

# Séminaire Journées SOLENE 2016

-

Jeudi 1er décembre 2016



**AAU**  
**crenau**  
ambiances  
architectures  
urbanités

Programme – résumés des présentations



# Sommaire

Programme.....	5
Réguler l'enveloppe du bâtiment pour ne pas masquer l'exposition à l'éclairement solaire direct du voisinage : tentative d'implémentation logicielle dans le cadre de l'outil de CAO SketchUp.....	6
Qualification et quantification des visibilitées urbaines, des vues du ciel et de l'ensoleillement sous SketchUp.....	7
Modélisation d'une surface de sol urbain soumise à des cycles d'arrosage.....	8
Comparaison de l'influence de trois stratégies d'adaptation climatique sur le confort urbain : étude de cas à Lyon.....	9
Méthodologie de reconstitution de la température d'air d'un site urbain à partir de données météorologiques de site rural et de données géographiques.....	10
Prise en main de SOLENE-Microclimat, étude du confort extérieur et du besoin de refroidissement, deux études de cas. Retour d'expérience utilisateur.....	11
La densification pavillonnaire comme remède à la voracité spatiale et énergétique ? Cas de la métropole Aix Marseille Provence.....	12
Modèle thermique de bâtiment couplé à SOLENE-Microclimat : prise en compte des hétérogénéités thermiques.....	13



# Programme

8h45	<i>Accueil des participants</i>	
9h00	Présentation de la journée	<i>Thomas LEDUC Benjamin MORILLE</i>
9h30	Réguler l'enveloppe du bâtiment pour ne pas masquer l'exposition à l'éclairage solaire direct du voisinage : tentative d'implémentation logicielle dans le cadre de l'outil de CAO SketchUp	<i>Thomas LEDUC</i>
10h00	Qualification et quantification des visibilités urbaines, des vues du ciel et de l'ensoleillement sous SketchUp	<i>Kevin HARTWELL</i>
<i>Pause</i>		
11h00	Modélisation d'une surface de sol urbain soumise à des cycles d'arrosage	<i>Marie-Hélène AZAM</i>
11h30	Comparaison de l'influence de trois stratégies d'adaptation climatique sur le confort urbain : étude de cas à Lyon	<i>Benjamin MORILLE</i>
<i>Déjeuner</i>		
14h00	Méthodologie de reconstitution de la température d'air d'un site urbain à partir de données météorologiques de site rural et de données géographiques	<i>Jérémy BERNARD</i>
14h30	Prise en main de SOLENE-Microclimat : étude du confort extérieur et du besoin de refroidissement, deux études de cas. Retour d'expérience utilisateur	<i>Clément IMBERT</i>
<i>Pause</i>		
15h30	La densification pavillonnaire comme remède à la voracité spatiale et énergétique ? Cas de la métropole Aix Marseille Provence	<i>Zineb AIT BOUALI</i>
16h00	Modèle thermique de bâtiment couplé à SOLENE-Microclimat : prise en compte des hétérogénéités thermiques	<i>Auline RODLER</i>
16h30	Clôture : Bilan de la journée séminaire SOLENE 2015	<i>Benjamin MORILLE</i>

# Réguler l'enveloppe du bâtiment pour ne pas masquer l'exposition à l'éclairement solaire direct du voisinage : tentative d'implémentation logicielle dans le cadre de l'outil de CAO SketchUp

Thomas Leduc

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités (CRENAU) – UMR Ambiances  
Architectures Urbanités (UMR AAU) - CNRS (UMR1563), Ecole Centrale de Nantes -  
ENSA Grenoble, ENSA Nantes - 6 quai François Mitterrand - BP16202 - 44262 Nantes  
Cedex 2, France.

Comme le relève Siret (2011), le « développement urbain [est] par nature créateur d'ombre ». Fort de ce constat, diverses propositions ont été formulées au cours des XXe et XXIe siècles, visant à organiser le partage de la ressource solaire ou plus exactement de l'exposition à l'éclairement solaire direct des enveloppes de bâtiment. La solution proposée par Knowles (1980), aussi appelée enveloppe solaire, consiste, pour une période remarquable d'ensoleillement prédéfinie, à identifier le volume d'enveloppe maximal, qui ne projette pas d'ombre sur les constructions voisines (Raboudi *et al.*, 2012). Ce gabarit maximal garantit conjointement un niveau élevé de densité de façades et une constructibilité préservant le « droit au soleil » du voisinage.

Plusieurs implémentations ont été développées à titre expérimental dans divers travaux recherches (Cotton, 1996 ; Capeluto & Shaviv, 2001 ; Morello & Rati, 2009), sans qu'aucune n'accède à un stade justifiant – par son opérationnalité effective – qu'elle soit intégrée à un outil de CAO et largement diffusée.

