

# Outils pour le traitement et l'analyse de données pour le bâtiment

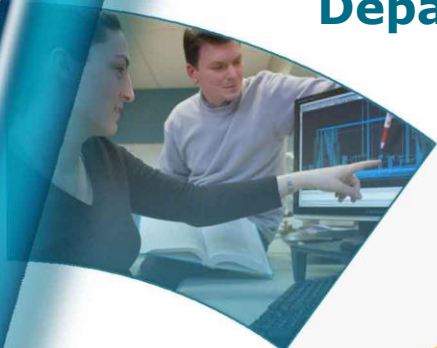
Département Capteurs, Signal et Information

Laboratoire d'Outils pour l'Analyse de données

**Anthony LARUE**

Laboratoire Information, Modèles et Apprentissage

**David MERCIER**



**Carole SENTEIN**

[carole.sentein@cea.fr](mailto:carole.sentein@cea.fr)

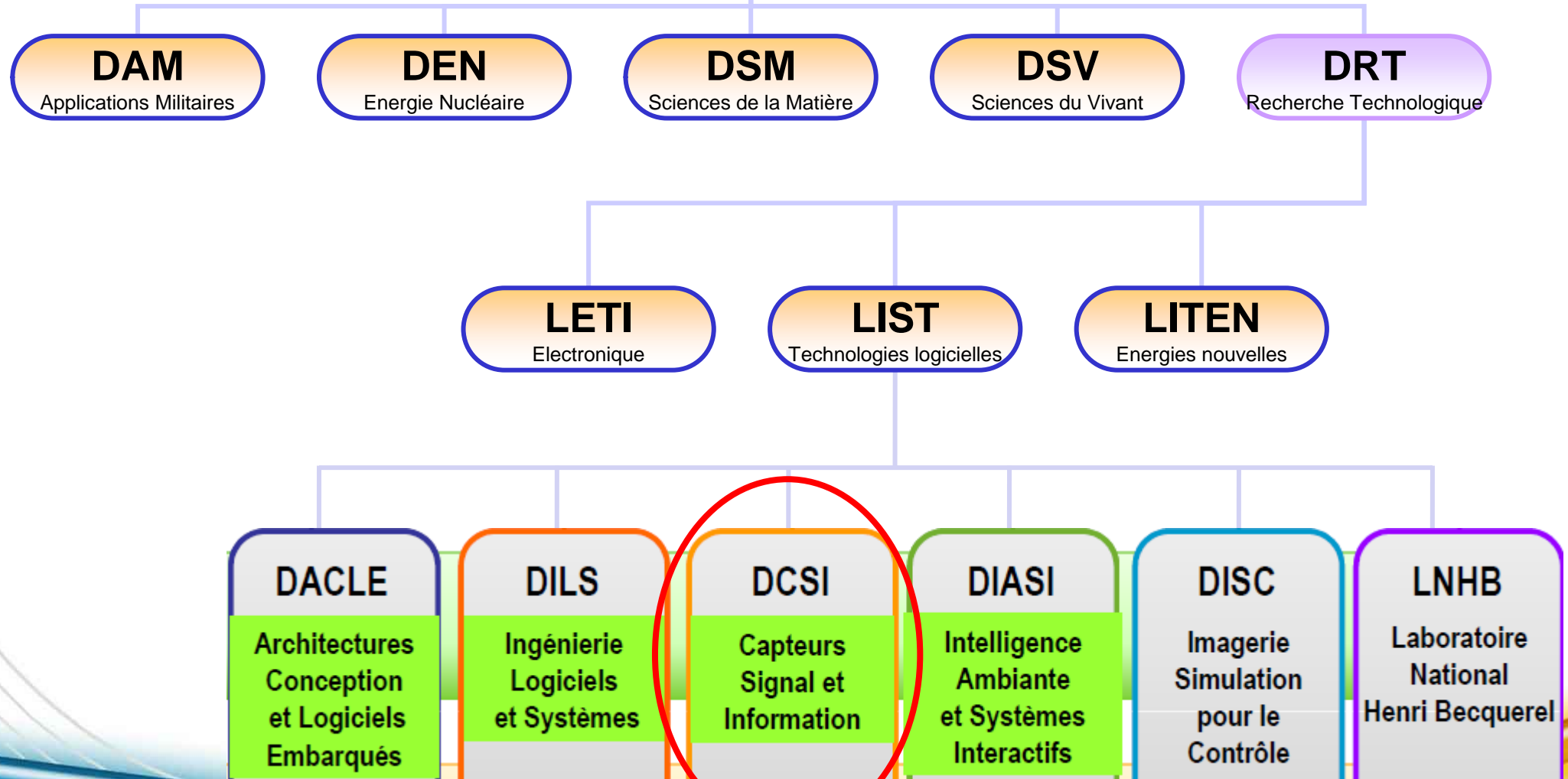
**15 décembre 2011**

- **CEA List, Département Capteurs, Signal et Information**  
**Echelle des applications et compétences**
  - Traitement et analyse de données
  - Domaines d'applications
- **Traitement de données pour le bâtiment**
  - Data mining pour le bâtiment
  - Visualisation et modélisation des liens intercapteurs
  - Analyser le comportement au cours du temps
- **Environnement de simulation multi-physiques pour le bâtiment**
  - Vers une chaîne logicielle pour le bâtiment
- **Analyse de données, Apprentissage et Modélisation de l'expertise pour le bâtiment**
  - Les contraintes de l'intelligence dans le bâtiment
  - Système Multi-Agents (SMA) pour le bâtiment
    - Exemple: Approche multi-agents pour la régulation thermique
  - Système Expert Sémantique (SES) pour le bâtiment

