



STD+

VERS LA GARANTIE DE PERFORMANCE

SIMUREX 27/10/2015



OBJECTIFS & ENJEUX

CONTEXTE ET POSITIONNEMENT

L'utilisation de la Simulation Thermique Dynamique (**STD**) par les bureaux d'études (**BE**) pour concevoir les bâtiments est devenue quasi-systématique

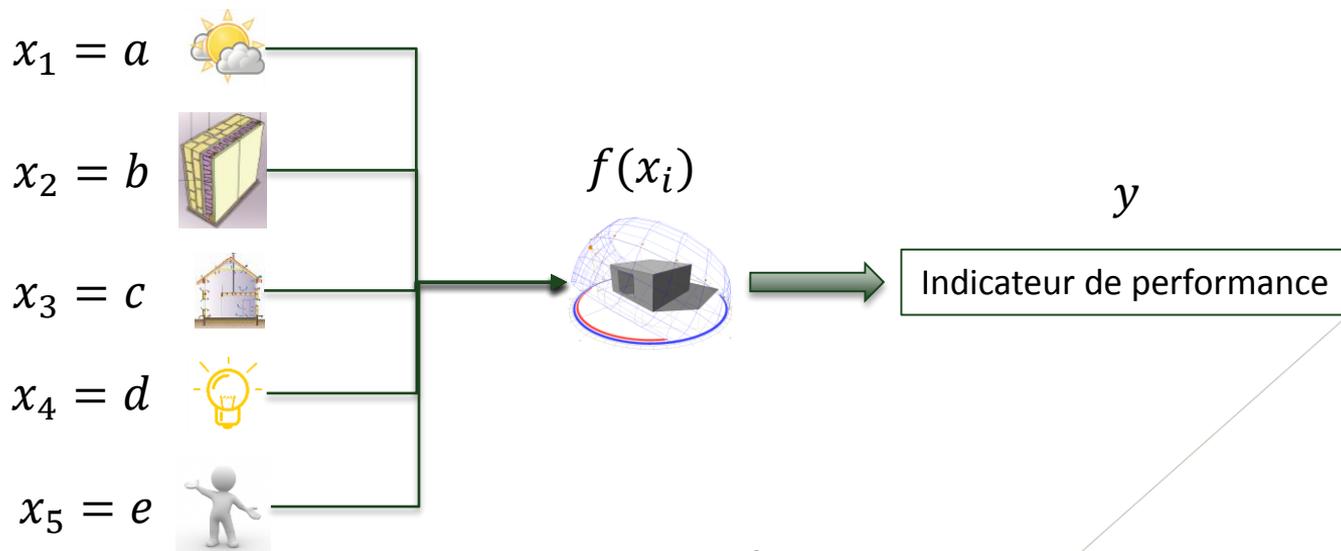
- Exigence des **programmes** des maîtres d'ouvrage (**MOA**)
- Exigence des labels : **HQE, H&E, Bream**
- Engagement contractuel sur les **performances** du bâtiment
- Étude du **comportement énergétique** : besoins/consommation
- Étude du **comportement thermique** : Indice de confort des occupants.



OBJECTIFS & ENJEUX

VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA SIMULATION

Les STD sont des calculs complexes qui tiennent compte de nombreux paramètres en entrée.

