



HAL
open science

Contrôle avancé au travers d'un middleware de coordination - application du contrôle prédictif au bâtiment intelligent

Clement Fauvel, Olivier Antoni, Suzanne Leseq

► To cite this version:

Clement Fauvel, Olivier Antoni, Suzanne Leseq. Contrôle avancé au travers d'un middleware de coordination - application du contrôle prédictif au bâtiment intelligent. 2018. cea-01935068

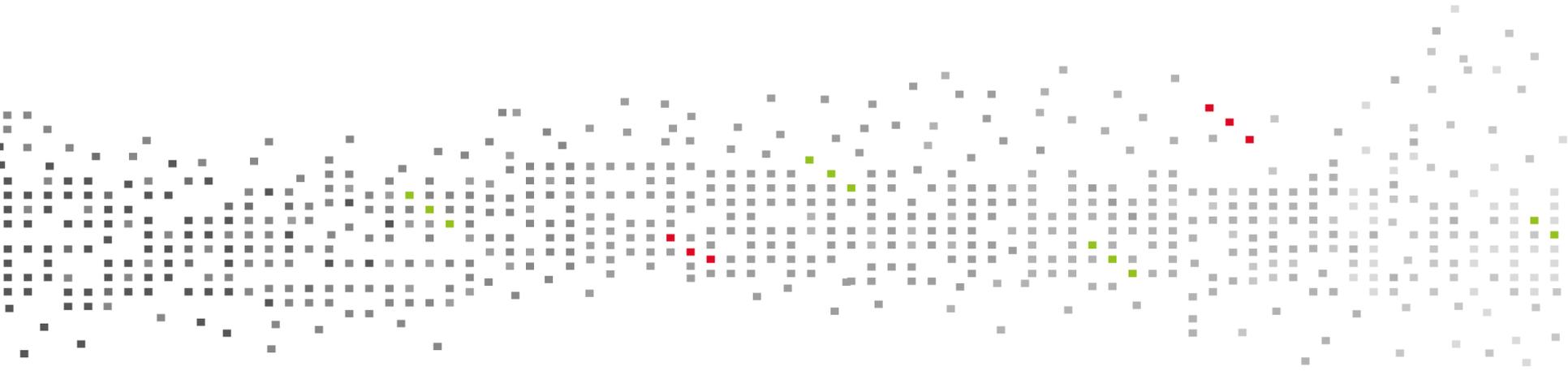
HAL Id: cea-01935068

<https://cea.hal.science/cea-01935068>

Preprint submitted on 26 Nov 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



CONTRÔLE AVANCÉ AU TRAVERS D'UN MIDDLEWARE DE COORDINATION – APPLICATION DU CONTRÔLE PRÉDICTIF AU BÂTIMENT INTELLIGENT

Workshop « Énergie et Numérique » | Fauvel Clément*, Antoni Olivier, Leseq Suzanne | 15 novembre 2018



- **40%** de l'énergie mondiale est consommée par les bâtiments

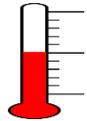
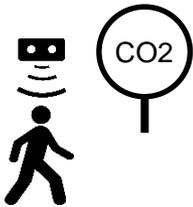
- **Concevoir** des bâtiments à faible impact environnemental
 - Architecture (BBC), matériaux, passivité

- **Amener de l'intelligence** dans le bâtiment
 - Outils d'audit : *détection de fautes, visualisation haut-niveau*
 - Gestion optimale des flux d'énergie : *consommation et production*
 - Optimisation du « confort » des occupants : *thermique, qualité de l'air*

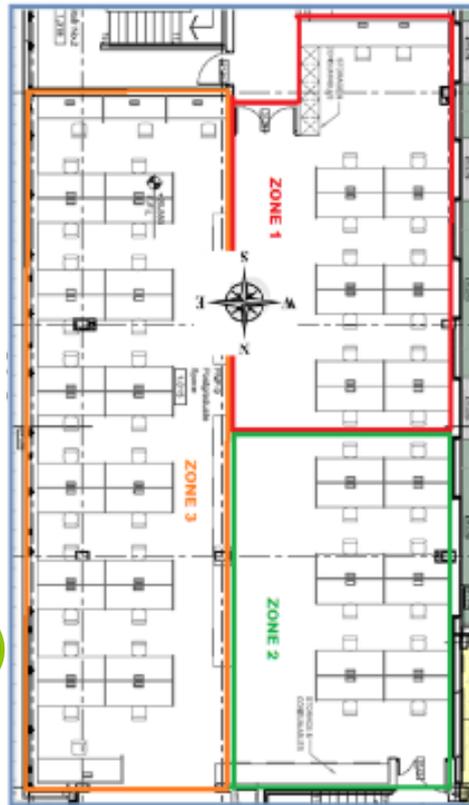
IL ÉTAIT UNE FOIS...

Dispositifs hétérogènes, distribués

- Capteurs
- actionneurs

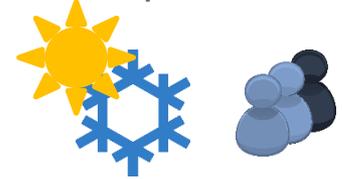


- BMS, serveurs



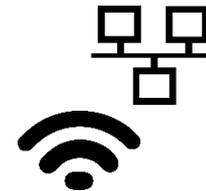
Variables exogènes

- Climatique, humain, ...



Canaux de communication

- Bacnet, LON, ...
- Wifi, ZigBee, ...

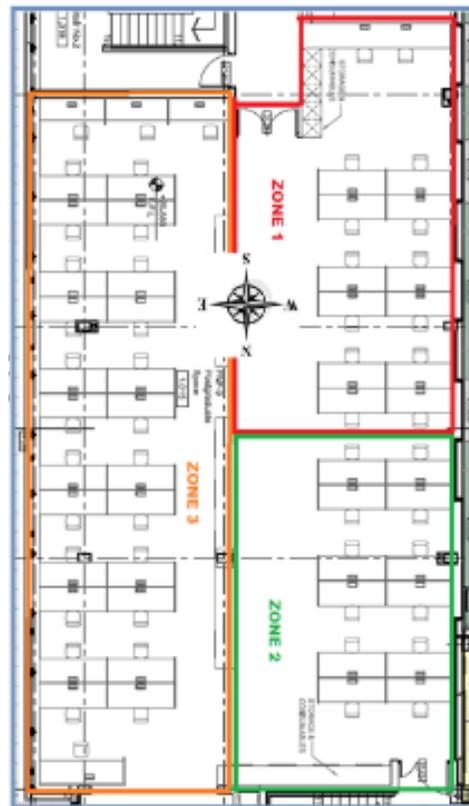


Incertitudes

- Qualité des mesures, connaissances du bâtiment
- Fiabilité

Difficultés

- Dispositifs hétérogènes, distribués
- Incertitudes
- Variables exogènes
- Canaux de communication



Objectifs :

- Piloter via des contrôleurs (distants)
 - Système de ventilation (naturel ou artificiel)
 - Chauffage (centralisé)
- S'intégrer à l'existant
- Minimiser la consommation d'énergie
- Sans dégrader le confort des occupants
 - Température
 - CO2

- 1** Introduction, contexte et objectifs
- 2** Commande prédictive à base de modèle (MPC)
- 3** LINC, middleware de coordination
- 4** Application au bâtiment intelligent – mise en œuvre
- 5** Conclusion et discussions

■ Etat des lieux initial

- 1 contrôleur
- Ok en valeur moyenne
- Inconfort

■ Découpage en zone

- 1 contrôleur par zone
- 1 température de référence par zone
- Optimisation du confort personnalisé

■ Comment faire le découpage?