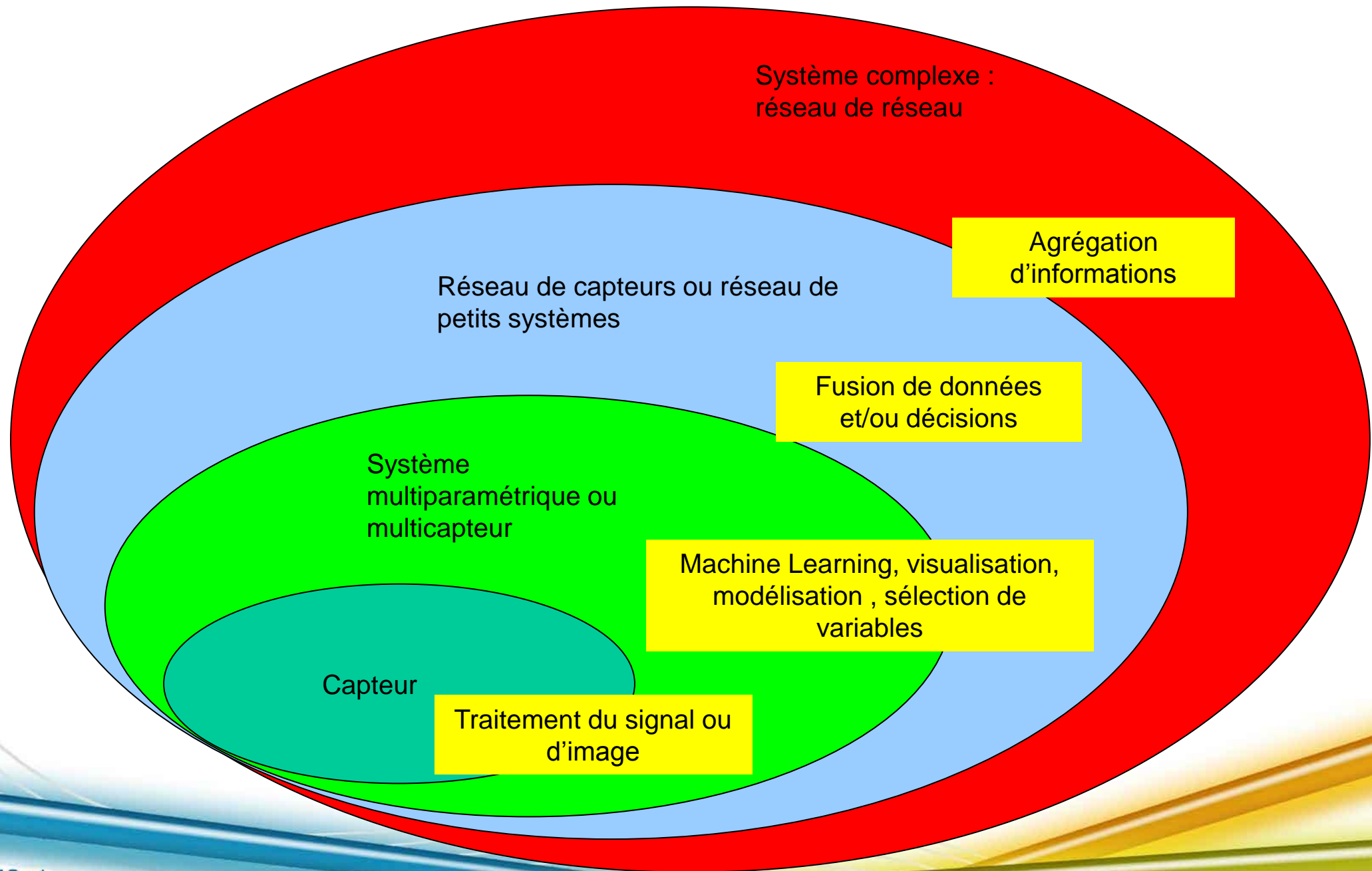


énergie atomique • énergies alternatives

# Le CEA est composé de cinq Directions



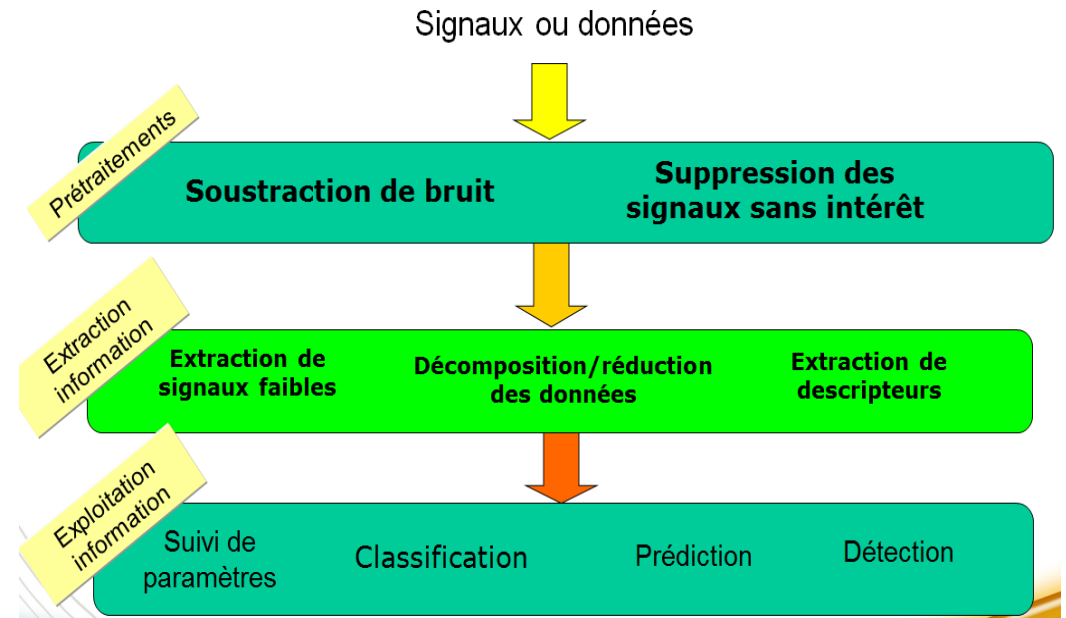
# Echelle des applications et compétences



