

Validation expérimentale de modèles dans le contexte de bâtiments basse consommation

Stéphanie Bontemps, Géraud Blatman, Laurent Mora



Introduction

Contexte :

Fiabilité des codes de simulation utilisés pour garantir des niveaux de performance énergétique dans le contexte de bâtiments basse consommation, passifs ou à énergie positive



Validation des outils de simulation



Validation analytique



Validation expérimentale



Comparaison inter-logiciels

Plateforme BESTLab

- ❖ Plateforme expérimentale mise en exploitation en 2010 sur le site des Renardières d'EDF pour tester des composants innovants d'enveloppe et des technologies solaires intégrées au bâti
- ❖ Composée de 12 cellules indépendantes réparties sur deux niveaux, avec pour chaque niveau :
 - 4 cellules orientées au Sud
 - 1 cellule orientée à l'Est
 - 1 cellule orientée à l'Ouest



Cellule étudiée

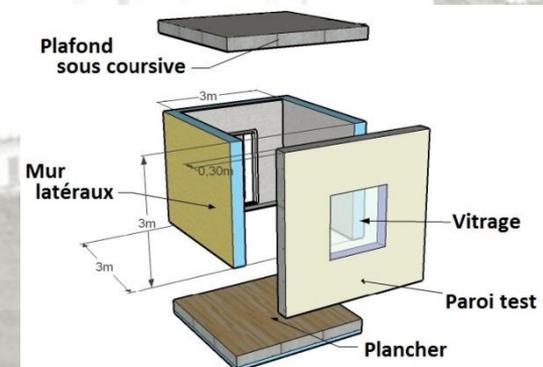
❖ Pour chaque cellule :

- Une unique face en contact avec l'extérieur
- 5 faces sur-isolées et maintenues à une température imposée par la garde thermique

❖ Grandeurs mesurées :

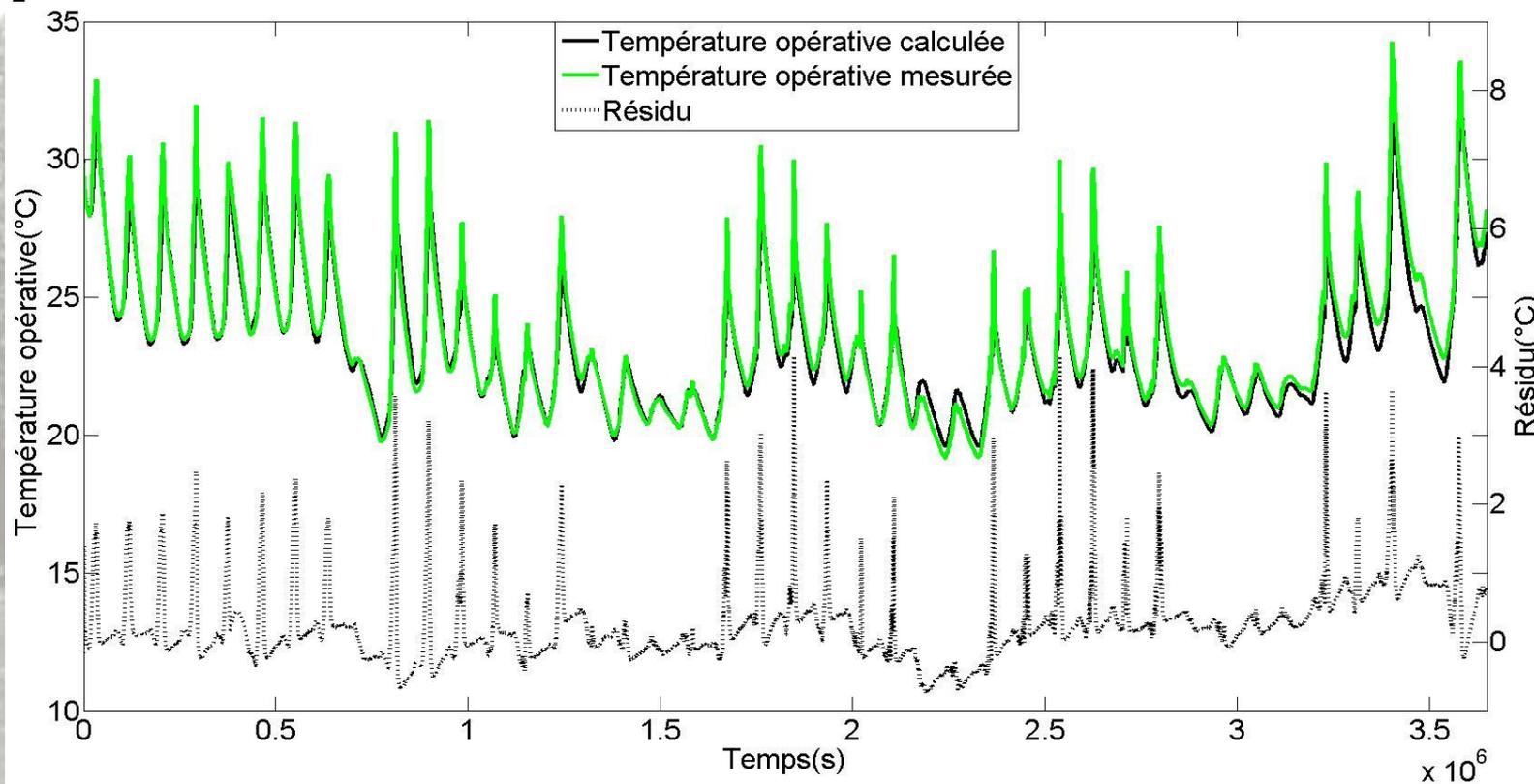
- Dans la cellule : températures (air, surface, rayonnement), énergie dissipée par le ventilateur
- Avec la station météorologique : température d'air sèche, rayonnement solaire (global horizontal, diffus horizontal, direct normal), vitesse et direction du vent, humidité relative