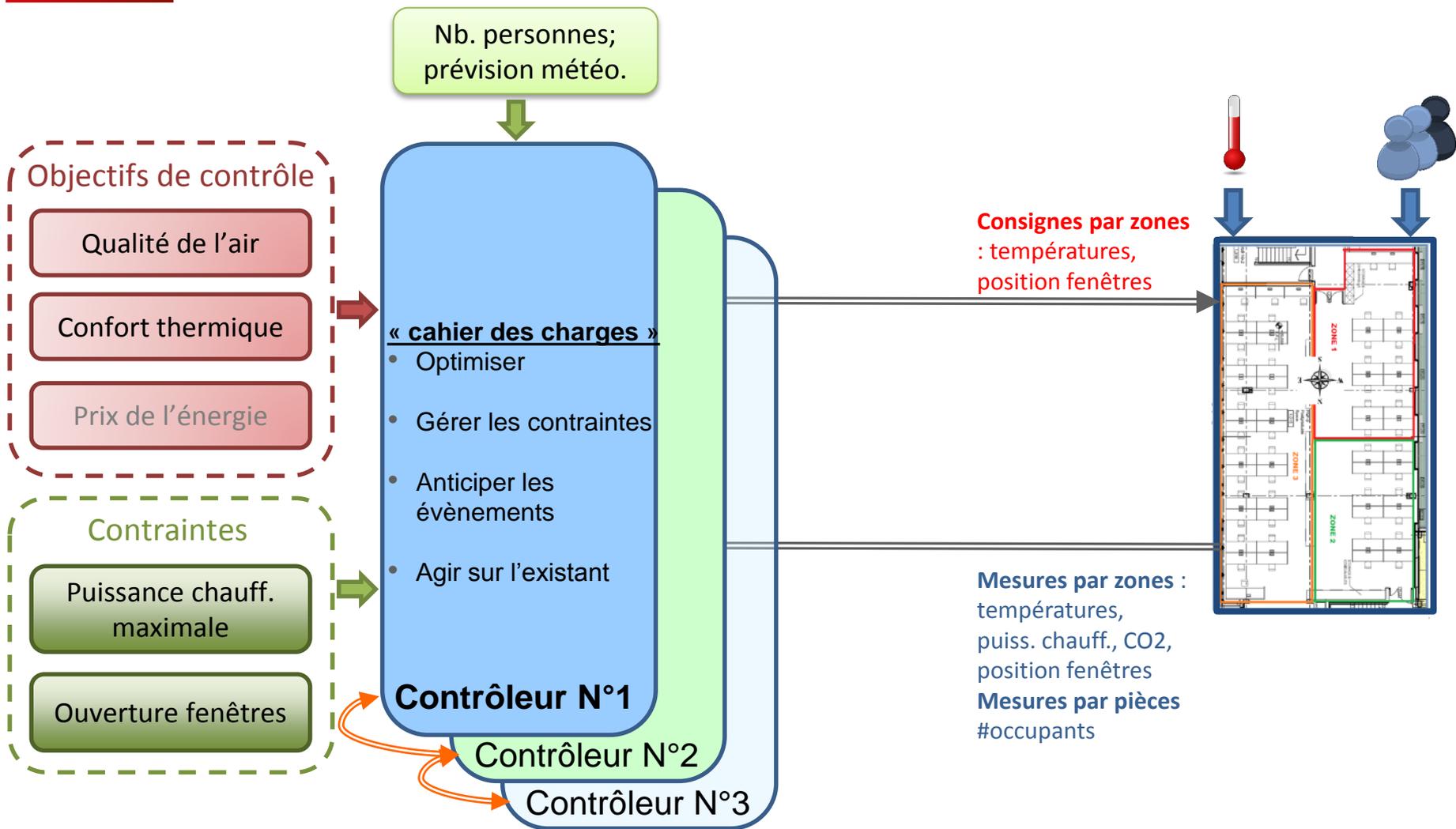
- Couplage
- Instrumentation
- Indépendance circuit de chauffage

Consignes par zones
: températures,
position fenêtres

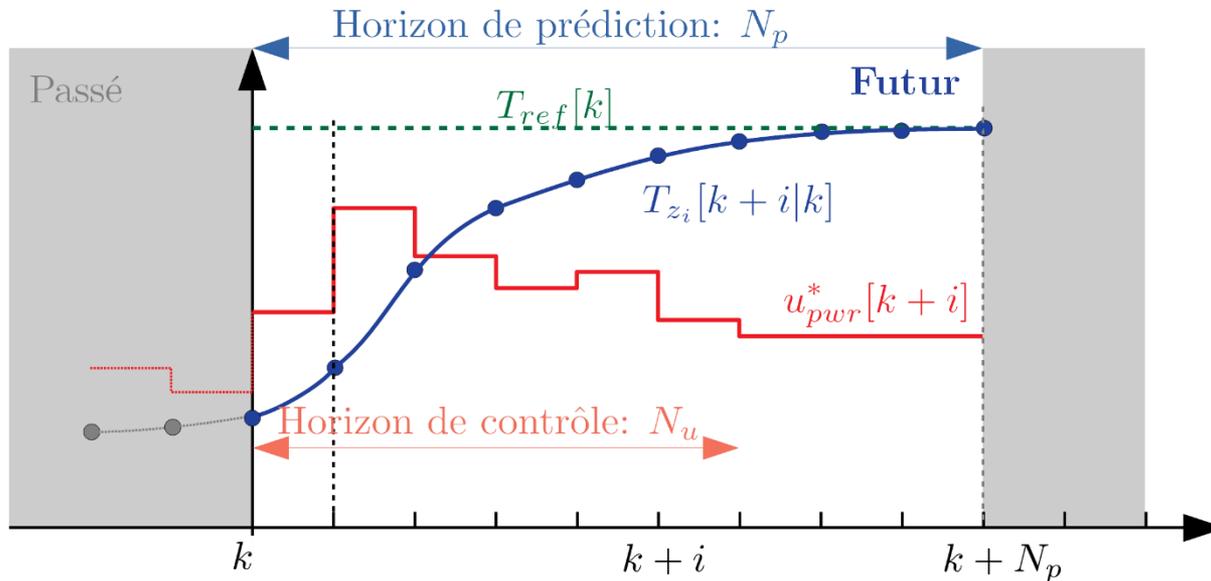
Mesures par zones :
températures,
puiss. chauff., CO2,
position fenêtres
Mesures par pièces
#occupants



