modèles génériques applicables à la synthèse de contrôleurs discrets pour l'Internet des Objets

Mengxuan Zhao, Gilles Privat, Orange Labs, Grenoble, France

Eric Rutten, INRIA, Grenoble, France

Hassane Alla, Gipsa Lab, Grenoble, France

MSR'13 - Rennes – 14/11/2013

gipsa-lab

INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE

orange™

sommaire

1 motivations et contexte

2 formalisme utilisé

3 exemple d’application

4 conclusion

sommaire

1 motivations et contexte

2 formalisme utilisé

3 exemple d’application

4 conclusion

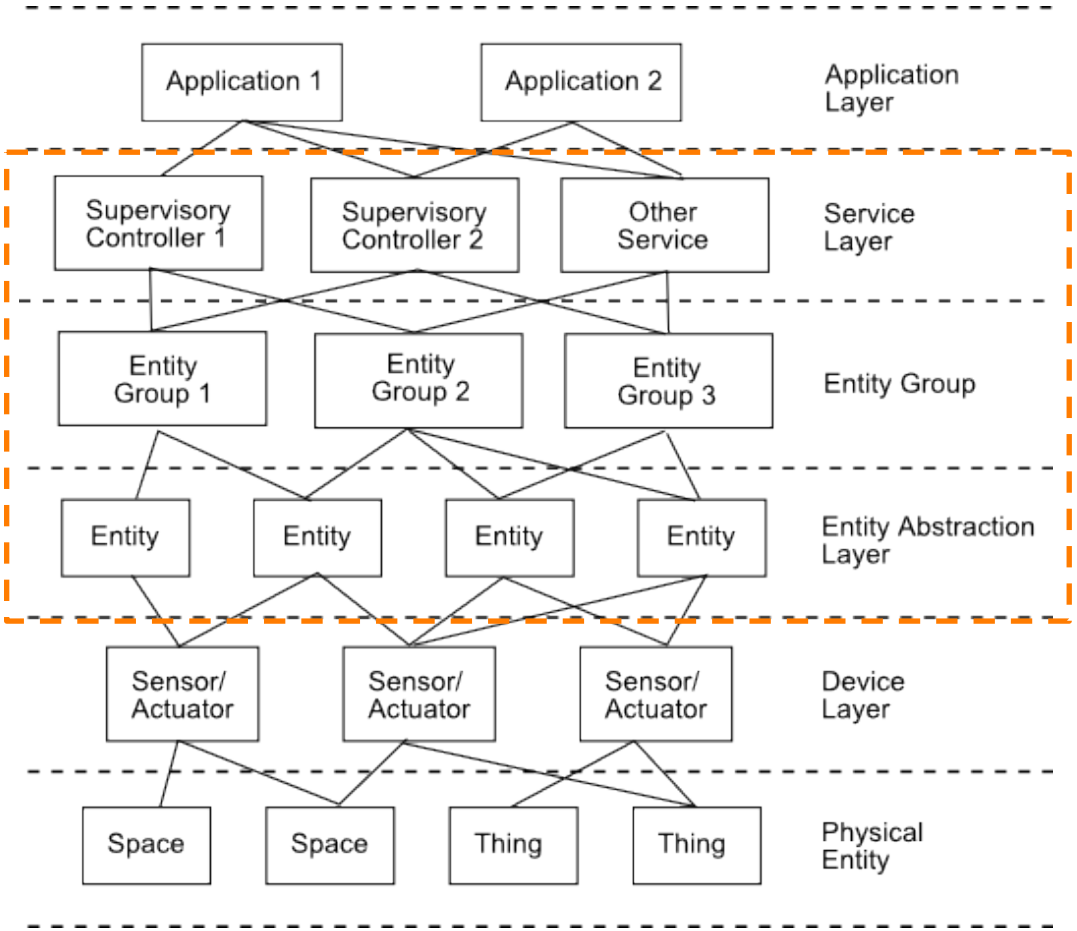
Internet des Objets et Environnements Intelligents

