

Définition et quantification des incertitudes Pour la simulation

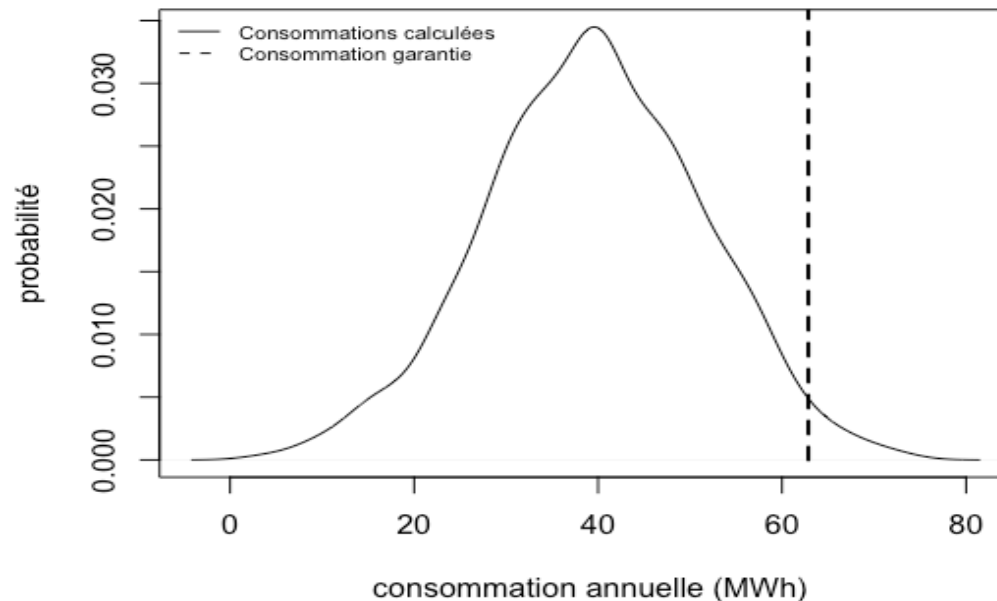
Antoine Caucheteux

antoine.caucheteux@cerema.fr

Introduction

L'évaluation de la performance, passe (quasiment) toujours par un modèle, une simulation thermique dynamique.

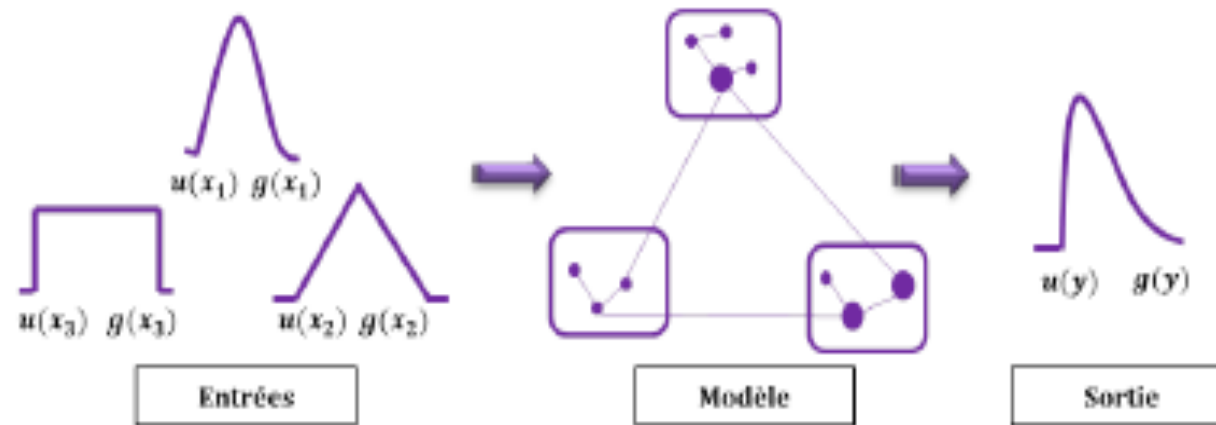
Cela fait quelques années déjà que l'on sait qu'il est important de tenir compte des incertitudes



Introduction

Méthode : analyse de sensibilité / propagation d'incertitudes

approche probabiliste qui tient compte du niveau de connaissance des paramètres d'entrées des modèles :



Les résultats dépendent des entrées et de leurs incertitudes

Modèle ou simulation ?

