



HAL
open science

3D, au-delà de la visualisation

Myriam Servières, Vincent Tourre

► **To cite this version:**

Myriam Servières, Vincent Tourre. 3D, au-delà de la visualisation. Doctorat. Saint-Paul-en-Jarez, France. 2016. cel-01523246

HAL Id: cel-01523246

<https://hal.science/cel-01523246>

Submitted on 16 May 2017

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License



3D, au-delà de la visualisation

Myriam Servières et Vincent Tourre

Équipe CRENAU - Laboratoire Ambiances Architectures Urbanités (UMR 1563)
Ecole Centrale de Nantes - ENSAN - ENSAG

myriam.servieres@ec-nantes.fr, vincent.tourre@ec-nantes.fr

31 mai 2016

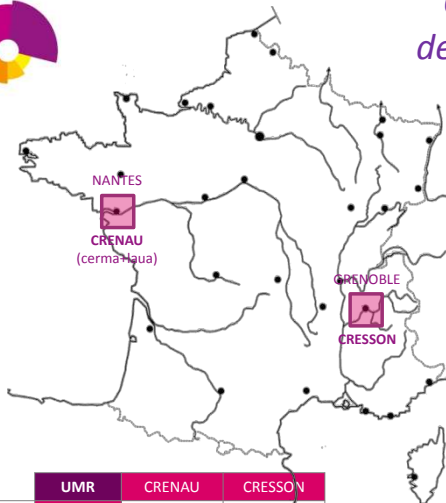


UMR AAU - équipe CRENAU /IRSTV

AAU crenau
ambiances
architectures
urbanités



Organisation de l'UMR 1563



Tutelles
(délégation MCC
au 1/1/2016)



1er janvier 2016

	UMR	CRENAU	CRESSON
Recherche et enseignement	66	35	31
Appui et soutien à la recherche	9	4	5
Doctorants	35	16	19
	110	55	55

2

IRSTV

IRSTV : Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville



- Pôle de recherche fédératif et interdisciplinaire sur l'environnement urbain et la ville durable
- Fédère 20 laboratoires de l'ouest sur 15 établissements
- 5 axes de recherches, un service d'observation, 3 axes en émergence

IRSTV

IRSTV : Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville



- Pôle de recherche fédératif et interdisciplinaire sur l'environnement urbain et la ville durable
- Fédère 20 laboratoires de l'ouest sur 15 établissements
- 5 axes de recherches, un service d'observation, 3 axes en émergence
 - Géoconnaissances Urbaines
 - Sol Urbain
 - Microclimat Urbain et Energies
 - Environnements Sonore Urbain
 - Tomographie Urbaine

IRSTV

IRSTV : Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville



- Pôle de recherche fédératif et interdisciplinaire sur l'environnement urbain et la ville durable
- Fédère 20 laboratoires de l'ouest sur 15 établissements
- 5 axes de recherches, un service d'observation, 3 axes en émergence
 - ▶ Géoconnaissances Urbaines
 - ▶ Sol Urbain
 - ▶ Microclimat Urbain et Energies
 - ▶ Environnements Sonore Urbain
 - ▶ Tomographie Urbaine

IRSTV

IRSTV : Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville



- Pôle de recherche fédératif et interdisciplinaire sur l'environnement urbain et la ville durable
- Fédère 20 laboratoires de l'ouest sur 15 établissements
- 5 axes de recherches, un service d'observation, 3 axes en émergence
 - ▶ Géoconnaissances Urbaines
 - ▶ Sol Urbain
 - ▶ Microclimat Urbain et Energies
 - ▶ Environnements Sonore Urbain
 - ▶ Tomographie Urbaine

IRSTV

IRSTV : Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville



- Pôle de recherche fédératif et interdisciplinaire sur l'environnement urbain et la ville durable
- Fédère 20 laboratoires de l'ouest sur 15 établissements
- 5 axes de recherches, un service d'observation, 3 axes en émergence
 - ▶ Géoconnaissances Urbaines
 - ▶ Sol Urbain
 - ▶ Microclimat Urbain et Energies
 - ▶ Environnements Sonore Urbain
 - ▶ Tomographie Urbaine

Mise en contexte

Au-delà de la visualisation ?

- Qu'est-ce qu'un modèle 3D ?
- Qu'est-ce que visualiser/représenter un modèle 3D ?
- Qu'est-ce pour vous aller au-delà de la visualisation/représentation ?

Au-delà de la visualisation ?

- Qu'est-ce qu'un modèle 3D ?
- Qu'est-ce que visualiser/représenter un modèle 3D ?
- Qu'est-ce pour vous aller au-delà de la visualisation/représentation ?

Au-delà de la visualisation ?

- Qu'est-ce qu'un modèle 3D ?
- Qu'est-ce que visualiser/représenter un modèle 3D ?
- Qu'est-ce pour vous aller au-delà de la visualisation/représentation ?

Au-delà de la visualisation

[BSL⁺15] découpe les cas d'utilisation des "applications des modèles 3D des villes" en :

- Cas d'utilisation où la visualisation n'est pas nécessaire (possible mais pas indispensable comme le calcul du potentiel d'éclairement d'un toit)
- Cas d'utilisation basés sur une visualisation avec

[F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, and A. Çöltekin, "Applications of 3D City Models : State of the Art Review," ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 4, no. 4, pp. 2842–2889, 2015]

Au-delà de la visualisation

[BSL⁺15] découpe les cas d'utilisation des "applications des modèles 3D des villes" en :

- Cas d'utilisation où la visualisation n'est pas nécessaire (possible mais pas indispensable comme le calcul du potentiel d'éclairement d'un toit)
- Cas d'utilisation basés sur une visualisation avec
- des résultats de calculs du 1^{er} groupe où la visualisation est importante sous peine de faire perdre du sens au cas d'utilisation

[F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, and A. Çöltekin, "Applications of 3D City Models : State of the Art Review," ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 4, no. 4, pp. 2842–2889, 2015]

Au-delà de la visualisation

[BSL⁺15] découpe les cas d'utilisation des "applications des modèles 3D des villes" en :

- Cas d'utilisation où la visualisation n'est pas nécessaire (possible mais pas indispensable comme le calcul du potentiel d'éclairement d'un toit)
- Cas d'utilisation basés sur une visualisation avec
 - ▶ des résultats de calculs du 1^{er} groupe où la visualisation est importante sous peine de faire perdre du sens au cas d'utilisation
 - ▶ des cas d'utilisation basés uniquement sur de la visualisation (comme pour de la communication ou RV)

[F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, and A. Çöltekin, "Applications of 3D City Models : State of the Art Review," ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 4, no. 4, pp. 2842–2889, 2015]

Au-delà de la visualisation

[BSL⁺15] découpe les cas d'utilisation des "applications des modèles 3D des villes" en :

- Cas d'utilisation où la visualisation n'est pas nécessaire (possible mais pas indispensable comme le calcul du potentiel d'éclairement d'un toit)
- Cas d'utilisation basés sur une visualisation avec
 - ▶ des résultats de calculs du 1^{er} groupe où la visualisation est importante sous peine de faire perdre du sens au cas d'utilisation
 - ▶ des cas d'utilisation basés uniquement sur de la visualisation (comme pour de la communication ou RV)

[F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, and A. Çöltekin, "Applications of 3D City Models : State of the Art Review," ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 4, no. 4, pp. 2842–2889, 2015]

Au-delà de la visualisation

[BSL⁺15] découpe les cas d'utilisation des "applications des modèles 3D des villes" en :

- Cas d'utilisation où la visualisation n'est pas nécessaire (possible mais pas indispensable comme le calcul du potentiel d'éclairement d'un toit)
- Cas d'utilisation basés sur une visualisation avec
 - ▶ des résultats de calculs du 1^{er} groupe où la visualisation est importante sous peine de faire perdre du sens au cas d'utilisation
 - ▶ des cas d'utilisation basés uniquement sur de la visualisation (comme pour de la communication ou RV)

[F. Biljecki, J. Stoter, H. Ledoux, S. Zlatanova, and A. Çöltekin, "Applications of 3D City Models : State of the Art Review," ISPRS Int. J. Geo-Information, vol. 4, no. 4, pp. 2842–2889, 2015]

Visualisation comme but

Exemples de cas d'utilisation dont la visualisation est le but :

- Géo-visualisation
- Visualisation pour la navigation
- Communications à la population
- Archéologie
- ...

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Simulations :
 - ▶ Estimation du rayonnement solaire
 - ▶ Calcul de la direction du soleil
 - ▶ Estimation de l'ombre portée
 - ▶ Simulation de la propagation de bruit
 - ▶ Prévision de dommages sismiques
 - ▶ Prévision d'inondations
 - ▶ Propagation d'ondes radio
 - ▶ Estimation de la demande énergétique
 - ▶ Estimation de population

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Simulations :
 - ▶ Estimation du rayonnement solaire
 - ▶ Calcul de la direction du soleil
 - ▶ Estimation de l'ombre portée
 - ▶ Simulation de la propagation de bruit
 - ▶ Prévision de dommages sismiques
 - ▶ Prévision d'inondations
 - ▶ Propagation d'ondes radio
 - ▶ Estimation de la demande énergétique
 - ▶ Estimation de population

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Calcul de morphologie urbaine
 - ▶ Étude de la morphologie de la ville pour les réflexions d'ondes
 - ▶ Analyse de visibilité
- Aide au positionnement
- Analyse de la ville

→ http://www.gdrmagis.fr/IMG/pdf/3D_au-del%C3%A0_de_la_visualisation.pdf

→ http://www.gdrmagis.fr/IMG/pdf/3D_au-del%C3%A0_de_la_visualisation.pdf

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Calcul de morphologie urbaine
 - ▶ Étude de la morphologie de la ville pour les réflexions d'ondes
 - ▶ Analyse de visibilité
- Aide au positionnement
- Analyse de la ville

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Calcul de morphologie urbaine
 - ▶ Étude de la morphologie de la ville pour les réflexions d'ondes
 - ▶ Analyse de visibilité
- Aide au positionnement
- Analyse de la ville
 - ▶ Détection de changements dans une ville
 - ▶ Détermination de la surface habitable
 - ▶ Classification des types de bâtiments

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Calcul de morphologie urbaine
 - ▶ Étude de la morphologie de la ville pour les réflexions d'ondes
 - ▶ Analyse de visibilité
- Aide au positionnement
- Analyse de la ville
 - ▶ Détection de changements dans une ville
 - ▶ Détermination de la surface habitable
 - ▶ Classification des types de bâtiments

Au-delà de la visualisation

Puis tous les autres "au-delà de la visualisation" :

- Calcul de morphologie urbaine
 - ▶ Étude de la morphologie de la ville pour les réflexions d'ondes
 - ▶ Analyse de visibilité
- Aide au positionnement
- Analyse de la ville
 - ▶ Détection de changements dans une ville
 - ▶ Détermination de la surface habitable
 - ▶ Classification des types de bâtiments

Au-delà de la visualisation

La visualisation est possible, parfois même nécessaire à la compréhension des résultats mais ce n'est pas la base ni le seul but du processus.

- Analyse Morphologique de l'espace urbain - isovist
- Simulation de phénomènes physiques - solaire et micro-climatique
- Géolocalisation à partir d'images et SIG - 2D, 2,5D et 3D
- Gestion patrimoniale à travers une maquette - exemple du projet Nantes1900

Au-delà de la visualisation

La visualisation est possible, parfois même nécessaire à la compréhension des résultats mais ce n'est pas la base ni le seul but du processus.

- Analyse Morphologique de l'espace urbain - isovist
- Simulation de phénomènes physiques - solaire et micro-climatique
- Géolocalisation à partir d'images et SIG - 2D, 2,5D et 3D
- Gestion patrimoniale à travers une maquette - exemple du projet Nantes1900

Au-delà de la visualisation

La visualisation est possible, parfois même nécessaire à la compréhension des résultats mais ce n'est pas la base ni le seul but du processus.