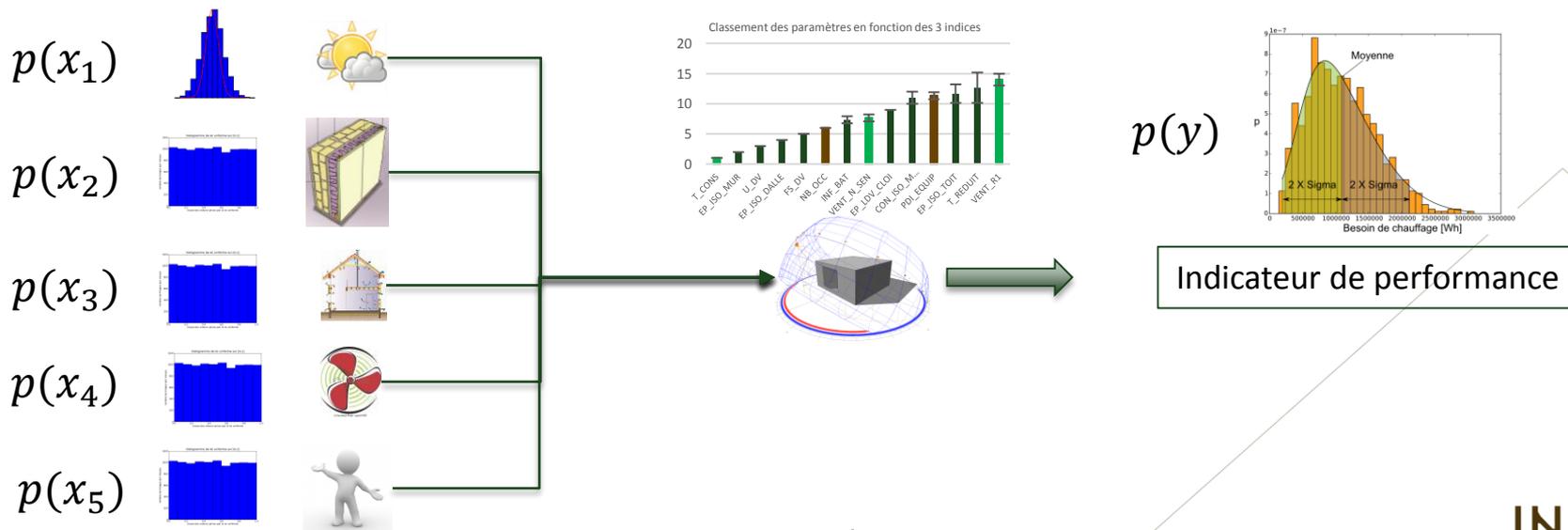




OBJECTIFS & ENJEUX

VERS UNE NOUVELLE APPROCHE DE LA SIMULATION

L'AS et la propagation d'incertitude dès la conception :

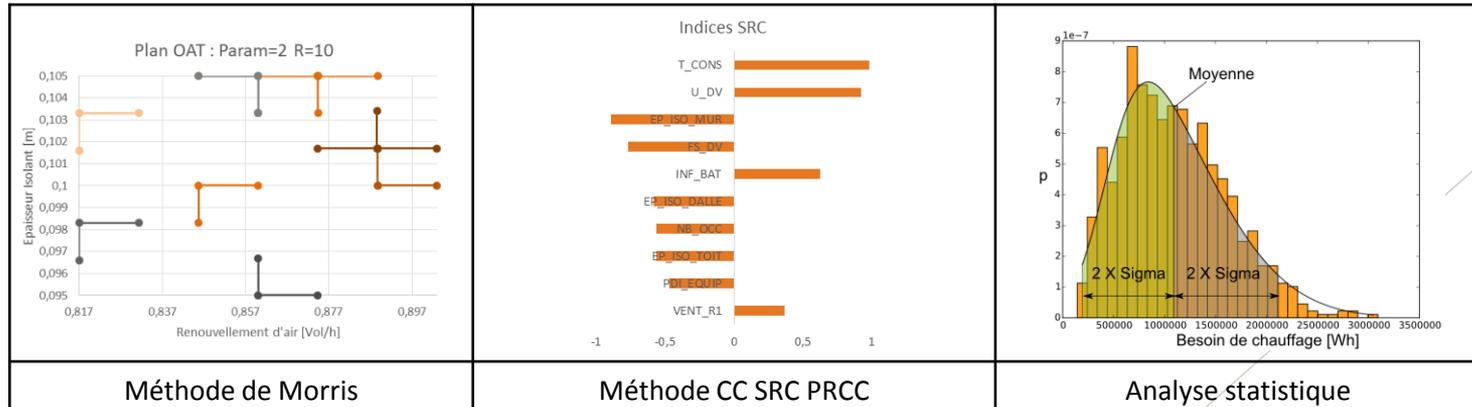




OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

OUTILS D'AS ET DE PROPAGATION D'INCERTITUDES

Programmation d'une « **boîte à outils** » pour l'analyse de sensibilité et la propagation d'incertitude (application Energy+)



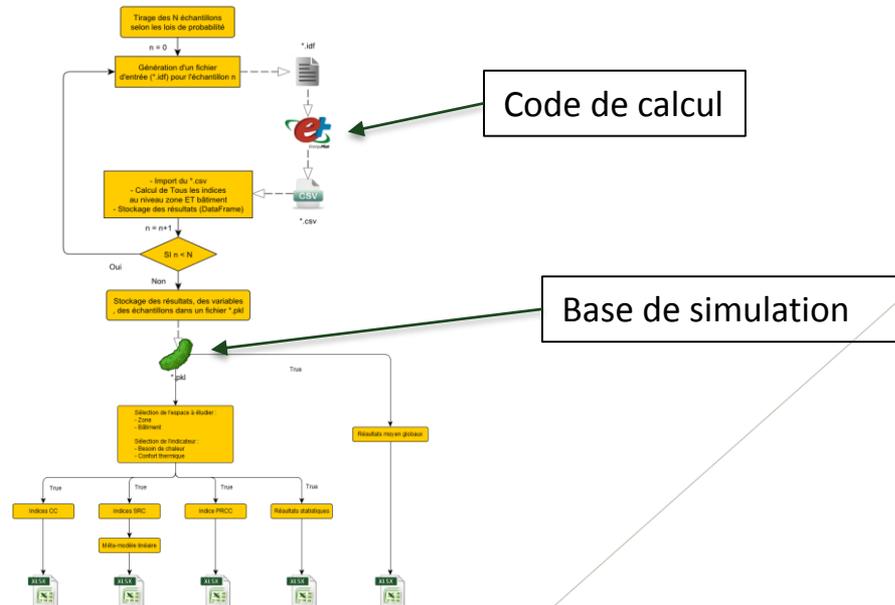
Les résultats permettent de caractériser l'importance de chaque paramètre.



OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

MÉTHODES NUMÉRIQUES

Architecture de l'outil:

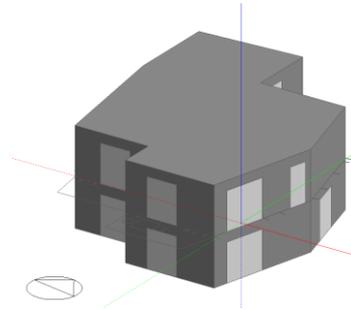
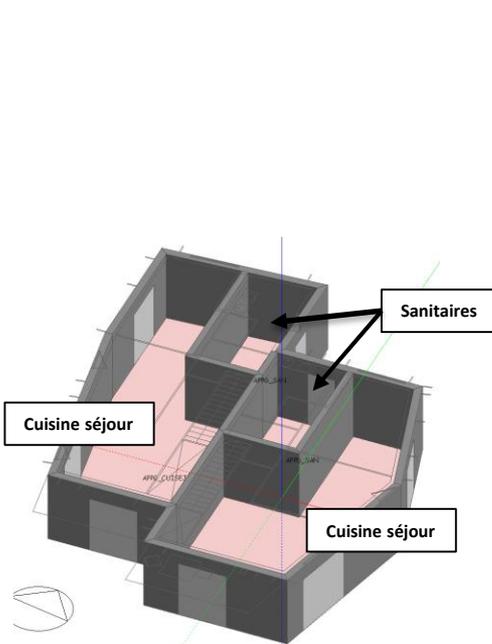




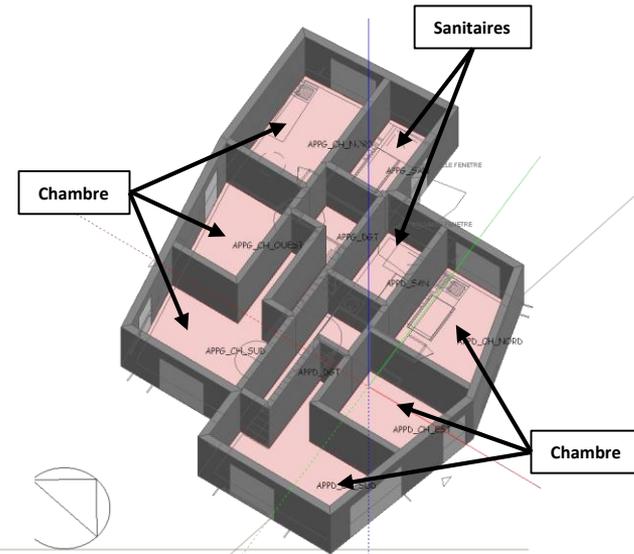
CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Géométrie et zones thermiques



Objectifs :
Besoins de chauffage
Confort thermique



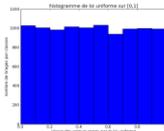


CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

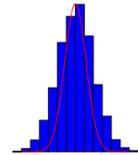
DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Sélection des paramètres incertains :

- Éléments de l'enveloppe : Umur, Uvitrage, Cp, infiltration
- Performance des équipement : Tconsigne, air-neuf
- Paramètres d'occupation : occupant, apports internes



conception



incertitude

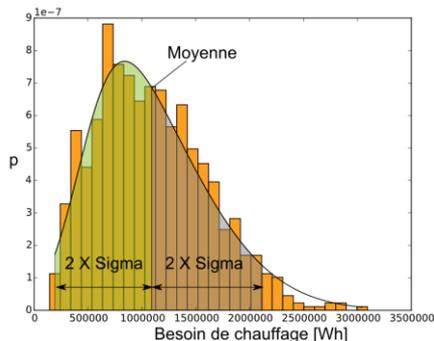
Total : 52 paramètres



CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

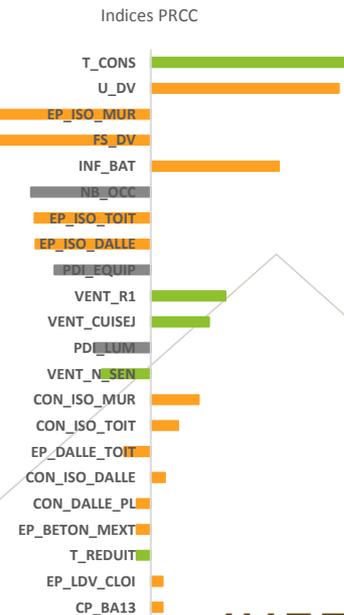
DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse des besoins de chauffage sur l'espace de conception (900 sims)