- instrumentation massive de l'environnement physique par des capteurs et des actionneurs connectés en réseau
- nouvelle génération de systèmes de contrôle
- exemples: smart homes, smart buildings, smart cities
  - nature: **évolutive**, **hétérogène** et **ouverte**
  - contraintes de marché de masse**:** sur mesure pas possible
  - **similaire**: **solution générique possible et utile**
- Nécessite: auto-configuration complète pour le système de contrôle

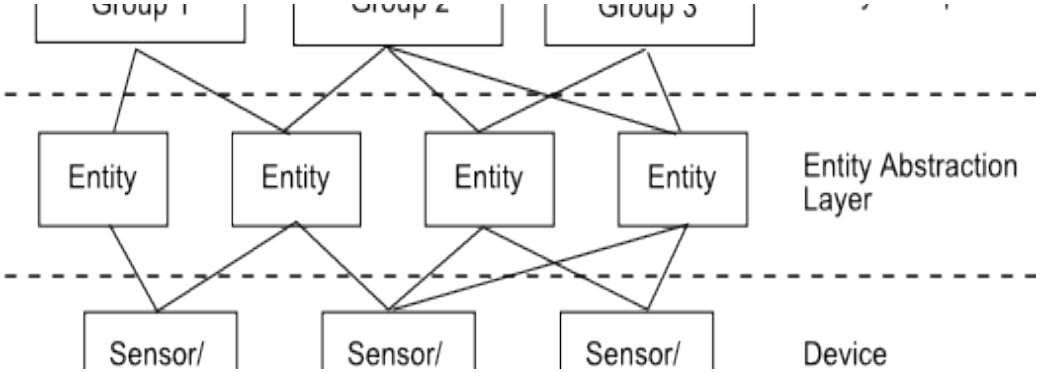
approche proposée

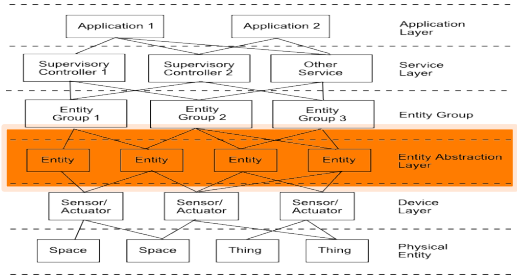
- 1ère étape pour concevoir des modèles génériques dans l'Internet des Objets
  - exemple dans la maison:
    - modèles généralisables et transposables
    - objectifs génériques
- synthèse de contrôleurs discrets (SCD)
  - objectifs non-quantitatifs
  - garantie pour les objectifs

infrastructure pour l'Internet des Objets et les Environnements Intelligents



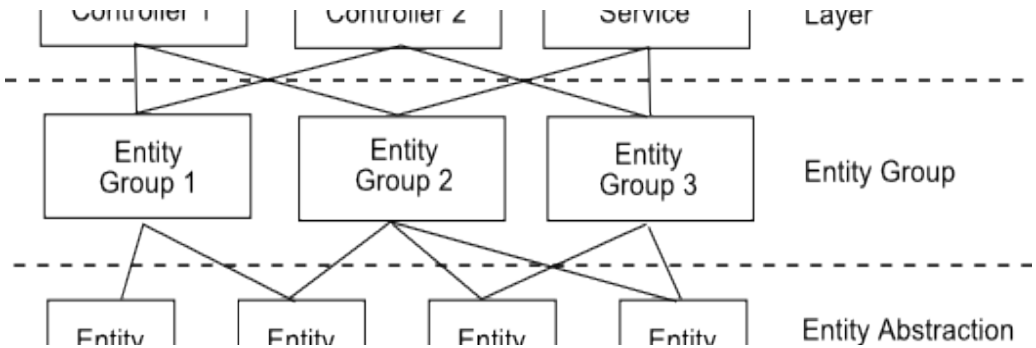
couche d'abstraction d'entité

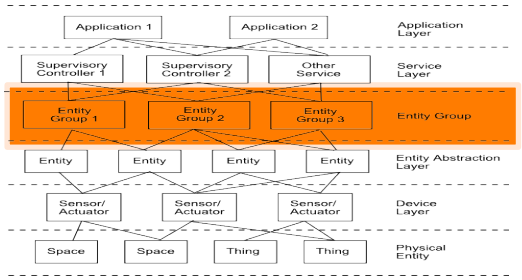




- intégration **dynamique** des entités physiques « **legacy** »
- abstraction d'entité
  - représentant d'une entité physique
  - identification et monitoring
  - états, valeurs
- exemple dans la partie 2