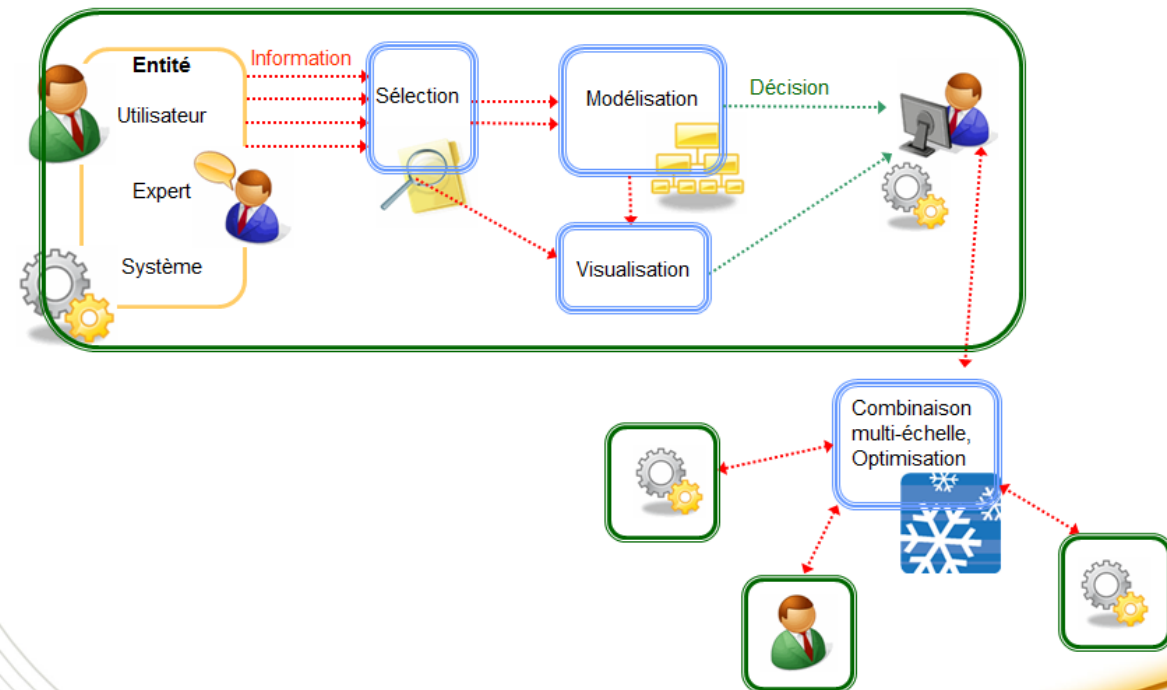


1. Développement d'outils de traitements de données (signal, image, spectre) pour la classification ou l'aide à la décision.

### Chaîne de traitement:

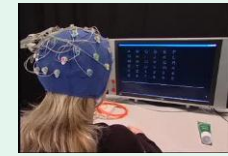
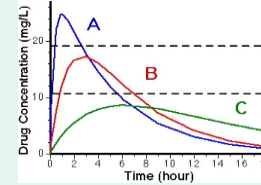
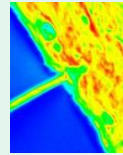
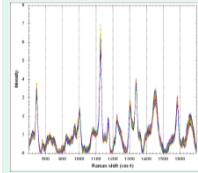


2. Exploiter les informations pour l'aide à la décision grâce à des outils de modélisation.

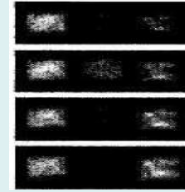


# Applications

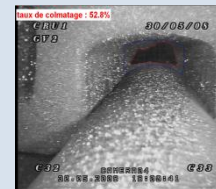
## Biologie-santé



## Sécurité



## Industrie



## Energie



- **CEA List, Département Capteurs, Signal et Information**  
**Echelle des applications et compétences**
  - Traitement et analyse de données
  - Domaines d'applications
- **Traitement de données pour le bâtiment**
  - Data mining pour le bâtiment
  - Visualisation et modélisation des liens intercapteurs
  - Analyser le comportement au cours du temps
- **Environnement de simulation multi-physiques pour le bâtiment**
  - Vers une chaîne logicielle pour le bâtiment
- **Analyse de données, Apprentissage et Modélisation de l'expertise pour le bâtiment**
  - Les contraintes de l'intelligence dans le bâtiment
  - Système Multi-Agents (SMA) pour le bâtiment
    - Exemple: Approche multi-agents pour la régulation thermique
  - Système Expert Sémantique (SES) pour le bâtiment