- Analyse Morphologique de l'espace urbain - isovist
- Simulation de phénomènes physiques - solaire et micro-climatique
- Géolocalisation à partir d'images et SIG - 2D, 2,5D et 3D
- Gestion patrimoniale à travers une maquette - exemple du projet Nantes1900

Au-delà de la visualisation

La visualisation est possible, parfois même nécessaire à la compréhension des résultats mais ce n'est pas la base ni le seul but du processus.

- Analyse Morphologique de l'espace urbain - isovist
- Simulation de phénomènes physiques - solaire et micro-climatique
- Géolocalisation à partir d'images et SIG - 2D, 2,5D et 3D
- Gestion patrimoniale à travers une maquette - exemple du projet Nantes1900

Au-delà de la visualisation

La visualisation est possible, parfois même nécessaire à la compréhension des résultats mais ce n'est pas la base ni le seul but du processus.

- Analyse Morphologique de l'espace urbain - isovist
- Simulation de phénomènes physiques - solaire et micro-climatique
- Géolocalisation à partir d'images et SIG - 2D, 2,5D et 3D
- Gestion patrimoniale à travers une maquette - exemple du projet Nantes1900

Analyse Morphologique de l'espace urbain

Plan

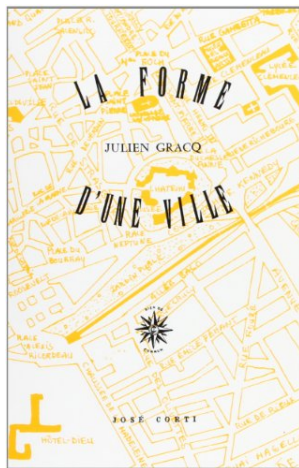
1 Contexte

2 Accessibilité Visuelle

3 Approche sujet-centrée

Analyse Morphologique

- La forme d'une ville ?
- Point de vue :
 - ▶ global
 - ▶ immergé
- Données
 - ▶ 2D, 2.5D, 3D, 4D ?
 - ▶ Acquisition
 - ▶ Format de données
 - ▶ Niveau de détails



Données - Niveaux de détails

- Beaucoup d'objets, peu de polygones
- Généralisation cartographique en 3D
 - ▶ Supprimer
 - ▶ Agréger
 - ▶ Critères
- Génération de niveaux plus détaillés pour les parcours



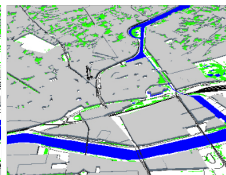
(a) LoD1



(b) LoD0C



(c) LoD0B



(d) LoD0A

Shuang He, Gonzalo Besuievsky, Vincent Tourre, Gustavo Patow, Guillaume Moreau : All range and heterogeneous multi-scale 3D city models, *3u3d2012 : Usage, Usability, and Utility of 3D City models*, 2012

Plan

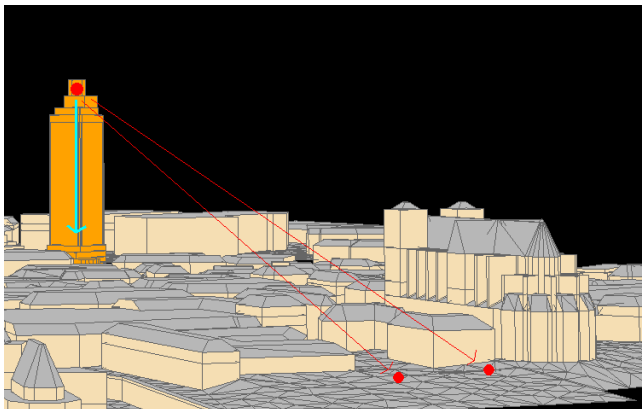
1 Contexte

2 Accessibilité Visuelle

3 Approche sujet-centrée

Accessibilité visuelle

- Impact visuel d'un bâtiment
- Mesure d'intermittence
- Séquences visuelles

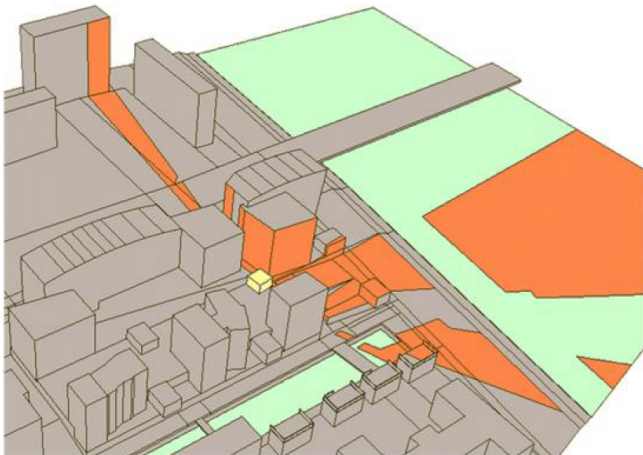


MORIN M., CERMA, ENSA Nantes, 1995

Zones de visibilité de la tour Bretagne

Accessibilité visuelle

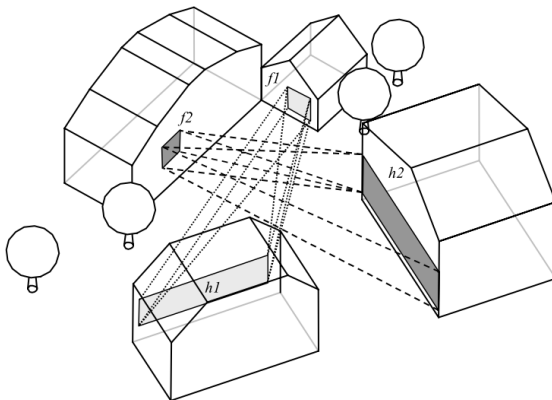
- Qualification des vues depuis un point



(Miguet, 2010)

Accessibilité visuelle

- Contraintes de visibilité
- Aide à la conception



Intention 1 : De la fenêtre f1 ne pas voir la partie de façade h1,

Intention 2 : De la fenêtre f2 ne pas voir la partie de façade h2

NIVET M.-L., UMR AAU / CERMA, ENSA Nantes, 1999

Plan

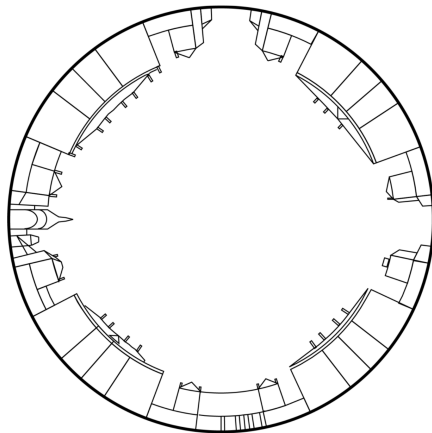
1 Contexte

2 Accessibilité Visuelle

3 Approche sujet-centrée

Approche sujet-centrée

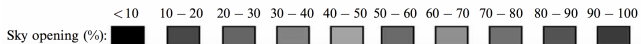
- Étude de la forme de ciel
 - ▶ Qualification des espaces [TA01]



Stereographical Projection (Amalienborg Plads, Copenhagen), (Teller, 2003)

Approche sujet-centrée

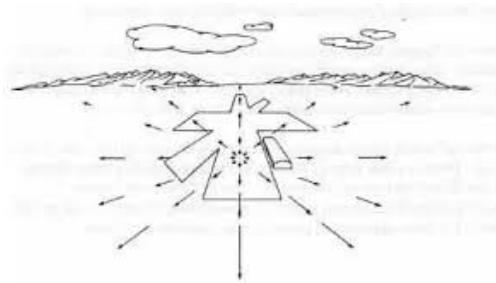
- Étude de la forme de ciel
 - ▶ Qualification des espaces [TA01]



Sky opening variation in the Place Saint-Lambert, (Teller, 2003)

Approche sujet-centrée

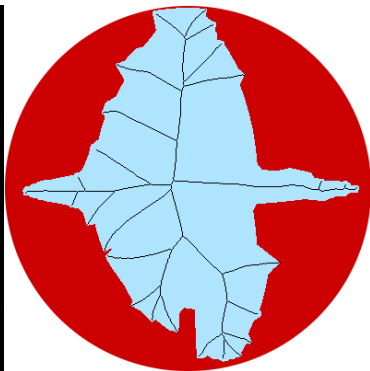
- Perspective de mouvement
- Changements dans le champ visuel



(Gibson, 1979)

Approche sujet-centrée

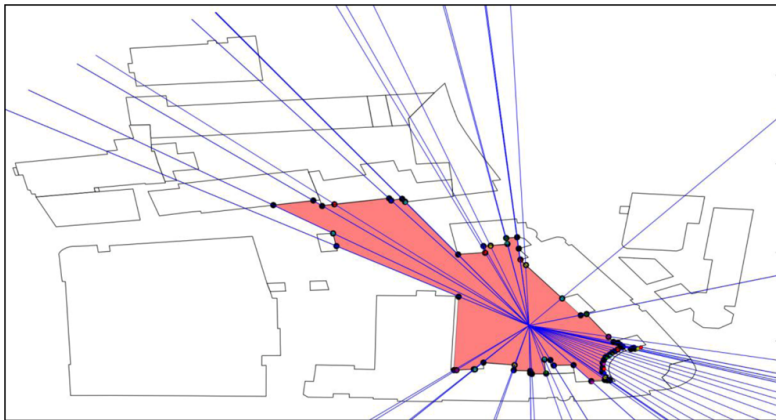
- Étude de la forme de ciel
 - ▶ Analyse de parcours [SSCT07]



(Sarradin, 2007)

Approche sujet-centrée

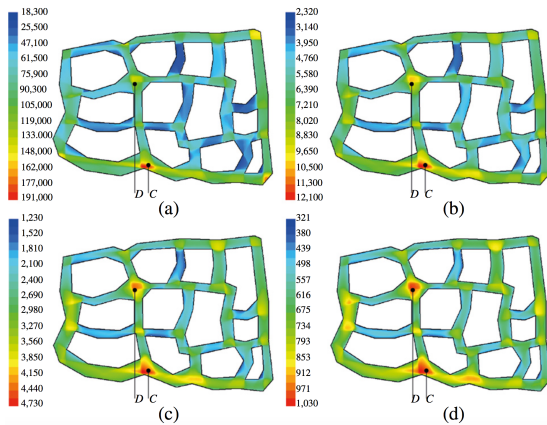
- Isovist - champ d'isovists (Benedikt, 1979)
 - ▶ description synthétique de l'espace enveloppant à chaque endroit



Yin et Carswell, 2013

Approche sujet-centrée

- Pondération de l'isovist



Youngchul et al., 2014

Approche sujet-centrée

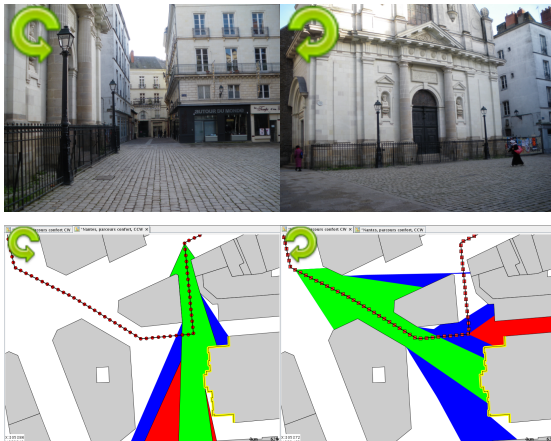
- Perspectives de mouvement et champs d'isovists
- Parcours confort Nantes Métropole



(crédit T. Leduc)

Approche sujet-centrée

- Perspectives de mouvement et champs d'isovists
- Parcours confort Nantes Métropole



(crédit T. Leduc)

Approche sujet-centrée

- Perspectives de mouvement et champs d'isovists
- Métro aérien de Detroit



Frame 6

285

351

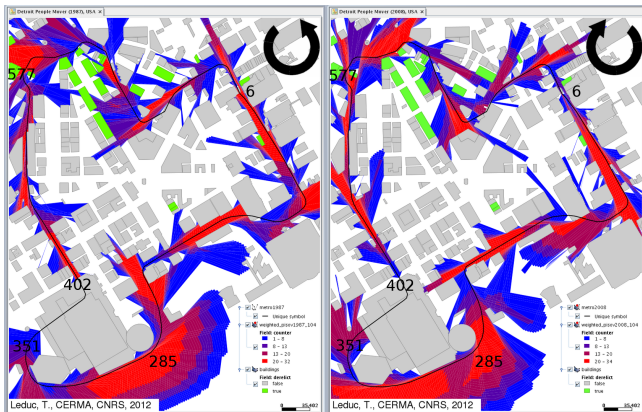
402

577

(Bertrand, 2012)