ARCHITECTURE DE CONTRÔLE DISTRIBUTÉ (THÉORIQUE)



PHILOSOPHIE DE LA COMMANDE PRÉDICTIVE



T_{ref} : référence

T_{z_i} : sortie

u_{pwr} : commande

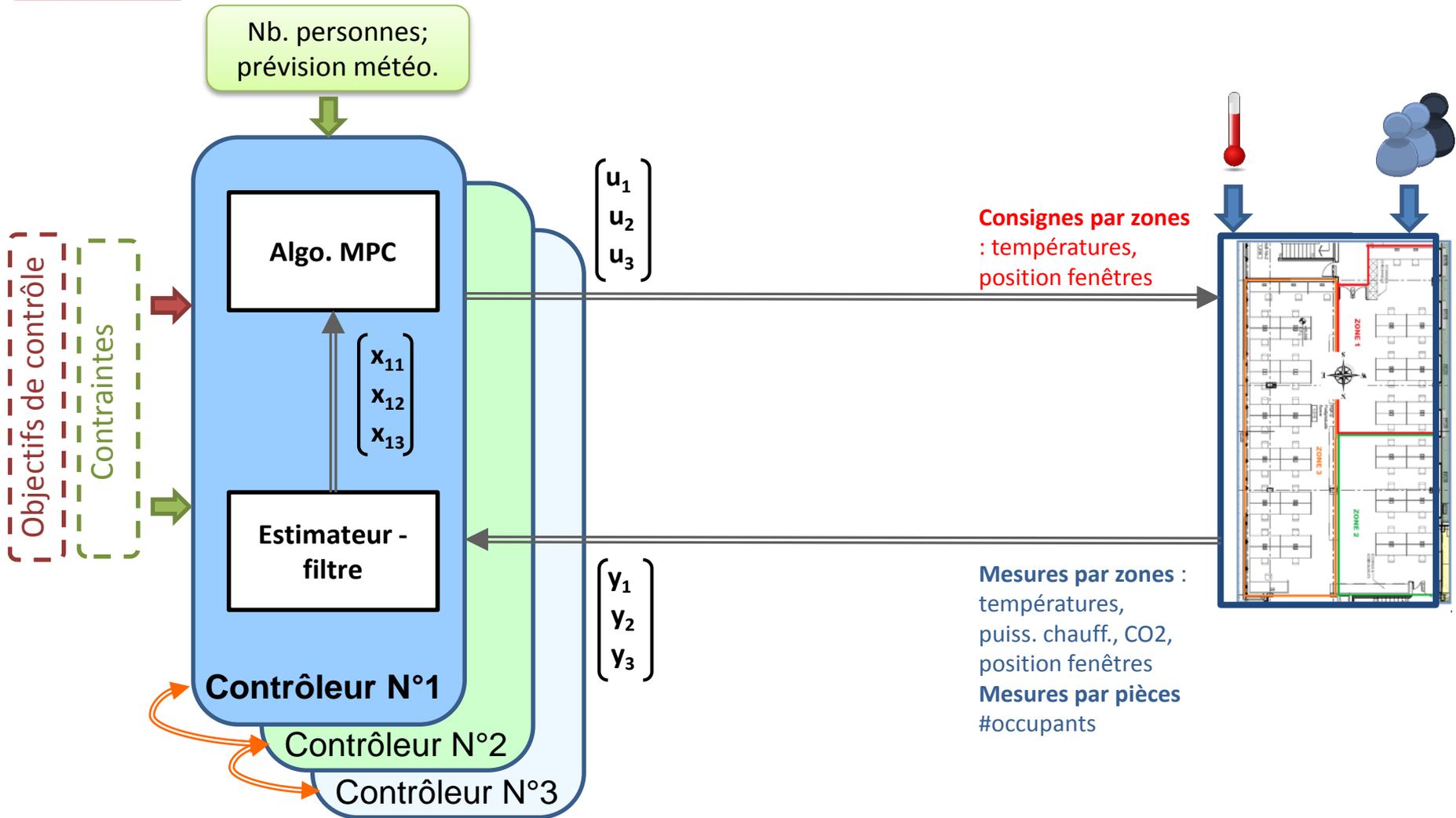
■ Commande prédictive (MPC)

- Commande à base de **modèle**
 - Modèle? Identification, mise à jour
- **Prédiction** de la sortie
 - Horizons ?
- Calcul d'une **séquence** u_{pwr} **optimale**
 - Problème d'optimisation
 - Algorithme / solveur ?
- **Horizon glissant**