Simulation =

Des modèles physiques (équation de la chaleur, etc) et leurs paramètres (constantes)

+

un modèle numérique de bâtiment (dimensions, systèmes, caractéristiques des matériaux, etc.)

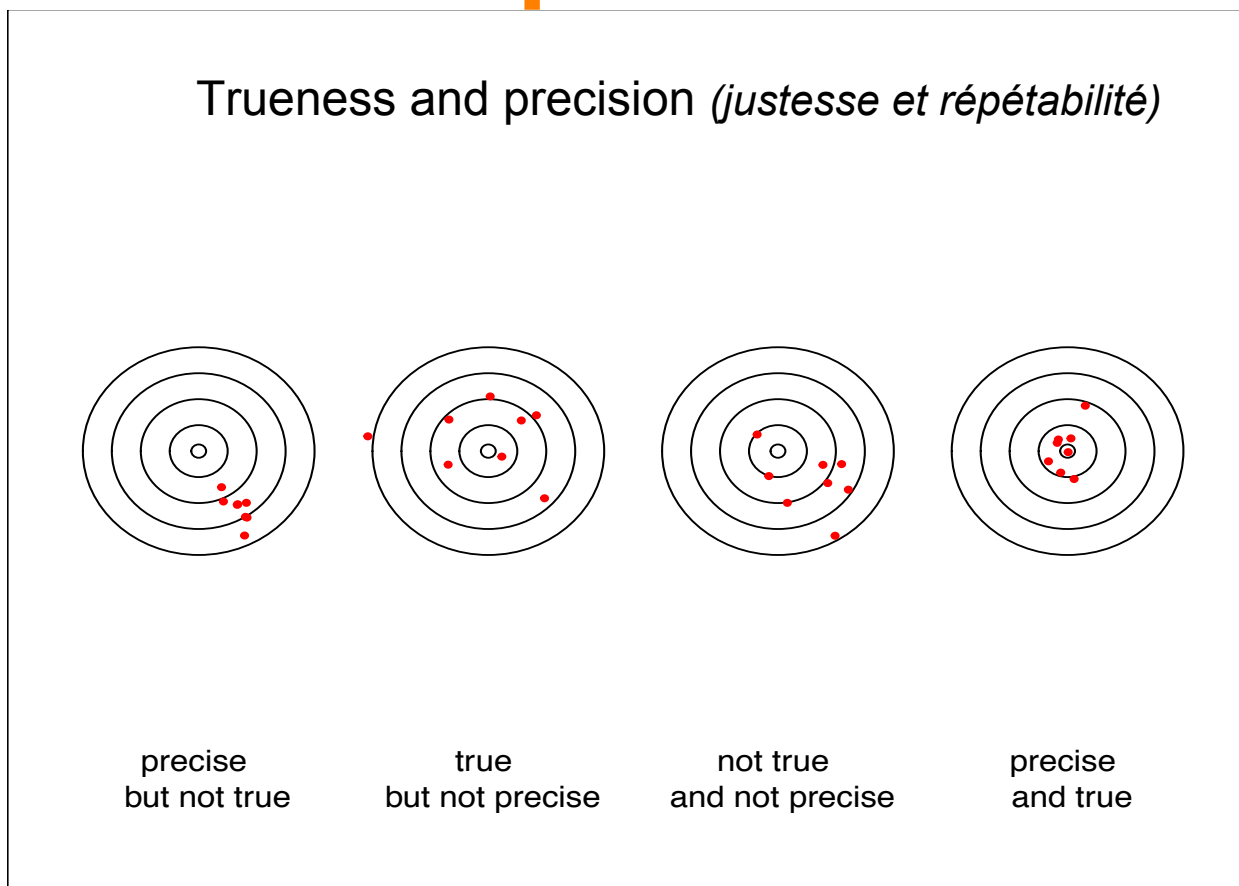
+

des méthodes de résolution

+

des données d'entrées et de sorties (= $f(t)$)

Justesse et répétabilité



=> un capteur **étalonné** est juste, mais pas forcément précis (répétable). Il présente une composante incertaine aléatoire