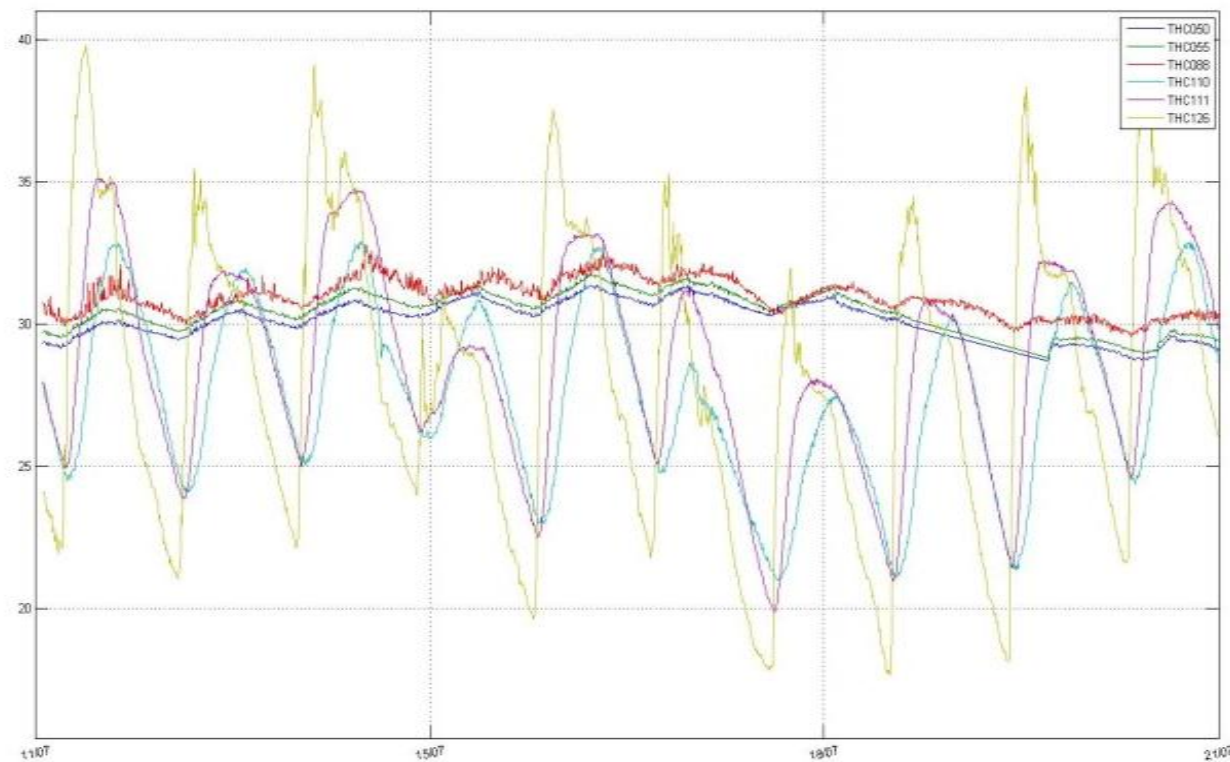


# Data mining pour le bâtiment

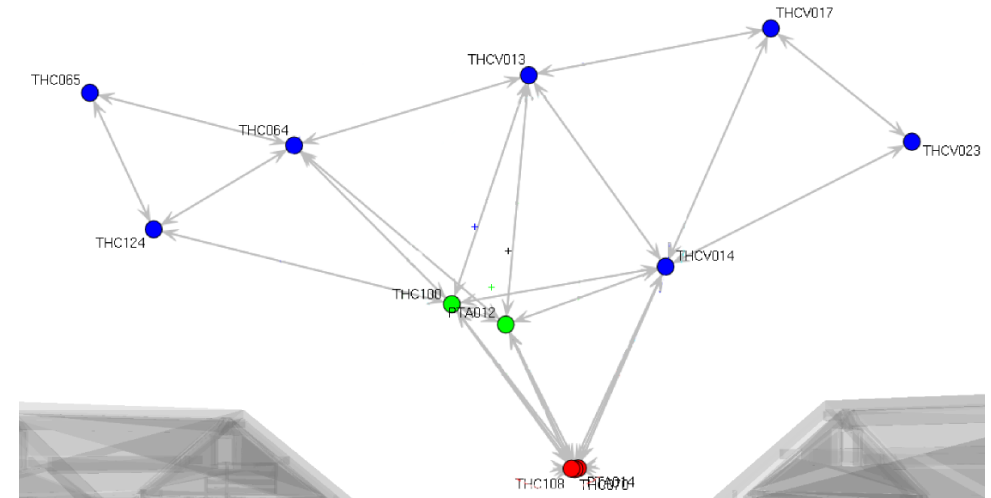
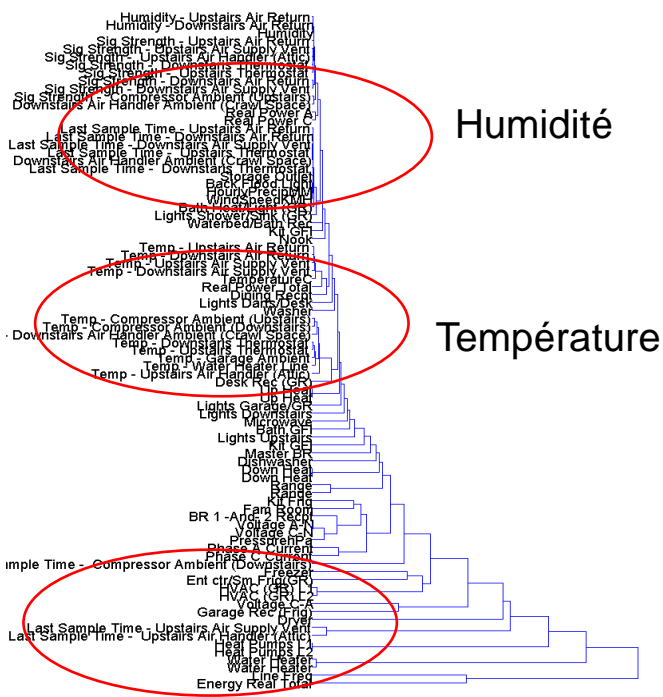
- **Signaux caractéristiques d'une habitation, d'un bâtiment :**
  - Confort (température, humidité, CO<sub>2</sub>, ... )
  - Consommation énergie (chauffage, électricité, ...)
- **Comment exploiter ces données pour comprendre le comportement ?**

→ **Aide à l'analyse**

→ **Quels outils de Data mining & de Machine Learning ?**

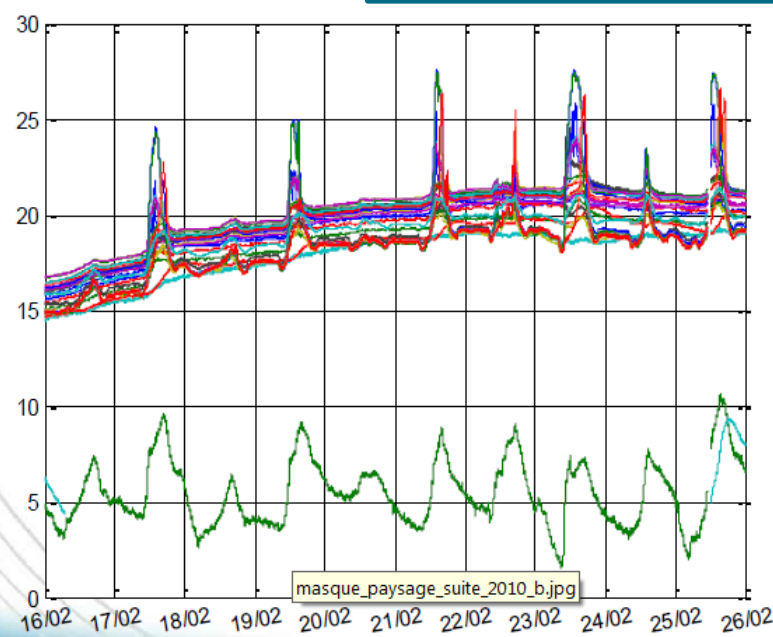


# Visualisation et modélisation des liens intercapteurs



## ➤ Applications

- Réduction du nombre de capteurs
- Positionnement optimal du représentant d'un groupe