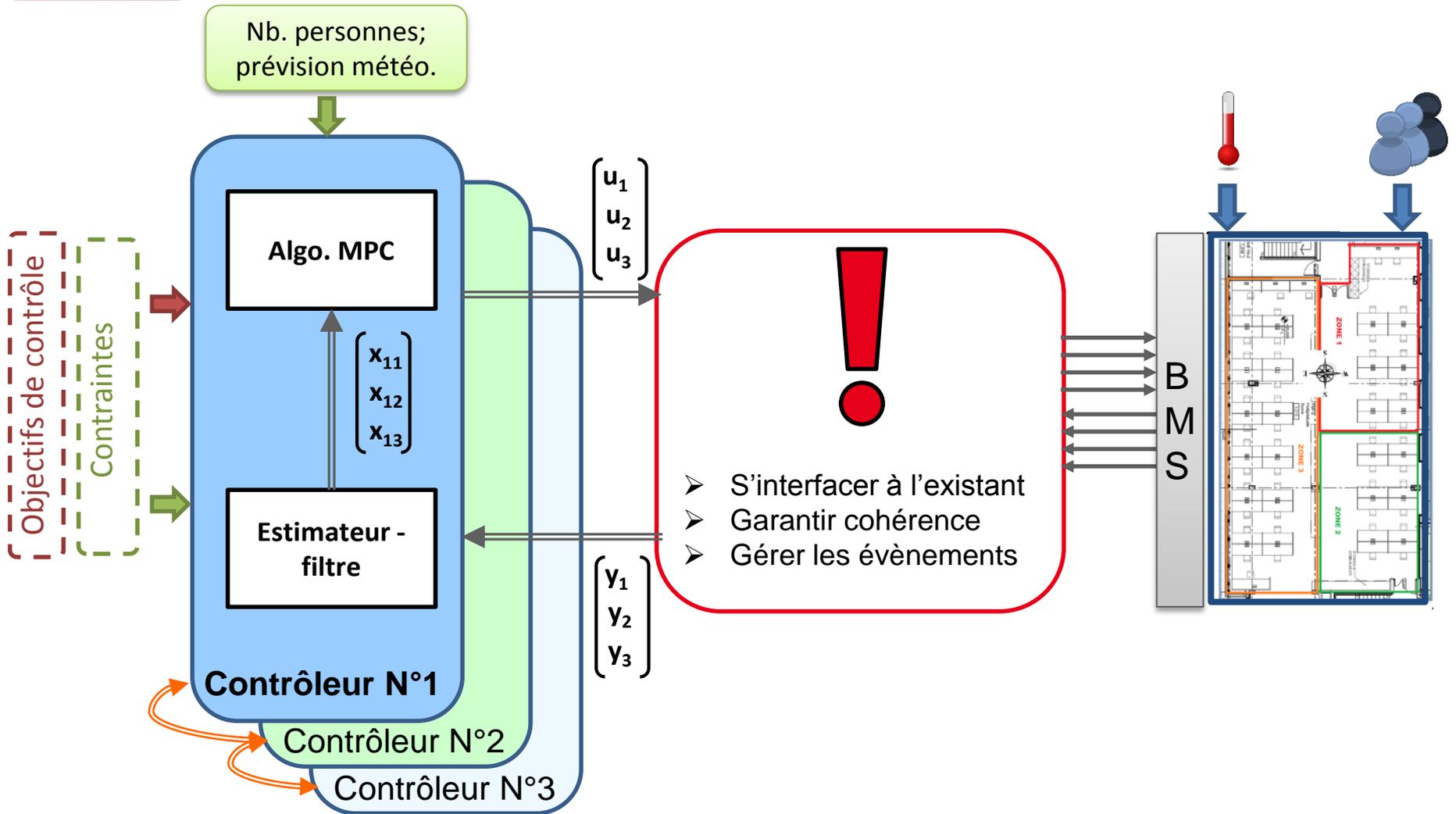
■ Pourquoi le MPC ?

- Manipule **plusieurs** entrées / sorties
- **Optimise** un compromis *économie vs confort*
- Gère les **contraintes**
 - Actionneurs, bornes confort

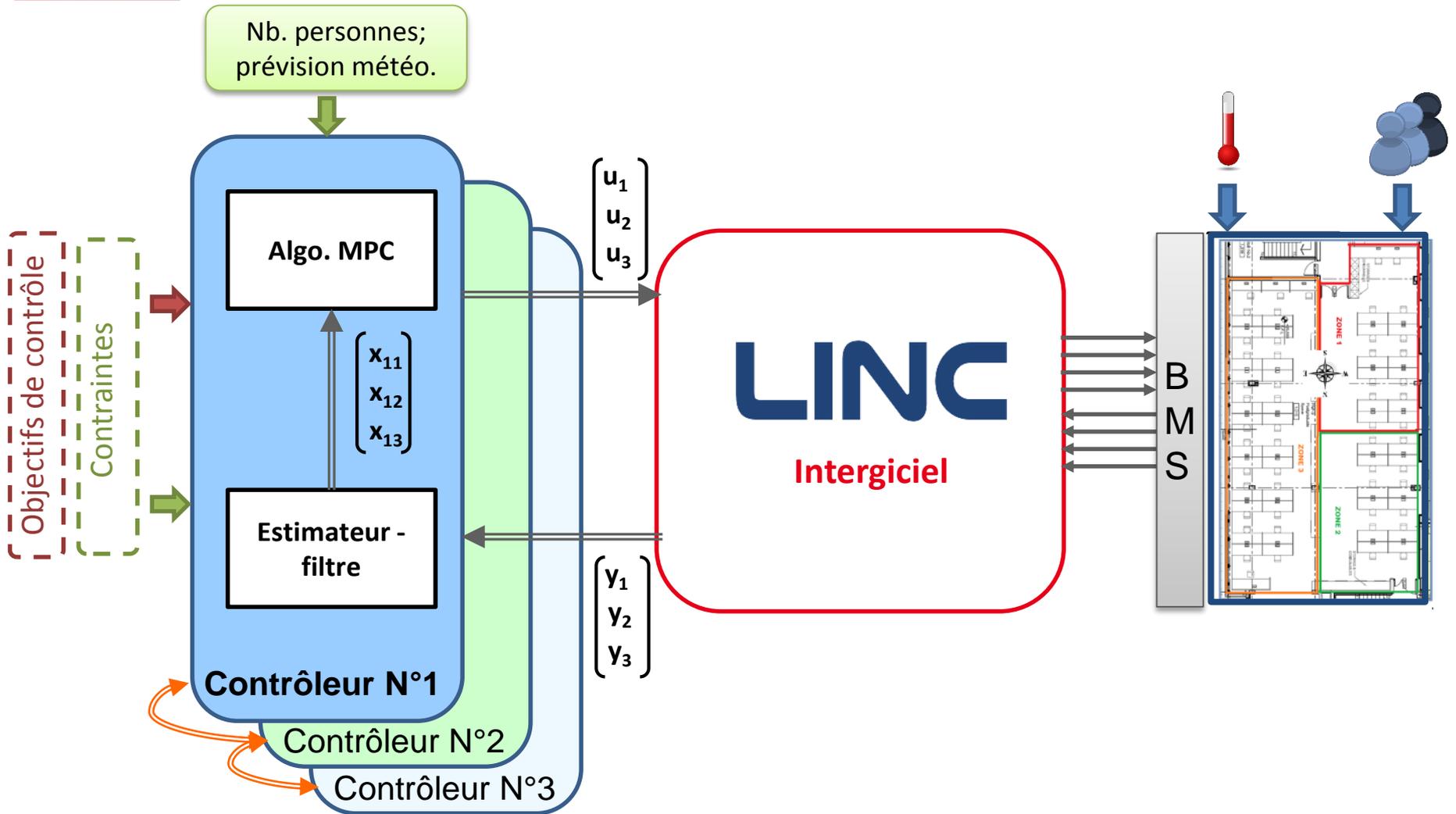
VISION CÔTÉ CONTRÔLEUR DISTRIBUTUÉ (MPC)



CONNEXION AU MONDE PHYSIQUE



INTERGICIEL DE COORDINATION



UN « MIDDLEWARE » POUR QUOI FAIRE ?



