

Modélisation microclimatique pour l'évaluation du confort urbain

Journée sft 08/12/22: Données climatiques pour le bâtiment

Alexandre Bryk

LaSIE, CSTB Sophia Antipolis

Encadrants:

Emmanuel Bozonnet

Georgios Kyriakodis

Peter Riederer



Sommaire

- Confort thermique, UTCI: depuis le bilan thermo physiologique jusqu'à l'échelle quartier
- Simulation du microclimat urbain: EnviBatE – DIMOSIM
- Evaluation des outils de simulation sur des données: méthodologie

Evaluation du confort thermique

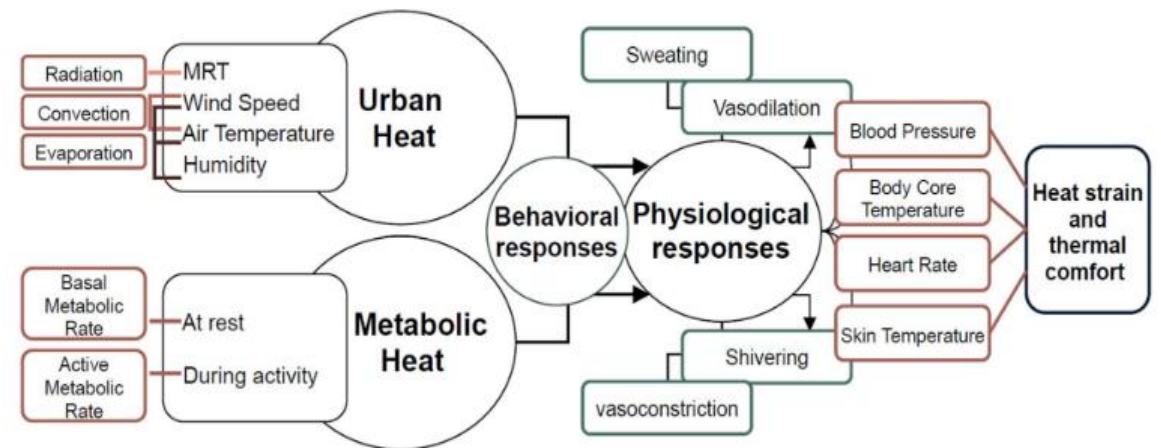
Paramètres environnementaux:

Température d'air, température moyenne radiante, humidité relative, vitesse de vent

Paramètres liés à l'occupant: métabolisme et l'habillement

Modèle thermophysique du corps humain

Sollicitation des mécanismes physiologiques
(frissons, transpiration,
vasodilatation et constriction)



Source: Nazarian et al., 2022

-> Construction d'indicateurs de confort à l'échelle de l'individu

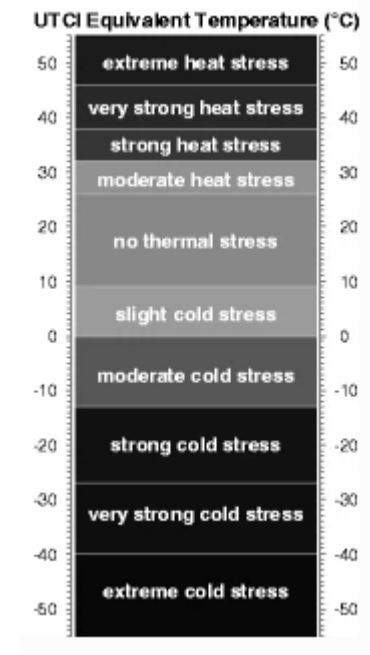
Exemple d'indicateur de confort extérieur: Universal Thermal Climate Index (Błażejczyk et al., 2012)