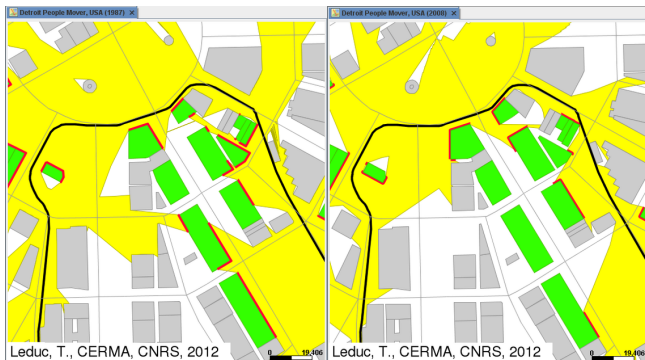
Approche sujet-centrée

- Perspectives de mouvement et champs d'isovists
- Métro aérien de Detroit



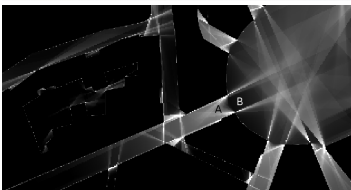
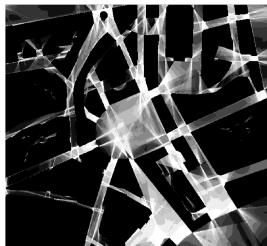
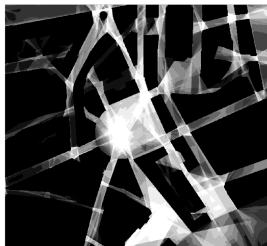
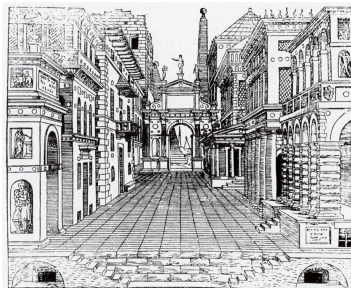
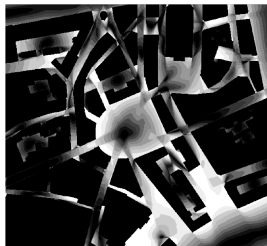
Approche sujet-centrée

- Perspectives de mouvement et champs d'isovists
- Métro aérien de Detroit



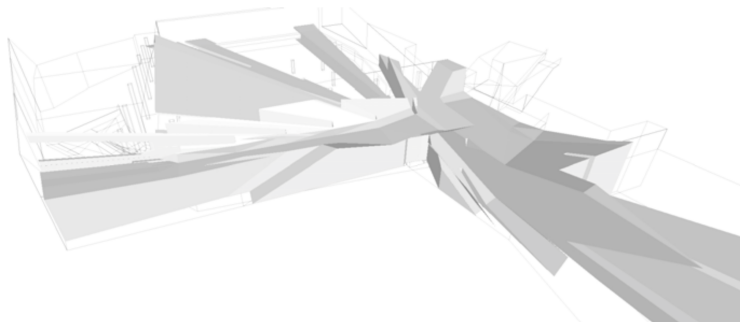
Approche sujet-centrée

- Analyse systématique de "points de vues immergés" : poids du paysage caché



Approche sujet-centrée

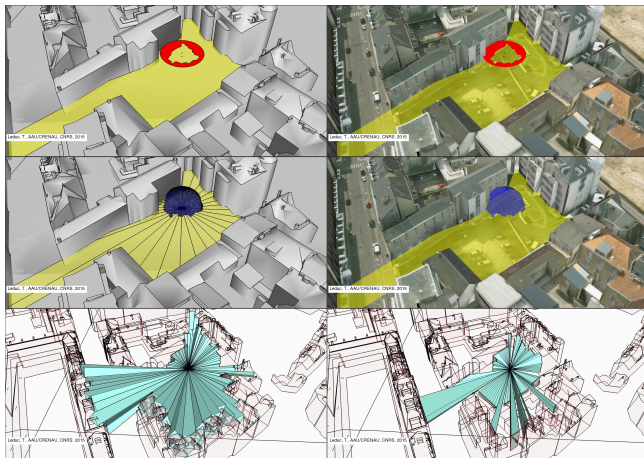
- Espaces intérieurs



Polyhedral method : isovist under entrance space to the WTC Memorial Museum, showing the complexity of the space. (Derix et al., 2015)

Approche sujet-centrée

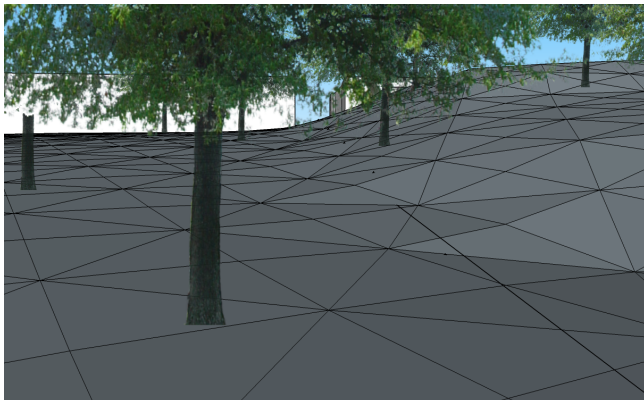
- Vues du ciel, vues de saillances



(Leduc, 2015)

Approche sujet-centrée

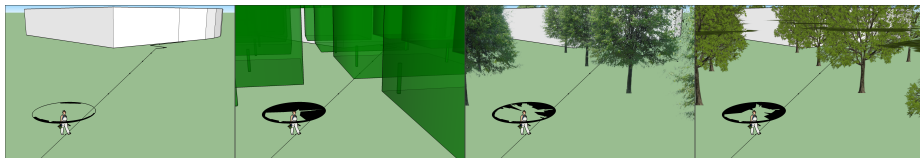
- Influence du relief et des couverts boisés



LEDUC T., UMR AAU / CRENAU, CNRS, 2016

Approche sujet-centrée

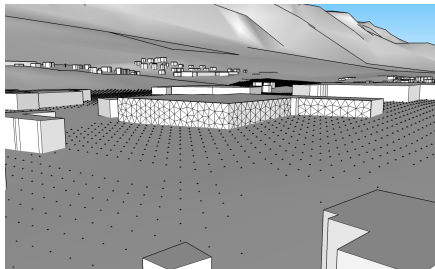
- Influence du relief et des couverts boisés



LEDUC T., UMR AAU / CRENAU, CNRS, 2016

Approche sujet-centrée

- Influence de l'horizon lointain



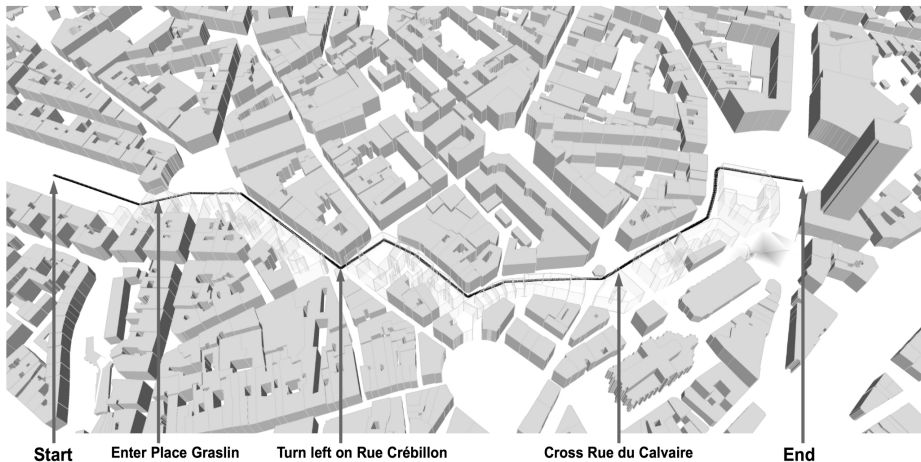
LEDUC T., UMR AAU / CRENAU, CNRS, 2016



LEDUC T., UMR AAU / CRENAU, CNRS, 2016

Approche sujet-centrée

- Aide à la navigation sensible



(Signorelli et al., 2016)

Simulation de phénomènes physiques

Plan

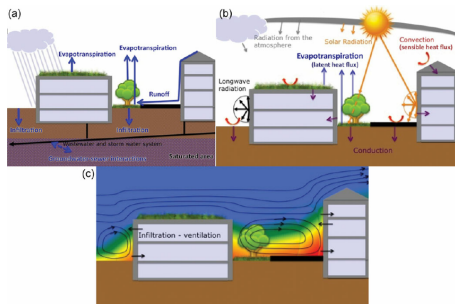
4 Simulation de phénomènes physiques

- Microclimat urbain
- Solene

5 Indicateurs urbains

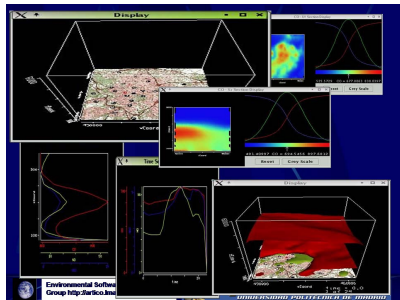
Microclimat urbain

- Simulation multi-phénomènes
 - ▶ Thermique, Aéraulique, Hydraulique
- Échelles
 - ▶ Ville, Quartier, Bâtiment
- Données
 - ▶ Description explicite ou non
- Enjeux
 - ▶ Îlot de chaleur urbain
 - ▶ Comportement écoquartiers (albédo, toits végétalisés, matériaux poreux, bassins, etc)



Îlot de chaleur urbain

- Analyse et réduction du phénomène
- Simulation à grande échelle
- Flux physiques variés

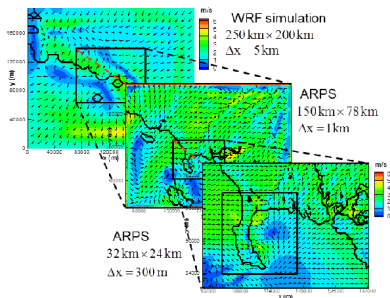


Visual representation of outputs of different meso-scale models (<http://www.bridge-fp7.eu>)

[González A, Donnelly A, Jones M, et al. A decision-support system for sustainable urban metabolism in Europe. *Environ Impact Assess Rev* 2013 ;38 :109 – 19.]