➔ **Cellule étudiée : Cellule au rez-de-chaussée orientée à l'Ouest**



Comparaison Mesures/Simulations

Séquence étudiée : Evolution libre du 23 Mars au 4 Mai 2012

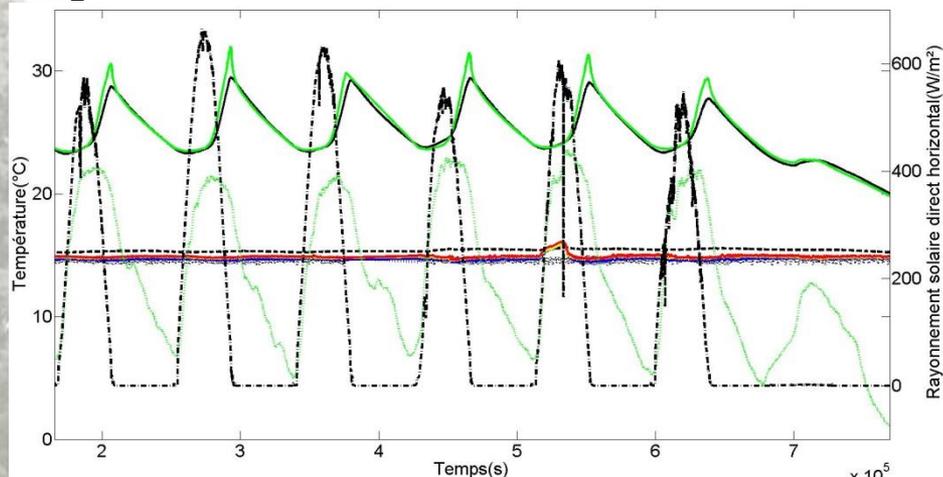


$$e(t) = Y_{mesurée}(t) - Y_{simulée}(t)$$

Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
0,24°C	0,53°C	-0,73°C	4,15°C