- Température équivalente:

$$UTCI(T_{air}, T_{mr}, V, HR) = T_{air} + Offset(T_{air}, T_{mr}, V, HR)$$

Modèle du corps humain: modèle de Fiala

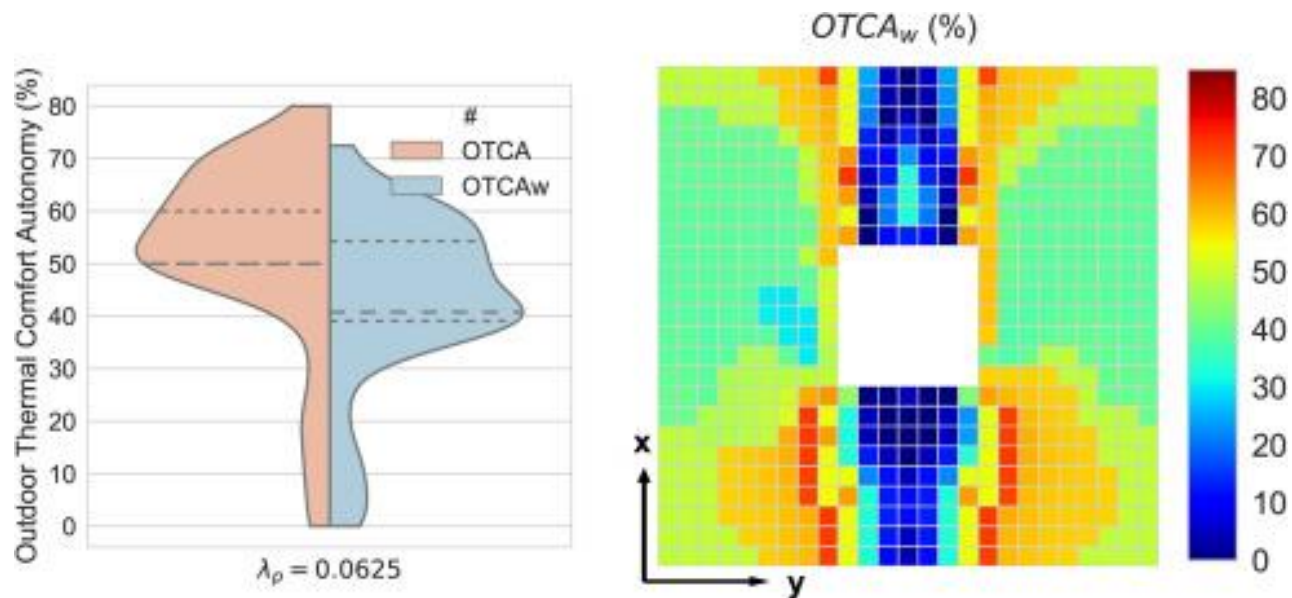
UTCI / stress thermique = f(environnement, individu)



Source: Bröde et al., 2012

Indicateurs à l'échelle quartier/ville

- Outdoor Thermal Comfort Autonomy (Nazarin et al., 2019)



Source: Nazarian et al., 2019

Idée: capturer les variabilités temporelle et spatiale du confort thermique extérieur