Modèle urbain SM2U

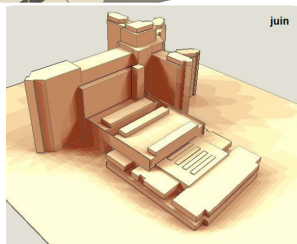
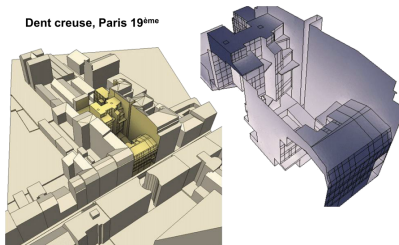
- Échanges surface-atmosphère
- Données morphologiques (Cadastre, IGN)
- Données radiatives
- Échelle ville
 - ▶ SVF : indicateur échanges radiatifs
- Échelle quartier
 - ▶ SVF : valeurs moyennes (largeur rue ou hauteur bâtiment)



Micro-météorologie de la Baie de Quiberon : Simulations par emboîtement de modèles et de domaines depuis l'échelle régionale jusqu'à l'échelle de la baie en conditions météorologiques réelles (Herlédant, 2011)

Solene : conception de projets architecturaux et urbains

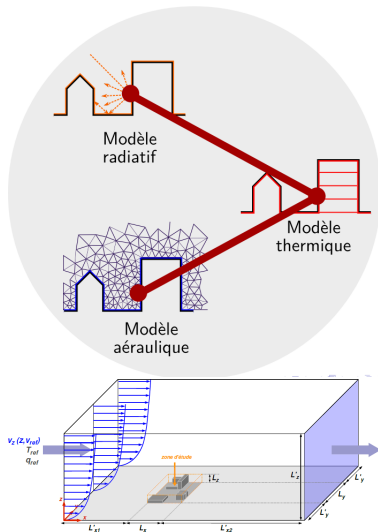
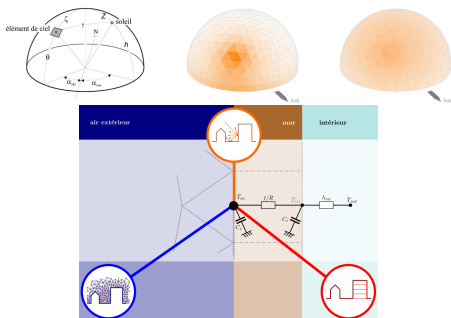
- D'un logiciel de simulation d'ensoleillement, d'éclairage et de rayonnement thermique...
 - ▶ tracés d'ombre (détermination des surfaces à l'ombre ou au soleil), par projections axonométriques en fonction de la géométrie solaire,
 - ▶ intégration du rayonnement, i.e. des inter-réflexions entre éléments de surfaces de la maquette urbaine préalablement maillée.

Dent creuse, Paris 19^{ème}

Cumul des zones à l'ombre sur une journée - Hôpital G Roussy, Villejuif - crédit F. Miguet.

Solene : conception de projets architecturaux et urbains

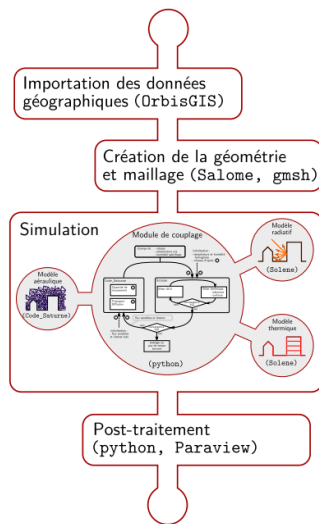
- ... à une plateforme couplant :
 - ▶ modèle radiatif,
 - ▶ modèle aéraulique,
 - ▶ modèle thermique de bâtiment,
- par des bilans de surface, pour une maquette 3D détaillée.



crédits L. Malys, J. Bouyer

Solene : modèles et workflow

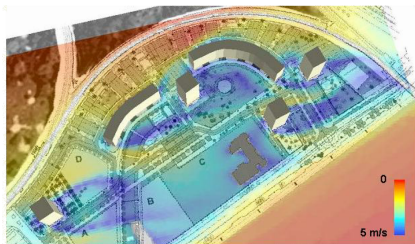
- Radiatif : rayonnement solaire direct/diffus (ciel discrétisé), inter-réflexions solaires (méthode des radiosités), bilan de rayonnement IR
- Thermique : modèle de paroi R2C, modèle thermique multizone (une zone par étage), conditions aux limites extérieures discrétisées,
- Aéraulique : technique de la veine numérique, méthode RANS - modèle de turbulence $k-\epsilon$, transport de la température et de l'humidité



crédit L. Malys

De la grande à la petite échelle

- GPV Malakoff - grands ensembles (kilométrique)



crédit F. Miguet

- Dispositif (centimétrique)



crédit F. Miguet

Plan

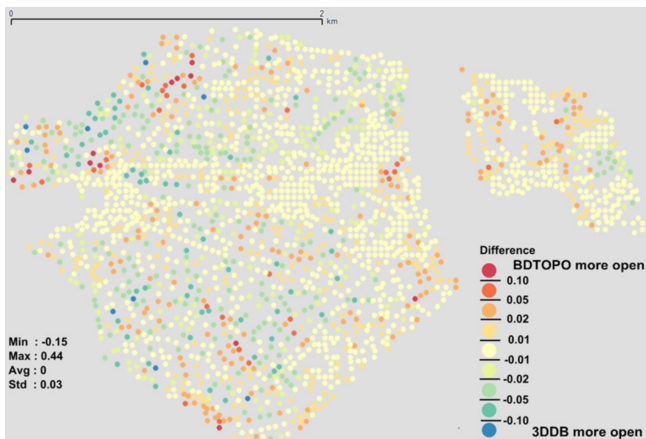
4 Simulation de phénomènes physiques

- Microclimat urbain
- Solene

5 Indicateurs urbains

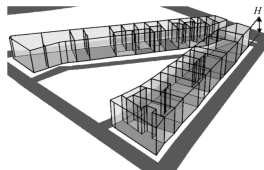
Indicateurs urbains

- Influence du modèle sur les indicateurs

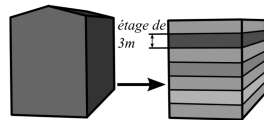


(Brasebin, 2012)

Indicateurs urbains

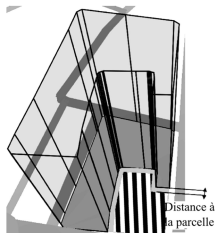


(a)

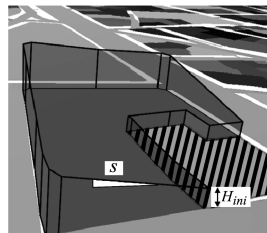


(b)

- Contraintes de visibilité
- Aide à la conception



(c)



(d)

(Brasebin, 2011)

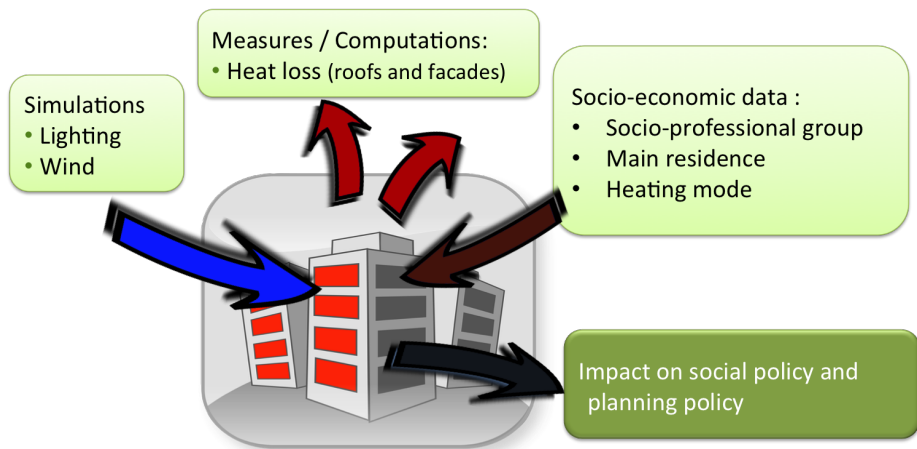
Indicateurs urbains

- Production d'indicateurs échelle urbaine
- Indicateurs :
 - ▶ Environnementaux,
 - ▶ Socio-économique
 - ▶ Socio-démographique

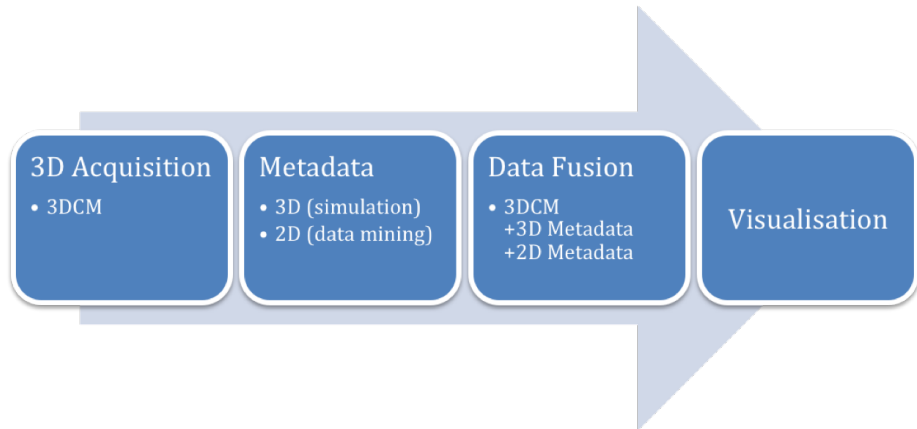


(Siradel, 2012)

Indicateurs urbains



Indicateurs urbains



Indicateurs urbains



Indicateurs urbains

Indicateurs urbains

- Processus de production d'indicateurs
 - ▶ Acquisition données
 - ▶ Indicateurs utiles
 - ▶ Analyse thermique
 - ▶ Simulation
 - ▶ Analyse données INSEE
 - ▶ Interopérabilité (cityGML)



Géolocalisation à partir d'images et SIG

Plan

6 Motivations

7 Contexte

8 Différents types d'approches images-SIG

- Pas de données SIG
- Recalage image SIG 2D
- Recalage avec un SIG 2.5D
- Recalage avec un SIG "3D"
- Cartes Augmentées

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Se positionner dans l'espace
 - ▶ Extraire des informations de son environnement (via des images ou des vidéos)
 - ▶ Croiser ces informations avec celles extraites d'un SIG (urbain)
- Enrichir le SIG à partir d'informations extraites des images
- Faire de l'affichage d'information en Réalité Augmentée sur site
- Détection d'incohérences entre réalité et données SIG

Cas d'usage RA sur site



Mise à disposition d'information aux piétons sur site, par le biais de la Réalité Augmentée (RA)

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Idée reçue : le GPS suffit pour de la localisation sur site
 - ▶ Phénomènes de diffraction, réflexion, atténuation
 - ▶ Vers une amélioration grâce aux approches multi-constellations
 - ▶ Des puces GPS qui ne fournissent pas les signaux bruts
- Ne donne que la position
- Capteurs bas coût imprécis intégrés aux smartphones
 - ex : dérive des capteurs inertiels : $60-80^\circ/h$ pour les gyromètres



[crédit Valérie Renaudin, IFSTTAR]

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Idée reçue : le GPS suffit pour de la localisation sur site
 - ▶ Phénomènes de diffraction, réflexion, atténuation
 - ▶ Vers une amélioration grâce aux approches multi-constellations
 - ▶ Des puces GPS qui ne fournissent pas les signaux bruts
- Ne donne que la position
- Capteurs bas coût imprécis intégrés aux smartphones
ex : dérive des capteurs inertiels : $60-80^\circ/h$ pour les gyromètres



[crédit Valérie Renaudin, IFSTTAR]

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Idée reçue : le GPS suffit pour de la localisation sur site
 - ▶ Phénomènes de diffraction, réflexion, atténuation
 - ▶ Vers une amélioration grâce aux approches multi-constellations
 - ▶ Des puces GPS qui ne fournissent pas les signaux bruts
- Ne donne que la position
- Capteurs bas coût imprécis intégrés aux smartphones
ex : dérive des capteurs inertiels : $60-80^\circ/h$ pour les gyromètres



[crédit Valérie Renaudin, IFSTTAR]

Motivations pour une géolocalisation à partir d'images et SIG

- Idée reçue : le GPS suffit pour de la localisation sur site
 - ▶ Phénomènes de diffraction, réflexion, atténuation
 - ▶ Vers une amélioration grâce aux approches multi-constellations
 - ▶ Des puces GPS qui ne fournissent pas les signaux bruts
- Ne donne que la position
- Capteurs bas coût imprécis intégrés aux smartphones
ex : dérive des capteurs inertiels : $60-80^\circ/h$ pour les gyromètres



[crédit Valérie Renaudin, IFSTTAR]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)

→ problème de vision par ordinateur

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)
 - ▶ problème de vision par ordinateur
 - calcul de pose (position et orientation) 6DOF
 - Algorithmes de calcul : plusieurs très efficaces dans la littérature [Har03]
 - Mais nécessitent pour avoir la pose de connaître des points de manière absolue dans un référentiel
 - Importance de correspondances
 - ▶ Cas d'étude principal : positionnement dans un milieu urbain

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)
 - ▶ problème de vision par ordinateur
 - calcul de pose (position et orientation) 6DOF
Algorithmes de calcul : plusieurs très efficaces dans la littérature [Har03]
Mais nécessitent pour avoir la pose de connaître des points de manière absolue dans un référentiel.
 - extraction de caractéristiques
 - ▶ Cas d'étude principal : positionnement dans un milieu urbain

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)
 - ▶ problème de vision par ordinateur
 - calcul de pose (position et orientation) 6DOF
Algorithmes de calcul : plusieurs très efficaces dans la littérature [Har03]
Mais nécessitent pour avoir la pose de connaître des points de manière absolue dans un référentiel.
 - extraction de caractéristiques
 - ▶ Cas d'étude principal : positionnement dans un milieu urbain

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)
 - ▶ problème de vision par ordinateur
 - calcul de pose (position et orientation) 6DOF
Algorithmes de calcul : plusieurs très efficaces dans la littérature [Har03]
Mais nécessitent pour avoir la pose de connaître des points de manière absolue dans un référentiel.
 - extraction de caractéristiques
 - ▶ Cas d'étude principal : positionnement dans un milieu urbain

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Motivation pour une localisation sur site

Pourquoi ne pas essayer de trouver dans des images des éléments caractéristiques qui seront présents dans des données SIG ?