Besoin annuel des 2 logements	
Moyenne	1 090 kWh
Ecart-type	513 kWh
Maximum	3 093 kWh
Minimum	143 kWh
Incertitude	94%

- Grande dispersion des résultats l'ensemble du domaine de conception
- 95% de probabilité que la conception ait un besoin < 2 117 kWh
- La température de consigne est le paramètre le plus influent
- La performance de l'enveloppe possède la majorité de paramètres influents
- Le comportement des usagers influence fortement les besoins de chauffage

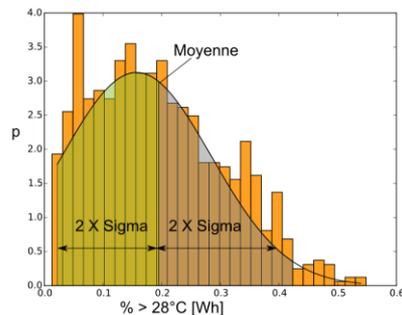




CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

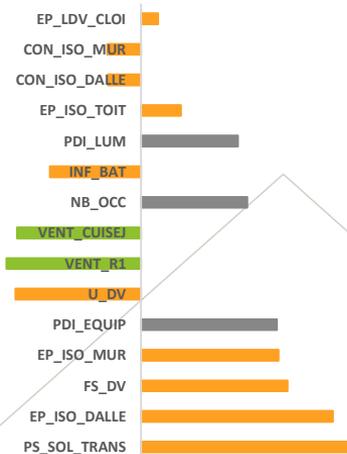
DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse du confort thermique (sur l'espace de conception)



% de dépassement de 28°C (occupation)	
Moyenne	19 %
Ecart-type	11 %
Maximum	54 %
Minimum	1.3%
Incertitude	115%

Indices PRCC



L'indicateur est basé sur un nombre d'heures de dépassement moyen
(Performant 2,0%, Très Performant 1,0%)

- Le facteur solaire des protections extérieures est le paramètre le plus important
- La performance de l'enveloppe possède la majorité de paramètres influents
- Le comportement des usagers influence fortement le niveau d'inconfort



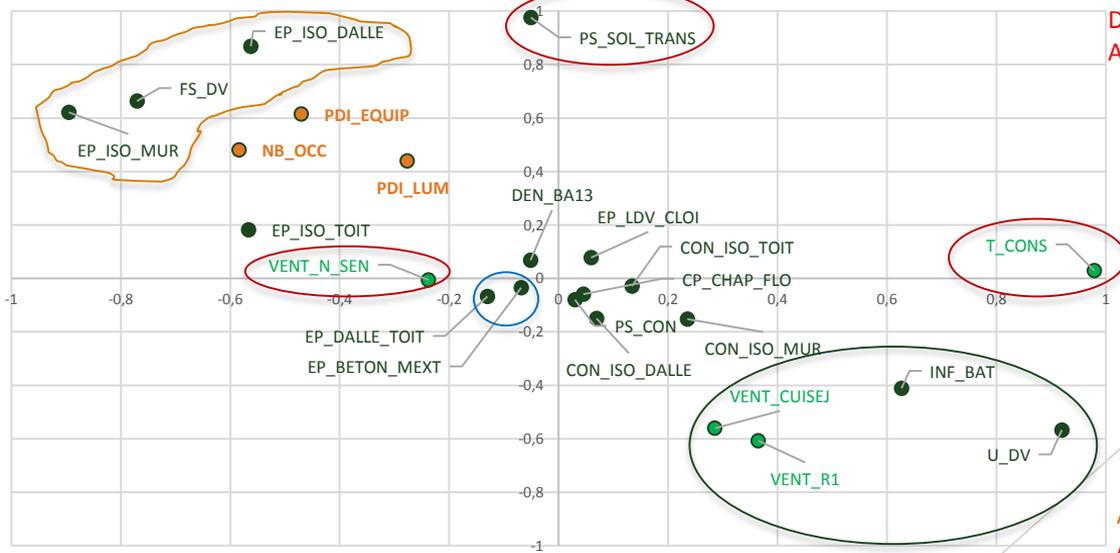
CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse PRCC croisée

L'augmentation des paramètres :