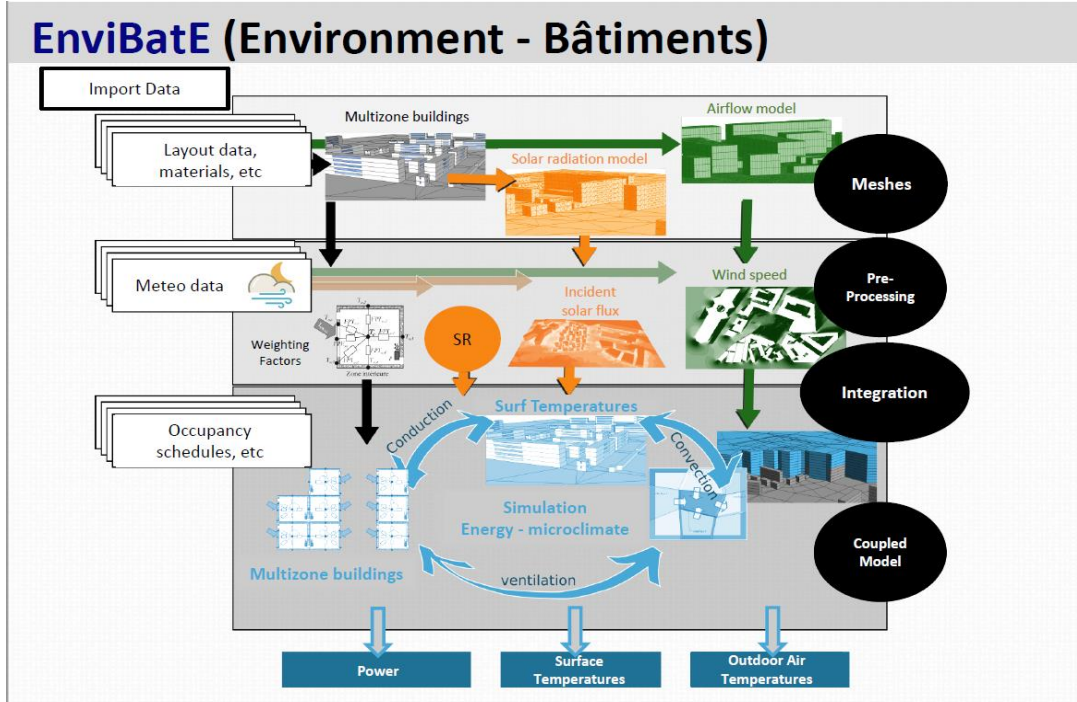
Identification des points chauds et froids

Déviations de la zone de confort

Outils de simulation du microclimat

- Rayonnement: SOLENE
 - SW direct et diffus, inter-réflexions
 - Échanges LW
 - Masques solaires
- Modèle aéraulique: QUIC-URB basé sur (Röckle, 1990)