Données hétérogènes sur une longue période temporelle

Mesure de similarité entre les données des différents capteurs

Création de groupes de capteurs homogènes (clustering)

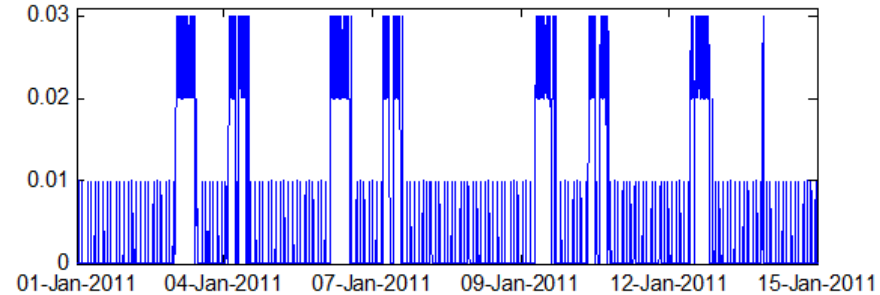
# Analyser le comportement au cours du temps ■ 11

- Pour un même capteur, quelle évolution au cours du temps ?

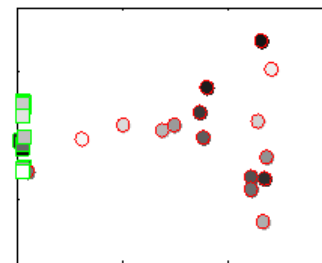
- Visualisation par projection de données journalières
- Création par un expert de groupes significatifs

*Extraction de jours « types » sur des données continues ou sur des séquences d'événements*

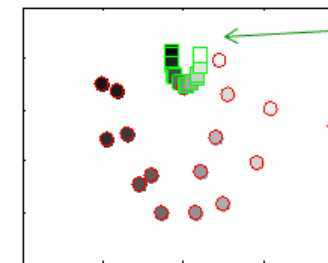
➢ Application possible : identification précoce des besoins journaliers en énergie



Euclidian : 29/29



Spike : 29/29



- **Système multi-capteurs: (une zone = plusieurs capteurs, signaux multidimensionnels)**

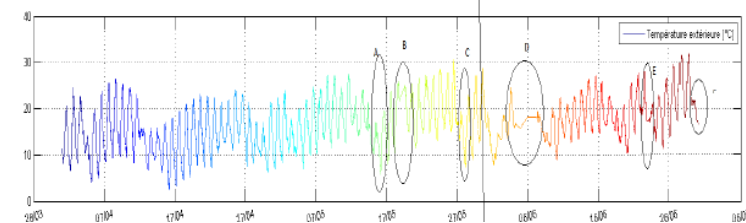
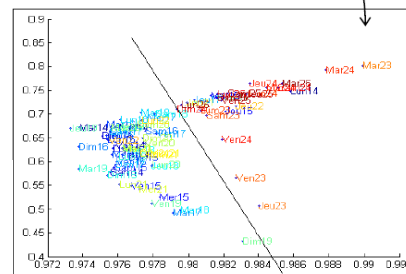
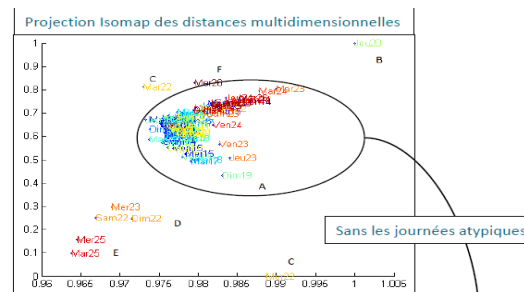
- Regroupement de signatures journalières

Données hétérogènes sur une longue période temporelle

Segmentation des données en jours

Similarité entre les données d'un jour à l'autre

Création de groupes de capteurs homogènes (clustering)



➢ Application possible : identification de signatures thermiques atypiques

## Intérêt du data mining pour le bâtiment:

- Reconnaître les types de réponses dans le bâtiment.
- Réduire la dimension des données.
- Pouvoir faire une comparaison du comportement entre différentes maisons
- Adaptation souple aux besoins selon le choix du critère de distance
- Identification de signatures thermiques atypiques
- Détection de valeurs aberrantes



- **CEA List, Département Capteurs, Signal et Information**  
**Echelle des applications et compétences**
  - Traitement et analyse de données
  - Domaines d'applications
- **Traitement de données pour le bâtiment**
  - Data mining pour le bâtiment
  - Visualisation et modélisation des liens intercapteurs
  - Analyser le comportement au cours du temps
- **Environnement de simulation multi-physiques pour le bâtiment**
  - Vers une chaîne logicielle pour le bâtiment
- **Analyse de données, Apprentissage et Modélisation de l'expertise pour le bâtiment**
  - Les contraintes de l'intelligence dans le bâtiment
  - Système Multi-Agents (SMA) pour le bâtiment
    - Exemple: Approche multi-agents pour la régulation thermique
  - Système Expert Sémantique (SES) pour le bâtiment

# Environnement de simulation multi-physiques pour le bâtiment

- **Contexte**

- Optimisation du bâtiment (enveloppe et systèmes) à l'aide d'outils de modélisation / simulation

- **Enjeux**

- Des besoins importants et complexes en simulation

Complexité des acteurs, pratiques hétérogènes, flux d'informations discontinu avec ressaisie des données plusieurs fois au cours du cycle de vie du bâtiment (promotion, design, construction, exploitation, destruction)

- Une offre volumineuse mais inadaptée

Outils très spécialisés et performants mais non interopérants. Nécessité de rationaliser les outils et les pratiques.