Elements méthodologiques

1. Grandeur physique d'intérêt (modèles physiques)
2. Décomposition de l'incertitude
 - incertitude de mesure
 - gap grandeur physique / mesure
 - étendu des possibles (incertitude de non mesure)
3. Recherche de l'information disponible
 - mesure,
 - littérature, statistiques
4. Evaluation des incertitudes
 - sur la base de l'information disponible

Notion de grandeur physique

Quelle grandeur physique ? retour aux modèles (physiques)

- Température moyenne d'une zone / d'un bâtiment, température d'air ou opérative ?
- Température extérieure, la même pour toutes les parois ?
- Nombre d'occupant ou apports métaboliques ?

Que mesure-t-on ?

- Un échantillon des températures d'une zone / d'un bâtiment
- La température extérieure d'un capteur situé à qq km / dam du bâtiment ?
- Un taux de CO2 ? la détection de mouvements ?

Décomposition des incertitudes

Mesure

- appareil de mesure,
- emplacement du capteur,
- échantillonnage.

Traduction de la grandeur mesurée en la grandeur physique correspondant au modèle

- ex : moyenne des températures mesurées
- zone considérée comme homogène ?!
- du nombre d'occupant aux apports métaboliques

Exemple

Donnée d'entrée (grandeur physique) = apports métaboliques dus aux occupants (apports internes)

Méthode :

- mesure de CO₂
- traduction en nombre d'occupant (modèle)
- traduction en apport métabolique (modèle)

à l'échelle du bâtiment

Exemple

=> mesurer le nombre d'occupant à partir de la concentration en CO₂

Incertitude de la mesure :

- appareil de mesure => CO₂, étalonnage / vérification, dérive, etc.
- emplacement du capteur => dans chaque pièce ? pièce homogène ?
- problématique d'échantillonnage (Student, W. Gosset, 1908)

Information disponible : mesure, fiche technique, littérature

Exemple

=> De la concentration en CO₂ au nombre d'occupant

Un(des) modèle(s) :

$$[\text{CO}_2]_{t+1} - [\text{CO}_2]_t = Q_v \cdot ([\text{CO}_2]_{\text{ext}} + [\text{CO}_2]_t) + Q_o \cdot n_{\text{occ}}$$

$[\text{CO}_2]_t$ = mesurée au temps t

Q_v = ventilation => calage du modèle sans occupant

Q_o = dégagement de CO₂ par occupant

Incertitudes : erreur du modèle, Q_o

Information disponible : mesures, littérature (Q_o)

Exemple

=> transformer le nombre d'occupant en apports métaboliques :

$$\text{Apports} = n_{\text{occ}} * S_{\text{corps}} * \text{Meta}(\text{Activité})$$

S_{corps} = surface corporelle,

$\text{META}(\text{activité})$ = Métabolisme selon activités (normes)

(véture)

Incertitudes : erreur du modèle, S_{corps} , $\text{Meta}(\text{Activité})$

Information disponible : littérature (*études biologiques*),

Normes, etc.

Evaluation des incertitudes

1. caractérisation des incertitudes
d'après les informations disponibles.

=> GUM

=> loi + paramètres de la loi (loi normale, moyenne, écart type)

2. Cumuler les incertitudes
on somme les variances (carré des écarts types)

ou Monte Carlo

=> une source devient vite prépondération par rapport aux autres

Ex : on s'aperçoit que le nombre d'occupant n'est pas prépondérant dans les Apports métaboliques !!

Optimiser son plan de mesure...

Une fois qu'on maîtrise les incertitudes, on peut estimer ce qu'apporte vraiment chaque mesure.

Attention, une mesure a parfois plusieurs usages :
ex : confort, qualité de l'air, énergétique, pilotage

Conclusion

Evaluer les incertitudes

- devient nécessaire
- paraît long et laborieux (?),
- mais c'est possible,
- l'investissement n'est fait qu'une fois (littérature, décomposition, ...)

=> de plus en plus de données disponibles

Refs :

- *ANR OMEGA 2016,*
- *Incertitudes d'évaluation des performances énergétiques des bâtiments à la conception et en fonctionnement (ICEREV), CSTB, Cerema, Enertech, Ademe 2018*
- *Rapport de capitalisation Prebat, Cerema 2018*

merci de votre attention