 - Écoulement gouverné par la géométrie de la maquette
 - Conservation de la masse

Intégration dans un modèle zonal de canopée urbaine



Modèle de bâtiment
UBEM DIMOSIM
Source: Thèse Garreau

Calcul de l'ensemble des paramètres environnementaux pour l'estimation du confort

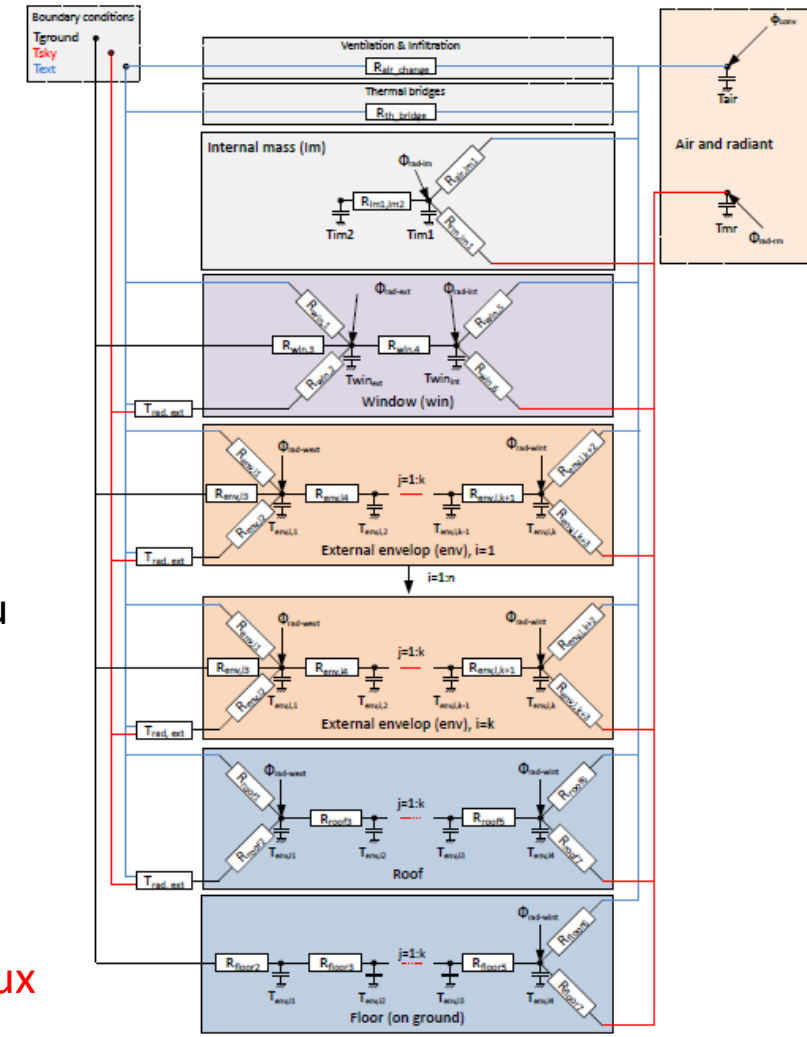
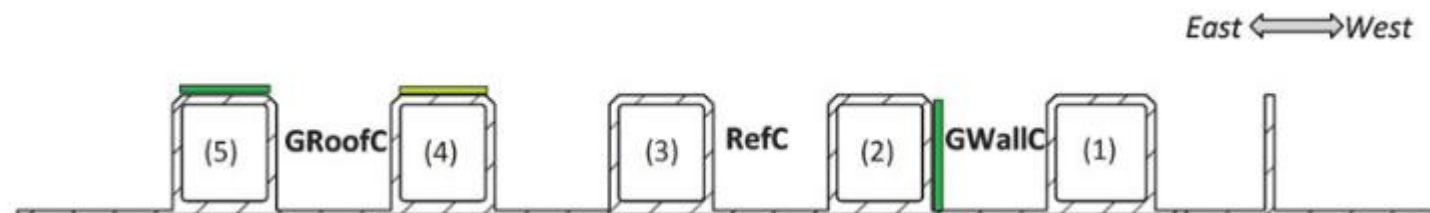