- Localisation à partir d'image(s) (ou de vidéos)
 - ▶ problème de vision par ordinateur
 - calcul de pose (position et orientation) 6DOF
Algorithmes de calcul : plusieurs très efficaces dans la littérature [Har03]
Mais nécessitent pour avoir la pose de connaître des points de manière absolue dans un référentiel.
 - extraction de caractéristiques
 - ▶ Cas d'étude principal : positionnement dans un milieu urbain

[[Har03] R. Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*. 2003]

Plan

6 Motivations

7 Contexte

8 Différents types d'approches images-SIG

- Pas de données SIG
- Recalage image SIG 2D
- Recalage avec un SIG 2.5D
- Recalage avec un SIG "3D"
- Cartes Augmentées

Sources de données

- Images
 - ▶ Photos aériennes
 - ▶ Photos satellites
 - ▶ Photos au sol

Sources de données

- Images
 - ▶ Photos aériennes
 - ▶ Photos satellites
 - ▶ Photos au sol



Orthophotographie aérienne 2005 – data.nantes.fr

Sources de données

- Images

- ▶ Photos aériennes
- ▶ Photos satellites
- ▶ Photos au sol



La réunion – image spot7 - <http://www.geo-airbusds.com>

Sources de données

- Images

- ▶ Photos aériennes
- ▶ Photos satellites
- ▶ Photos au sol



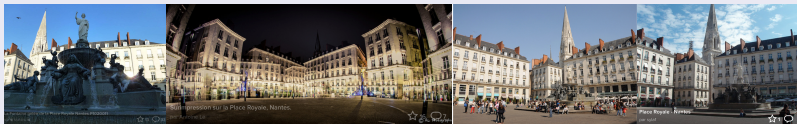
ECN – Google Street View – maps.google.com

Sources de données : images terrestres

- Acquisition : possibilité de crowd sourcing
- Déjà archivées : bases de données d'images type flickr

Exemple : requête "place royale Nantes" sur flickr (extraits)

Plusieurs milliers d'images, pertinentes ou non



[extrait de [Mor14] : G. Moreau, "Recalage vidéos - SIG urbains", Tutorial colloque GDR ISIS, AC3D'14 : "de l'Acquisition à la Compression des objets 3D", 2014]

Sources de données

- Images
 - ▶ Photos aériennes
 - ▶ Photos satellites
 - ▶ Photos au sol
- Données vecteur et raster [IGN]
 - ▶ BD Topo, BD Carto, BD Route,
 - ▶ BD Ortho, Scan 25, Bati 3D
- Relevés terrain

Sources de données

- Images
 - ▶ Photos aériennes
 - ▶ Photos satellites
 - ▶ Photos au sol
- Données vecteur et raster [IGN]
 - ▶ BD Topo, BD Carto, BD Route,
 - ▶ BD Ortho, Scan 25, Bati 3D
- Relevés terrain

Types de données SIG

- 1D
- 2D
- 2.5D
- 3D



Panneaux à messages variables – Nantes – data.nantes.fr

Types de données SIG

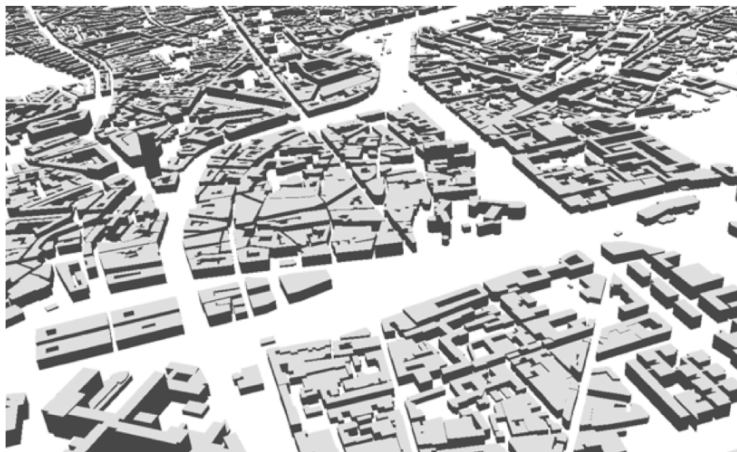
- 1D
- 2D
- 2.5D
- 3D



ECN – OSM

Types de données SIG

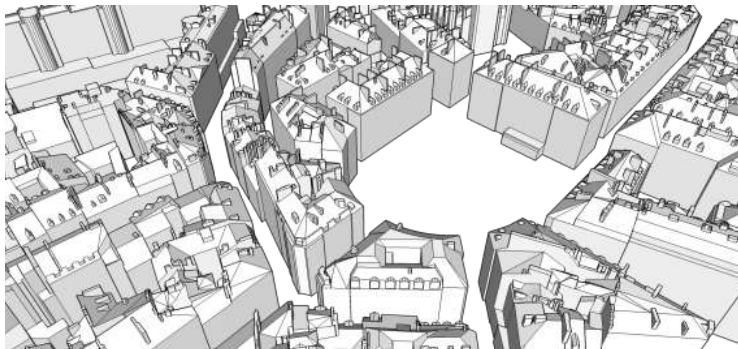
- 1D
- 2D
- 2.5D
- 3D



Centre Ville de Nantes LOD1

Types de données SIG

- 1D
- 2D
- 2.5D
- 3D



Place Royale - socle 3D CityGML Nantes - Secteur centre-ville - extrait de [SL15]

[[[SL15] : V. Signorelli and T. Leduc, Rapport Technique "Utilisation du socle 3D CityGML Nantes - Secteur centre-ville," Nantes, 2015]

Types de données SIG

- 1D
- 2D
- 2.5D
- 3D

« vue du ciel » de la
maquette 3D LoD 3 pour
le secteur de la rue
Maréchal Joffre à Nantes
- extrait de [SL15]



Données SIG

Ouverture de données SIG au grand public

- OpenData (Grand Lyon, Rennes, Milan, etc.)
- Open Street Map : <http://openstreetmap.org>

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - Les coordonnées par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation entre les coordonnées géographiques et celles du bâtiment
 - Connaître la pose de la caméra par rapport au bâtiment et déterminer les coordonnées 3D de la prise de vue dans son modèle 3D simplifié
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - la caméra à travers les images géométriques
 - la géométrie
 - les images géométriques
 - la géométrie et les images géométriques

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - ▶ Géométrie épipolaire
 - ▶ Géométrie de la caméra
 - ▶ Géométrie de la scène
 - ▶ Géométrie de la prise de vue

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (R, t)
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - Géométrie épipolaire
 - Géométrie de la caméra
 - Géométrie de la scène
 - Géométrie de la prise de vue

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :

• Mise à jour de la base de données

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - ▶ Mise à jour de la base de données
 - ▶ Robustesse
 - des algorithmes
 - à l'environnement non contrôlé : lumière, météo, objets mobiles, obstacles...

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - ▶ Mise à jour de la base de données
 - ▶ Robustesse
 - des algorithmes
 - à l'environnement non contrôlé : lumière, météo, objets mobiles, obstacles...

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

- **Géolocalisation** : trouver les coordonnées géographiques du point de prise de vue
- Pour notre problème : se positionner par rapport à un bâtiment à la position géographique connue
 - ▶ Système de coordonnées 3D cartésien : hypothèse de la terre localement plane
 - ▶ Se positionner par rapport à un bâtiment : déterminer une transformation rigide (\mathbf{R}, \mathbf{t})
 - ▶ Reformulation : à partir d'un point de l'image du bâtiment p , déterminer les coordonnées P de la prise de vue dans un repère *du monde*
- Autrement dit, il faut déterminer la pose de la caméra !
- Problèmes de :
 - ▶ Mise à jour de la base de données
 - ▶ Robustesse
 - des algorithmes
 - à l'environnement non contrôlé : lumière, météo, objets mobiles, obstacles...

[adapté de [Mor14]]

Pourquoi est-ce difficile ?

Inexactitude des données SIG

- Pas à jour
- Incomplètes
- Fausses

Pourquoi est-ce difficile ?

Inexactitude des données SIG

- Pas à jour
- Incomplètes
- Fausses

Comparaison d'une photo de la place Graslin et du rendu de la maquette CityGML LoD 3 texturée (secteur PSMV) obtenue dans l'outil logiciel Unity. Les points de vue et conditions de prises de vue sont approximativement identiques entre le modèle numérique et la photo - extrait de [SL15]



Pourquoi est-ce difficile ?

Inexactitude des données SIG

- Pas à jour
- Incomplètes
- Fausses

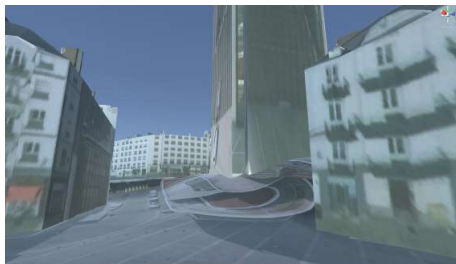
Comparaison d'une photo de l'île Gloriette et du rendu de la maquette CityGML LoD 3 texturée (secteur PSMV) obtenue dans l'outil logiciel Unity. Les points de vue et conditions de prises de vue sont approximativement identiques entre le modèle numérique et la photo - extrait de [SL15]



Pourquoi est-ce difficile ?

Inexactitude des données SIG

- Pas à jour
- Incomplètes
- Fausses



Textures et rendu problématiques au pied de la Tour Bretagne - extrait de [SL15]

Pourquoi est-ce difficile ?