- **Objectifs**

- A terme: disposer d'une plateforme ouverte et interopérable pour la simulation multi-physiques et multi-domaines

- **Principe**

- S'appuyer sur des environnements de simulation existants et développer des couplages entre ceux-ci

- Disposer d'un référentiel unique de représentation du bâtiment (sous forme de maquette numérique)

BIM: Building Information Model, ensemble des données numériques utilisées pendant le cycle de vie

IFC: format standard de la maquette numérique

- Faciliter la réalisation des simulations (vers l'automatisation...)

- **Services métiers**

- Simulation, diagnostic thermique, aide à la conception, configuration et définition des produits de construction, couplage acoustique/thermique, éclairage ...

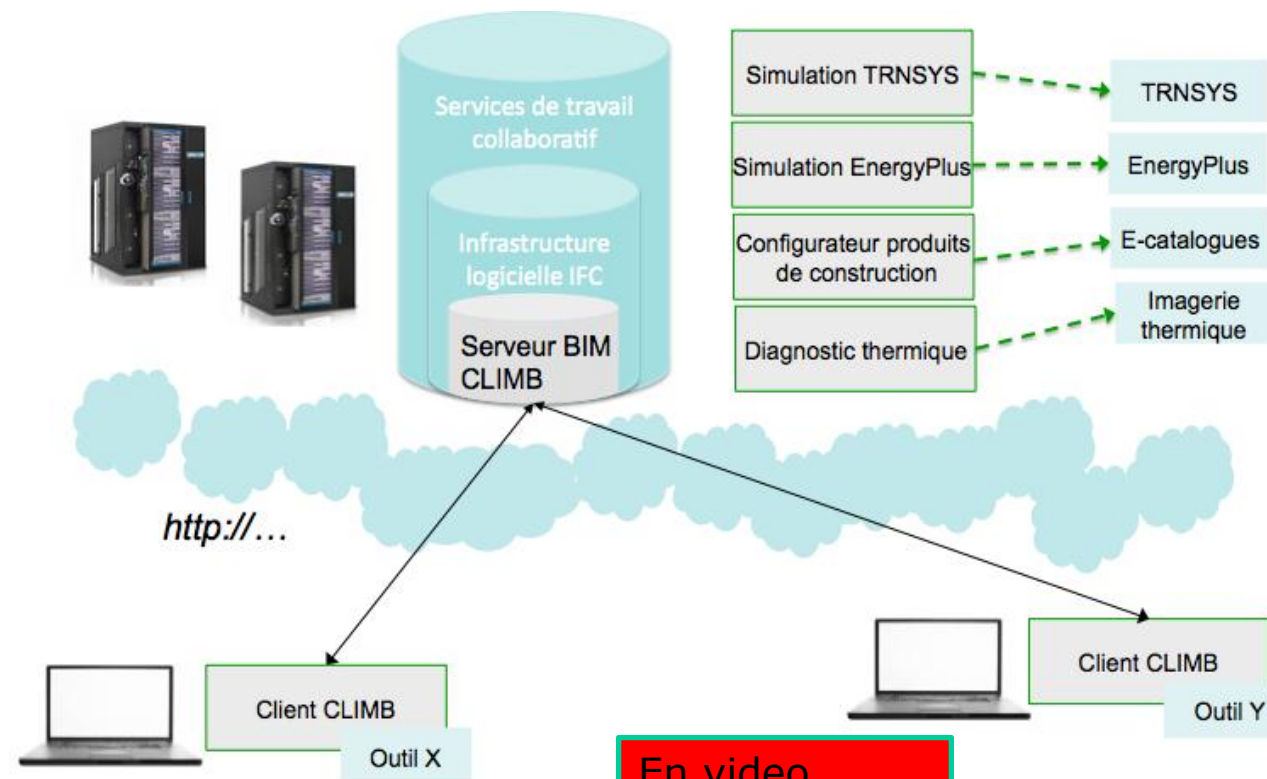
# Vers une chaîne logicielle pour le bâtiment

## o CLIMB (2009-2010)

- Une plateforme logicielle modulaire pour le bâtiment
- Support pour la conception, le travail collaboratif (PLM), la simulation énergétique, le diagnostic thermique.
- Une collaboration du CEA (LIST & LITEN), du CSTB, du CNRS, et d'Armines.

## o Bilan

- Un serveur de maquettes numériques IFC opérationnel (version beta, mise en production septembre 2011)
- Des services PLM (gestion des droits d'accès, écriture, en travail concurrent sur des maquettes 3D IFC),
- Des services de simulation thermique.



- **CEA List, Département Capteurs, Signal et Information**  
**Echelle des applications et compétences**
  - Traitement et analyse de données
  - Domaines d'applications
- **Traitement de données pour le bâtiment**
  - Data mining pour le bâtiment
  - Visualisation et modélisation des liens intercapteurs
  - Analyser le comportement au cours du temps
- **Environnement de simulation multi-physiques pour le bâtiment**
  - Vers une chaîne logicielle pour le bâtiment
- **Analyse de données, Apprentissage et Modélisation de l'expertise pour le bâtiment**
  - Les contraintes de l'intelligence dans le bâtiment
  - Système Multi-Agents (SMA) pour le bâtiment
    - Exemple: Approche multi-agents pour la régulation thermique
  - Système Expert Sémantique (SES) pour le bâtiment



# Analyse de données, Apprentissage et Modélisation de l'expertise pour le bâtiment

## Les contraintes de l'intelligence dans le bâtiment

- Concevoir un bon système de gestion de l'énergie à l'échelle d'un bâtiment particulier et bien défini est aujourd'hui largement accessible moyennant d'accepter un certain interventionnisme chez le consommateur.
- Concevoir un bon système de gestion de l'énergie pour les bâtiments en général et dans le respect des souhaits des consommateurs est beaucoup plus ardu. Ce système doit en effet être :
  - Modulaire et flexible
  - Evolutif
  - Réactif
  - Multi-critères
  - Personnalisable