FIGURE A.2 – Modèle R_jC_j de DIMOSIM

Modèle de quartier à l'échelle réduite

- Campagne expérimentale de mesures: climabat (La Rochelle)

- Période de mesures:
Aout 2012 – 5 min



Grandeurs mesurées in situ:

Température de surface
Température d'air
Humidité relative
Rayonnement CLO et GLO

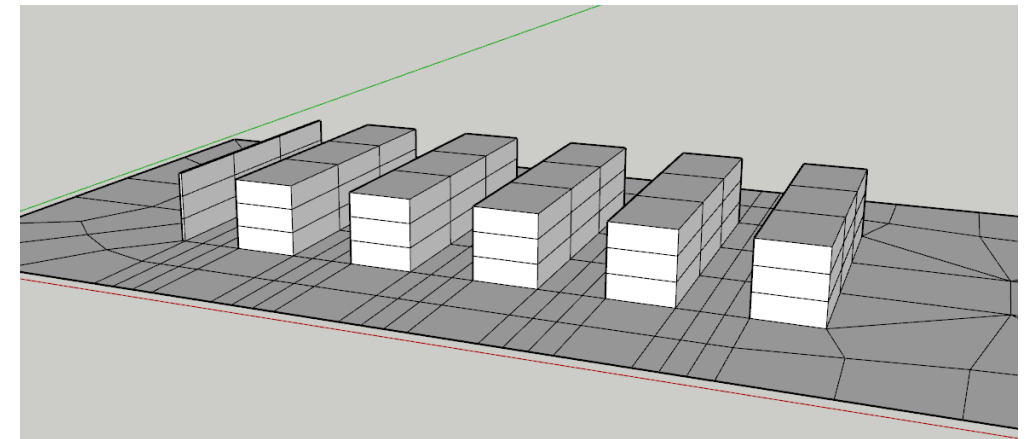
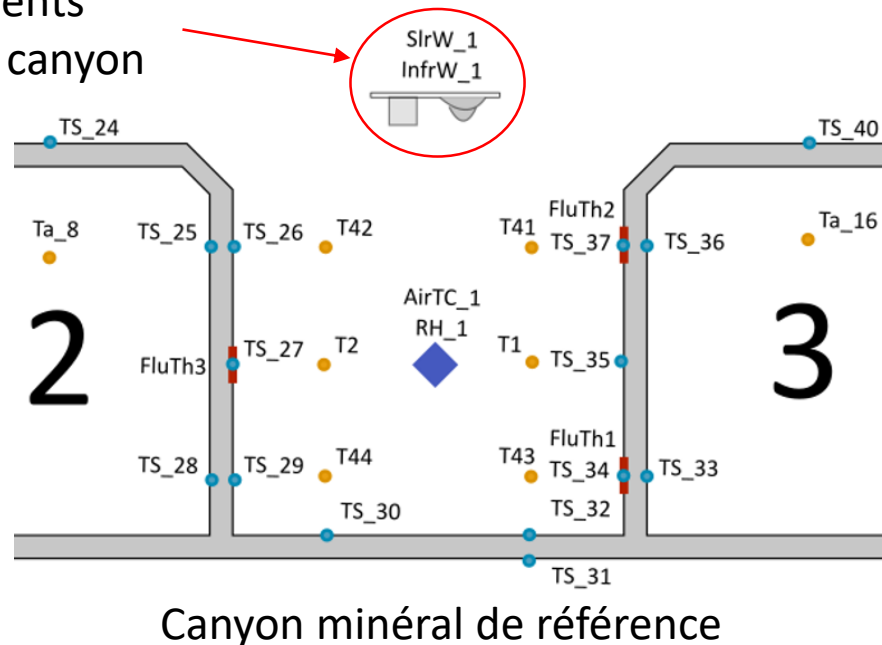
Rapport d'aspect	Echelle	Albedo bâtiments	Hauteur
1,2	1/10	0,64	1,26m