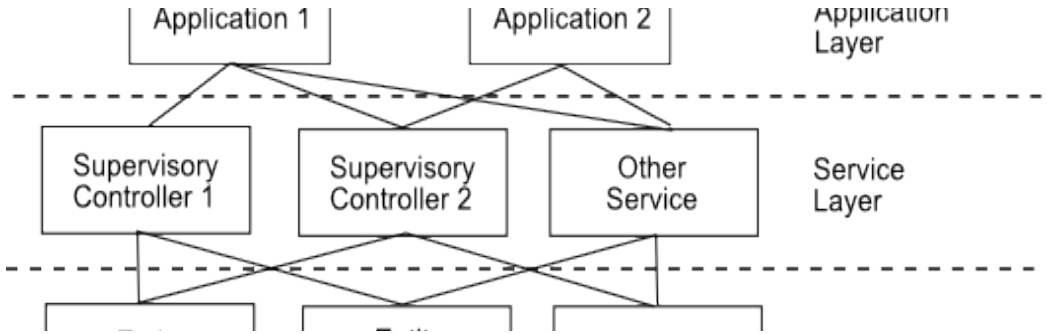
couche groupe d'entités

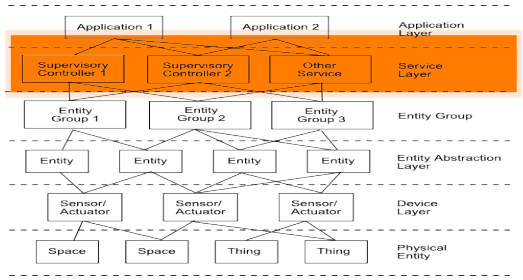




- grouper les entités par leurs **caractéristiques**
- capturer la similarité dans différentes instances d'environnement
- abstraction intéressante pour les objectifs de contrôle **génériques**