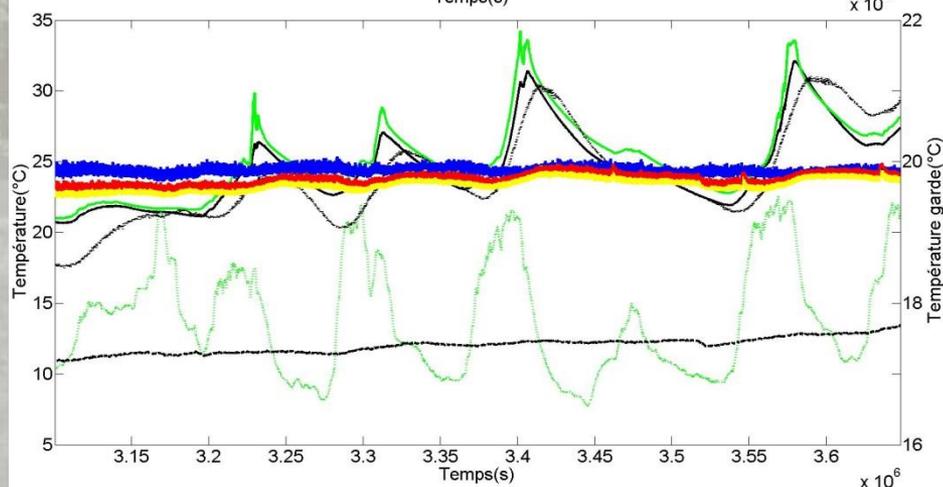
Comparaison Mesures/Simulations

Séquence étudiée : Evolution libre du 23 Mars au 4 Mai 2012



1 semaine en Mars 2012

- Température opérative calculée
- Température opérative mesurée
- Température de la garde plafond
- - - Température de la garde plancher
- Température de la garde gauche
- Température de la garde droite
- Température de la garde fond
- Température extérieure mesurée
- - - Rayonnement solaire direct horizontal



1 semaine en Mai 2012

- Température opérative calculée
- Température opérative mesurée
- Température extérieure
- - - Température de la garde plancher
- Température de la garde plafond
- Température de la garde gauche
- Température de la garde droite
- Température de la garde fond

Analyse de sensibilité locale

Objectif :

Déterminer les paramètres d'entrée les plus influents sur la température opérative calculée avec Dymola afin de mettre en place une analyse d'incertitude sur un nombre réduit de paramètres

Méthodologie :

- ❖ Méthode **OAT** (one-parameter-at-a-time) utilisée
- ❖ Calcul de l'**indice de sensibilité réduit** S_i^* pour chaque paramètre X_i à chaque instant t :

$$S_i^*(t) = X_i \frac{\partial Y_{simulée}(t)}{\partial X_i}$$

- ❖ Calcul de la **distance** $S_{i,d}^*$ pour classer les paramètres selon leur influence sur la température opérative :

