



Laboratoire semi-virtuel d'évaluation des systèmes multi-énergie dans les BEPOS

Charly GAY
Département Energie Environnement
Division ENergies Renouvelables

■ Enjeux majeurs

Bâtiment à énergie positive (BEPOS)

→ En phase avec les exigences de performance énergétique et de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

■ Développements technologiques associés

→ Enveloppe: Optimisation des apports solaires, amélioration de l'isolation, éclairage naturel

→ Systèmes: Panneaux solaires (thermique et photovoltaïque), micro-éolien, matériaux à changement de phase, batteries, micro-cogénération, etc...

■ Conséquence

L'interdépendance de l'ensemble des postes énergétiques devient de plus en plus significative

→ Vers des **systèmes multi-fonctionnel, multi-énergie**

Performances des systèmes dans le contexte du bâtiment

■ Simulation numérique

- **Avantages:** Rapidité, facilité de couplages multi-physiques, reproductibilité
- **Inconvénients:** Virtuel, nécessité d'une validation préalable des modèles

■ Expérimentation, 2 Approches:

Basée sur des Normes et des tests en laboratoire (définis dans les normes)

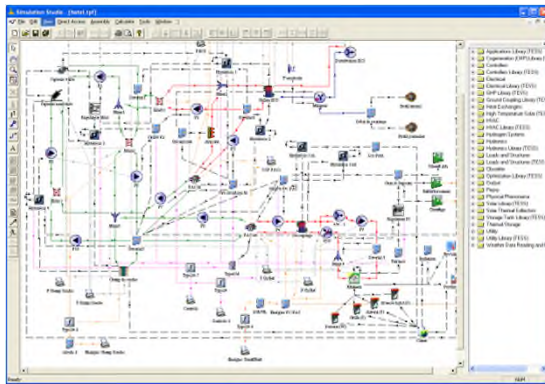
- Essais en régime permanent
- Indicateurs de performance définis aux points de fonctionnement caractéristiques

Basée sur la mesure de la performance saisonnière ou annuelle de systèmes réels

- Coûts élevés (matériel de surveillance, analyse des performances,...)
 - Durées de test élevées (Au moins une saison)
 - Echantillonnage élevé pour avoir une bonne représentativité
- **Avantages:** Evaluation du produit réel
 - **Inconvénients:** Durées des tests élevée (échelle bâtiment,) maîtrise des conditions initiales et limites

