



HAL
open science

Apport des maquettes 3D dans la modélisation de l'anisotropie directionnelle IRT en milieu urbain : application au cas de Toulouse

Britta Kurz, Jean-Pierre Lagouarde, Patrick Moreau, Mark Rankin M. R. Irvine, James A. Voogt, Valéry Masson, Grégoire Pigeon

► To cite this version:

Britta Kurz, Jean-Pierre Lagouarde, Patrick Moreau, Mark Rankin M. R. Irvine, James A. Voogt, et al.. Apport des maquettes 3D dans la modélisation de l'anisotropie directionnelle IRT en milieu urbain : application au cas de Toulouse. Atelier PNTS – La très haute résolution spatiale en télédétection urbaine, Sep 2007, Nantes, France. 1 p., 2007. hal-02816505

HAL Id: hal-02816505

<https://hal.inrae.fr/hal-02816505>

Submitted on 6 Jun 2020

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.

Introduction

Les mesures aéroportées de température de brillance réalisées sur le centre ville de Toulouse lors de la campagne CAPITOUL ont (1) confirmé l'importance de l'anisotropie directionnelle dans l'infrarouge thermique (IRT) en milieu urbain déjà mise en évidence sur Marseille (Lagouarde et al., 2004) et (2) permis de caractériser ses variations de façon plus complète (conditions saisonnières très différentes, conditions nocturnes).

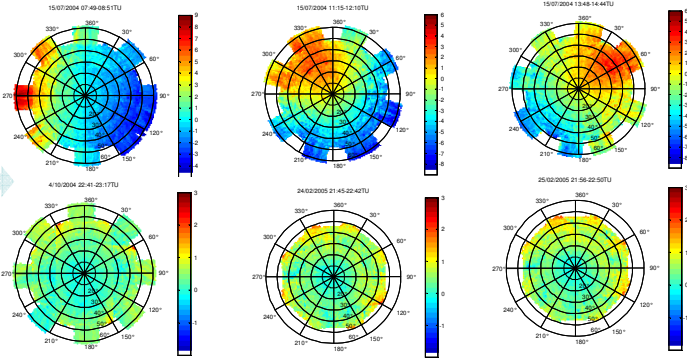
La caractérisation de l'anisotropie directionnelle IRT et sa modélisation sont indispensables pour :

- accéder aux températures des éléments de la canopée en vue de l'assimilation des données spatiales dans les modèles de surface et de l'amélioration des estimations de flux (chaleur sensible),
- corriger les données satellitaires à large champ en vue du suivi de la variabilité spatiale ou temporelle de la température de surface,
- fournir des recommandations pour la définition de futurs systèmes spatiaux dans l'IRT

Conditions diurnes

Quelques résultats expérimentaux CAPITOUL...

Conditions nocturnes

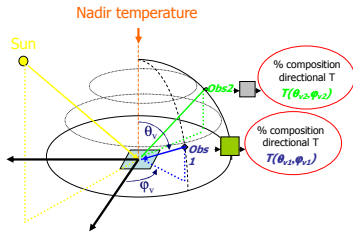


Modélisation semi-empirique de l'anisotropie directionnelle IRT

L'analyse de l'imagerie IRT à haute résolution spatiale (caméra aéroportée FLIR SC2000) et des mesures au sol permet de mettre en évidence une variabilité des températures diurnes des facettes élémentaires au sein d'une classe donnée en relation (en première approximation) avec l'orientation et le rayonnement solaire direct reçu.

Celui-ci est caractérisé de façon semi-empirique par un indice d'éclairement estimé par le produit scalaire entre le vecteur direction du soleil et le vecteur normal à la surface. Les indices calculés sur toute la surface sont ensuite pondérés selon les directions de visée et fournissent un coefficient de modulation $\alpha(\theta, \varphi)$ normalisé entre 0 et 1.

Une modulation de la température au sein des 2 classes façades et toits au soleil est ainsi introduite. Les rues étant supposées orientées uniformément dans toutes les directions, le calcul se fait en réduisant l'ensemble des façades à un cylindre et l'ensemble des toits à un cône. L'hypothèse est faite que les températures des facettes suivent le même histogramme que les coefficients de modulation $\alpha(\theta, \varphi)$: $T_j(\theta, \varphi) = T_{moyj} + \Delta T_j(\alpha(\theta, \varphi) - 0.5)$ [j=façades, toits éclairés].



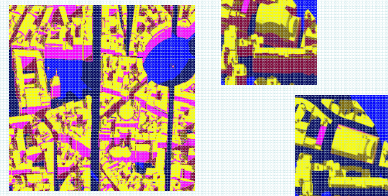
Principe : calcul de la température directionnelle de brillance par pondération de l'émission IRT (σT^4) des facettes par leur taux d'occupation dans la direction visée :

$$T(\theta, \varphi) = \sqrt[4]{\sum_{i,j} A_{i,j}(\theta, \varphi) T_{i,j}^4} \quad (1)$$

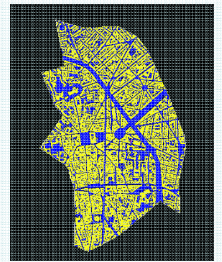
$i=1,2$ (ensoleillé/ombré) $j=1,2,3$ (façades/sols/toits)

En conditions nocturnes le modèle (1) est appliqué directement

La maquette 3D de Toulouse



Génération de scènes dans les directions de visée (θ, φ) et pour une position solaire donnée partir de la BD de la mairie de Toulouse à l'aide de POV-Ray