+ station météorologique du quartier

Evaluation

- Méthodologie:
 - Détermination des paramètres physiques et calibration du modèle numérique à partir des données expérimentales
 - Comparaison des lois déterminées avec des corrélations de la littérature ($h_{c,ext}$, $h_{c,int}$)
 - Analyse de sensibilité et d'incertitude des paramètres physiques et évaluation de l'indice de confort (méthodologie: (Mao et al., 2017))

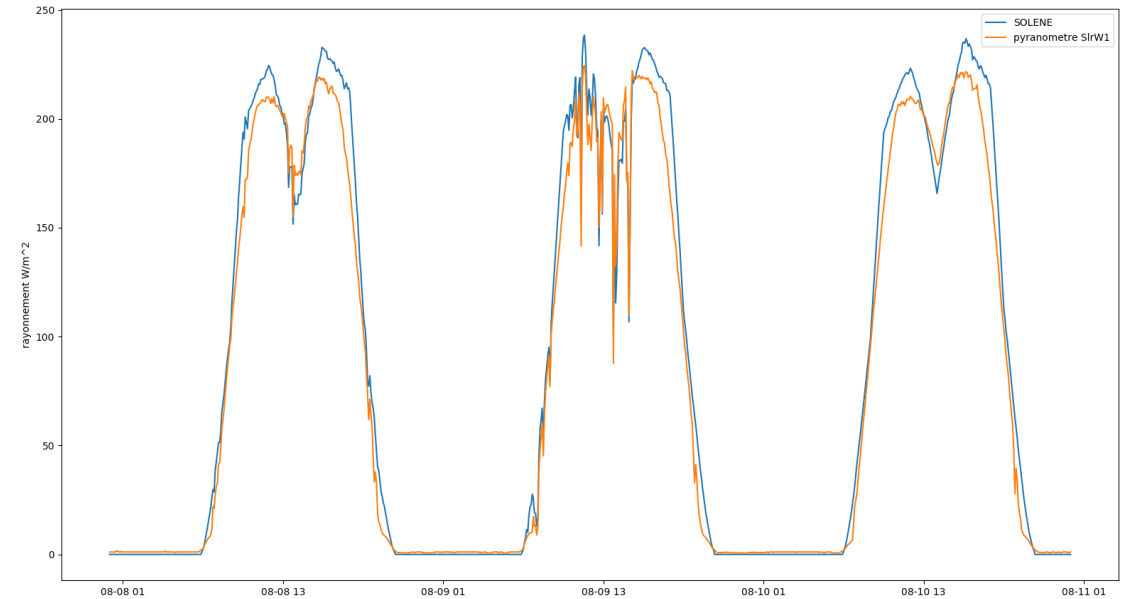
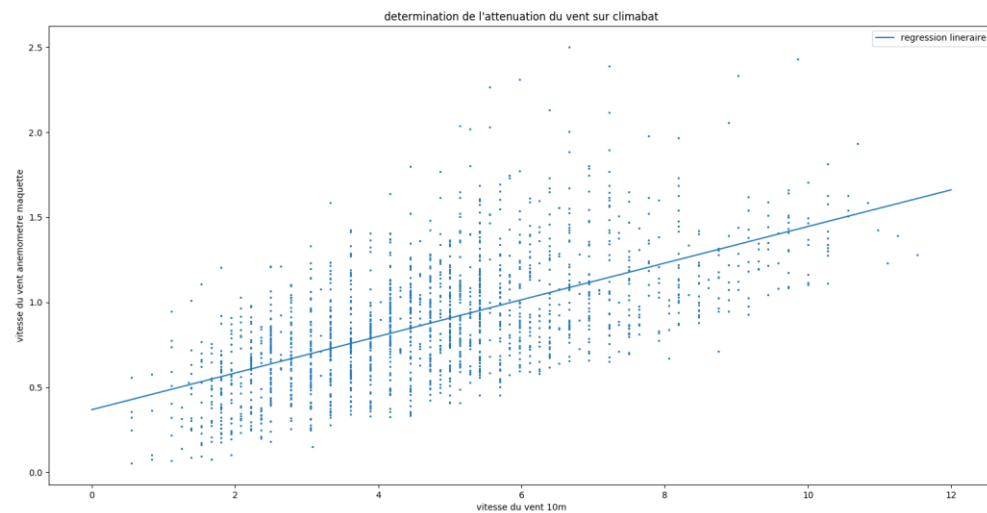
Rayonnements
sortant du canyon



Maquette numérique de climabat

Vérification des résultats solaires et de vent

- SOLENE et QUIC sont indépendants de la simulation thermique
- QUIC: relation entre la vitesse météo et la mesure



- calibration des paramètres de la loi $V_{frontiere} = a + b * V_{meteo}$
pour minimiser $\sum (V_{mesure} - V_{QUIC})^2$

Condition limite CFD

période	RMSE	Erreur max
08-08 : 08-11	16.2 W/m ²	46 W/m ²
08-01 : 08-26	20.5 W/m ²	191 W/m ²