Application

Intergiciel



Ressources

LINC

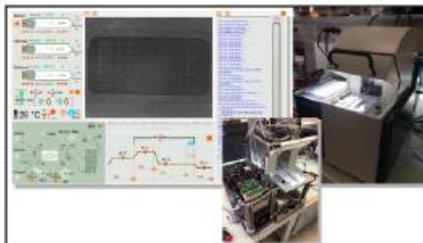
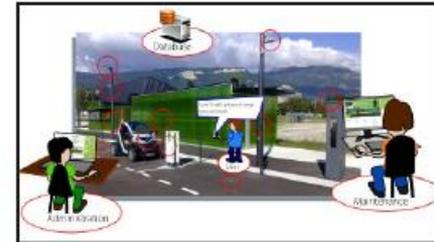
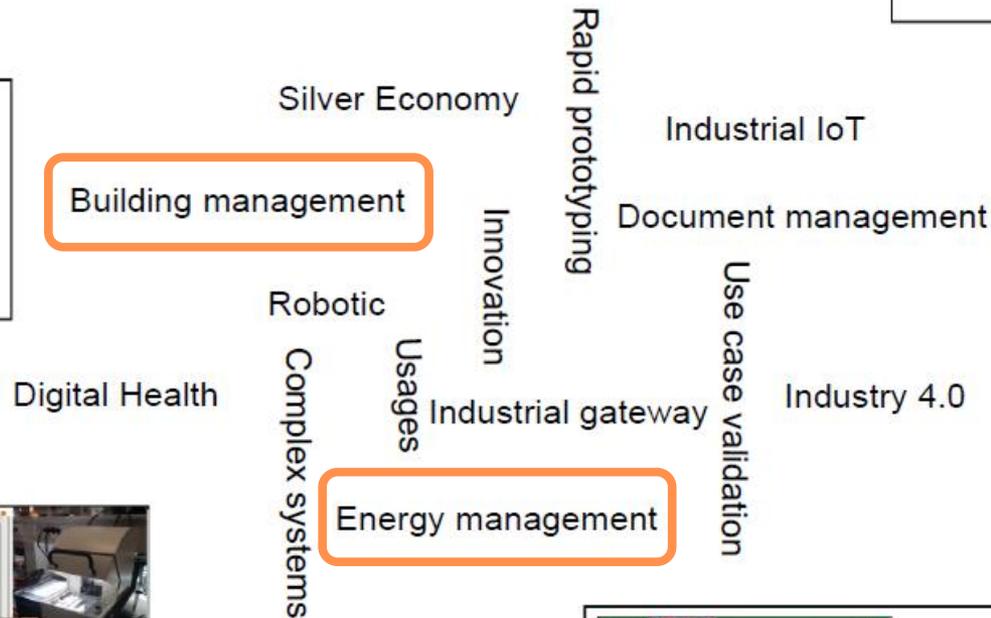
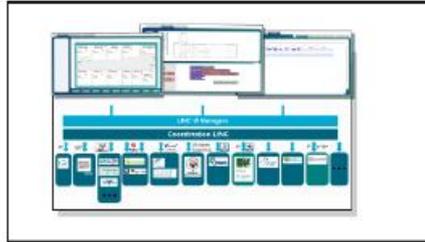


Le **middleware** permet notamment de

- Récupérer de l'information
- Déclencher des actions sur la base d'évènements complexes
- Coordonner des systèmes (distribués) hétérogènes
- Le tout de manière fiable et sécurisée

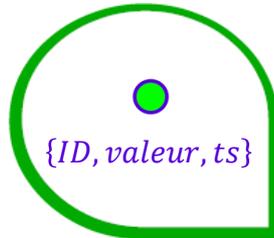


LES DOMAINES D'APPLICATION DE LINC

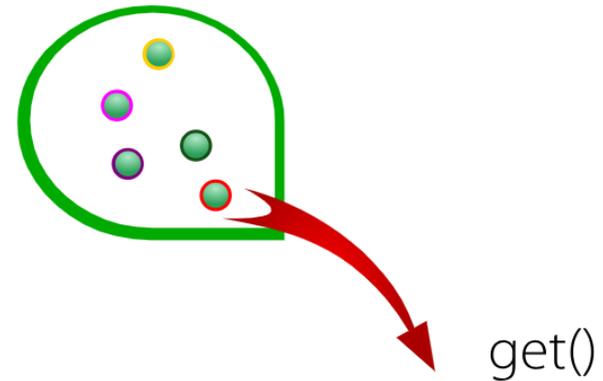
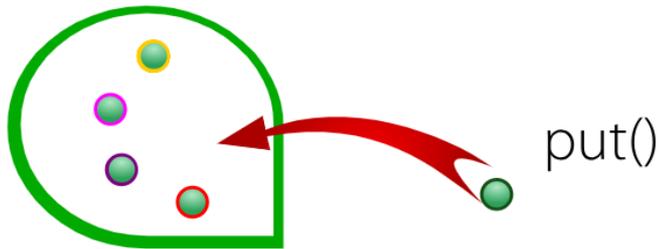
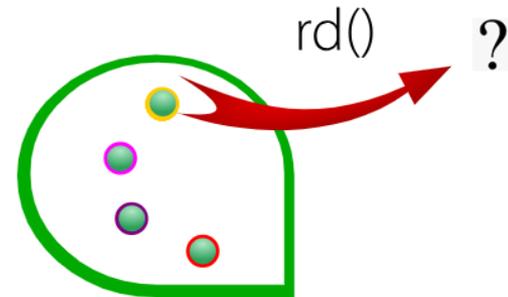


LINC OU « DES SACS POUR ABSTRAIRE LE MONDE »