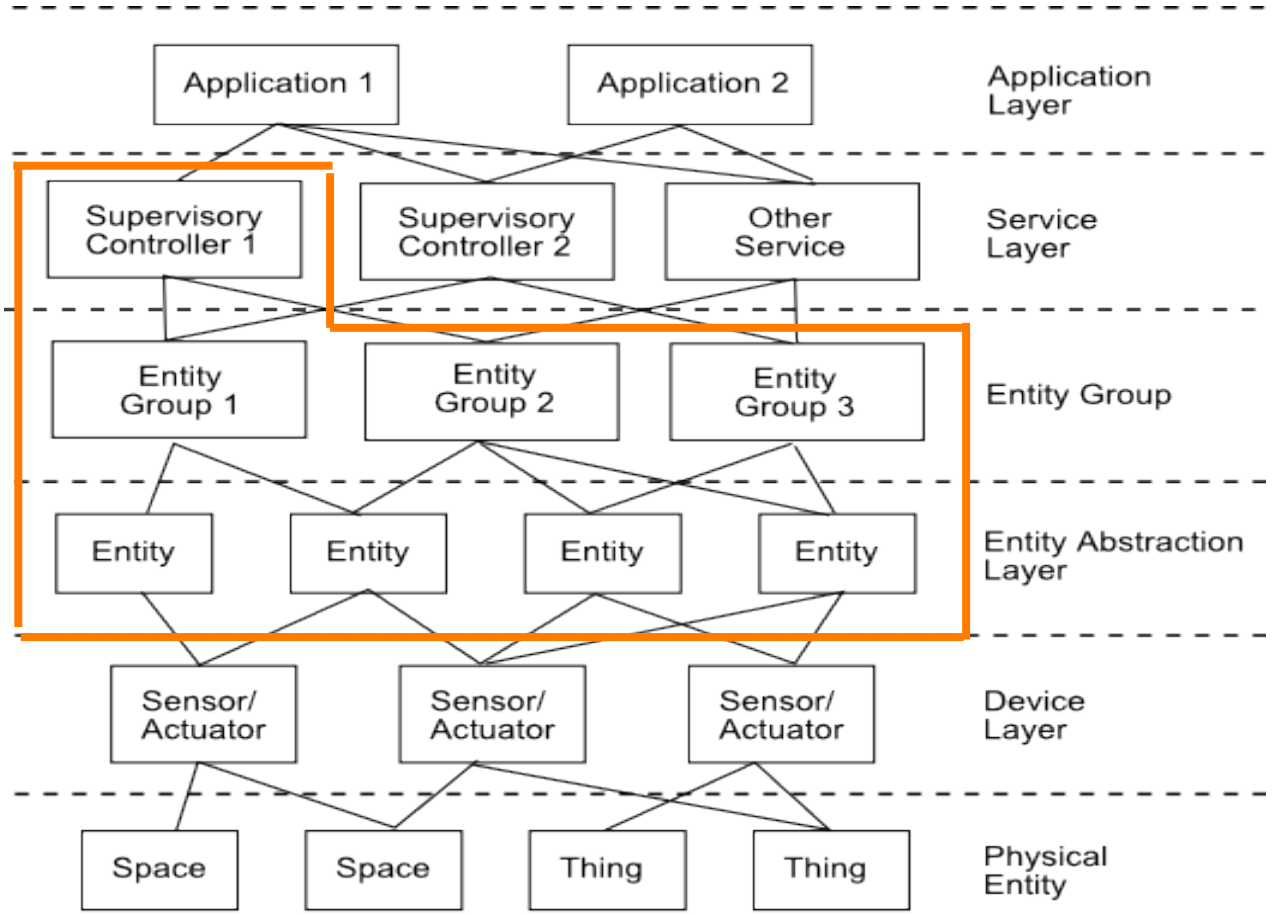
couche service (contrôleur supervisé)





- service partagé: peut servir pour les applications spécifiques
- contrôle sur les groupes
- modularité possible (mais pas présentée dans l'exemple d'application)