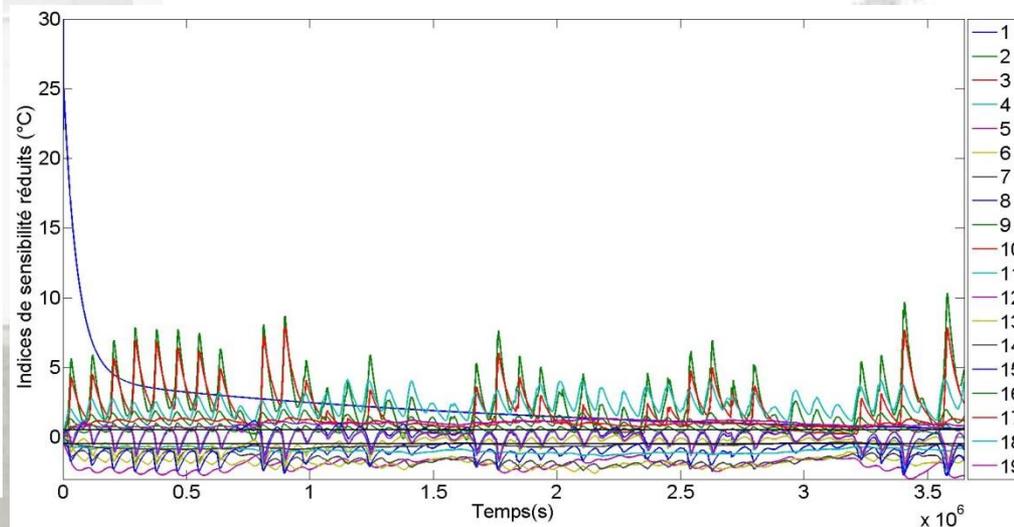
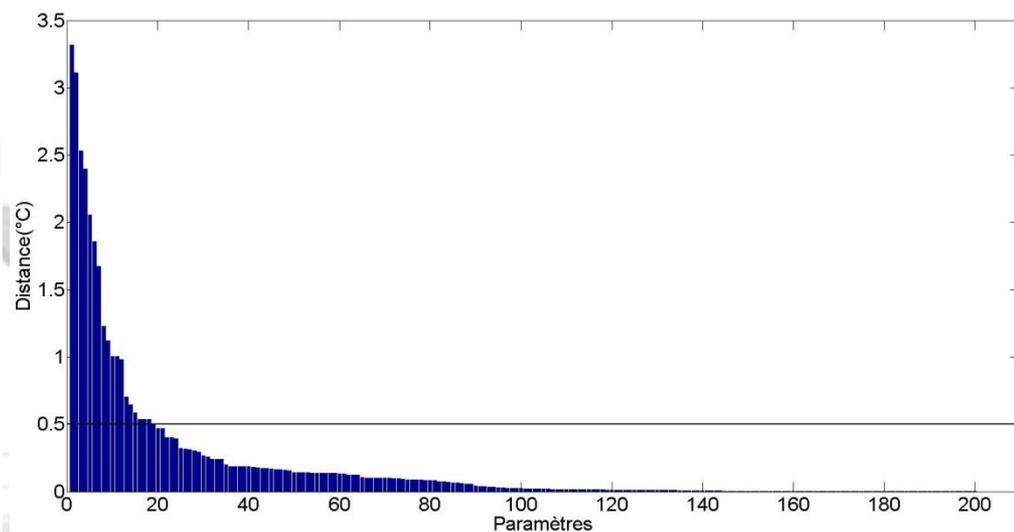
$$S_{i,d}^* = \sqrt{S_{i,m}^{*2} + S_{i,std}^{*2}}$$

Analyse de sensibilité locale mise en place sur 210 paramètres

Analyse de sensibilité locale

Résultats :

N°	Paramètre	$S_{i,d}^*$
1	Température d'initialisation de la cellule	3,316
2	Surface du vitrage	3,113
3	Coefficient de transmission direct du vitrage	2,531
4	Coefficient de transmission diffus du vitrage	2,398
5	Conductance du pont thermique	2,057
6	Coefficient de transmission thermique du vitrage	1,856
7	Surface de la paroi test	1,675
8	Débord de l'encadrement de la fenêtre	1,228
9	Albédo	1,122
10	Coefficient d'absorption dans le visible des parois opaques extérieures	1,003
11	Conductivité thermique du Polystyrène Expandé de la paroi test	1,002
12	Epaisseur du Polystyrène Expandé de la paroi test	0,982
13	Surface des murs latéraux	0,703
14	Emissivité des parois opaques	0,643
15	Surface du plancher	0,588
16	Largeur de la fenêtre	0,536
17	Masse volumique du plancher bois	0,535
18	Capacité thermique massique du plancher bois	0,535
19	Epaisseur du plancher bois	0,502



Analyse d'incertitude

Objectif :