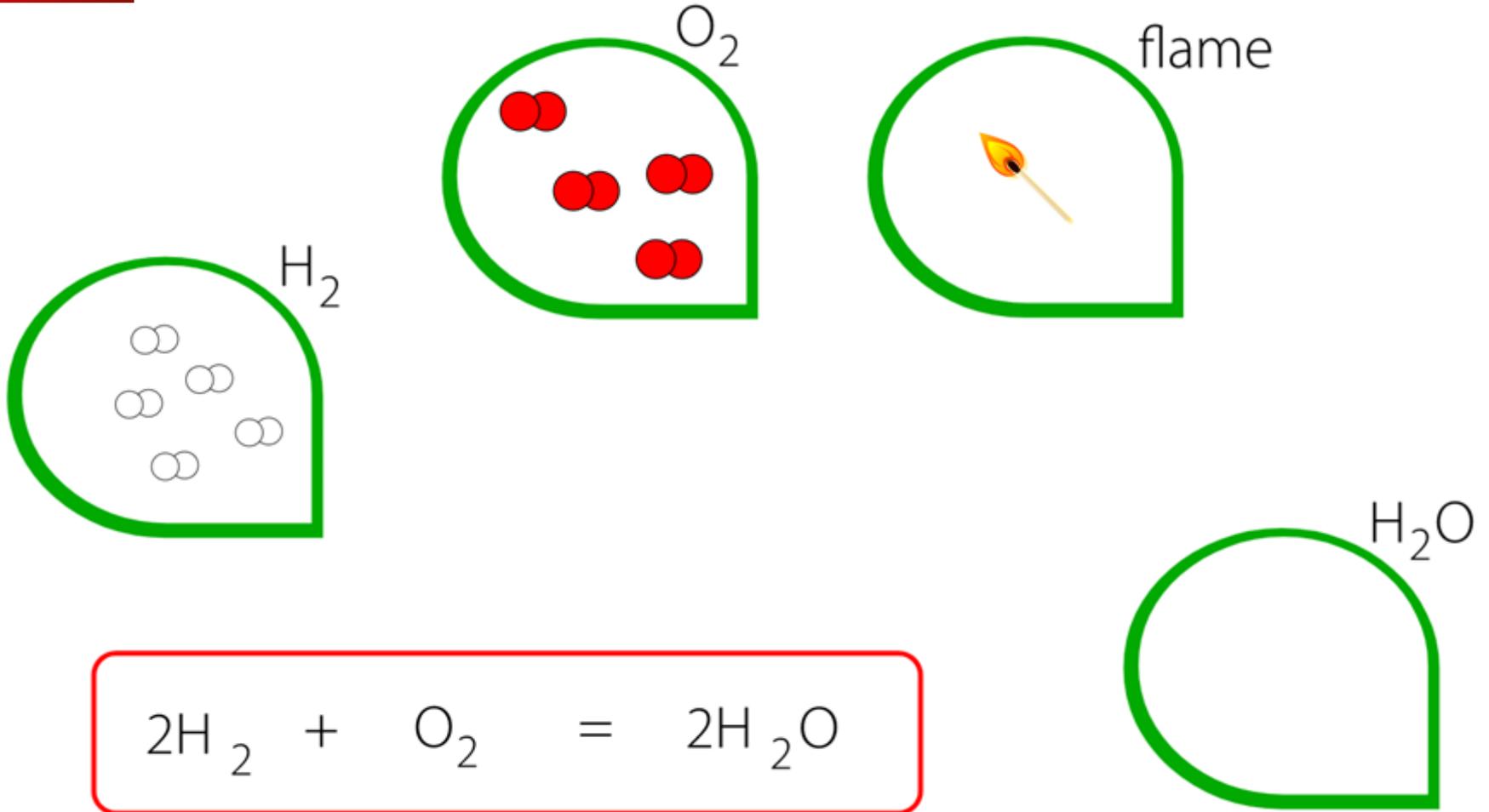
Sac



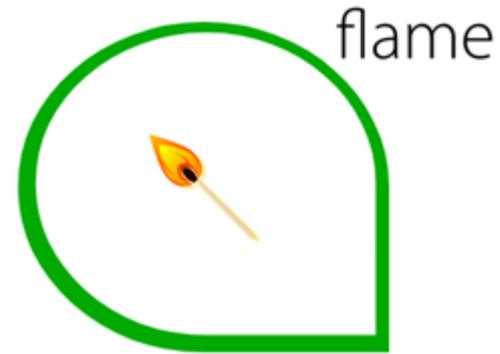
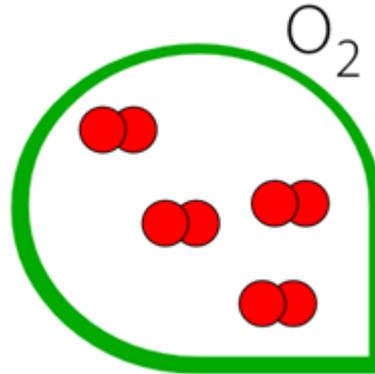
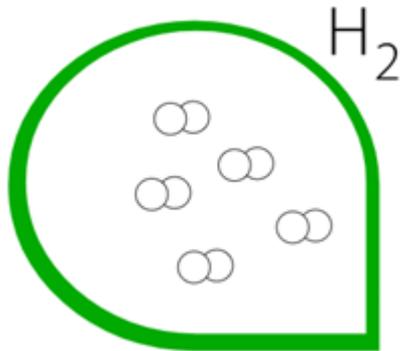
Ressource



EXEMPLE : RÉACTION CHIMIQUE

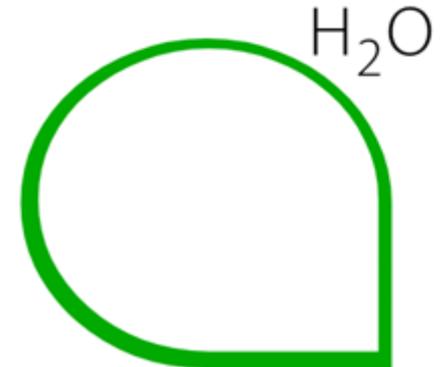


EXEMPLE : RÈGLE LINC



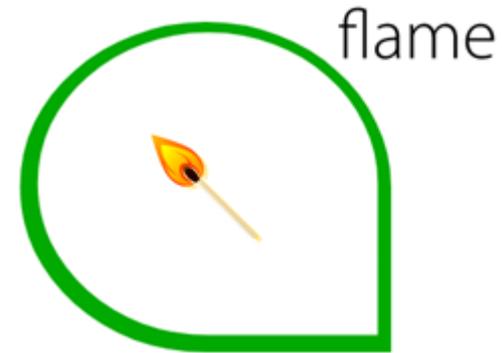
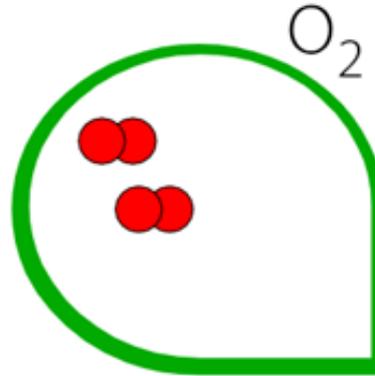
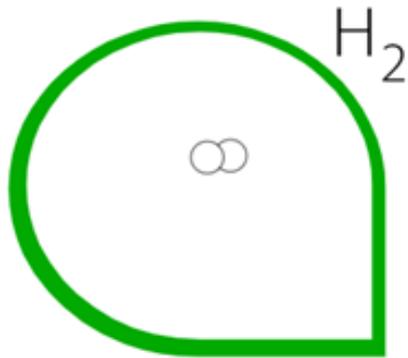
```
["flame"].rd(flame) &
["O2"].rd("O2_molecule") &
["H2"].rd("H2_molecule") &
```

```
::
{
  ["flame"].rd(flame);
  ["O2"].get("O2_molecule") ;
  ["H2"].get("H2_molecule") ;
  ["H2"].get("H2_molecule") ;
  ["H2O"].put("water") ;
  ["H2O"].put("water") ;
}
```