Dégrade le confort
Diminue les besoins



Dégrade le confort
Augmente les besoins

Besoins de chauffage

Améliore le confort
Diminue les besoins

Confort Thermique 12

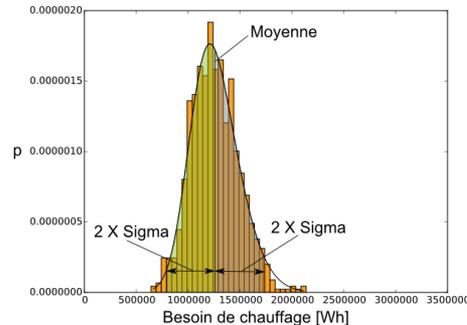
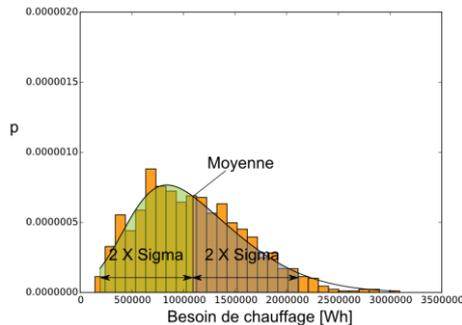
Améliore le confort
Augmente les besoins



CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse des besoins de chauffage pour la conception retenue



Besoin annuel des 2 logements	
Moyenne	1 259 kWh
Ecart-type	231 kWh
Maximum	2 137 kWh
Minimum	642 kWh
Incertitude	36%

Toutes les variables sont des paramètres incertains

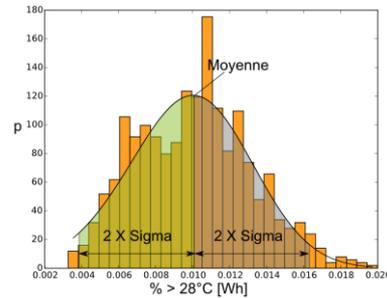
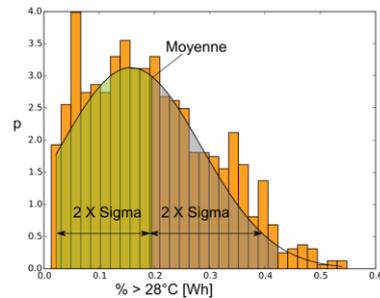
- 96% de probabilité que la conception ait un besoin < 1 722kWh
- 52% de probabilité que la conception ait un besoin < 1 259kWh



CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse du niveau de confort pour la conception retenue



% de dépassement de 28°C (occupation)	
Moyenne	1,00 %
Ecart-type	0,31 %
Maximum	1,99 %
Minimum	0,33 %
Incertitude	62 %

L'indicateur est basé sur un nombre d'heures de dépassement moyen (Performant 2,0%, Très Performant 1,0%)

Toutes les variables sont des paramètres incertains

- 51% de probabilité que la conception ait un dépassement < 1%
- 99% de probabilité que la conception ait un dépassement < 2%

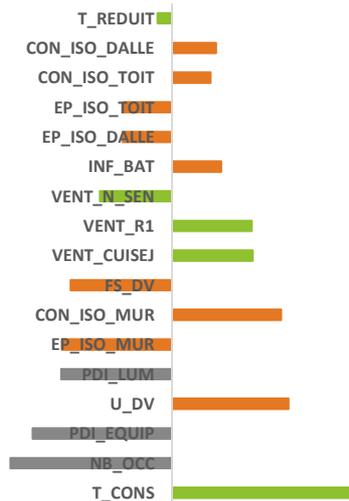


CAS TEST : ÉTUDES EN CONCEPTION

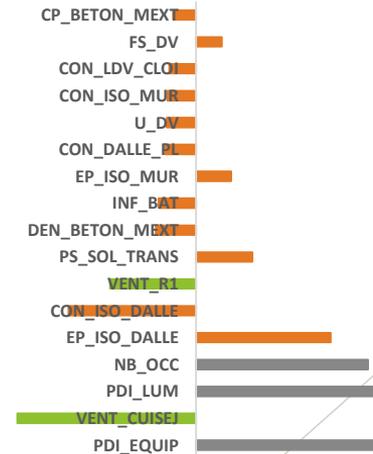
DÉMONSTRATION : CONFORT & BESOINS DE CHAUFFAGE

Analyse des besoins de chauffage (sur l'espace de conception)