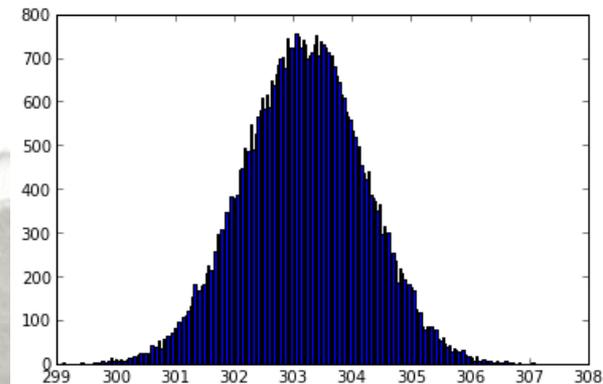
Quantifier l'incertitude sur la température opérative issue de Dymola en propageant à travers le modèle l'incertitude des 19 paramètres sélectionnés lors de l'analyse de sensibilité locale

Méthodologie :

- ❖ Distribution **normale** pour tous les paramètres d'entrée avec une densité de probabilité de type :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

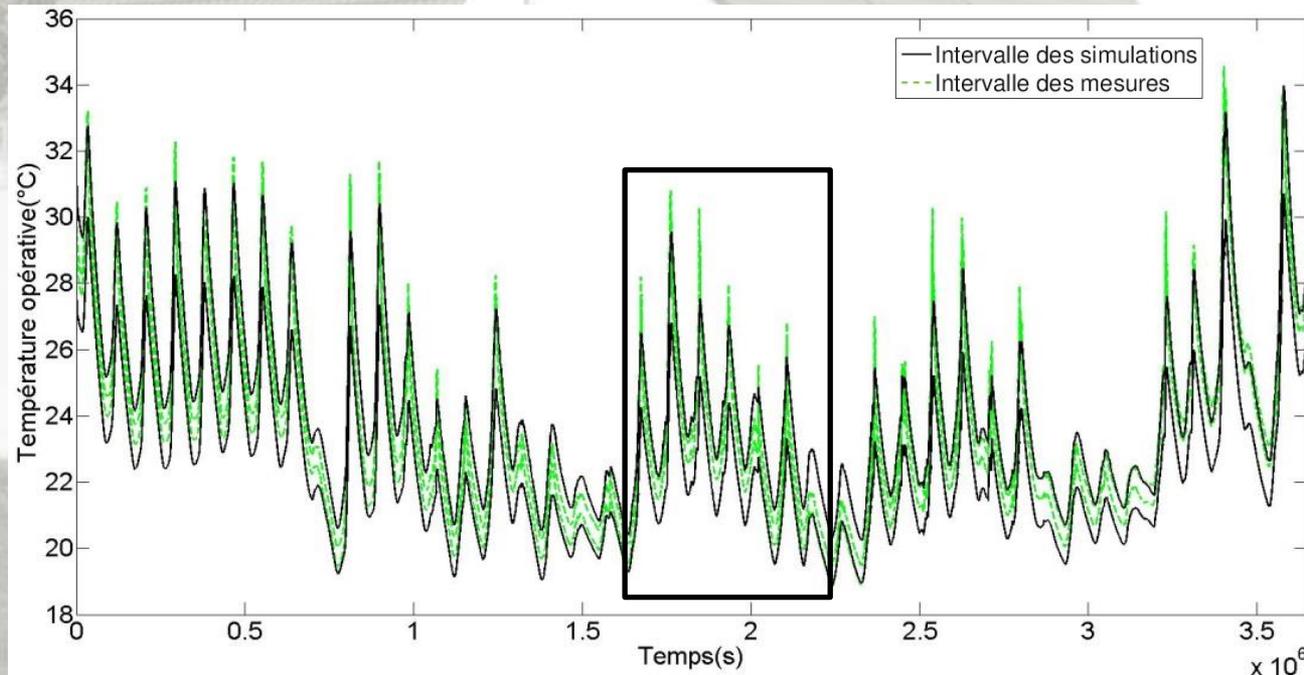
- ❖ Echantillonnage de type **Latin-Hypercube optimisé** (1000 échantillons)



Analyse d'incertitude

Résultats :