Ces évènements initiateurs
doivent avoir lieu
simultanément

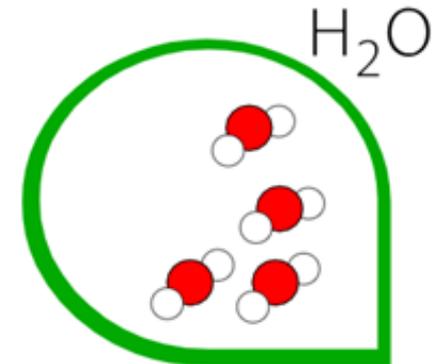
EXEMPLE : RÈGLE LINC



Ces actions seront
réalisées dans leur
intégralité ou **pas du tout**

```
["flame"].rd(flame) &
["O2"].rd("O2_molecule") &
["H2"].rd("H2_molecule") &
::
```

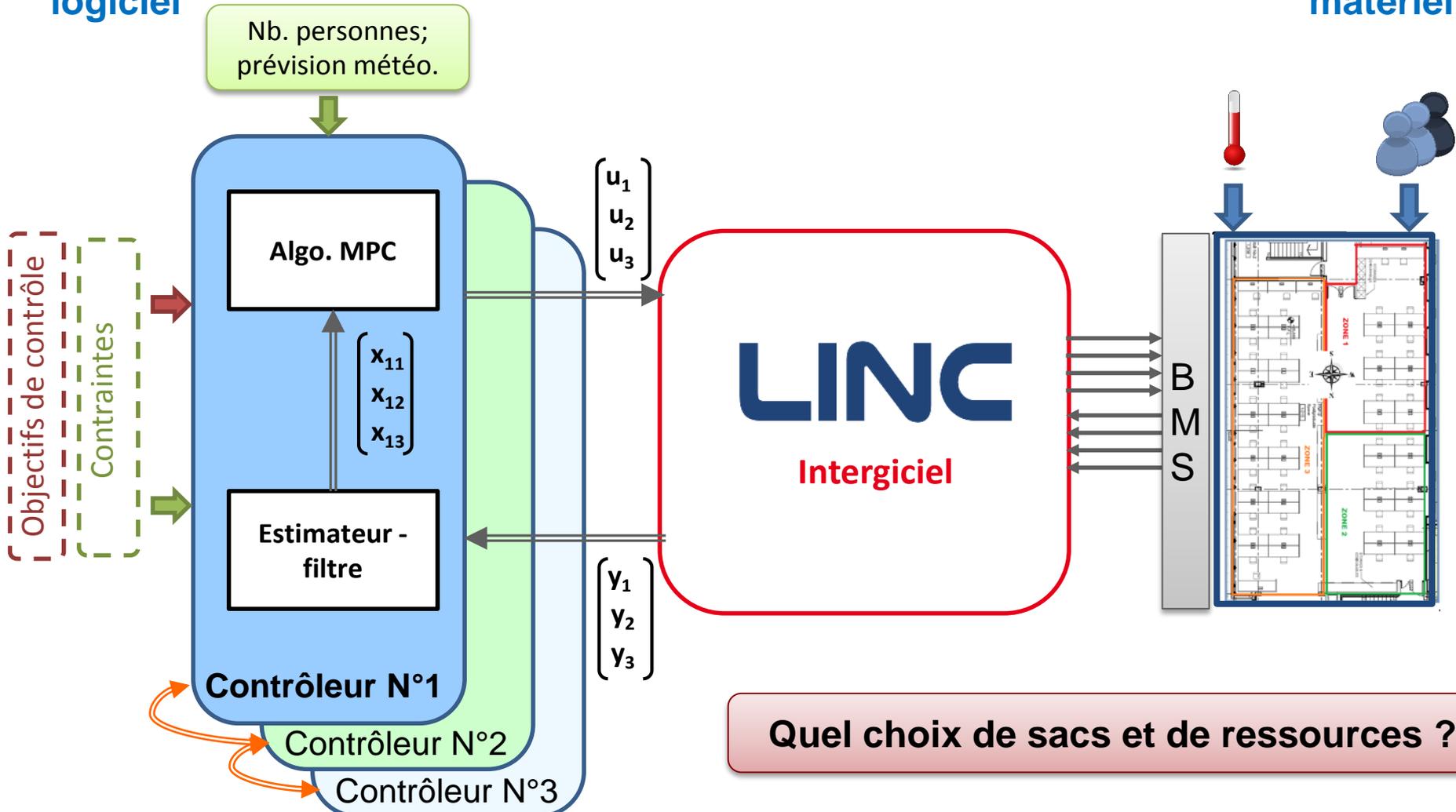
```
{
  ["flame"].rd(flame);
  ["O2"].get("O2_molecule");
  ["H2"].get("H2_molecule");
  ["H2"].get("H2_molecule");
  ["H2O"].put("water");
  ["H2O"].put("water");
}
```