blocs développés dans l'exemple présenté



sommaire

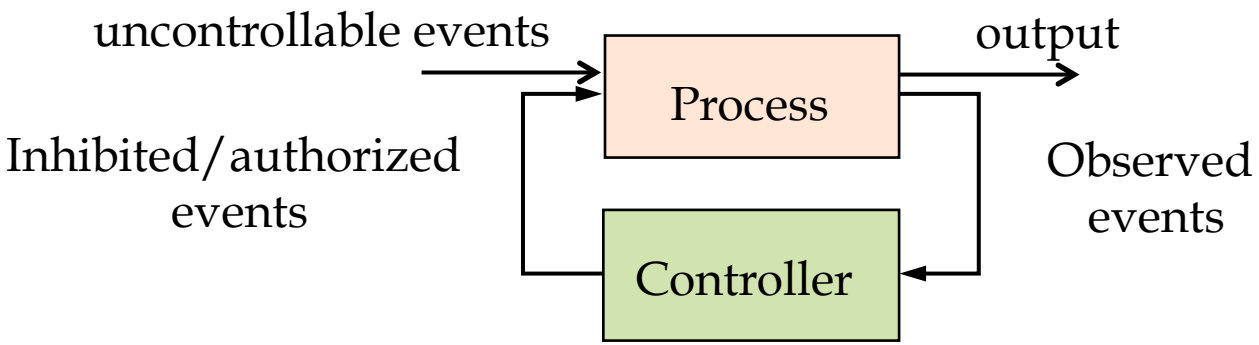
1 motivations et contexte

2 formalisme utilisé

3 exemple d’application

4 conclusion

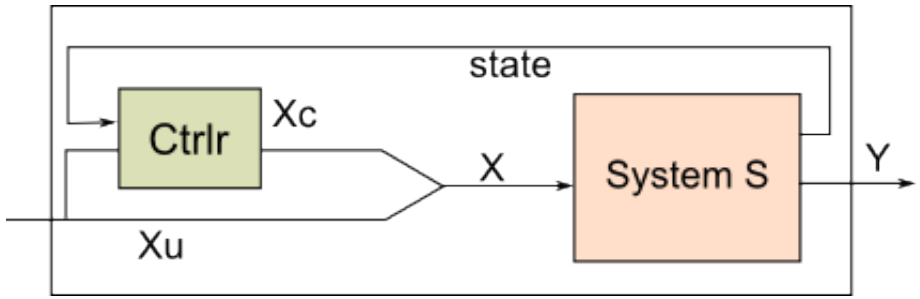
contrôle supervisé pour les systèmes discrets



- Ramage et Wonham (1980s)
- contrôle en boucle fermée
- modélisation: **procédé** + **spécifications** de fonctionnement
- entrées contrôlables + incontrôlable
- objectif: système contrôlé qui respecte les spécifications

synthèse de contrôleurs discrets (SCD)

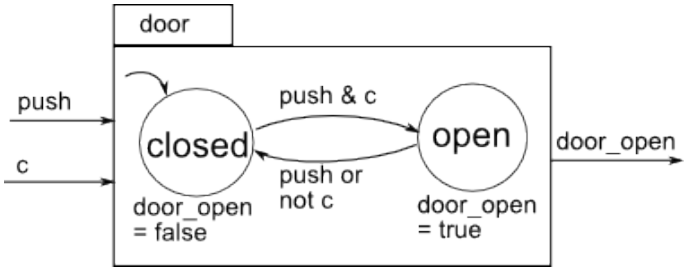
- objectif: assurer une propriété Φ du système qui n'est pas satisfaite à priori et construire un contrôleur automatiquement s'il existe
- principes:
  - modèle du système + variables d'entrée (contrôlables et incontrôlables) + propriété Φ à assurer
  - construire un contrôleur tel que le système contrôlé respecte Φ (invariant, accessibilité)



- outil: Sigali (H. Marchand e.a.)

BZR: langage de programmation de haut niveau

- langage synchrone avec SCD de Sigali dans sa compilation
- automates + équations pour décrire le comportement du système (Heptagon)
- contrat pour exprimer Φ invariant (dans la partie **enforce**)
- SCD dans la compilation (Sigali)
- code executable: C, Java.




```
node door (push,c:bool) returns (door_open:bool)
let automaton
state Closed do
    door_open = false;
    until push and c then Open
state Open do
    door_open = true;
    until push or (not c) then Closed
end; tel
```

$$\texttt{twodoors}(push_1, push_2) = open_1, open_2$$

$$\texttt{enforce not } (open_1 \texttt{ and } open_2)$$

$$\texttt{with } c_1, c_2$$

$$(open_1) = \texttt{door}(push_1, c_1)\ ;$$

$$(open_1) = \texttt{door}(push_2, c_2)$$

corpus de règles de contrôle

- supposé connu, constitué incrémentalement
- catégories de contrôle
  - sûreté (**sa**) : éviter incendie
  - sécurité (**se**): éviter cambriolage
  - efficacité énergétique (**e**): éviter gaspillage
  - confort (**c**): assurer confort
  - etc.
- objectifs génériques
  - différentes instances d'environnement
    - ex: maison d'Alice et maison de Bob
  - différentes échelles d'environnement
    - ex: maison, bâtiment, ville