# Avantages de l'approche Système Multi-Agents (SMA)

- **En schématisant, on peut résumer l'approche SMA ainsi :**
  - On conçoit le système comme un ensemble d'agents interactifs.
  - Chaque agent est doté d'une certaine intelligence qui lui permet de négocier avec les autres agents et de prendre finalement une décision.
  - Le « *sujet de négociation* » peut différer selon les couples d'agents, d'où une gestion de l'hétérogénéité des flux.
  - Tout l'enjeu est que le comportement global souhaité soit bien obtenu par l'agrégation de toutes ces décisions « personnelles ».
  - Dans le cas particulier de la gestion énergétique, la dimension hiérarchisée (holonique) est également très intéressante (un agent est lui-même un SMA ce qui permet d'intégrer les appareils/équipements dans des pièces qui sont dans des foyers/lieux publics qui eux-mêmes s'intègrent dans des maisons/immeubles/infrastructures qui interagissent dans l'éco-quartier).
- **Toute évolution matérielle du système correspond ainsi à l'ajout, la mise à jour ou la suppression d'agents.**
- **Toute évolution de stratégie correspond à une mise à jour de l'intelligence de certains des agents.**
  - Comportement global du système comme conséquence de **comportements individuels des agents** qui sont autonomes et responsables
  - La situation optimale est atteinte par des actions "personnelles" et des échanges pouvant prendre la forme de **négociations**

# Exemple: Approche multi-agents pour la régulation thermique

## • Contexte

- Régulation d'appareils multifonctions chauffage / ECS / ventilation
- Bâtiment basse consommation

## • Enjeux

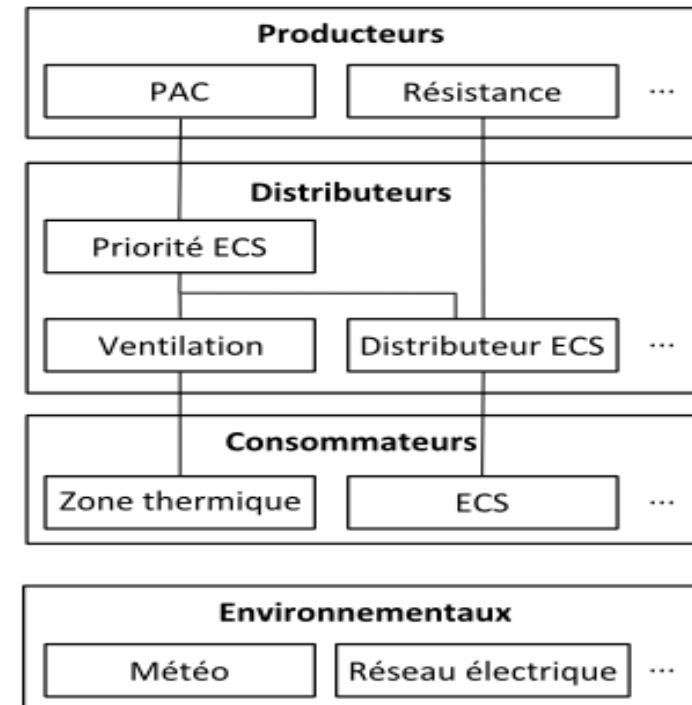
- Améliorer la réutilisabilité des régulations actuelles
- Prendre en compte de nouveaux critères d'optimisation
  - Coût financier, coût environnemental

## • Principe

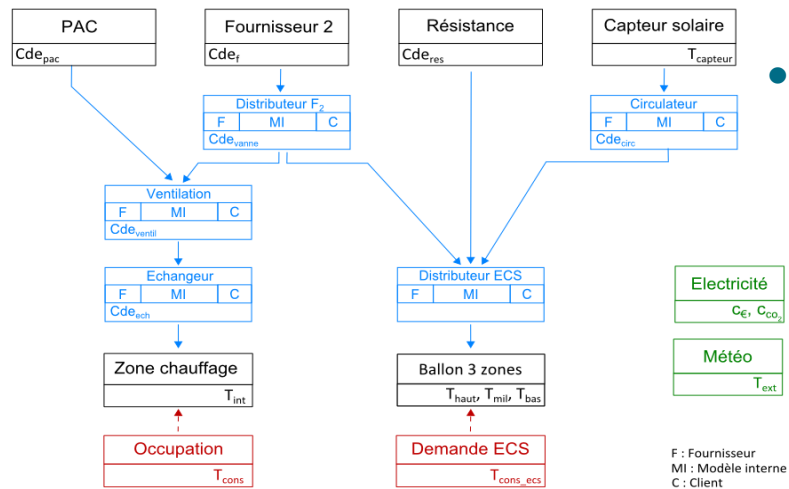
1. Modélisation du système physique à base d'agents
  - Augmentation de la réutilisabilité
2. Modèles énergétiques des appareils et du réseau de distribution
  - Planification des besoins et des ressources
3. Optimisation hiérarchique distribuée
  - Prise en compte de différents critères: coût financier et coût environnemental