Besoins de chauffage PRCC



Inconfort PRCC





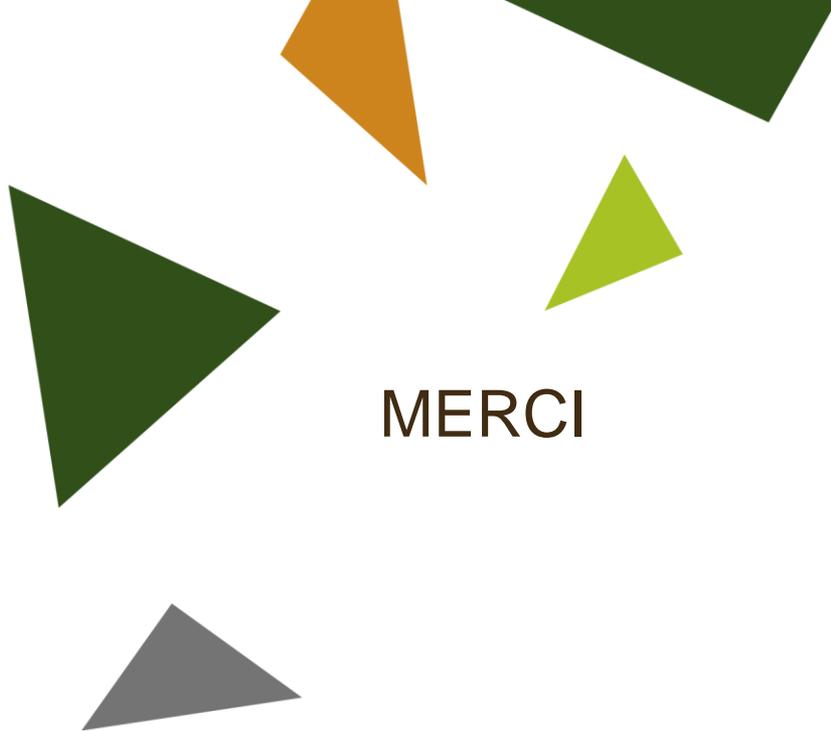
PERSPECTIVES ET TRAVAUX EN COURS

TACHES EN COURS & A VENIR

Perspectives

- Test des méthodes sur des cas de rénovation (CPE)
- Meilleure caractérisation des paramètres incertains (occupation, climats)
- Intégrer les incertitudes (valeur et conception) sur la géométrie.
- Axer les travaux sur la partie système (CVC)

- Exports des méthodes vers d'autres outils, diffusion de la « boîte à outil »
- Emplois des méthodes dans des projets R&D (Permeacob)
- Programmation d'une interface pour une prise en main par les bureaux d'études



MERCI

INTERACTIONS COMPOSANTS



Librairie statistique

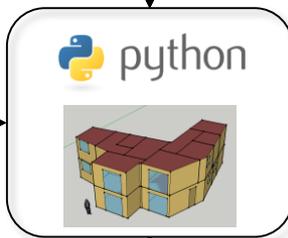


Emulation Matlab



Génération graphique

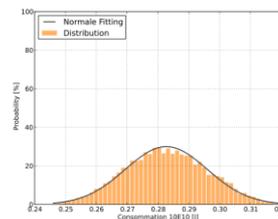
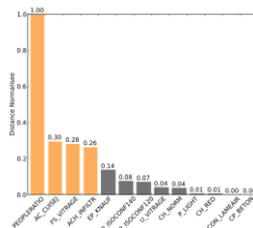
Nom	caractéristique	valeur	incertitude
Consigne de chauffage réduit	°C	17	10%
Consigne de chauffage occupation	°C	19	10%
BA13	Conductivité [W/m-K]	0.25	10%
Béton Lourd	Epaisseur [m]	0.2	10%
Béton Lourd	Conductivité [W/m-K]	2	10%
Béton Lourd	Chaleur Spécifique [J/kg-K]	1000	10%
Calibric	Chaleur Spécifique [J/kg-K]	0.182	10%
Calibric	Chaleur Spécifique [J/kg-K]	1000	10%
Isoconfort 120	Epaisseur [m]	0.12	10%
Isoconfort 140	Epaisseur [m]	0.14	10%
Knauf Thane 22	Epaisseur [m]	0.08	5%
Knauf Xtherm	Epaisseur [m]	0.2	5%
Lame d'air faux plafond	Conductivité [W/m-K]	2	10%
Porte	Resistance Thermique [m2-K/W]	0.625	10%
Double vitrage	U-Factor [W/m2-K]	1.95	10%
Double vitrage	Facteur Solaire	0.43	5%
Occupation	Ratio occupation [pers/m²]	0.05	10%
Eclairage	Puissance [W/m²]	5	10%
Cuisine	Puissance [W/m²]	5	10%
Infiltration	Renouvellement [Vol/h]	0.1	20%
Ventilation	Renouvellement [Vol/h]	0.86	10%