Inexactitude des données SIG

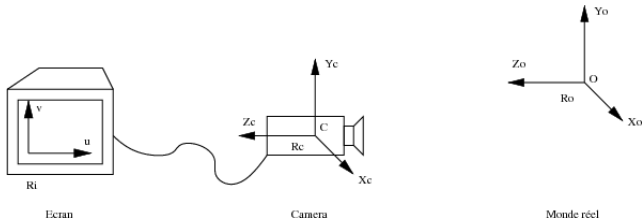
- Pas à jour
- Incomplètes
- Fausses



**Absence de géométries (murs d'enceinte du château des Ducs de Bretagne) -
extrait de [SL15]**

Modèle de caméra sténopé

- Repères

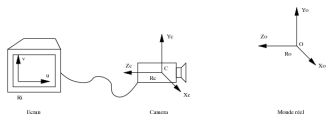


[source https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AReperes_camera.png]

- ▶ $(R_o, \vec{X}_o, \vec{Y}_o, \vec{Z}_o)$: repère monde. O est l'origine de ce repère
- ▶ $(R_c, \vec{X}_c, \vec{Y}_c, \vec{Z}_c)$: repère caméra. C est le centre optique de la caméra
- ▶ (R_i, \vec{u}, \vec{v}) : repère image

Modèle de caméra sténopé

$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \mathbf{K}[\mathbf{R}|\mathbf{t}] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix}$$



- Paramètres intrinsèques (fixe, déterminés par calibration préalable)

$$\mathbf{K} = \begin{bmatrix} k_u & s_{uv} & c_u \\ 0 & k_v & c_v \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- f : la distance focale
- k_u et k_v : les facteurs d'agrandissement de l'image
- c_u et c_v : les coordonnées de la projection du centre optique de la caméra sur le plan image
- s_{uv} : traduit la non-orthogonalité potentielle des lignes et des colonnes

- Paramètres extrinsèques (variables)

$$[\mathbf{R}|\mathbf{t}] = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{3 \times 3} & t_x \\ & t_y \\ & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- $\mathbf{R}_{3 \times 3}$: la matrice de rotation permettant de passer du monde au repère caméra
- $[t_x, t_y, t_z]^t$: vecteur translation permettant de passer du repère monde au repère caméra

Plan

6 Motivations

7 Contexte

8 Différents types d'approches images-SIG

- Pas de données SIG
- Recalage image SIG 2D
- Recalage avec un SIG 2.5D
- Recalage avec un SIG "3D"
- Cartes Augmentées

Différents types d'approches

- Classées par données utilisées
 - ▶ pas de SIG : comparaison d'images
 - ▶ **SIG 2D** : aucune donnée 3D utilisée, uniquement emprises au sol
 - ▶ **SIG 2.5D** : seule la hauteur des bâtiments est utilisée
 - ▶ **SIG 3D** : un modèle 3D plus complet est fourni

Approche à base de comparaison d'images [LLYC07]

Idée

Utiliser des bases de données d'images de points remarquables

Principe

- Pour chaque bâtiment remarquable, avoir une vue du bâtiment sous tous ses angles
- Créer un descripteur unique pour chaque vue
- Pour une image *requête*, calculer le descripteur et chercher dans la BDD

Problèmes

- Robustesse du descripteur (météo, lumière, angle de vue, zoom)
- Recherche, i.e. trouver une fonction de hachage (recherche en $\mathcal{O}(1)$)
- Complexité spatiale...
- Unicité des bâtiments

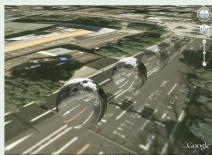
[[LLYC07] : J.-H. Lim, Y. Li, Y. You, and J.-P. Chevallet, "Scene Recognition with Camera Phones for Tourist Information Access," in Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on, 2007, pp. 100–103] [extrait de [Mor14]]

Approche à base de panoramiques [YUS⁺09]

Idée

Google (entre autres) a construit de nombreuses images panoramiques pour Street View

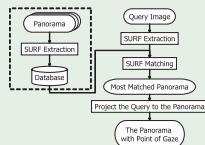
Exemples et principe



(c) Sources for (d)



(d) Panorama by (c)



Construire des descripteurs (SURF) pour les panoramiques, appairer avec ceux des images et calculer une homographie

Problèmes

Peu précis, absolument pas robuste aux changements de conditions météo et d'éclairciment

Autres exemples de travaux à base d'images

- G. Fritz, C. Seifert, and L. Paletta, "A mobile vision system for urban detection with informative local descriptors," in Fourth IEEE International Conference on Computer Vision Systems (ICVS'06), Jan 2006, pp. 30–30.
- R. Anati, D. Scaramuzza, K. G. Derpanis, and K. Daniilidis, "Robot localization using soft object detection," in Robotics and Automation (ICRA), 2012 IEEE International Conference on, May 2012, pp. 4992– 4999.
- T. Chen, K. Wu, K. H. Yap, Z. Li, and F. S. Tsai, "A survey on mobile landmark recognition for information retrieval," in 2009 Tenth International Conference on Mobile Data Management : Systems, Services and Middleware, May 2009, pp. 625–630.
- W. Zhang and J. Kosecka, "Image based localization in urban environments," in 3D Data Processing, Visualization, and Transmission, Third International Symposium on, June 2006, pp. 33–40.
- T. Sattler, B. Leibe, and L. Kobbelt. Improving Image-Based Localization by Active Correspondence Search. In European Conference on Computer Vision (ECCV), 2012.
- G. Schindler, M. Brown, and R. Szeliski. City-Scale Location Recognition. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2007.
- J. Zhang, A. Hallquist, E. Liang, and A. Zakhor, "Location-based image retrieval for urban environments," Proc. - Int. Conf. Image Process. ICIP, vol. 50, no. 150, pp. 3677–3680, 2011.
- ...

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



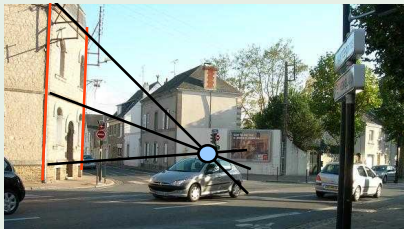
- Extraction de :

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



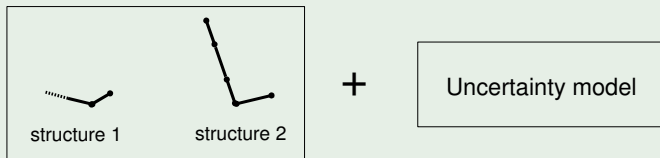
- Extraction de :
 - angle entre les façades

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



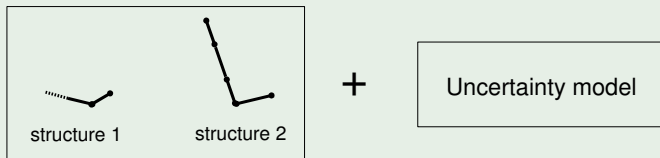
- Extraction de :
 - ▶ angle entre les façades
 - ▶ ratio de largeurs de façades

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



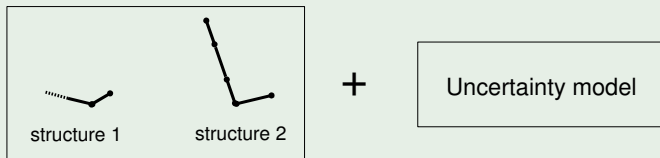
- Extraction de :
 - ▶ angle entre les façades
 - ▶ ratio de largeurs de façades

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



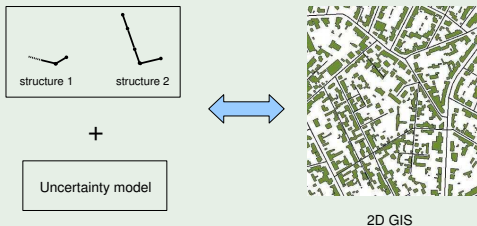
- Extraction de :
 - ▶ angle entre les façades
 - ▶ ratio de largeurs de façades

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



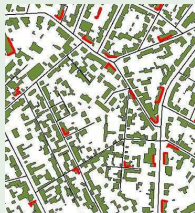
- Extraction de :

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



- Extraction de :

Utilisation de caractéristiques des bâtiments [BMS09]

Idée

Certaines caractéristiques des bâtiments peuvent être extraites des images et sont disponibles dans le SIG

Principe



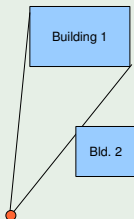
In the GIS frame

● Extraction de :

Raffinement

Diminuer le nombre de résultats

- Contraintes de visibilité inter-bâtiments
- Utilisation d'autres couches du SIG, ici les routes
- Mais aussi : images multiples, informations métriques...



[extrait de [Mor14]]

Raffinement

Diminuer le nombre de résultats

- Contraintes de visibilité inter-bâtiments
- Utilisation d'autres couches du SIG, ici les routes
- Mais aussi : images multiples, informations métriques...



[extrait de [Mor14]]

Raffinement

Diminuer le nombre de résultats

- Contraintes de visibilité inter-bâtiments
- Utilisation d'autres couches du SIG, ici les routes
- Mais aussi : images multiples, informations métriques...

[extrait de [Mor14]]

Résultats et discussion

3 grands types de résultats

- 1 Cas idéal : une seule pose ... et c'est la bonne !
 - 2 Plusieurs solutions (dont la bonne)
 - 3 La bonne pose ne fait pas partie de la solution
- La reconnaissance automatique des façades n'a rien d'évident !



[extrait de [Mor14]]

Résultats et discussion

3 grands types de résultats

- 1 Cas idéal : une seule pose ... et c'est la bonne !
 - 2 Plusieurs solutions (dont la bonne)
 - 3 La bonne pose ne fait pas partie de la solution
- La reconnaissance automatique des façades n'a rien d'évident !



[extrait de [Mor14]]

Résultats et discussion

3 grands types de résultats

- 1 Cas idéal : une seule pose ... et c'est la bonne !
 - 2 Plusieurs solutions (dont la bonne)
 - 3 La bonne pose ne fait pas partie de la solution
- La reconnaissance automatique des façades n'a rien d'évident !

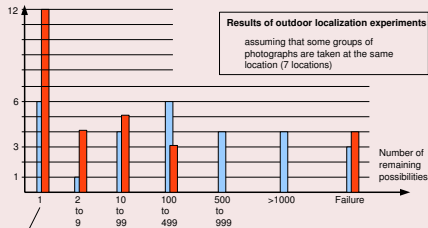


[extrait de [Mor14]]

Résultats et discussion

3 grands types de résultats

- ❶ Cas idéal : une seule pose ... et c'est la bonne !
 - ❷ Plusieurs solutions (dont la bonne)
 - ❸ La bonne pose ne fait pas partie de la solution
- La reconnaissance automatique des façades n'a rien d'évident !



[extrait de [Mor14]]

Résultats et discussion

3 grands types de résultats

- ❶ Cas idéal : une seule pose ... et c'est la bonne !
 - ❷ Plusieurs solutions (dont la bonne)
 - ❸ La bonne pose ne fait pas partie de la solution
- La reconnaissance automatique des façades n'a rien d'évident !



[extrait de [Mor14]]

Autres exemples de travaux utilisant les SIG 2D

- T. J. Cham, A. Ciptadi, W. C. Tan, M. T. Pham, and L. T. Chia. Estimating camera pose from a single urban ground-view omnidirectional image and a 2D building outline map. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 366–373, 2010
- H. Chu, A. Gallagher, and T. Chen. GPS Refinement and Camera Orientation Estimation from a Single Image and a 2D Map. In *Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pages 171–178, 2014
- P. David and S. Ho. Orientation descriptors for localization in urban environments. *International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pages 494–501, 2011
- ...

Utilisation de la ligne d'horizon [ZMP⁺13]

Hypothèse

La ligne d'horizon perçue dans un environnement urbain est très liée à l'endroit où l'on se trouve et la direction dans laquelle on regarde

Exemple

[extrait de [Mor14]]

Utilisation de la ligne d'horizon [ZMP⁺13]

Hypothèse

La ligne d'horizon perçue dans un environnement urbain est très liée à l'endroit où l'on se trouve et la direction dans laquelle on regarde

Exemple



[extrait de [Mor14]]

Utilisation de la ligne d'horizon [ZMP⁺13]

Hypothèse

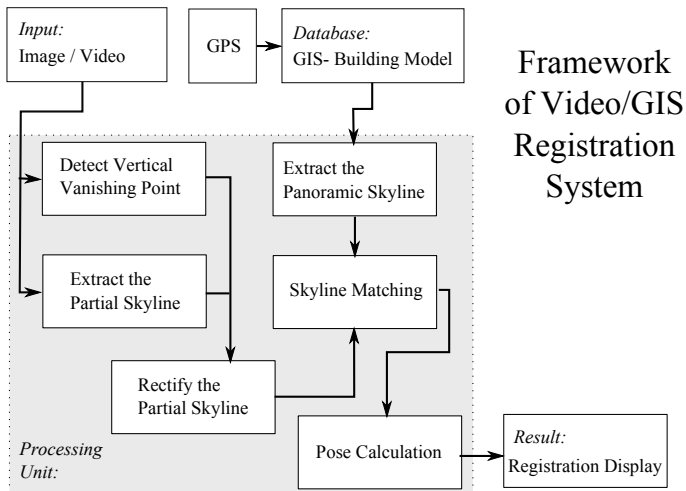
La ligne d'horizon perçue dans un environnement urbain est très liée à l'endroit où l'on se trouve et la direction dans laquelle on regarde