Détermination des paramètres

- Coefficient de convection des parois externes

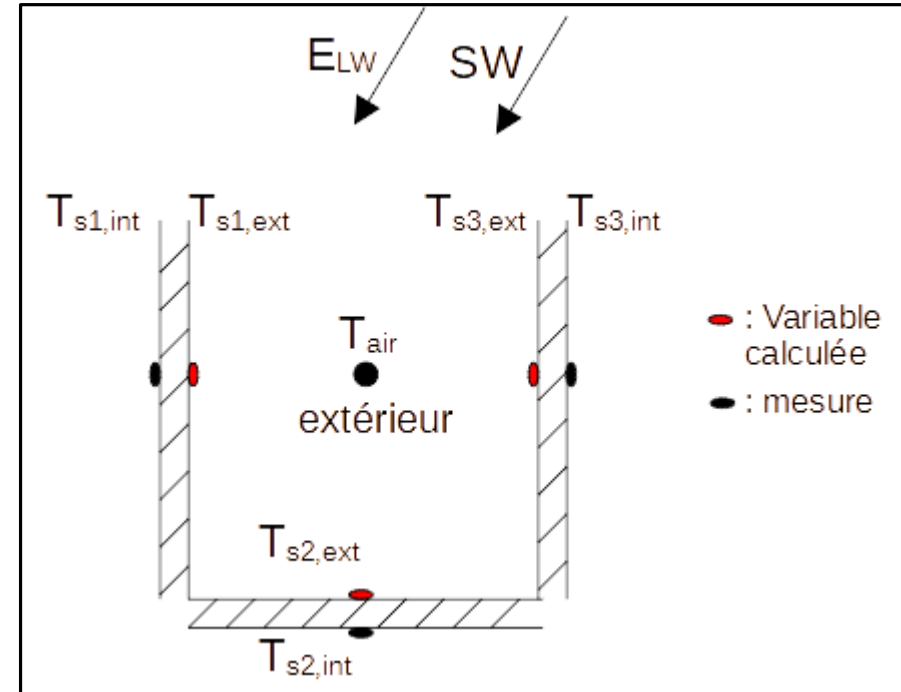
- minimisation de

$$\sum_{t,i} \left(T_{si,ext\ calc}(t) - T_{si,ext\ mesure}(t) \right)^2$$

$$h_{c,ext} = 11.2\ W/(m^2K)$$

- Optimisation du coefficient de convection interne

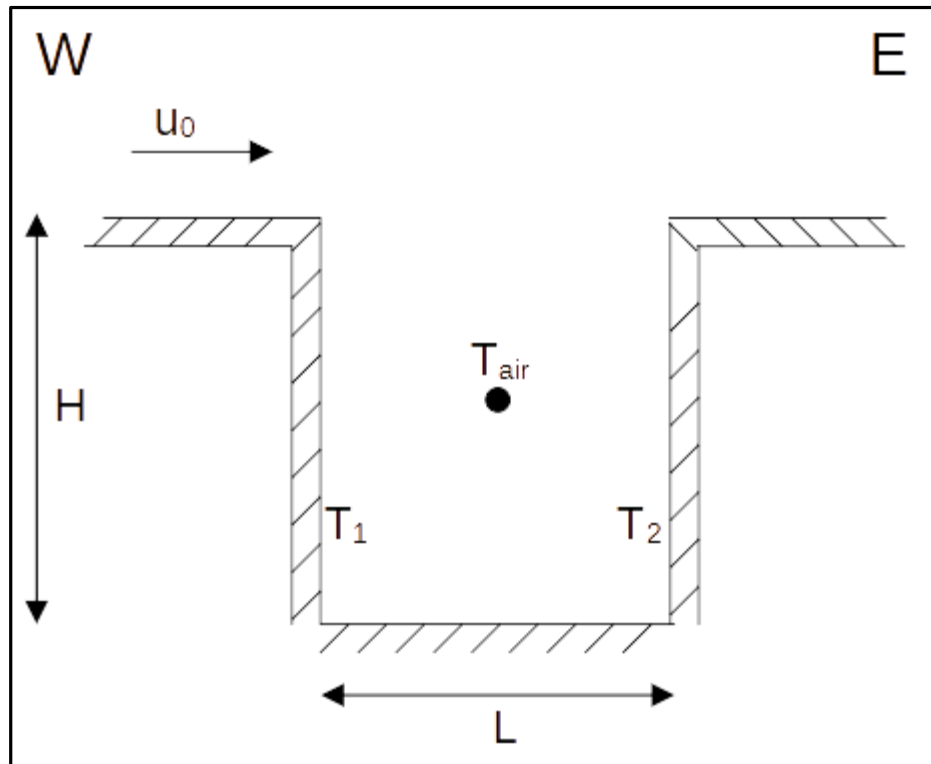
- Coefficient constant, optimisation de la température d'air interne dans un modèle de bâtiment



Modèle de canyon urbain 2D

Convection naturelle dans le canyon

- Estimation de la prépondérance de la convection naturelle dans un canyon (Dallman et al., 2014)