La solution que nous présentons dans l'outil de CAO grand-public SketchUp, procède, pour des raisons d'efficacité et de robustesse, en deux temps. Elle commence par identifier le sous-ensemble des limites restrictives de projection d'ombre (ou « clôtures d'ombre », (Raboudi *et al.*, 2012)). Ensuite, partant de ce sous-ensemble, elle subdivise le problème global en une collection de sous-problèmes visant, par intersection de volumes convexes, à produire un ensemble de volumes convexes correspondant à autant de solutions locales. L'enveloppe solaire résulte alors de l'union géométrique de ces diverses solutions locales.

La méthode ayant été présentée, nous l'appliquons à un cas d'usage avant d'évoquer, en ouverture, une généralisation du procédé aux aspects énergétiques.

# Qualification et quantification des visibilitées urbaines, des vues du ciel et de l'ensoleillement sous SketchUp

Kevin Hartwell

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités (CRENAU) – UMR Ambiances  
Architectures Urbanités (UMR AAU) -CNRS (UMR1563), Ecole Centrale de Nantes – ENSA  
Grenoble – ENSA Nantes - 6 quai François Mitterrand - BP16202 - 44262 Nantes Cedex 2,  
France.

Cette présentation porte sur les fonctionnalités de l'outil Tools for SketchUp (t4su) pour l'analyse de projets architecturaux ou urbains. Inséré comme plugin à SketchUp, un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) convivial et largement déployé, t4su permet effectivement d'évaluer certains facteurs physiques d'ambiance de l'espace urbain comme de l'espace architectural, par le biais d'une analyse systématique des visibilitées.

Après un rapide état de l'art des quelques solutions logicielles du domaine, nous montrerons la pertinence de coupler les logiques d'analyse et de présentation des données spatiales urbaines issues de la géomatique d'une part, et celles issues de la CAO d'autre part. Nous montrerons aussi comment ce couplage s'est traduit en acte, lors de l'écriture du plugin, par des choix de conception précis.

Deux groupes d'analyses seront présentés. Le premier consiste en un ensemble de simulations à la première personne qui permettent une compréhension du rapport entre la perception visuelle (« subjective » car fonction du point de vue) et les configurations de l'espace bâti. Une première démonstration portera alors sur la formation d'isovists (2D), et se poursuivra par la quantification des vues du ciel de l'espace urbain (3D). Ces simulations permettent la création de cartes macro-(dans le cadre des vues du ciel) ou méso-scalaires (dans le cadre des isovists). Le second groupe d'analyses, à partir d'une modélisation de la voûte céleste et des trajectoires solaires, visera à aborder, par le biais des visibilitées, des aspects de l'énergétique urbaine. Une courte démonstration sera alors faite, portant sur l'évaluation de la durée d'ensoleillement annuelle d'un espace ainsi que de son potentiel radiatif. Ces analyses peuvent être utilisées par exemple dans le cadre de l'évaluation de la formation d'îlots de chaleur urbains (ie, l'énergie diurne reçue et la radiation nocturne dégagée), la sélection d'emplacements optimaux de panneaux solaires, ou encore la modélisation de l'éclairage public nocturne.

Nous couplerons ensuite les aspects de visibilité et d'ensoleillement à l'aide du SunnySkyMap, un module permettant la projection dans un même plan des masques bâtis et des trajectoires solaires. En conclusion, les possibilités étendues d'import et d'export seront discutées car t4su assure un couplage par la donnée entre SketchUp et de nombreux autres logiciels, dont Solene, Salome, Gmsh ou Qgis.

# Modélisation d'une surface de sol urbain soumise à des cycles d'arrosage

Marie-Hélène AZAM

Institut de Recherche en Science et Technique de la Ville (IRSTV) – Ecole Centrale de Nantes, CNRS : UMR2488 – 1, rue de la Noe 44300 Nantes, France

Dans un contexte de réchauffement climatique, aménager la ville requiert d'être particulièrement attentif à la maîtrise de l'îlot de chaleur urbain. Une priorité des urbanistes est de mettre en œuvre des dispositifs permettant d'atténuer l'ICU. Pour cela, ils ont besoin d'outils permettant d'évaluer l'efficacité de dispositifs de rafraîchissement et de quantifier les performances atteignables. Dans le contexte du projet EVA, l'efficacité de trois dispositifs de rafraîchissement urbain est comparée : l'eau, la végétation, les revêtements à fort albédo.