Exemple



[extrait de [Mor14]]

Principe du recalage basé sur la ligne d'horizon



Extraction des points de fuite

- Détection des segments via LSD [GJMR10]
- Détection des points de fuite [KJG09]
 - ▶ H : point qui minimise la distance entre s et l'origine
 - ▶ k -cercle : lieu géométrique des points H
- Calcul de la verticale puis des angles β et γ

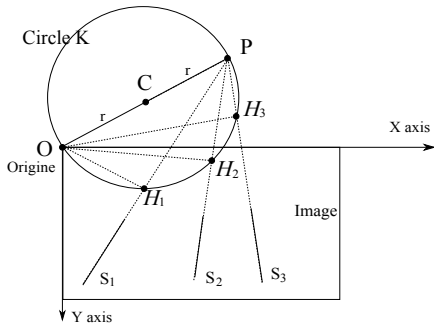
[extrait de [Mor14]]



Extraction des points de fuite

- Détection des segments via LSD [GJMR10]
- Détection des points de fuite [KJG09]
 - ▶ H : point qui minimise la distance entre s et l'origine
 - ▶ k -cercle : lieu géométrique des points H
- Calcul de la verticale puis des angles β et γ

[extrait de [Mor14]]



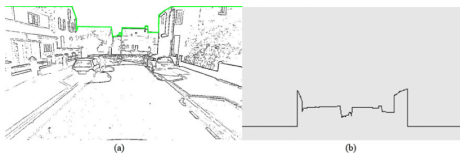
Extraction des points de fuite

- Détection des segments via LSD [GJMR10]
- Détection des points de fuite [KJG09]
 - ▶ H : point qui minimise la distance entre s et l'origine
 - ▶ k -cercle : lieu géométrique des points H
- Calcul de la verticale puis des angles β et γ

[extrait de [Mor14]]



Extraction de la ligne d'horizon



- Seuillage adaptatif + fermeture
- Rectification en fonction des β et γ trouvés à l'étape précédente

$$\begin{bmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{bmatrix} = [\mathbf{K}][\mathbf{R}'][\mathbf{K}]^{-1} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

où

$$[\mathbf{R}'] = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \beta & \sin \beta \\ 0 & -\sin \beta & \cos \beta \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1}$$

Génération de la ligne d'horizon synthétique

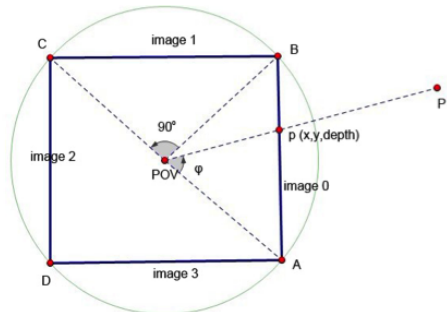
- Génération d'images de synthèse depuis le SIG
- Construction d'un panoramique avec 4 images
- Ligne d'horizon synthétique

[extrait de [Mor14]]



Génération de la ligne d'horizon synthétique

- Génération d'images de synthèse depuis le SIG
- Construction d'un panoramique avec 4 images
- Ligne d'horizon synthétique

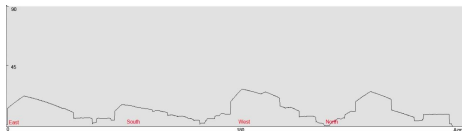


[extrait de [Mor14]]

Génération de la ligne d'horizon synthétique

- Génération d'images de synthèse depuis le SIG
- Construction d'un panoramique avec 4 images
- Ligne d'horizon synthétique

[extrait de [Mor14]]



Appariement

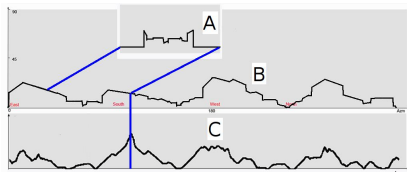
- Utilisation de la similarité croisée sur les deux lignes d'horizon (exprimée en azimuth)

$$CS(fg)[i] = \sum_{j=0}^N \begin{cases} 1 - SimifSim < 0.25 \\ 0 \text{ else} \end{cases}$$

où

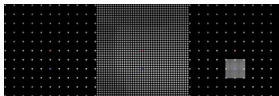
$$Sim = \left| \frac{f(j) - g(i - N + j)}{f(j)} \right|$$

[extrait de [Mor14]]



Raffinement

- Résolution des ambiguïtés via la cohérence temporelle (sur γ)
- Raffinement via le calcul de nombreuses lignes de ciel synthétiques autour de la position initiale



- Quelques résultats qualitatifs

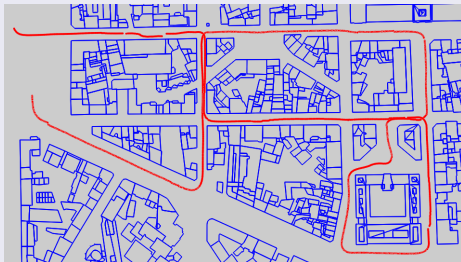


[extrait de [Mor14]]

Résultats

Images de synthèse

1420 images. Groupe 2 avec cohérence temporelle



Précision	Gr. 1 (%)	Gr. 2 (%)
0.5°	21.21	23.04
1.0°	67.51	71.32
2.0°	87.81	91.68

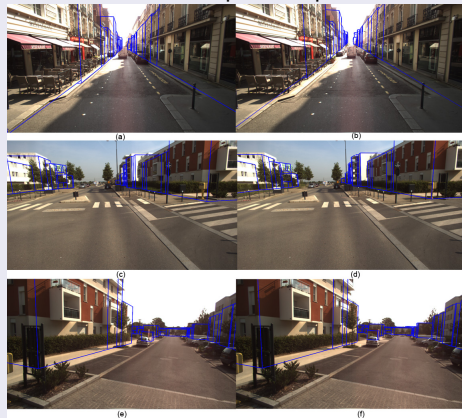
[extrait de [Mor14]]

(ECOLE GÉOMATIQUE DU GDR MAGIS)

Images réelles

Comparaison avec ICP

$\bar{t} = 671ms$ dont 472 pour les points de fuite



Autres exemples de travaux utilisant les SIG 2,5D

SIG2,5 D urbains

- S. Ramalingam, S. Bouaziz, and P. Sturm. Pose Estimation Using Both Points and Lines for Geo-Localization. In International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pages 4716–4723, 2011
- A. Taneja, L. Ballan, and M. Pollefeys. Reg. of Spherical Panoramic Im. with Cadastral 3D Models. International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission (3DPVT), pages 479–486, Oct. 2012
- G. Baatz, O. Saurer, K. Köser, and M. Pollefeys. Large Scale Visual Geo-Localization of Images in Mountainous Terrain. In European Conference on Computer Vision (ECCV), volume 2, pages 517–530, 2012.
- M. Bansal and K. Daniilidis. Geometric Urban Geo-Localization. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pages 3978–3985, 2014.
- C. Arth, C. Pirchheim, J. Ventura, D. Schmalstieg, and V. Lepetit, “Instant Outdoor Localization and SLAM Initialization from 2.5D Maps,” IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., vol. 21, no. 11, pp. 1309–1318, 2015
- ...

Calcul de la pose pour la 1ère image [CSM]

Recalage semi-automatique

- Pose grossière raffinée manuellement (interface OpenGL)
- Corresp. image/modèle fournies par l'utilisateur (≤ 4 points)
- Points du modèle = coins des bâtiments, détectés et identifiés automatiquement à partir de la pose grossière
- Estimation de la pose par AVV (Asservissement visuel virtuel) [MC02]

Recalage automatique

- mesure GPS = position t approximative
- SFM entre images 1 et i + alignement translation SFM et translation GPS → orientation R approximative
- raffinement pose $(R; t)$: correspondances de lignes + Ransac

[extrait de [Mor14]]

Calcul de la pose pour la 1ère image [CSM]

Pose estimée par AVV à partir des correspondances 2D-3D fournies



[extrait de [Mor14]]

Conclusion

- Beaucoup de travaux utilisant des "SIG 3D" qui sont en fait des SIG 2,5D (sauf concept par [LSH10])
- Des méthodes proches du temps réel - le calcul de pose étant l'étape la plus difficile
- Autre travaux pas uniquement basés sur la géométrie mais utilisant en plus les textures [SFJ12]
- Utilisation de méthodes hybrides avec d'autres capteurs (GPS, accéléromètre, gyroscopes, Lidar, etc.)

Cartes augmentées

- **Idée** : ajouter de l'information sur des cartes papier traditionnelle à l'aide informations contenues dans un SIG
- **Problème** : grande variété des cartes - descripteur locaux basés textures non utilisables



Cartes augmentées [YNM14][YNM15]

Hypothèse

Utiliser les intersections des routes comme descripteur

- indépendant de la carte
- facile à extraire du SIG
- répartition plus ou moins aléatoire
- possible à extraire d'une vue d'une carte papier



Cartes augmentées [YNM14][YNM15]

Hypothèse

Utiliser les intersections des routes comme descripteur

- indépendant de la carte
- facile à extraire du SIG
- répartition plus ou moins aléatoire
- possible à extraire d'une vue d'une carte papier



Cartes augmentées

<https://www.youtube.com/watch?v=joiqeI2Gc38>

Gestion patrimoniale

Plan

- 9 **Présentation du projet**
- 10 Dispositif muséal
- 11 Travail sur le nuage de points
- 12 Travail en cours : une base de données de documents historiques

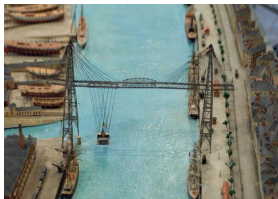
Contexte

Nantes 1900 :

- Projet scientifique et pédagogique en partenariat avec un musée d'histoire.
- <http://www.chateaunantes.fr/fr/nantes-1900>

La maquette du port de Nantes :

- Réalisée par Pierre-Auguste Duchesne
- Date : 1899-1902
- Dimensions : 9.20 × 1.85
- Échelle : 1/500



Objectifs - Méthodologie

Principe

- Compréhension de l'objet
- Accès au contenu
- Promotion de la recherche historique

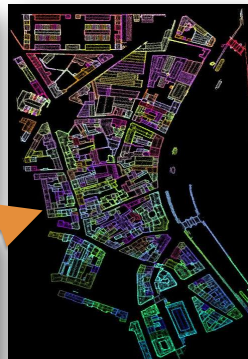
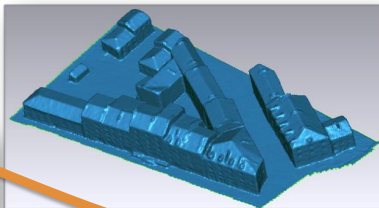
Méthodologie

- Étude de la maquette
- Numérisation
- Constitution d'un corpus de connaissances
- Dispositif de valorisation



Méthodologie

Numérisation 3D



Applications

Proposition d'une démarche générique

En collaboration avec le projet Virtual Leodium

- Maquette : « La cité de Liège vers 1730 »
- Auteur : Gustave Ruhl-Hauzeur
- Datation : 1900-1911
- Echelle : 1/1200

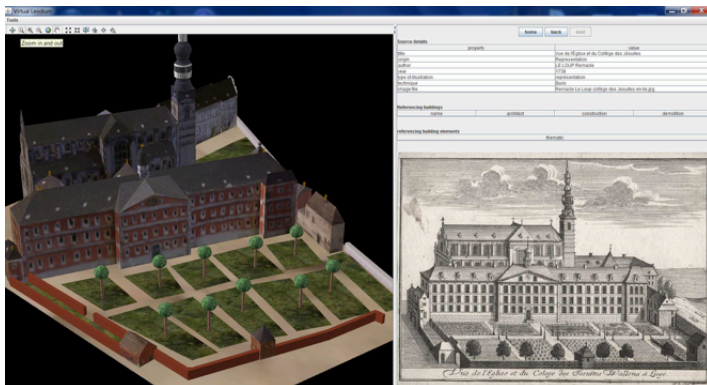


[©VirtualLeodium]

Proposition d'une démarche générique

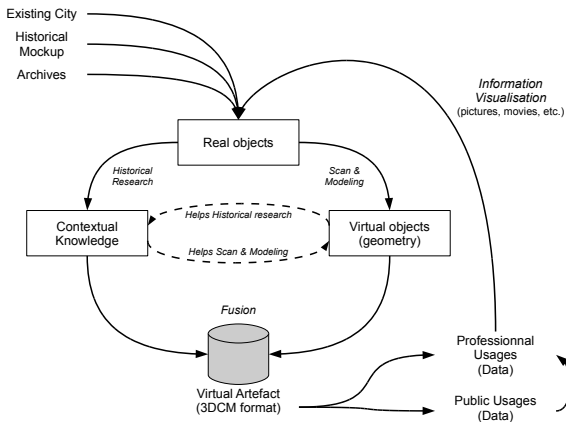
En collaboration avec le projet Virtual Leodium

- Vue 3D
- Affichage de données sémantiques



[©VirtualLeodium]

Proposition d'une démarche générique [HBL⁺12]



[[HBL⁺12] B. Hervy, R. Billen, F. Laroche, C. Carré, M. Servières, M. Van Ruymbeke, V. Tourre, V. Delfosse, and J.-L.