sommaire

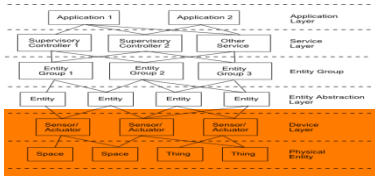
1 motivations et contexte

2 formalisme utilisé

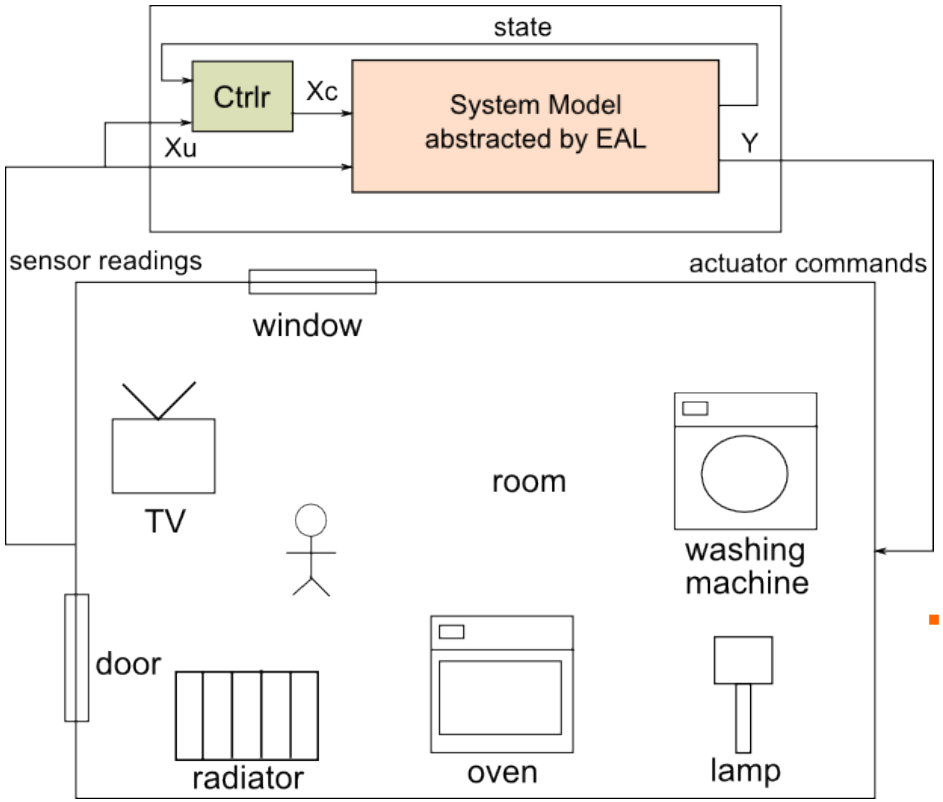
3 exemple d’application

4 conclusion

environnement ciblé

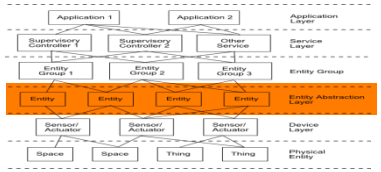


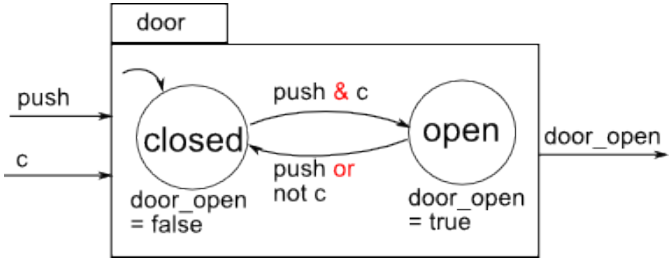
- exemple de maison intelligente généralisable