Afin de pouvoir évaluer l'efficacité de l'utilisation de l'eau, il est nécessaire de rendre possible la prise en compte d'un dispositif d'humidification de chaussée dans SOLENE-microclimat.

L'étude présente donc les étapes de développement et validation d'un modèle numérique d'humidification de chaussée. L'actuel modèle de sol de SOLENE-microclimat permettant de retranscrire les transferts thermiques en profondeur est en premier lieu évalué en utilisant les données expérimentales issues de la campagne de mesures ROSURE menée sur un parking. Les températures de surface, en profondeur et les flux simulés sont comparés à ces mesures. Compte tenu des écarts trop importants constatés, le modèle de sol est ensuite amélioré en s'assurant d'abord de bien retranscrire les phénomènes de conduction thermique puis en optimisant ses performances. Les phénomènes physiques nécessaires à la prise en compte de l'humidification de la chaussée sont enfin intégrés avec le plus de précision possible. A chacune des étapes, la précision du modèle est évaluée.

Ce modèle est pour finir mis en œuvre en situation urbaine réelle, dans la rue de la Buire à Lyon. Les résultats obtenus sont comparés aux mesures réalisées avec le pilote mis en place dans la rue de la Buire par Veolia.



# Comparaison de l'influence de trois stratégies d'adaptation climatique sur le confort urbain : étude de cas à Lyon

Benjamin Morille

Institut de Recherche en Science et Technique de la Ville (IRSTV) – Ecole Centrale de Nantes, CNRS : UMR2488 – 1, rue de la Noe 44300 Nantes, France

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités (CRENAU) – UMR Ambiances Architectures Urbanités (UMR AAU) - CNRS (UMR1563), Ecole Centrale de Nantes – ENSA Grenoble - ENSA Nantes - 6 quai François Mitterrand - BP16202 - 44262 Nantes Cedex 2, France.

L'étude du confort thermique extérieur est de plus en plus pris en compte dans les processus de conception urbaine. Dans un contexte de changement climatique, les urbanistes doivent trouver des solutions pour réduire l'effet de l'îlot de chaleur urbain et assurer que les espaces extérieurs restent vivables. Le projet EVA (Eau, Végétation, Albédo), mené en collaboration avec Veolia, a pour objectif de comparer l'efficacité de 3 stratégies de rafraîchissement urbain : le recours à l'humidification des chaussées, l'implémentation de dispositifs végétalisés et l'augmentation de l'albédo des surfaces.

Différents scénarios de simulation sont considérés et appliqués à 3 quartiers à Lyon afin de comparer la capacité de ces dispositifs à améliorer le confort urbain en période estivale :

- Les solutions de rafraîchissement urbain sont d'abord appliquées individuellement dans chaque quartier (scénarios- mono dispositifs).
- Un scénario « optimisé » est ensuite défini en ayant recours aux trois solutions de rafraîchissement.
- Des scénarios « soustractifs » sont enfin mis en œuvre en retirant une à une les solutions de rafraîchissement au scénario « optimisé ».

Les simulations sont menées en utilisant SOLENE-microclimat pour 15 jours estivaux. Les 14 premiers jours de simulation sont réalisés sans couplage et le couplage thermo-aéraulique complet est réalisé uniquement sur la dernière journée, celle étudiée pour comparer les dispositifs.

Pour chaque cas, les variations spatiales et temporelles des températures de surface et des températures d'air sont comparées. L'UTCI (*Universal Thermal Index Comfort*) est évalué pour l'espace urbain étudié de chaque quartier.

Les résultats montrent que la végétation, et en particulier les arbres, est le dispositif le plus efficace pour réduire la température de surface. Même si l'humidification des chaussées réduit fortement la température de surface son effet sur le confort reste faible et très local, notamment en comparaison de la végétation. Du fait de la réflexion du rayonnement solaire, l'augmentation de l'albédo des matériaux n'a qu'une faible efficacité pour améliorer le confort.

# Méthodologie de reconstitution de la température d'air d'un site urbain à partir de données météorologiques de site rural et de données géographiques

Jérémy Bernard

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités (CRENAU) – UMR Ambiances  
Architectures Urbanités (UMR AAU) - CNRS (UMR1563), Ecole Centrale de Nantes –  
ENSA Grenoble - ENSA Nantes - 6 quai François Mitterrand - BP16202 - 44262 Nantes  
Cedex 2, France.