Modèle paramétré



Acquisition des résultats

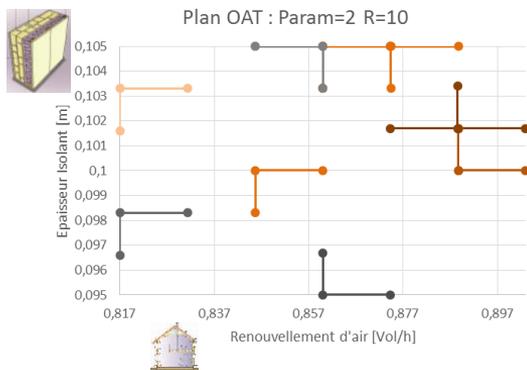




OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

OUTILS D'AS ET DE PROPAGATION D'INCERTITUDES

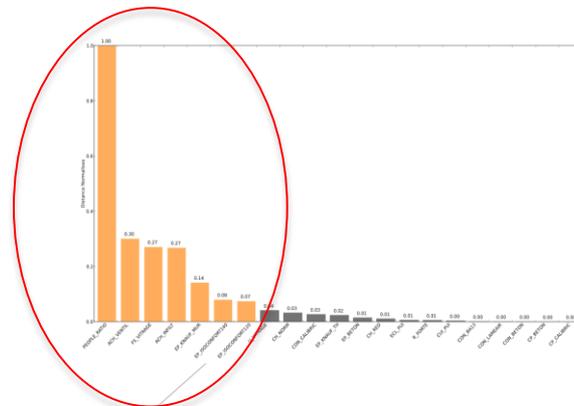
La méthode de Morris: repose sur l'analyse d'une répétition de plan **OAT**.
Les paramètres varient **un à un** pour chaque plan d'expérience



$$dX_i = \frac{F(x_1^i, \dots, \mp \delta, \dots, x_K^i) - F(x_1^i, \dots, x_j^i, \dots, x_K^i)}{\delta}$$

$$\mu_i^* = E(|dX_i|)$$

$$\sigma_i = \sigma(dX_i)$$



Les résultats permettent de caractériser **l'importance** de chaque paramètre ainsi que leurs **interactions**

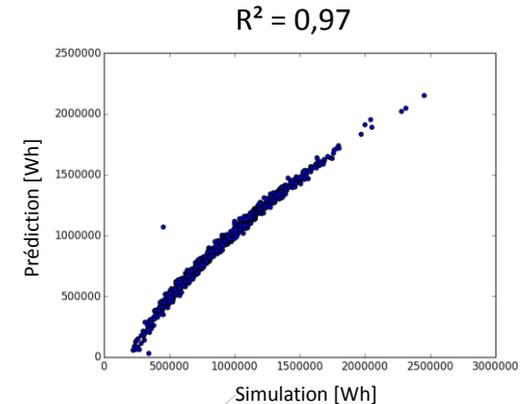
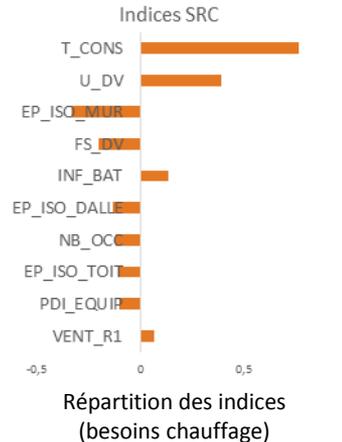


OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

OUTILS D'AS ET DE PROPAGATION D'INCERTITUDES

Indices SRC: la méthode Standart Regression Coefficient s'appuie sur une approximation linéaire de Y en fonction des xi :

$$\frac{\hat{Y} - \bar{Y}}{S(Y)} = \sum_{i=1}^K \text{SRC}(Y, X_i) \frac{\hat{X}_i - \bar{X}_i}{S(X_i)}$$



Méta-modèle linéaire

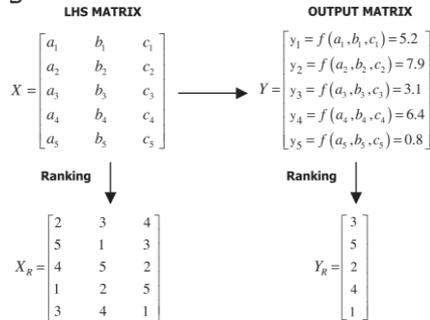


OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

OUTILS D'AS ET DE PROPAGATION D'INCERTITUDES

Indices PRCC: la méthode Partial Ranked Correlation Coefficient utilise des matrice « classées » pour s'affranchir des non-linéarités :

B



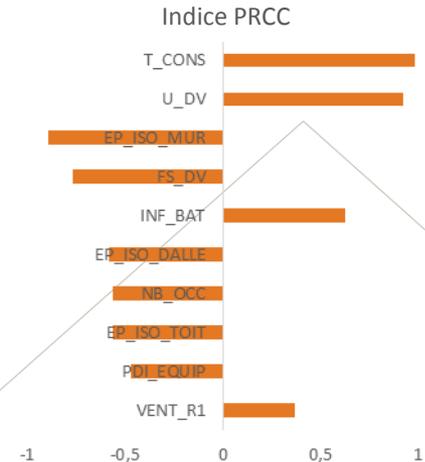
$$\hat{x}_j = c_0 + \sum_{p=1}^K c_p x_p$$