Positionnement du laboratoire Semi-virtuel

Simulation numérique



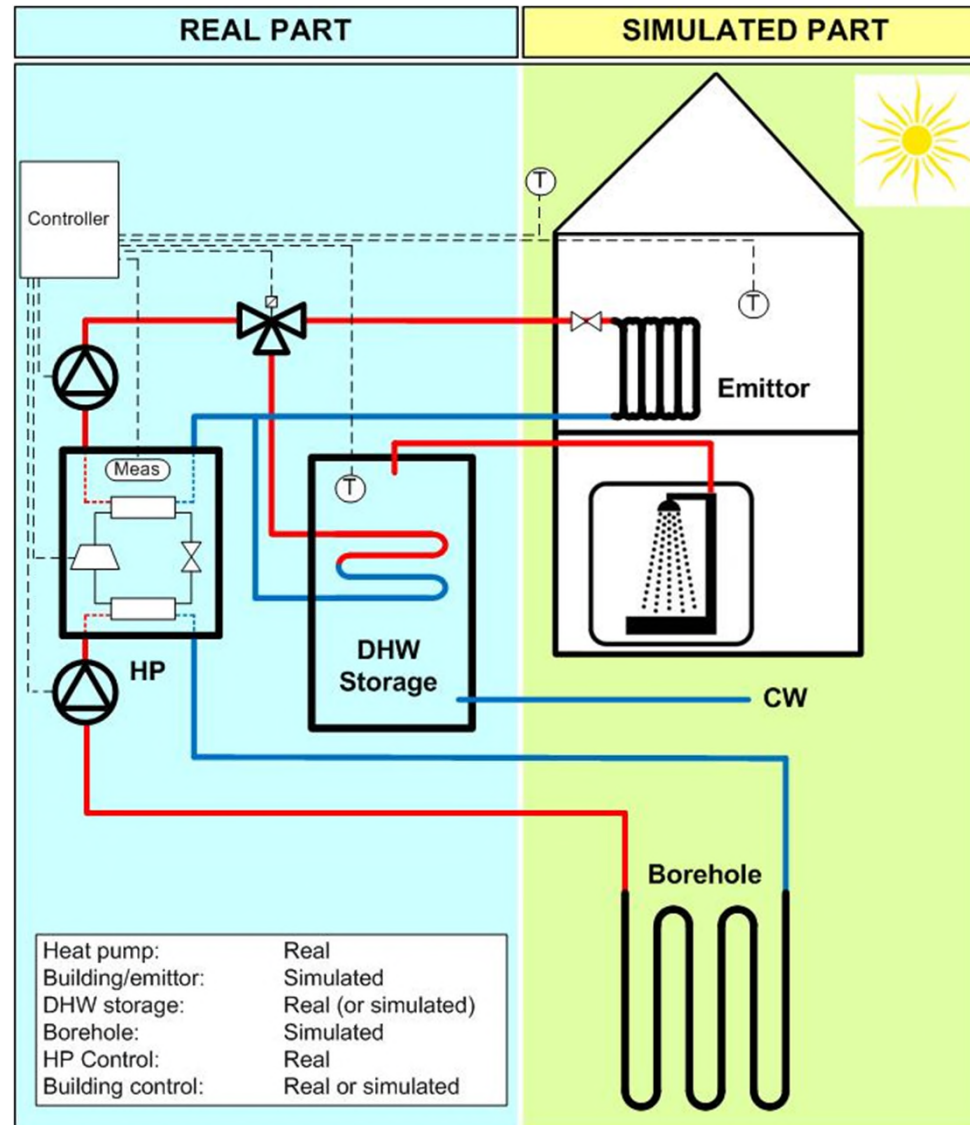
Expérimentation



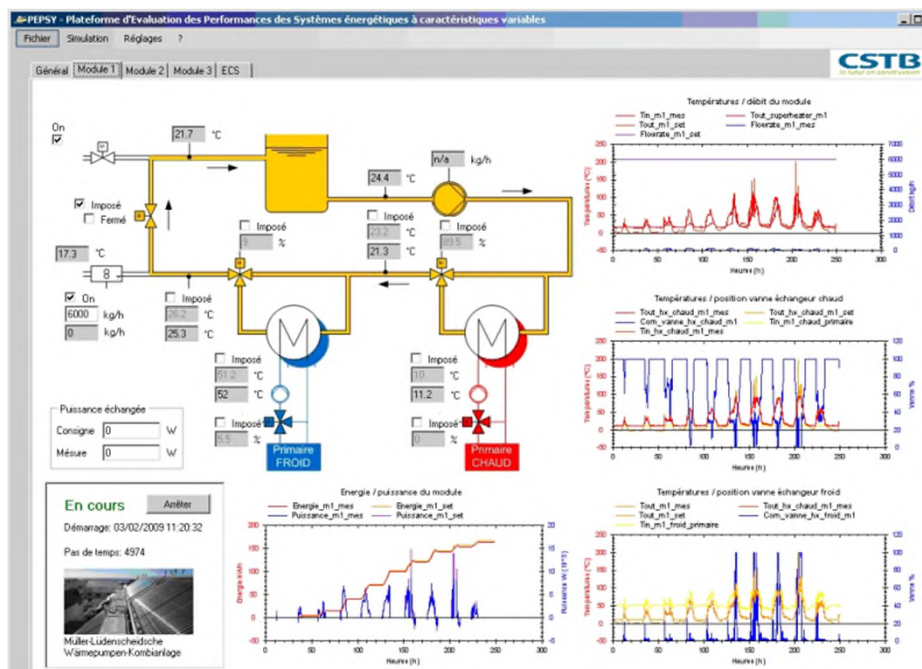
Evaluation semi-virtuelle



Laboratoire semi-virtuel Comment ça marche ?

