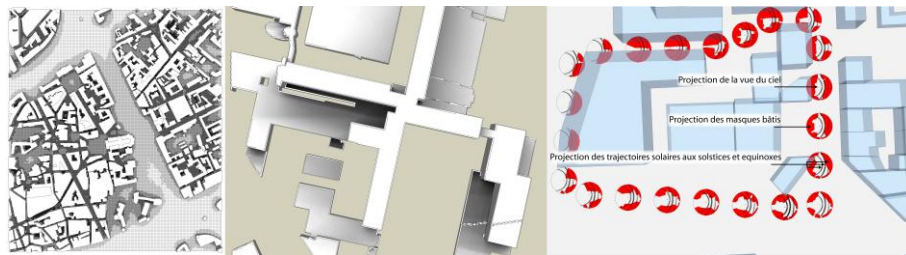


FIGURE 1. (a) Vues du ciel secteur Cathédrale à Nantes, (b) irradiation solaire directe des toitures du secteur du CHU à Nantes, (c) cartes de vues du ciel et du soleil aux solstices, le long d’un parcours.

## 4. Conclusion

T4SU, d’une plateforme d’expérimentation de recherches conduites au sein du CRENAU relatives à l’évaluation de facteurs physiques des ambiances urbaines, est devenu un outil susceptible d’être enseigné pour partie aux professionnels de la conception dans le cadre des Journées SOLENE. Bien qu’en version prototype, il a été utilisé lors de stages Masters par C. Cagli au Politecnico de Milan (Italie) où le module d’étude des visibilité a permis notamment d’évaluer l’impact d’une nouvelle réglementation des hauteurs de bâti dans un quartier d’Istanbul, et par T. Pagnat à l’Université de Liège (Belgique) dans le cadre d’une étude de corrélation de divers

<sup>2</sup> Ce mécanisme de double projection consiste en 1) une première projection sur la surface d’un hémisphère centré sur le point de vue, 2) une deuxième projection de ce résultat sur la surface d’un disque, placé dans le plan d’observation et centré au même point de vue.

indicateurs morphologiques 2D et 3D. Si des développements restent encore à faire, tant en termes d'interface utilisateur qu'en termes de symbologie, l'outil a néanmoins aussi été valorisé dans le cadre de diverses recherches (Signorelli & Leduc, 2016; Signorelli, Leduc, & Chauvat, 2016; Signorelli, Leduc, & Tourre, 2016).

### Bibliographie non numérotée et références

- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 6(1), 47–65.
- Conroy, R. (2001). *Spatial Navigation In Immersive Virtual Environments*. The faculty of the built environment, University College London, London, U.K.
- Fisher-Gewirtzman, D., & Wagner, I. a. (2003). Spatial openness as a practical metric for evaluating built-up environments. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30(1), 37–49.
- Geuzaine, C. & Remacle, J.-F. (2009). Gmsh: A 3-D finite element mesh generator with built-in pre- and post-processing facilities. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 79(11), pp.1309–1331.
- Groleau, D. (2000). Solène un outil de simulation des éclairagements solaires et lumineux dans les projets architecturaux et urbains. In *Les professionnels de la Construction* (p. 8). Rouen, France.
- Hofierka, J., & Šúri, M. (2002). The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. *Proceedings of the Open Source GIS-GRASS Users Conference*, (September), 11–13.
- Koltsova, A., Tunçer, B., & Schmitt, G. (2013). Visibility Analysis for 3D Urban Environments. In *Computation and Performance - eCAADe 31* (Vol. 2, pp. 375–384).
- Lindberg, F., Holmer, B., & Thorsson, S. (2008). SOLWEIG 1.0 – Modelling spatial variations of 3D radiant fluxes and mean radiant temperature in complex urban settings. *International Journal of Biometeorology*, 52(7), 697–713.
- Littlefair, P. (1998). Passive solar urban design : ensuring the penetration of solar energy into the city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(3), 303–326.
- Matzarakis, A., & Matuschek, O. (2009). Estimation of Sky View Factor in urban environments. *Mettoolsvii*, (September), 1–8.
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology*, 51(4), 323–334.
- Miguet, F. (2000). Paramètres physiques des ambiances architecturales : Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain. Ecole Polytechnique de l'Université de Nantes - Ecole d'architecture de Nantes.
- Moreau, G. (2009). *Représentation et construction des systèmes d'information par l'image*. Université de Nantes, France.
- Morello, E., & Ratti, C. (2009). A digital image of the city: 3D isovists in Lynch's urban

- analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(5), 837–853.
- Rana, S. (2006). Isovist Analyst - An Arcview extension for planning visual surveillance. In *ESRI International User Conference. ESRI* (Vol. 1, p. 9). Redlands, USA.
- Ratti, C., & Richens, P. (2004). Raster analysis of urban form. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 31(2), 297–309.
- Signorelli, V., & Leduc, T. (2016). De l’influence de la végétation et du relief dans la simulation de la ville à l’échelle du quartier. In J.-P. Goulette & B. Ferries (Eds.), *SCAN’16* (pp. 125–134). Toulouse, France: Presses Universitaires de Nancy.
- Signorelli, V., Leduc, T., & Chauvat, G. (2016). How far is far enough? Towards an adaptive and “site-centric” modelling integrating co-visibility constraints for optimal land use. In J.-S. Bailly, D. Griffith, & D. Josselin (Eds.), *12th Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences* (pp. 233–240). Montpellier, France.
- Signorelli, V., Leduc, T., & Tourre, V. (2016). Ego-city - Automatic textual description of urban ambiances’ factors. In *3rd International Congress on Ambiances - Ambiances, tomorrow*. Volos, Greece.
- Souza, L. C. L., Rodrigues, D. S., & Mendes, J. F. G. (2003). Sky view factors estimation using a 3D-GIS extension. In *8th International IBPSA Conference* (pp. 1227–1234).
- Steyn, D. G. (1980). The calculation of view factors from fisheye-lens photographs: Research note. *Atmosphere-Ocean*, 18(3), 254–258.
- Suleiman, W., Joliveau, T., & Favier, E. (2012). Une nouvelle méthode de calcul d’isovist en 2 et 3 dimensions. In R. Billen, M. Binard, P. Hallot, & J.-P. Donnay (Eds.), *Actes de la Conférence internationale de Géomatique et Analyse Spatiale - SAGEO 2012* (pp. 366–386).
- Teller, J., & Azar, S. (2001). Townscope II—A computer system to support solar access decision-making. *Solar Energy*, 70(3), 187–200.