$$x \rightarrow x_j - \hat{x}_j$$

$$r_{x_i, y} = \frac{\text{Cov}(x_j, y)}{\sqrt{\text{Var}(x_j) \text{Var}(y)}}$$

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{p=1}^K b_p x_p$$

$$y \rightarrow y - \hat{y}$$

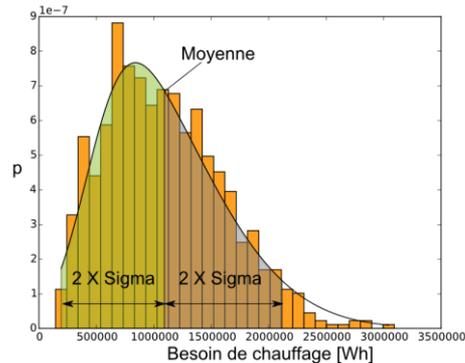




OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

OUTILS D'AS ET DE PROPAGATION D'INCERTITUDES

Propagation d'incertitude : les méthodes PRCC et SRC nécessitent la génération d'échantillons de grande dimension qui peuvent être employés pour réaliser un PI sur les indicateurs



Expression de la loi normale asymétrique :

$$skew(x) = \frac{2}{\omega} \phi\left(\frac{x - \zeta}{\omega}\right) \Phi\left(\alpha\left(\frac{x - \zeta}{\omega}\right)\right)$$

ζ : facteur de position

ω : facteur d'échelle

α : facteur de forme

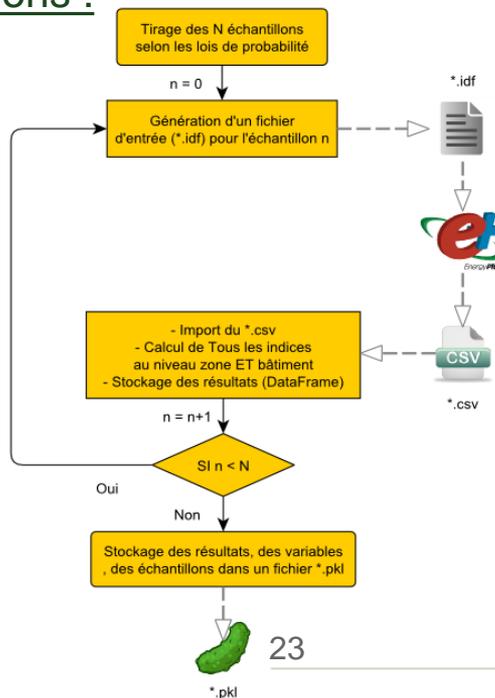
Cette opération permet d'estimer des probabilités d'obtenir une valeur pour l'indicateur étudié



OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

MÉTHODES NUMÉRIQUES

Génération des échantillons :



- Les paramètres
- Les échantillons
- Les indicateurs

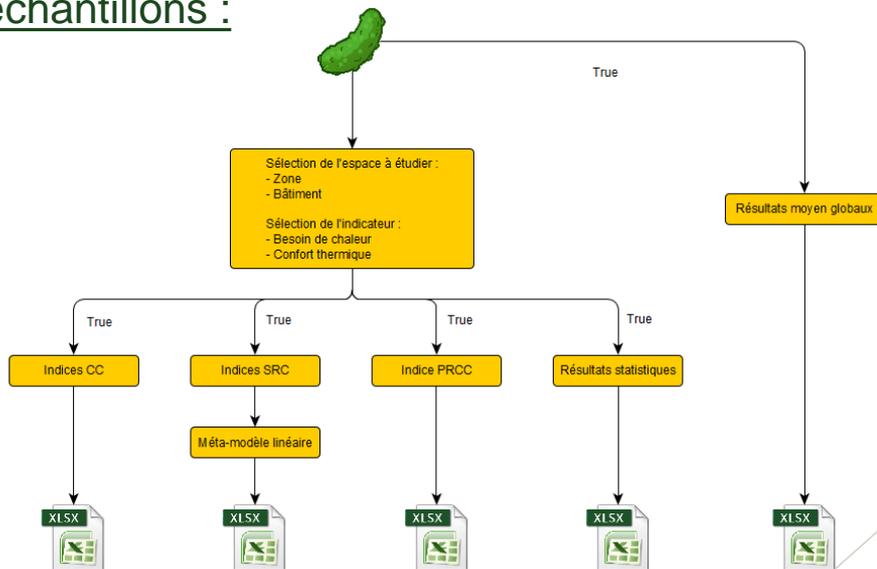
Sont stockés en fichier pickle



OUTILS & MÉTHODE NUMÉRIQUES

MÉTHODES NUMÉRIQUES

Génération des échantillons :



- Résultats pour la zone sélectionnée
- Résultats bâtiment
- Stockage dans des fichiers excel