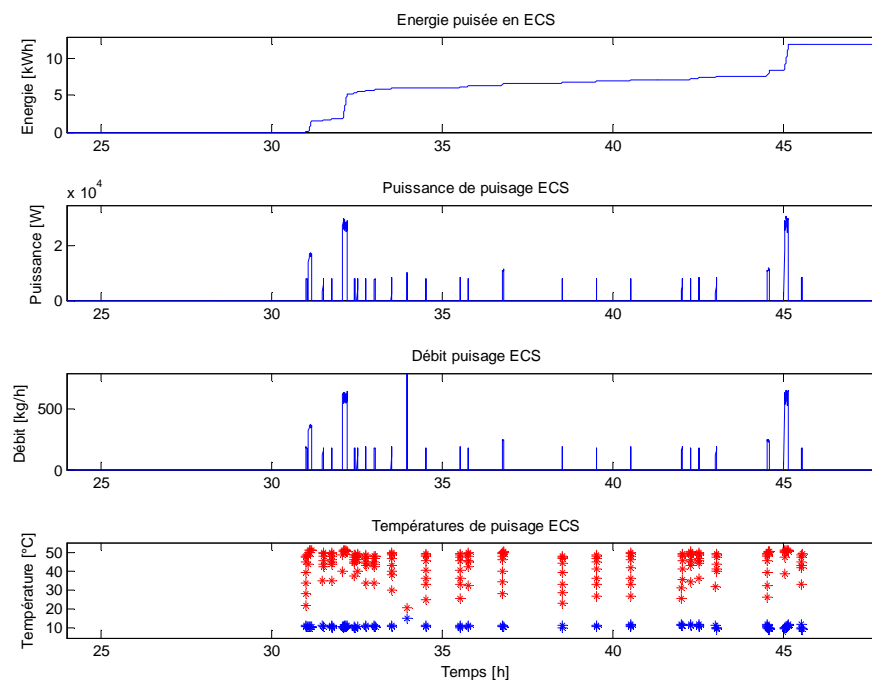


Bancs semi-virtuels du CSTB : Exemple ECS



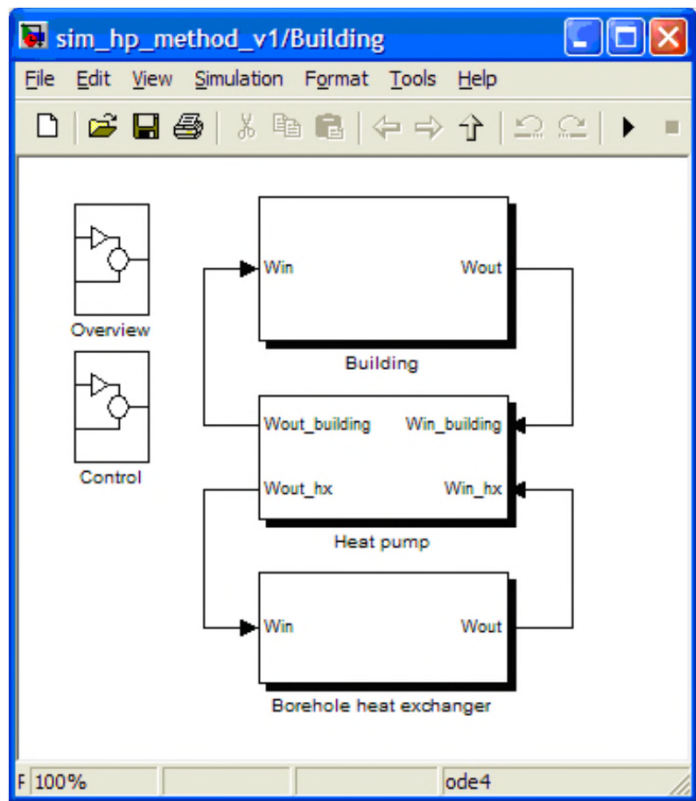