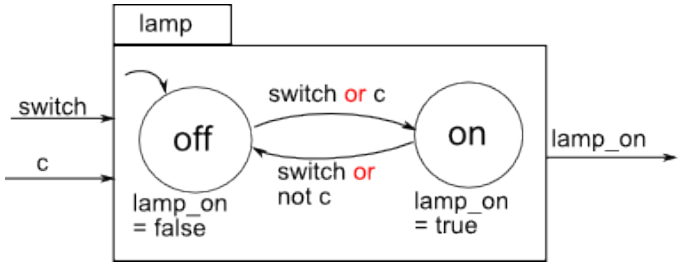


- entités physiques
  - ouvrants (fenêtres et portes): fermé-ouvert
  - lampe, TV: on-off
  - radiateur: off-horsGel-eco-chaud
  - machine à laver: plusieurs phases, peut être suspendu
  - four: off-chaud-maintenir-rechauffer
  - pièce: vide-occupé
- capteurs et actionneurs
  - présence
  - contact
  - courant
  - interrupteur
  - moteur sur les ouvrants

modèles des entités (1)

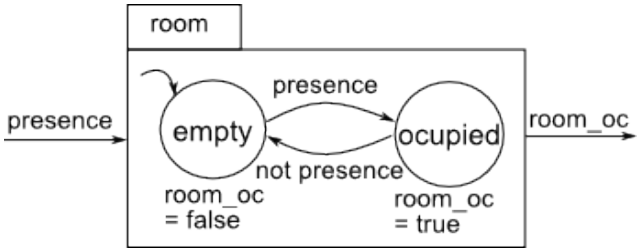






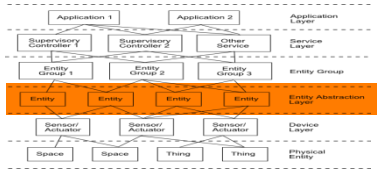
- porte et fenêtre
  - états: *closed, open*
  - input: incontrôlable *push*, contrôlable *c*

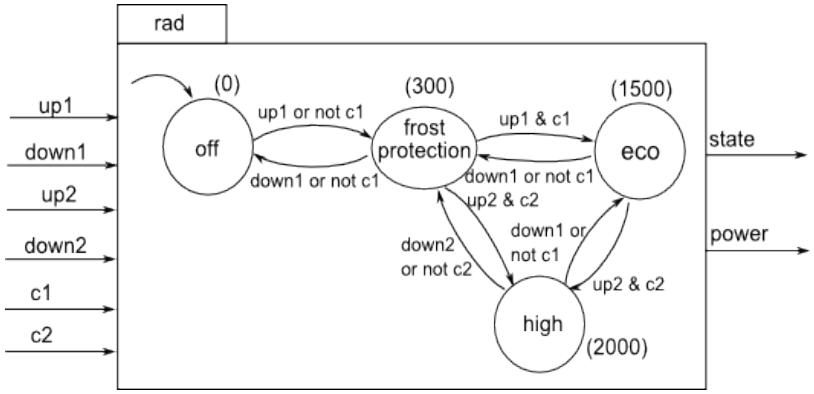
- lampe
  - états: *off, on*
  - input: incontrôlable *switch*, contrôlable *c*

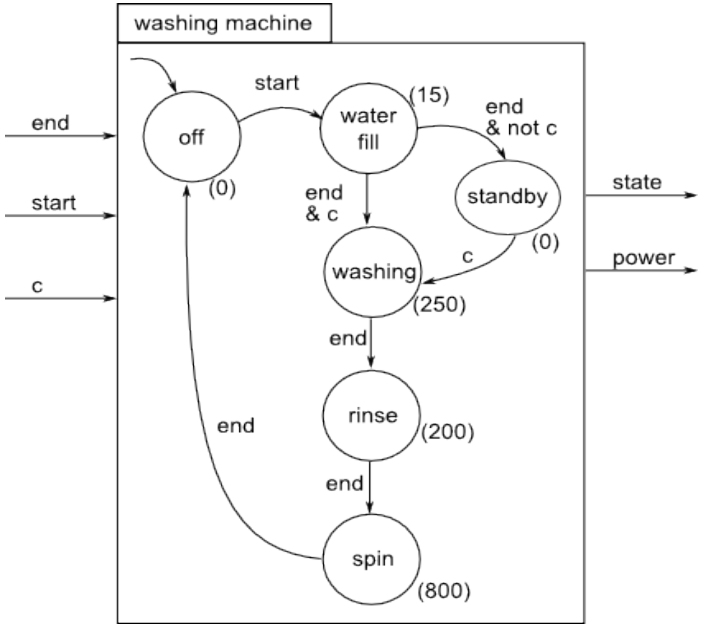


- room: observateur
  - états: *vide, occupé*
  - input: incontrôlable *presence*

modèles des entités (2)