Institut de Recherche en Science et Technique de la Ville (IRSTV) – Ecole Centrale de  
Nantes, CNRS : UMR2488 – 1, rue de la Noe 44300 Nantes, France  
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie - ADEME

Cette présentation propose une méthode pour calculer l'évolution temporelle de la différence de température d'air existant entre un site urbain et un site situé en périphérie de la ville. Elle repose sur des formulations simples établies à partir de l'observation des interactions qui existent entre la formation d'un microclimat, son contexte géographique et les conditions météorologiques. Les valeurs moyennes de différences de température mesurées entre plusieurs sites urbains et une station rurale sont expliquées à partir de régressions linéaires multiples en utilisant des indicateurs géographiques. Ces indicateurs, descriptifs des formes urbaines et de la typologie des sols de chaque site, sont calculés au sein d'un cercle de rayon de 500 m centré sur chaque station. L'intensité de l'îlot de chaleur urbain, assimilée aux variations temporelles de l'ICU, est modélisée à partir d'une régression linéaire multiple utilisant des variables météorologiques telles que la vitesse du vent ou le rayonnement solaire comme variables explicatives. Pour chaque saison, 16 modèles sont proposés. Le plus pertinent est choisi en confrontant les valeurs mesurées par cinq réseaux de capteurs à celles estimées à partir de chacun des modèles. Au final, il permet de reconstituer le signal de température d'air de n'importe quel site urbain à partir de données géographiques (BD Topo et image satellitaire) et de données météorologiques (vitesse et direction du vent, nébulosité, température de l'air, humidité de l'air, rayonnement solaire descendant) enregistrées par Météo-France (ou autre) pendant la période d'intérêt

# Prise en main de SOLENE-Microclimat, étude du confort extérieur et du besoin de refroidissement, deux études de cas. Retour d'expérience utilisateur

*Clément Imbert*

Ecoten – U Zvonařky 994/15, 120 00 Prague 2, République tchèque

La présentation a pour sujet la prise en main et l'application à deux études de cas de l'outil de simulation de micro-climat urbain SOLENE-Microclimat. Je donnerai mes impressions d'utilisateur, les difficultés rencontrées et les stratégies pour les surmonter. Seront entre autres l'automatisation du maillage que j'ai t la stratégie de couplage mise en œuvre.

Deux applications menées avec SOLENE-Microclimat seront présentées. La première est la modélisation d'un quartier de Prague, en République tchèque, composé de neuf îlots. J'ai étudié l'influence de la variation d'albédo des bâtiments composant la scène et l'implantation de rangées d'arbres sur le confort piéton en saison chaude. Plusieurs variables sont n fonction des différents scénarios sur des points spécifiques de la scène. directement ar le logiciel, ue les températures de surface et d'air, mais aussi l'indice de confort UTCI calculé. Le besoin en refroidissement d'un bâtiment de la scène a été évalué grâce au module de thermique de bâtiment, il sera aussi présenté.

La deuxième étude de cas est celle d'un quartier composé de hauts bâtiments soumis aux conditions météorologiques de Manille aux Philippines. Pendant la semaine la plus chaude de l'année, le besoin en refroidissement du bâtiment central a été évalué pour quatre variantes : albédo faible et fort, utilisation de sol et de toiture utilisation de matériaux isolant.

# La densification pavillonnaire comme remède à la voracité spatiale et énergétique ? Cas de la métropole Aix Marseille Provence

Zineb Ait Bouali

Architecte, doctorante en 3ème année au laboratoire Project[s] ENSA-M  
Ecole Nationale Supérieure d'architecture de Marseille  
184, avenue de Luminy - case 924 13288 Marseille cedex 9 - France

Le réchauffement climatique, l'épuisement et le coût des énergies fossiles sont autant d'interrogations qui mettent la question de l'énergie au centre des préoccupations du monde actuel. Une question qui regroupe plusieurs spécialistes issus de différents domaines notamment celui de l'habitat et des transports, deux domaines connus en France comme les secteurs les plus énergivores. Dans cette optique, une enquête faite par l'Insee montre, d'une part, la part budgétaire que réservent 15% des ménages au chauffage du logement et qui représente le double de l'effort médian, d'autre part, 10% d'entre eux ont des frais très élevés pour leurs trajets. On parle ici de « précarité énergétique ».

Partant de nous avons posé notre problématique de recherche qui s'interroge sur la manière dont on peut réduire ce problème – celui de la précarité énergétique- dans la métropole d'Aix-Marseille à travers un projet de densification pavillonnaire. D'autant plus que les travaux sur la densification sont présentés aujourd'hui comme une alternative clé pour garantir un développement durable des villes, puisqu'ils sont supposés lutter contre l'étalement urbain tout en bénéficiant de nouveaux logements construits à cet effet. En revanche, la question de la densification est plus délicate lorsqu'il s'agit de quartiers à dominance pavillonnaire –ce qui est le cas pour notre étude- puisqu'elle reste plus difficile à réaliser face à l'inacceptabilité sociale.