Interface utilisateur

Profils de puisage ECS



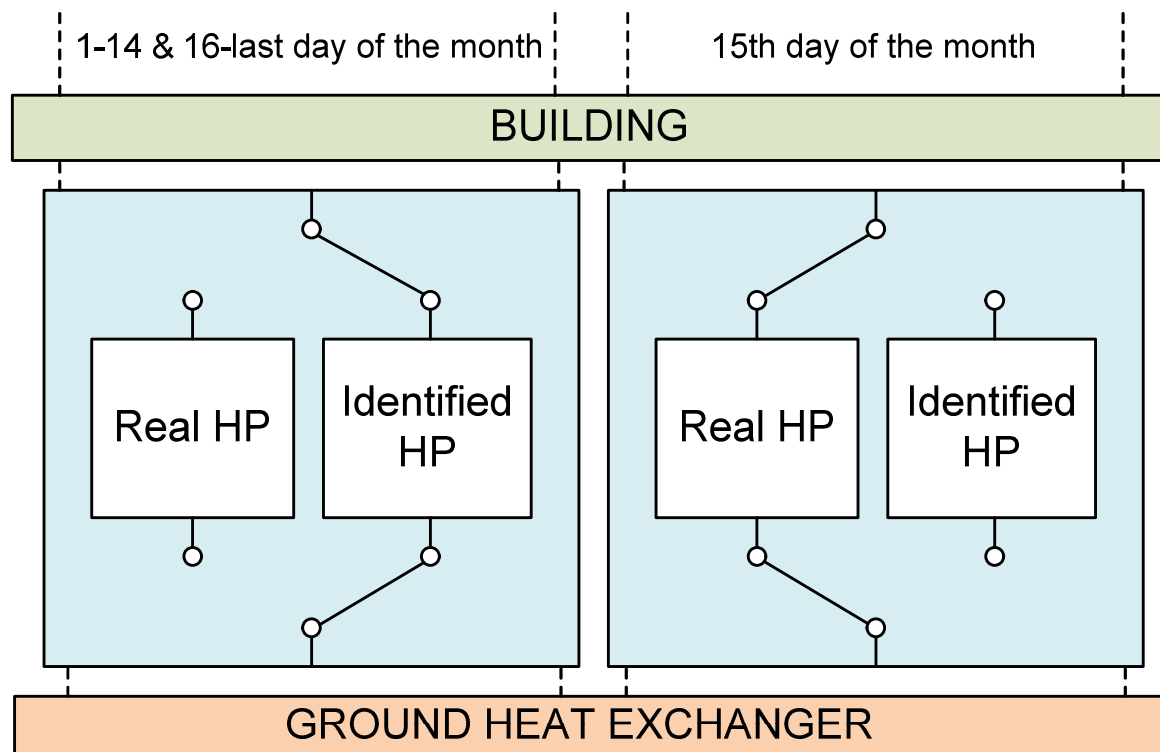
Combinaison entre simulation annuelle et tests en temps réel