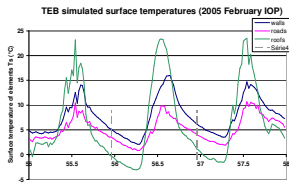


Premiers résultats

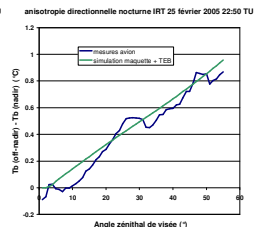
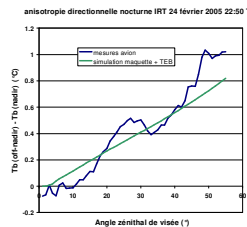
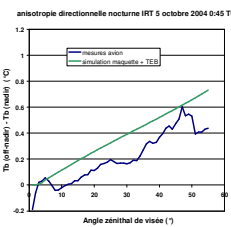
Conditions nocturnes

Températures élémentaires des façades, sols et toits fournies par TEB

- absence d'effet azimutal
- bon accord entre les simulations (TEB + maquette 3D) et l'anisotropie issue des mesures aéroportées

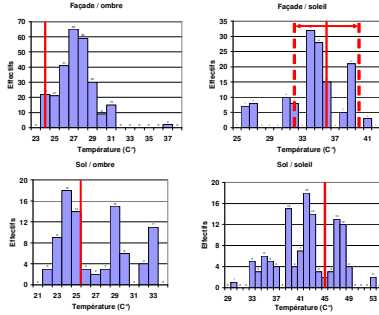


Simulation TEB (Masson et al., 2000)

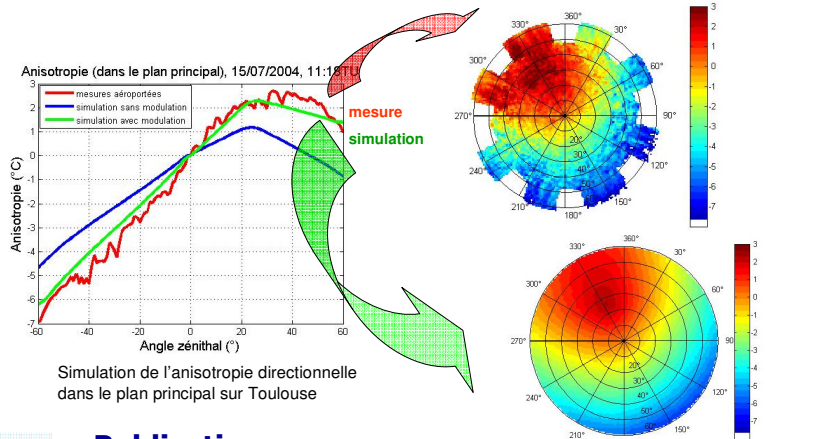


Conditions diurnes

Test (sens direct) de l'apport de la modulation sur les températures façades / toits ensoleillés \Rightarrow amélioration de la simulation pour un jeu de paramètres cohérent avec les mesures locales effectuées au sol simultanément aux acquisitions aéroportées.



Histogrammes des mesures locales de température au sol



Simulation de l'anisotropie directionnelle dans le plan principal sur Toulouse

Conclusions

Simulation de l'anisotropie nocturne satisfaisante compte tenu de la précision de la caméra INFRAMETRICS M 740 utilisée

Faiblesse de l'hypothèse de température uniforme \rightarrow nécessité d'introduire la variabilité intra-classe pour une bonne restitution du hot spot

A étudier :

- impact de l'émissivité et des effets de réflexion
- inversion des mesures angulaires \rightarrow estimation des températures élémentaires
- validation sur l'ensemble du jeu de données (acquisitions été / automne / hiver)

Publications

- Lagouarde, J. P., Moreau, P., Irvine, M., Bonnefond, J. M., Voogt, J. A., and Sollic, F. (2004). Airborne experimental measurements of the angular variations in surface temperature over urban areas: case study of Marseille (France). *Remote Sensing of Environment* **93**, 443-462.
- Lagouarde J.-P., Irvine M., Moreau P., Kurz B., Pigeon G., Masson V., (2007). Caractérisation expérimentale de l'anisotropie directionnelle des mesures dans l'infrarouge thermique sur un milieu urbain en conditions hivernales : premiers résultats obtenus sur Toulouse lors de la campagne CAPITOUL. *AMA, Météo France, Toulouse, 16-18 janvier 2007. CD ROM.*
- Lagouarde J.-P., Pigeon G., Irvine M., Masson V., (2006). Analysis of the urban heat island from TIR airborne data : first results obtained during the CAPITOUL experiment over the city of Toulouse. *2nd Int. Symp. 'Recent Advances in Quantitative Remote Sensing', Valencia, Espagne, sept. 2006. 5 pp.*
- Lagouarde J.-P., Irvine M., Moreau P., Kurz B., Pigeon G., Masson V., (2006). Experimental characterization of directional anisotropy of thermal infrared measurements over a urban area in nighttime conditions. *2nd Int. Symp. 'RAQIS, Valencia, Espagne, 25-29 septembre 2006. 7 pp.*
- Lagouarde J.-P., Irvine M., (2007). The directional anisotropy in thermal infrared measurements over Toulouse city centre during CAPITOUL experiment: first results. *Submitted to Meteorology and Atmospheric Physics, special issue CAPITOUL.*

Remerciements : Ce travail a été réalisé avec le soutien du PNTS (projet CLU/TUE). Les auteurs remercient également l'équipe SAFIRE (réalisation des campagnes aéroportées)