Afin de répondre à cette problématique, une méthodologie à deux échelles a été mise en place. Nous procédons dans un premier temps à une analyse quantitative basée essentiellement sur la cartographie via les SIG. L'objectif étant d'identifier les secteurs éligibles à la densification sur la métropole selon les critères fixés par la démarche BIMBY1. Dans un second temps, un travail d'inventaire des maisons pavillonnaires repérées précédemment est mis en place. Cette partie aura vocation d'élaborer des protocoles typologiques pour chaque période constructive en prenant en compte les paramètres suivants : enveloppe, forme architecturale, part du type dans le parc immobilier, techniques utilisées (chauffage, ventilation, eau chaude sanitaire ...etc.). Une fois les protocoles fixés, nous effectuerons, dans un dernier temps, des bilans énergétiques suivis de simulations thermiques dynamiques de chaque type avant et après densification. De ce fait, il nous semble que SOLENE nous serait utile, notamment pour le choix de la forme de densification la plus rentable en termes d'économie d'énergie.

# Modèle thermique de bâtiment couplé à SOLENE- Microclimat : prise en compte des hétérogénéités thermiques

Auline Rodler

Institut de Recherche en Science et Technique de la Ville (IRSTV) – Ecole Centrale de  
Nantes, CNRS : UMR2488 – 1, rue de la Noe 44300 Nantes, France

Centre de Recherche Nantais Architectures Urbanités (CRENAU) – UMR Ambiances  
Architectures Urbanités (UMR AAU) - CNRS (UMR1563), École Centrale de Nantes –  
ENSA Grenoble - ENSA Nantes - 6 quai François Mitterrand - BP16202 - 44262 Nantes  
Cedex 2, France.

De nombreux bâtiments présentent des défauts au sein de leur enveloppe : un manque d'isolant, des ponts thermiques ou des fissures. Fox et al (2016) ont classé les défauts et montré que le plus fréquent, relié à la conductivité (manque d'isolant ou isolant détérioré), représente 37.2% des défauts significatifs. A l'échelle du matériau, Aisani *et al.* (2016) ont montré que la résistance thermique d'un isolant est énormément affectée par : un écrasement, des rainures, des gaines ou des trous. La présence des défauts locaux est étudiée dans ces études à l'échelle d'un matériau ou d'un mur mais pas à l'échelle d'un bâtiment dans son environnement urbain. C'est ce que nous souhaitons apporter dans ce projet.

Or, les défauts de construction au sein de l'enveloppe d'un bâtiment peuvent être des sources d'écarts, si bien qu'une fois ces défauts localisés, ils devraient être pris en compte dans les simulations. Une décision sur chantier pourra être apportée en fonction de leur impact.

Le projet H2020 Built2spec a pour but de développer ou d'adapter des outils de thermiques du bâtiment pour l'aide au diagnostic de performances énergétiques de bâtiments récents ou anciens. Dans ce projet nous souhaitons mieux comprendre les sources d'écarts entre les consommations d'un bâtiment estimées et mesurées.

Dans ce travail, le modèle d'enveloppe de bâtiment de Bouyer *et al.* (2009) a été revisité afin de permettre la prise en compte de défauts, sans mettre de côté les avantages de l'ancien modèle : son couplage avec la scène urbaine grâce aux outils de SOLENE-Microclimat (Musy *et al.*, 2015). Le modèle actuel permet donc de simuler le comportement thermique dynamique d'un bâtiment dans une scène urbaine. Il permet de calculer les besoins de chaud ou froid par étage, les températures d'air par étage et les différentes températures des faces ou facettes (pour l'intérieur et extérieur). Le modèle de paroi suit la méthode des éléments finis et le maillage peut être choisi en fonction des besoins de l'utilisateur. Ainsi, à un instant donné et pour une sollicitation donnée sur une facette nous pouvons calculer les profils de températures dans l'enveloppe, de la facette en contact avec l'environnement extérieur à la surface en contact avec le volume intérieur du bâtiment. Grâce à ces nouveaux développements, nous sommes en mesure, après localisation d'un défaut, de quantifier son impact sur le comportement thermique local et global d'un bâtiment.

Dans cette communication, nous présenterons le modèle, une première validation et des exemples de défauts que nous pouvons prendre en compte.

## Notes

Liste de diffusion SOLENE-Microclimat

[solene@services.cnrs.fr](mailto:solene@services.cnrs.fr)

Facebook SOLENE-Microclimat :