Simulation du système
Matlab / Simulink



Simulation

Tests en temps réel

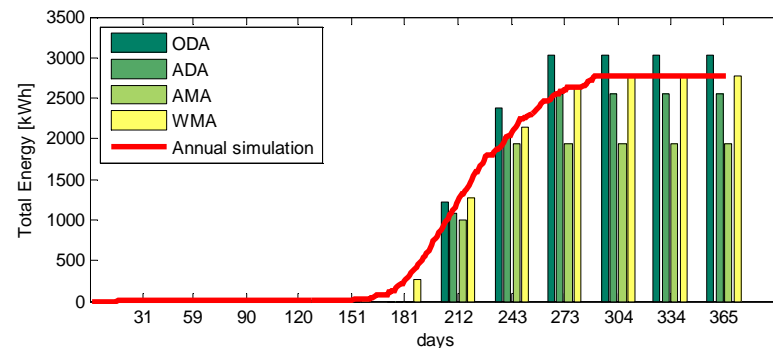
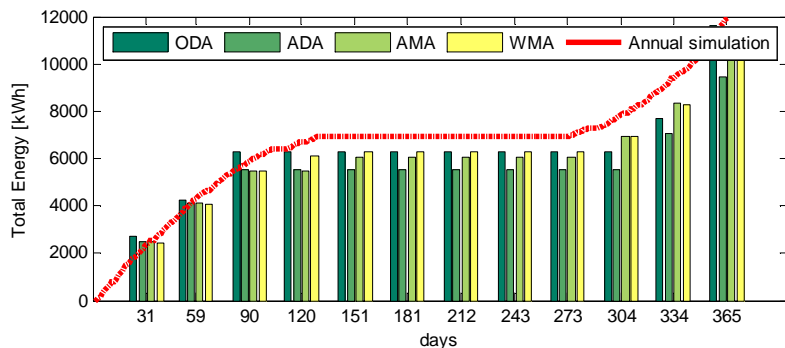
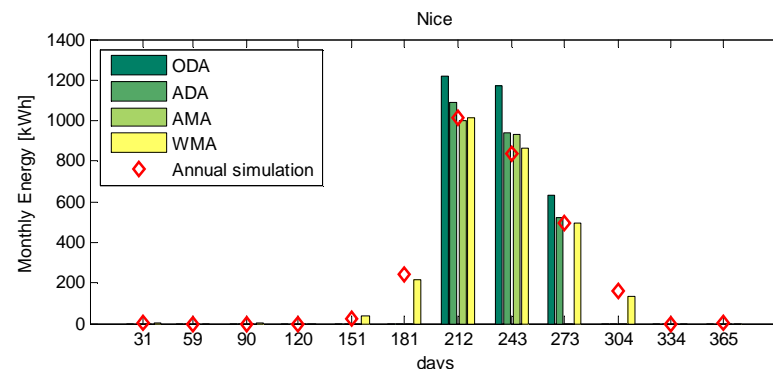
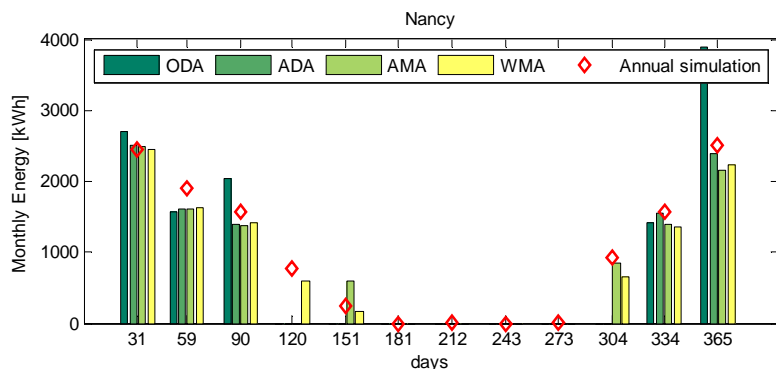


→ Choix du jours à tester (représentativité)

Exemple de résultats obtenus pour différentes méthodes

■ Méthodes

- ODA (Original Day Approach)
- ADA (Average Day Approach)
- AMA (Average Momentum Approach)
- WMA (Weighted Momentum Approach)
- Annual simulation



Chauffage (Nancy)

Raîraîchissement (Nice)

Bancs semi-virtuels du CSTB : PEPSY (Sophia Antipolis)

Evaluation de trois CESI selon la directive européenne Eco-design



Evaluation des performances annuelles d'une PAC géothermique



Test d'un nouveau système solaire thermique avec stockage à haute température (Dearsun)



Etude de la réponse d'un champ de sondes géothermiques expérimental



Possibilités d'évaluation à différents niveaux :