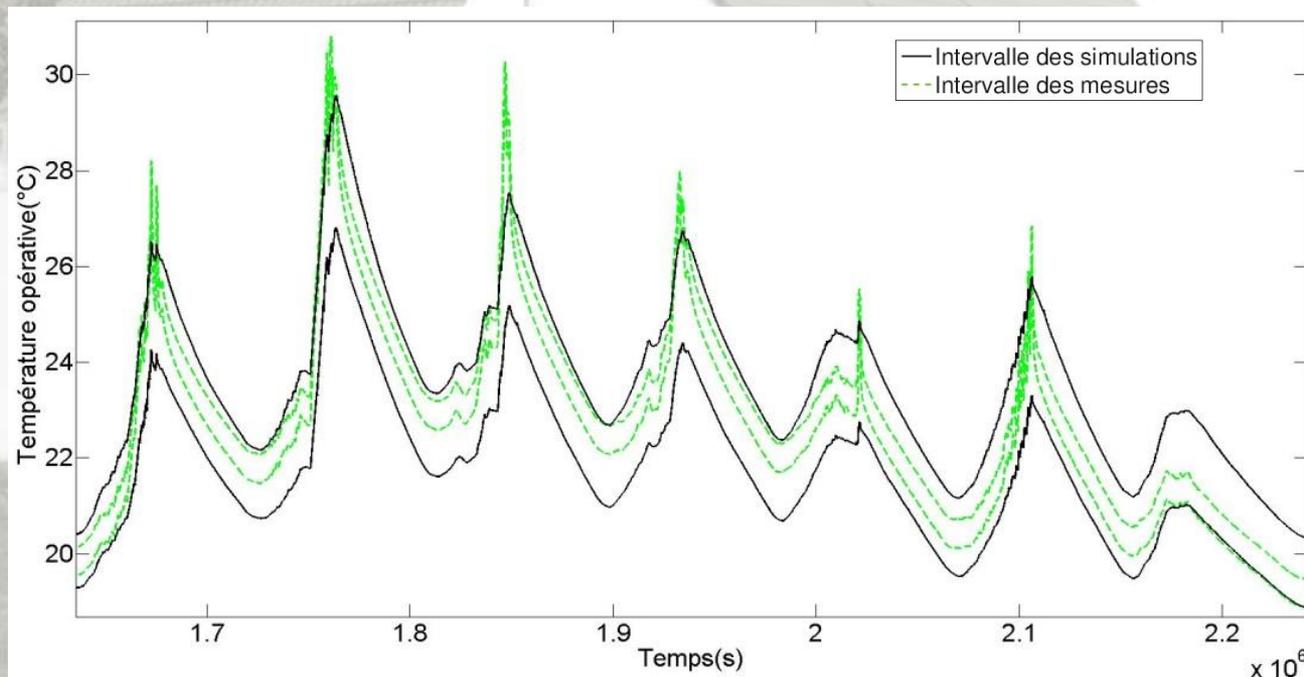
- ❖ Incertitude sur la mesure de la température opérative : $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
- ❖ 90% de la plage d'incertitude des mesures sont inclus dans l'intervalle de prédiction qui contient 95% des simulations



Analyse d'incertitude

Résultats :

- ❖ Incertitude sur la mesure de la température opérative : $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$
- ❖ 90% de la plage d'incertitude des mesures sont inclus dans l'intervalle de prédiction qui contient 95% des simulations



Conclusions et Perspectives

Conclusions :

- ❖ Analyse de sensibilité locale : 19 paramètres influents sur 210 considérés
- ❖ Analyse d'incertitude : intervalle de prédiction de la sortie du modèle plus large que les bandes d'incertitude des mesures

Perspectives :

- ❖ Mieux caractériser les bandes d'incertitude des mesures
- ❖ Chercher à réduire le résidu sur la température opérative :
 - Analyse de sensibilité globale
 - Déplacements paramétriques

Merci pour votre attention



Stéphanie Bontemps
I2M Département TREFLE
stephanie.bontemps@u-bordeaux.fr