## • Différents types d'agents

- Producteurs
- Consommateurs
- Distributeurs
- Environnementaux



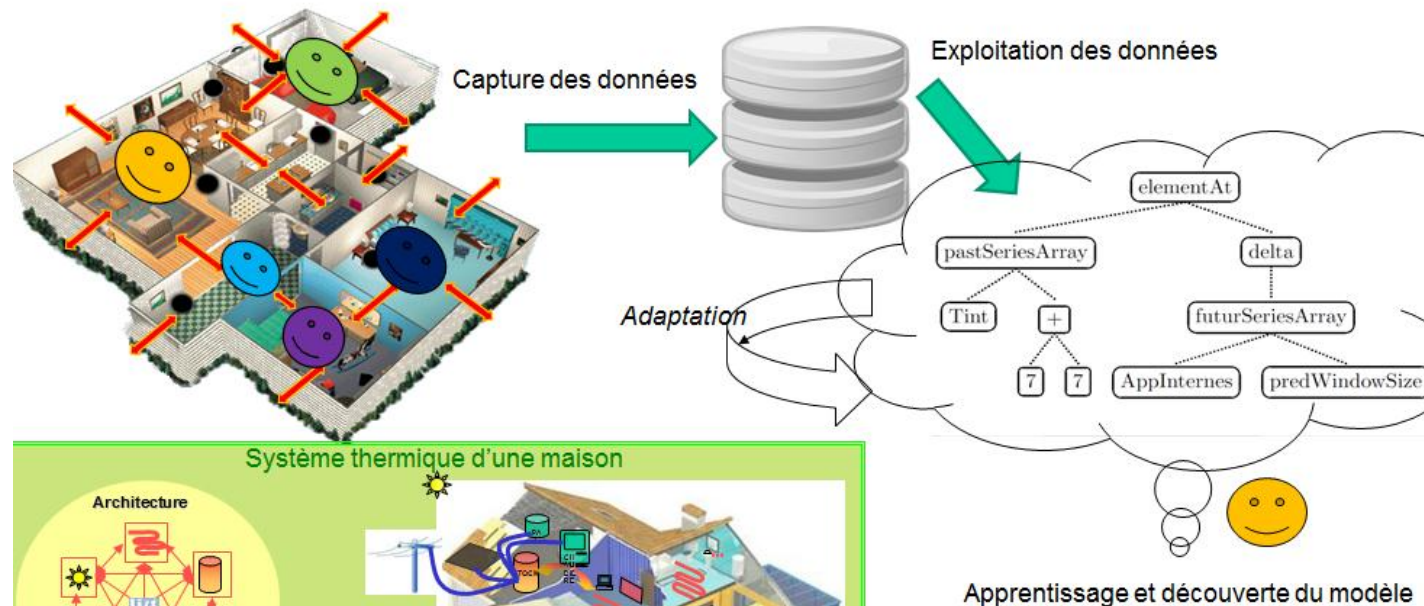
# Méthodologie de modélisation



## • Régulation multi-agents avec fonctionnement optimisé

- Amélioration du confort chauffage (+35%),
- Amélioration du confort rafraîchissement (+18%)
- Augmentation du coût d'exploitation (+2,5%)

## Autres exploitation des SMA





# Avantages des Systèmes Experts Sémantiques (SES) ■ 21

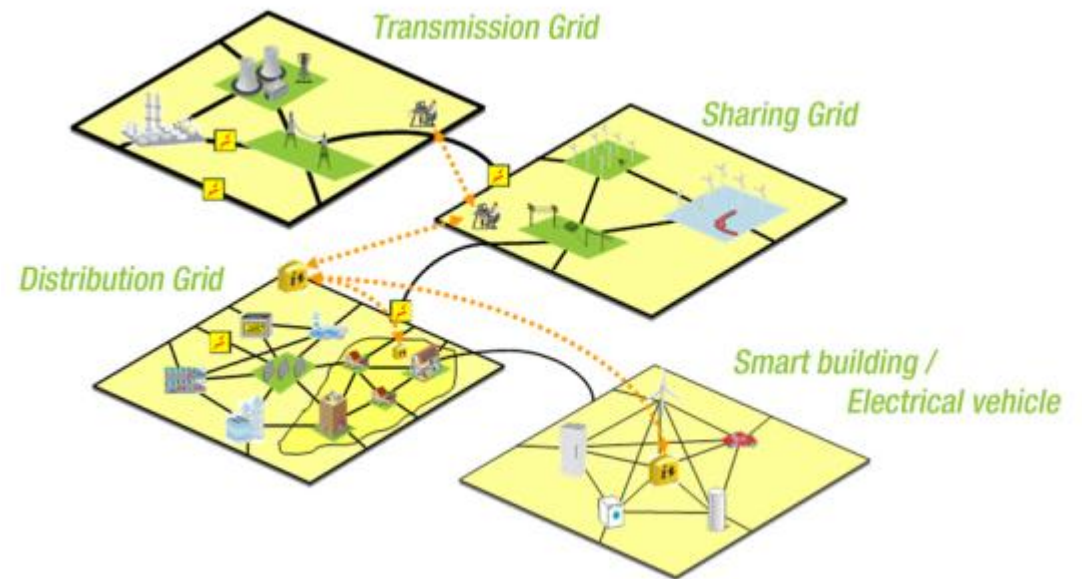
- **Un SES est un système expert dont le moteur d'inférence (le noyau algorithmique qui évalue les règles) a été enrichi pour « comprendre » des relations qui ont un sens clair pour l'humain mais qui sortent des relations connues de la logique, comme par exemple :**
    - Des relations temporelles (avant, après, pendant plus de, durant, etc.)
    - Des relations géospatiales (proche de, loin de, à moins de 5min en voiture, etc.).
    - Des relations spatiale en intérieur (salles mitoyennes, salles superposées, ...)
    - Plus généralement toutes relations nécessaires à l'expression des règles.
  - **Ceci permet ainsi de définir des règles dans un langage structuré très proche du langage naturel et donc simple d'utilisation. L'utilisateur peut donc facilement comprendre et personnaliser le jeu de règles.**
  - **Les systèmes experts classiques sont bien acceptés dans le domaine industriel et financier.**
  - **Le fait que les SES permettent l'expression de règles plus riches renforcent leur facilité d'utilisation par l'utilisateur et donc leur intérêt.**
- Des systèmes basés sur l'expertise humaine, que les utilisateurs peuvent faire évoluer eux-mêmes
  - L'humain ne doit pas écrire la règle pour le système, mais le système doit « comprendre » la règle de l'humain

# Systeme expert sémantique et système multi-agents

If monthBegins=true then state = 0  
 If failureEnd-failureStart>1h then state+=1  
 If state=5 then do not pay



Si le mois dernier ma VMC est tombée 5 fois en panne pendant plus d'une heure alors ne pas payer



*Notre apport : plus de sémantique*

- **Expression des règles logiques par des termes qualitatifs**  
 Formalisation de nouveaux opérateurs logiques (temporels, spatiaux et spatio-temporels)  
*during(), before(), while(), goThrough(), cross(), goNear(), etc.*
- **Simplification de l'expression des règles pour l'expert**

# **CEA List / Département Capteurs, Signal et Information**

**Laboratoire d'Outils pour l'Analyse de données :**

**Laboratoire Information, Modèles et Apprentissage**

**Anthony LARUE**

**David MERCIER**

**Carole SENTEIN**

carole.sentein@cea.fr

Tel: 01.69.08.52.34