Evaluation de méthodologies normatives en développement

Evaluation de performances annuelles de systèmes

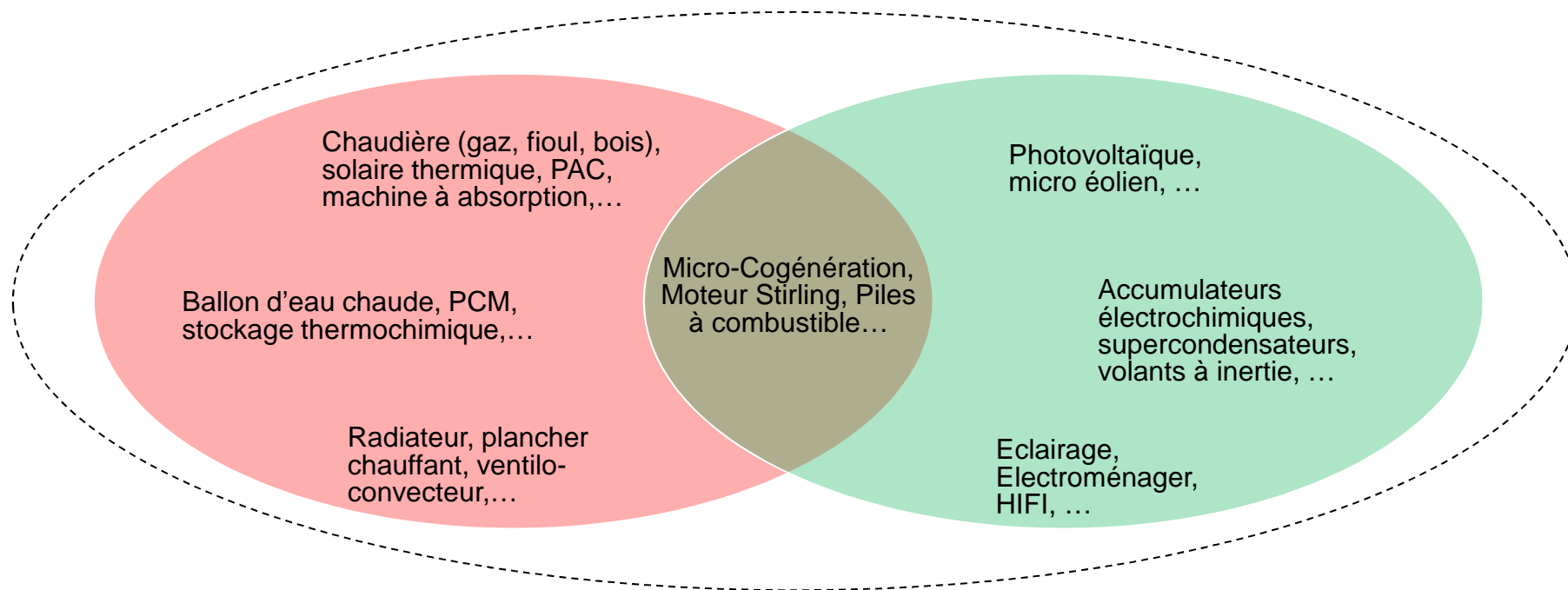
Test de systèmes ENR innovants

Tests dynamiques sur plateforme expérimentale

Développement du laboratoire semi-virtuel aux vecteurs électrique et air

Champ d'application potentiel : large !

→ Interaction des vecteurs énergétiques **thermique** et **électrique** grandissante



→ 10 kW électrique

→ 15 kW thermique

Outil de génération de courbe de charge électrique du bâtiment

Approche de type Bottom-up pour les Bâtiments résidentiels et tertiaires

→ Construction à partir des courbes de charge élémentaires des appareils

■ Entrées

Logement

→ Maison ou Appartement

Usages

→ Nombre d'occupants, Composition du logement, Distribution de l'équipement électrique