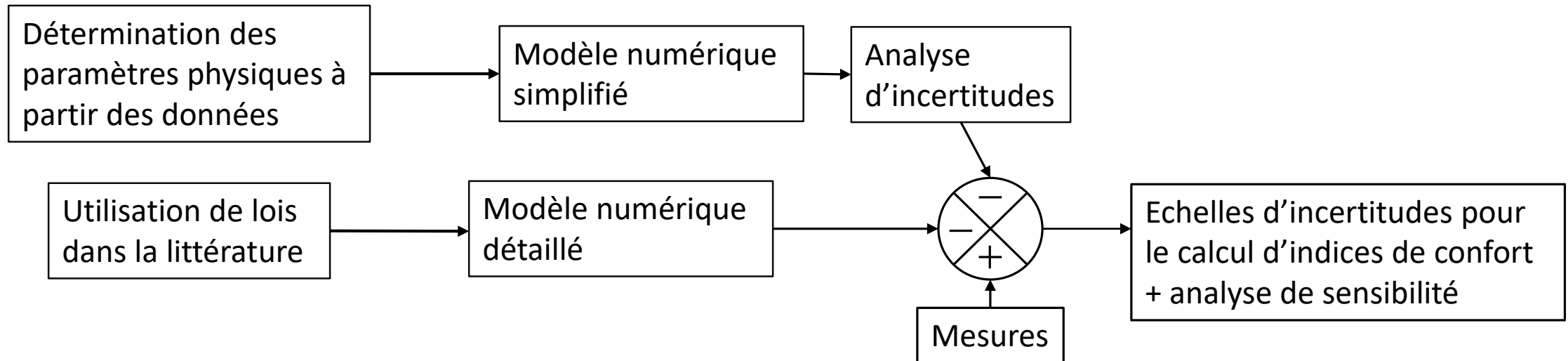
$$B = \left(\frac{g\alpha\Delta T H}{u_0^2 \left[1 + \left(\frac{H}{L} \right)^2 \right]} \right)^{1/2}$$

$$\alpha = \frac{1}{T_{air}}$$

Vent	Ouest	Est
Fréquence	22%	29%

Perspectives

- Validation du modèle (résumé)



- Ajout de la façade végétalisée dans le processus de validation

Références

- Błażejczyk, Krzysztof, Gerd Jendritzky, Peter Bröde, Dusan Fiala, George Havenith, Yoram Epstein, Agnieszka Psikuta, and Bernhard Kampmann. “An Introduction to the Universal Thermal Climate Index (UTCI).” *Geographia Polonica* 86, no. 1 (2013): 5–10.
- Dallman, Ann, S. Magnusson, R. Britter, L. Norford, D. Entekhabi, and H. J. S. Fernando. “Conditions for Thermal Circulation in Urban Street Canyons.” *Building and Environment* 80 (October 1, 2014): 184–91.
- Mao, Jiachen, Joseph H. Yang, Afshin Afshari, and Leslie K. Norford. “Global Sensitivity Analysis of an Urban Microclimate System under Uncertainty: Design and Case Study.” *Building and Environment* 124 (November 1, 2017): 153–70.
- Nazarian, N., E. S. Krayenhoff, B. Bechtel, D. M. Hondula, R. Paolini, J. Vanos, T. Cheung, et al. “Integrated Assessment of Urban Overheating Impacts on Human Life.” *Earth’s Future* 10, no. 8 (2022).
- Nazarian, Negin, Juan A. Acero, and Leslie Norford. “Outdoor Thermal Comfort Autonomy: Performance Metrics for Climate-Conscious Urban Design.” *Building and Environment* 155 (May 15, 2019): 145–60.
- Palyvos, J. A. “A Survey of Wind Convection Coefficient Correlations for Building Envelope Energy Systems’ Modeling.” *Applied Thermal Engineering* 28, no. 8 (June 1, 2008): 801–8.
- Peeters, L., I. Beausoleil-Morrison, and A. Novoselac. “Internal Convective Heat Transfer Modeling: Critical Review and Discussion of Experimentally Derived Correlations.” *Energy and Buildings* 43, no. 9 (September 1, 2011): 2227–39.