Kerouanton, "A generalized approach for historical mock-up acquisition and data modelling : Towards historically enriched 3D city models," in *Usage, Usability, and Utility of 3D City Models – European COST Action TU0801*, 2012, vol. 02009, p. 02009.]

Plan

- 9 Présentation du projet
- 10 Dispositif muséal**
- 11 Travail sur le nuage de points
- 12 Travail en cours : une base de données de documents historiques

Dispositif Muséal

Créer de l'interaction entre l'objet réel et l'artefact virtuel



Dispositif Muséal

<http://www.chateaunantes.fr/fr/nantes-1900>

[[Her14] Benjamin Hervy. Contribution à la mise en place d'un PLM muséologique dédié à la conservation et la valorisation du patrimoine : Modélisation et intégration de données hétérogènes sur un cycle de vie produit complexe. Sciences de l'ingénieur [physics]. École Centrale de Nantes, 2014. Français. <tel-01102311>]

Plan

9 Présentation du projet

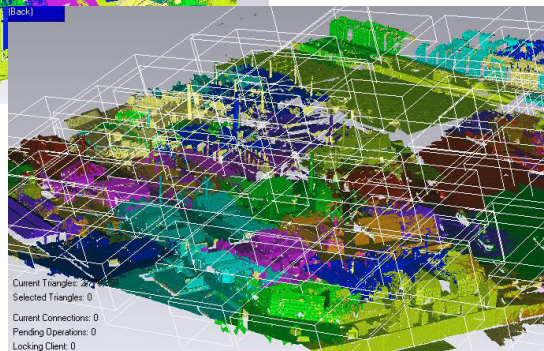
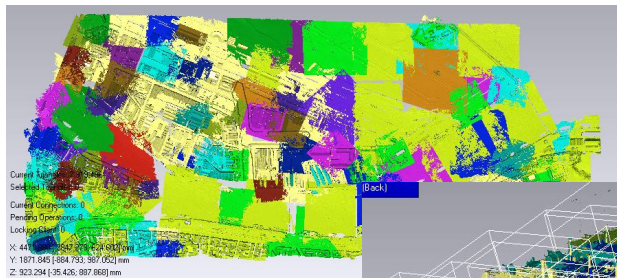
10 Dispositif muséal

11 Travail sur le nuage de points

12 Travail en cours : une base de données de documents historiques

Saint Similien

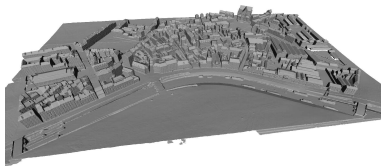
Nantes 1900 : Nuage de point trop important



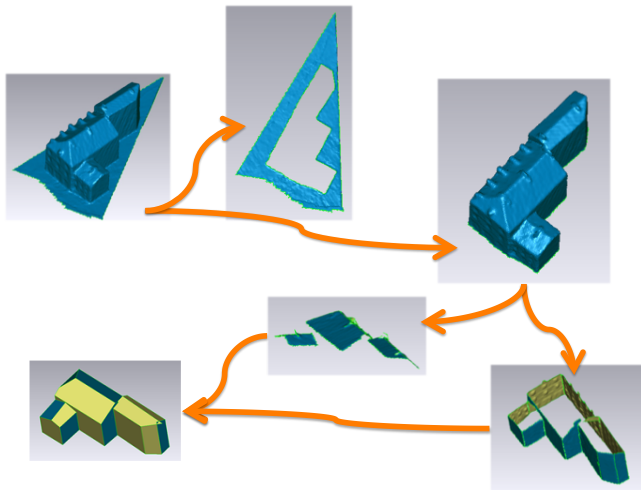
Saint Similien

Travail sur une zone plus petite : St Similien

- $1m^2$
- 27 millions de vertex
- 9 millions de faces



Saint Similien



Plan

9 Présentation du projet

10 Dispositif muséal

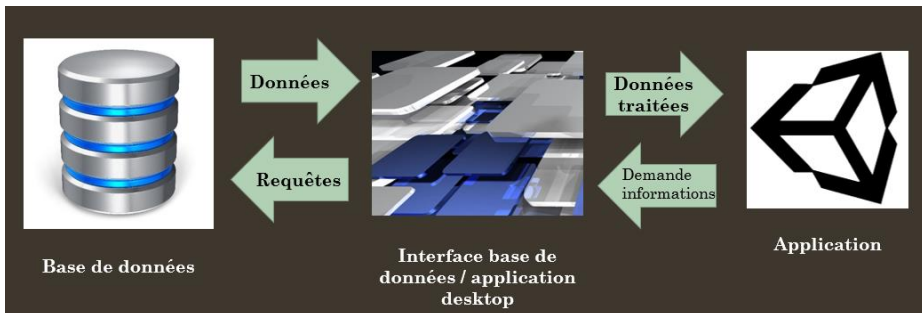
11 Travail sur le nuage de points

12 Travail en cours : une base de données de documents historiques

Type de données

- documents
- images
- vidéo
- texte

Travail sur une base basée sur le Dublin Core



Conclusion

Conclusion

- De nombreux usages autres que la visualisation ou la représentation autour des modèles 3D
 - ▶ Analyse de la ville
 - Détection de changements dans une ville
 - Détermination de la surface habitable
 - Classification des types de bâtiments
- Un modèle 3D souvent support graphique pour une meilleure compréhension
 - ▶ Articulation des usages pré-cités avec la visualisation (infovis et datavis) ou la représentation
- Besoin de données
 - ▶ Une information fine 3D souvent manquante qui pourra déboucher sur d'autres applications
 - ▶ Propriétés radiatives difficiles à obtenir pour alimenter les simulations
- Croisement des données et interopérabilité restent des enjeux importants

Conférence à venir

- UDMV 2016

- ▶ L'objectif de ce groupe de travail est de partager les techniques, méthodes, usages et points de vue sur la modélisation et la visualisation de données urbaines spatio-temporelles.
 - Modélisation de données (spatio-temporelles, multi-échelle, niveaux de détails)
 - Modélisation géométrique (acquisition, génération)
 - Visualisation (infoviz, sciviz)
- ▶ Dates
 - soumission : 22 juillet
 - notification : 3 septembre
 - workshop : 8 décembre

- www.geo.ulg.ac.be/UDMV16 (en construction)

References I



N. BIRET, G. MOREAU, and M. SERVIÈRES, *Géolocalisation en milieu urbain par appariement entre une collection d'images et un SIG 2D*, Ingénierie des systèmes d'information **14** (2009), no. 5, 107–131.



Filip Biljecki, Jantien Stoter, Hugo Ledoux, Sisi Zlatanova, and Arzu Çöltekin, *Applications of 3D City Models : State of the Art Review*, ISPRS International Journal of Geo-Information **4** (2015), no. 4, 2842–2889.



T Collet, G. Sourimant, and L. Morin, *Une méthode d'initialisation automatique pour le recalage de données SIG et vidéo*, Compression et REpresentation des Signaux Audiovisuels (CORESA 2007).



Rafael Grompone von Gioi, Jérémie Jakubowicz, Jean-Michel Morel, and Gregory Randall, *LSD : a fast line segment detector with a false detection control.*, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence **32** (2010), no. 4, 722–32.



Richard Hartley, *Multiple view geometry in computer vision*, 2003.

References II



B. Hervy, R. Billen, F. Laroche, C. Carré, M. Servières, M. Van Ruymbeke, V. Tourre, V. Delfosse, and J.-L. Kerouanton, *A generalized approach for historical mock-up acquisition and data modelling : Towards historically enriched 3D city models*, Usage, Usability, and Utility of 3D City Models – European COST Action TU0801 (Les Ulis, France) (T. Leduc, G. Moreau, and R. Billen, eds.), vol. 02009, EDP Sciences, oct 2012, p. 02009.



Benjamin Hervy, *Contribution to the implementation of a PLM for museology dedicated to the conservation and promotion of cultural heritage*, Theses, École Centrale de Nantes, December 2014.



Mahzad Kalantari, Franck Jung, and Jeanpierre Guedon, *Precise, automatic and fast method for vanishing point detection*, Photogrammetric Record **24** (2009), no. 127, 246–263.



Joo-Hwee Lim, Yiqun Li, Yilun You, and Jean-Pierre Chevallet, *Scene Recognition with Camera Phones for Tourist Information Access*, Multimedia and Expo, 2007 IEEE International Conference on, IEEE, jul 2007, pp. 100–103.

References III



Marc-Oliver Löwner, A. Sasse, and Peter Hecker, *Needs and potential of 3D city information and sensor fusion technologies for vehicle positioning in urban environments*, Applied Sciences (Tijs Neutens and Philippe Maeyer, eds.), Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, no. October, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, developmen ed., 2010, p. 219.



E Marchand and François Chaumette, *Virtual visual servoing : A framework for real-time augmented reality*, EUROGRAPHICS, 2002.



Guillaume Moreau, *Recalage vidéos - SIG urbains*, Tutorial colloque GDR ISIS, AC3D'14 : "de l'Acquisition à la Compression des objets 3D", juin 2014.



Wassim Suleiman, Eric Favier, and Thierry Joliveau, *Reconnaissance de bâtiments et localisation de photographies au moyen d'un descripteur de texture*, Revue internationale de géomatique **22** (2012), no. 3, 439–459.



Valerio Signorelli and Thomas Leduc, *Utilisation du socle 3D CityGML Nantes - Secteur centre-ville*, Tech. Report AUGUST, CRENAU-UMR AAU, Nantes, 2015.

References IV



François Sarradin, Daniel Siret, Michel Couprie, and Jacques Teller, *Comparing sky shape skeletons for the analysis of visual dynamics along routes*, Environment and Planning B : Planning and Design **34** (2007), no. 5, 840–857.



J. Teller and S. Azar, *Townscope ii—a computer system to support solar access decision-making*, Solar Energy **70** (2001), no. 3, 187 – 200, Urban Environment.



Liming Yang, Jean-Marie Normand, and Guillaume Moreau, *Robust random dot markers : towards augmented unprepared maps with pure geographic features*, Proceedings of the 20th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST 2014, Edinburgh, United Kingdom, November 11-13, 2014, 2014, pp. 45–54.



_____, *Augmenting off-the-shelf paper maps using intersection detection and geographical information systems*, 14th IAPR International Conference on Machine Vision Applications, MVA 2015, Miraikan, Tokyo, Japan, 18-22 May, 2015, 2015, pp. 190–193.

References V



Naoyuki Yazawa, Hideaki Uchiyama, Hideo Saito, M. Servieres, and Guillaume Moreau, *Image based view localization system retrieving from a panorama database by surf*, Proc. of the IAPR Conference on Machine Vision Applications, no. Figure 1, 2009.



S Zhu, L Morin, M Pressigout, G. Moreau, and M. Servières, *VIDEO / GIS REGISTRATION SYSTEM BASED ON SKYLINE MATCHING METHOD*, IEEE International Conference on Image Processing, 2013, pp. 3632–3636.