Appareils

→ Froid Alimentaire, Lavage, Produits bruns/ gris, Cuisson, Eclairage

■ Sorties

Profils

→ Puissance active

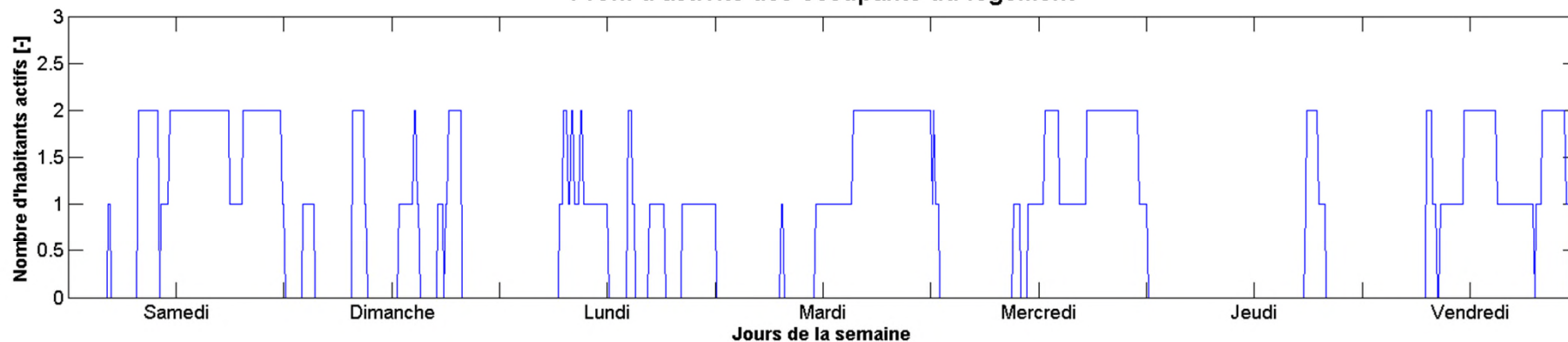
→ Puissance réactive

Définition

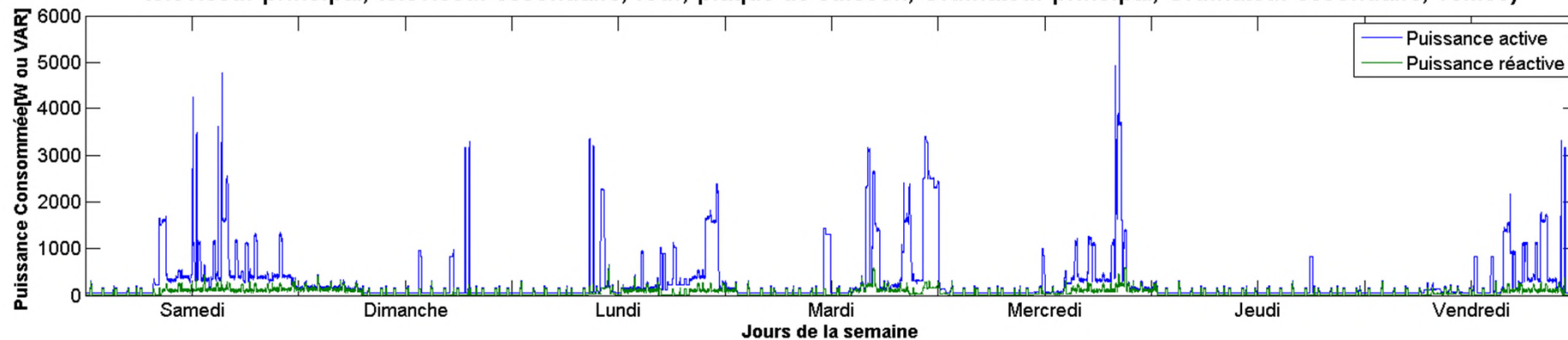
→ pas de temps: 1 Min

Outil de génération de courbe de charge électrique du bâtiment

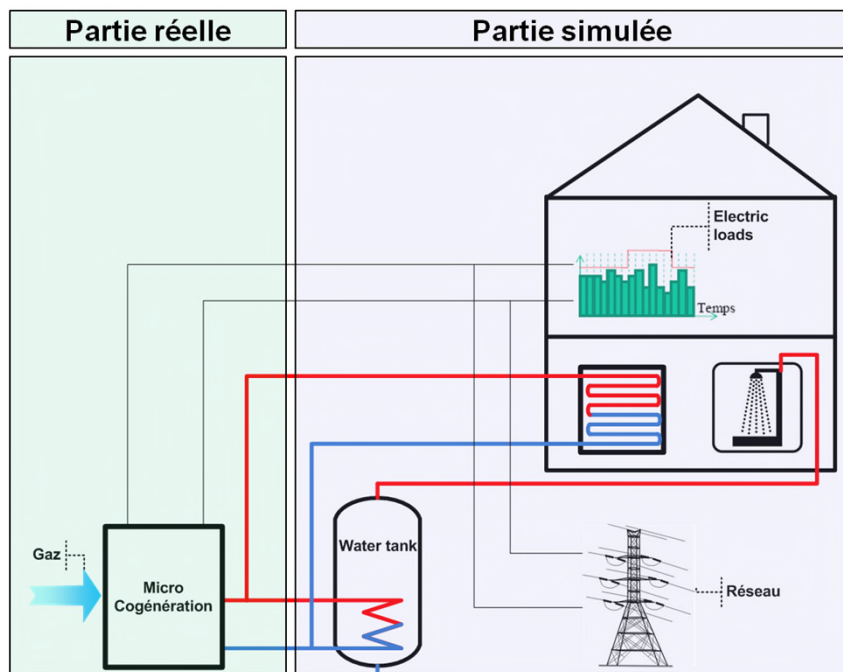
Profil d'activité des occupants du logement