RETOUR SUR NOTRE ARCHITECTURE DE CONTRÔLE

Composants logiciel

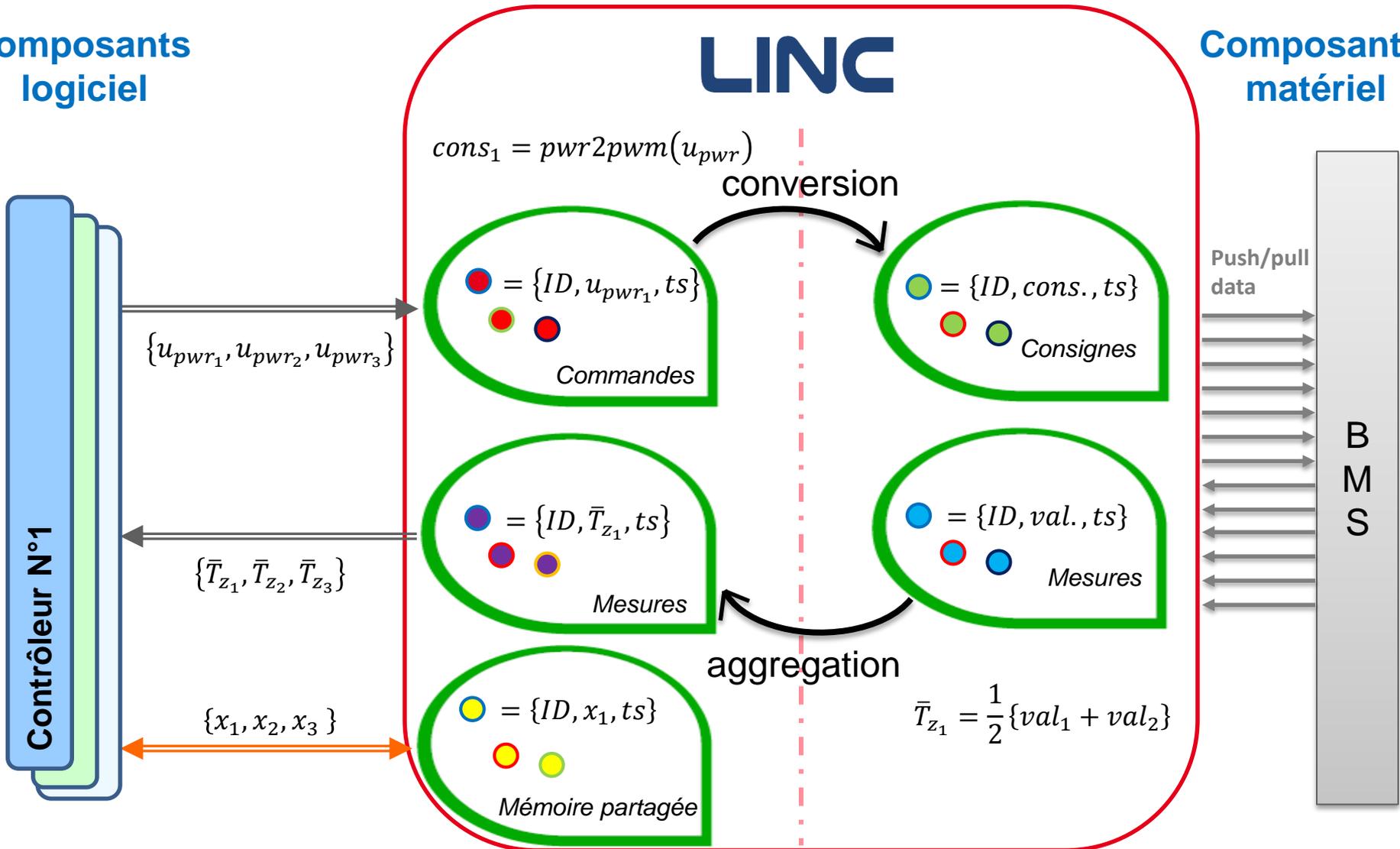
Composants matériel



LA COMMANDE PRÉDICTIVE À TRAVERS LINC

Composants
logiciel

Composants
matériel

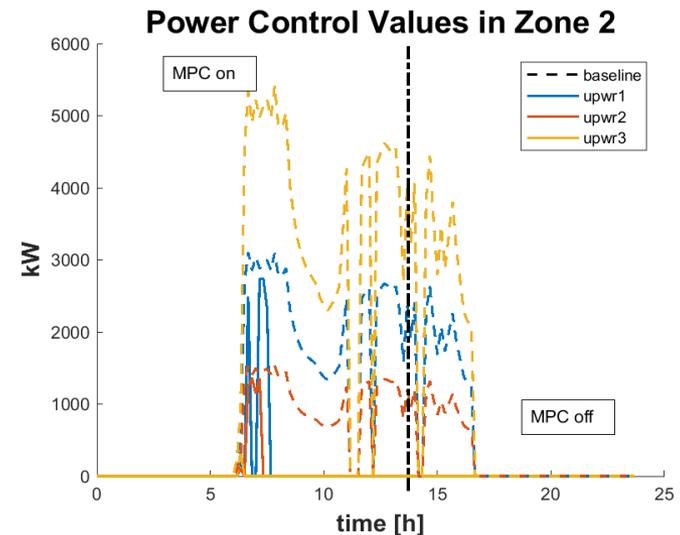
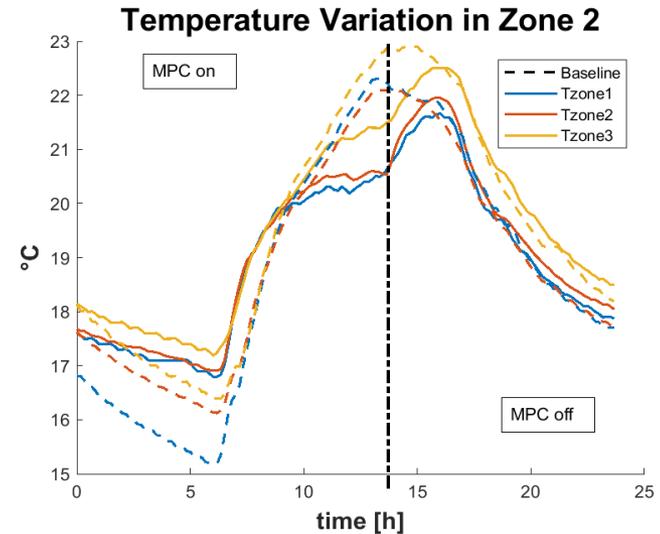


Scenarios

- « pointillée » = contrôleur initial
- 3 zones
- Conditions *hivernales*
- $T_{ref} = 21^{\circ}C$

Résultats

- Baisse usage radiateur (économie d'énergie)
- Amélioration du confort thermique



• Fiabilité & Adaptabilité

- Panne d'un **capteur ou actionneur** ?
 - LINC détecte & alerte
 - Contrôleur actifs (dégradé)
- Arrêt d'un **contrôleur** ?
 - LINC détecte & alerte
 - Autres contrôleurs actifs (dégradé)
 - Redémarrage « à chaud »
- **Maintenance** de la machine hébergeant LINC?
 - Redémarrage auto. de LINC
 - Mode autonome des contrôleurs (décentralisé)

• Modularité & Généricité

- **Modification** d'un contrôleur ?
 - Transparent
- Ajout d'une **nouvelle zone** ?
 - Nouvelle ressource
 - Sacs conservés
- Nouvelles **fonctionnalités** ?
 - Observateurs
 - Détection de fautes
 - IHM
- **Simulation** d'une ressource:
 - « BMS » virtuel
 - Validation de briques

Une technologie mature du CEA ...

- TRL 7 pour le cœur de la technologie
- Démonstrateurs développés avec des industriels (IRT Nanoelec)
- Bibliothèque de composants réutilisables par domaine d'application

Un composant logiciel validé ...

- Gestion du compromis énergie / confort avec contraintes
- Conception générique et fiable
- Passage à l'échelle (distribué)

... exploitée aujourd'hui par la start-up

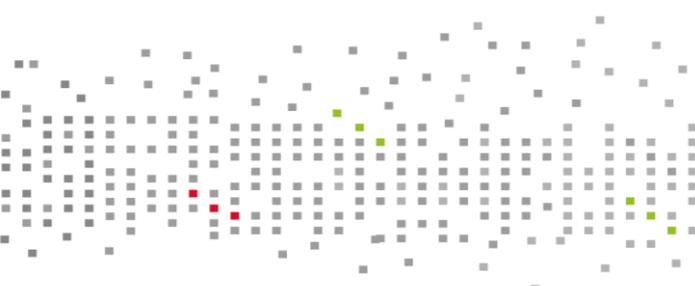


... perspectives

- Coordination de contrôleurs pour de grands systèmes complexes distribués

... perspectives

- MPC embarqué
(*partenariat industriel*)
- Architecture hiérarchisée distribuée



Leti, technology research institute

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Minatec Campus | 17 rue des Martyrs | 38054 Grenoble Cedex | France
www.leti-cea.com