Profil de puissance hebdomadaire totale du logement
(machine à laver, sèche linge, lave vaisselle, réfrigérateur, congélateur, téléviseur principal, téléviseur secondaire, four, plaque de cuisson, Ordinateur principal, Ordinateur secondaire, veilles)

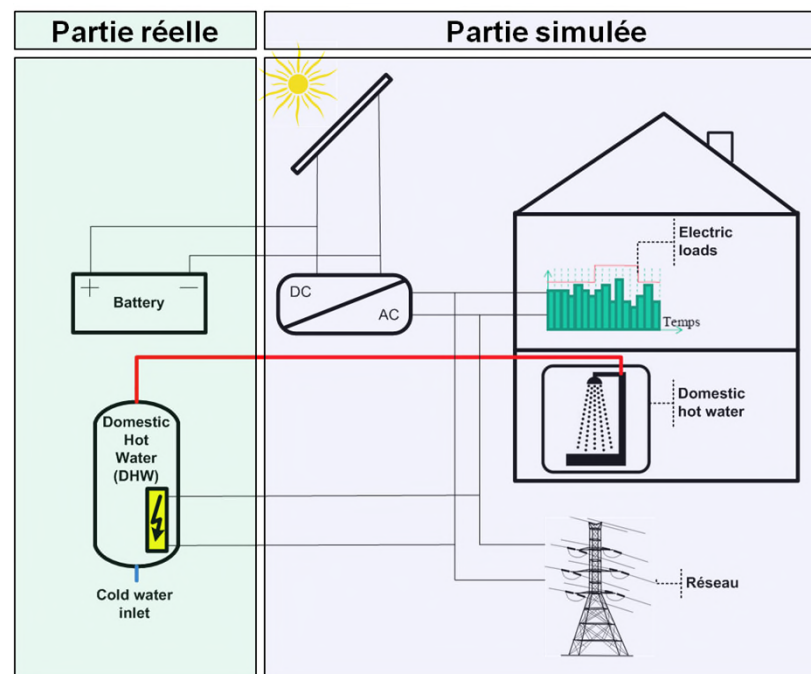


Exemples de systèmes multi- énergies à tester



Test d'un système de micro
cogénération pour maison
individuelle

Test de systèmes de stockage pour
maison individuelle, thermique
(ballon d'eau) et électrique (batterie)



Performances des systèmes réels dans le contexte du bâtiment

- **Indicateurs de performances énergétiques et environnementales**
 - Efficacité énergétique et / ou exergétique
 - Emissions de CO₂

- **Indicateurs de « compatibilité » énergétique dans le bâtiment et sur le réseau**
 - Ratio de cogénération
 - Autoconsommation
 - ...

- **Paramètres variables**
 - **Typologie de Bâtiments**
 - > Neuf, Rénovation
 - > Maison individuelle, Logement collectif, Tertiaire
 - **Echelles de temps**
 - > Annuelle
 - > Saisonnière (Chauffage, rafraîchissement)
 - **Climats**

Intérêts et perspectives d'utilisation du banc semi-virtuel

- **Optimisation des systèmes et de leurs loi de commande pour différents bâtiments, climats, usages...**
- **Validation des modèles des systèmes et des lois de commande de ces systèmes pour le bâtiment (charge partielle, et non nominale)**
- **Extrapolation des résultats de ces modèles à d'autres bâtiments, climats, usages...**
 - Réglementation des performances énergétiques des bâtiments
 - Conception et dimensionnement de projets réels
- **Définition de méthodes d'évaluation des performances des systèmes et de leurs commande pour le bâtiment**
- **Normalisation et certification**

Merci de votre attention !

Pour plus d'information :
charly.gay@cstb.fr