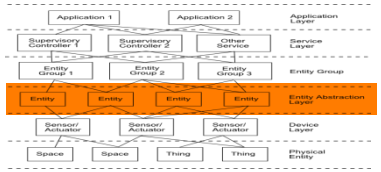


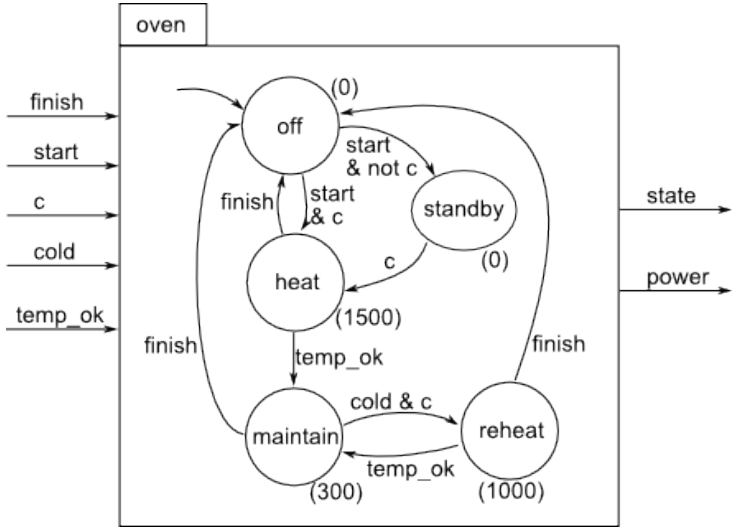


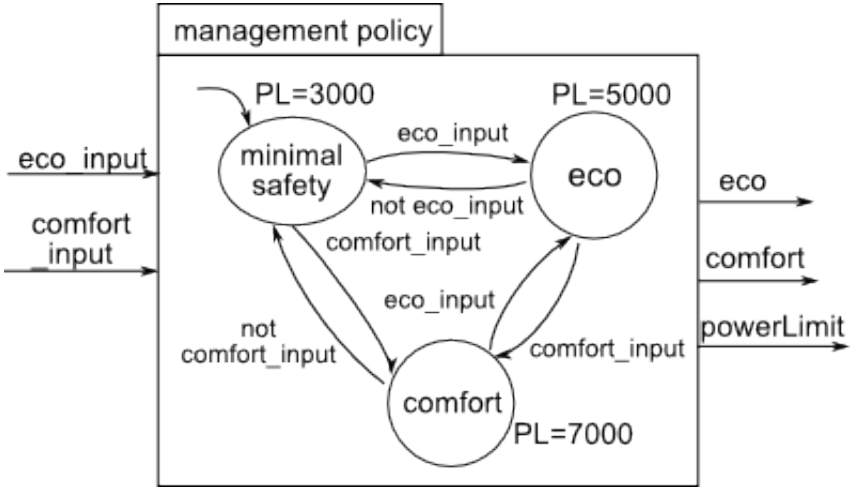
- radiateur
  - états: *off, hors-gel, eco, high*
  - input: incontrôlable *upi*, *downi,* contrôlable *ci*
  - puissance

- machine à laver
  - états: *off, waterfill, standby,* séquence *washing-rinse-spin*
  - input: incontrôlable *start*, *end,* contrôlable *c*
  - suspendu avant séquence

modèles des entités (3)



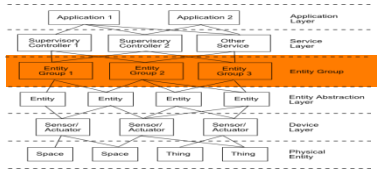


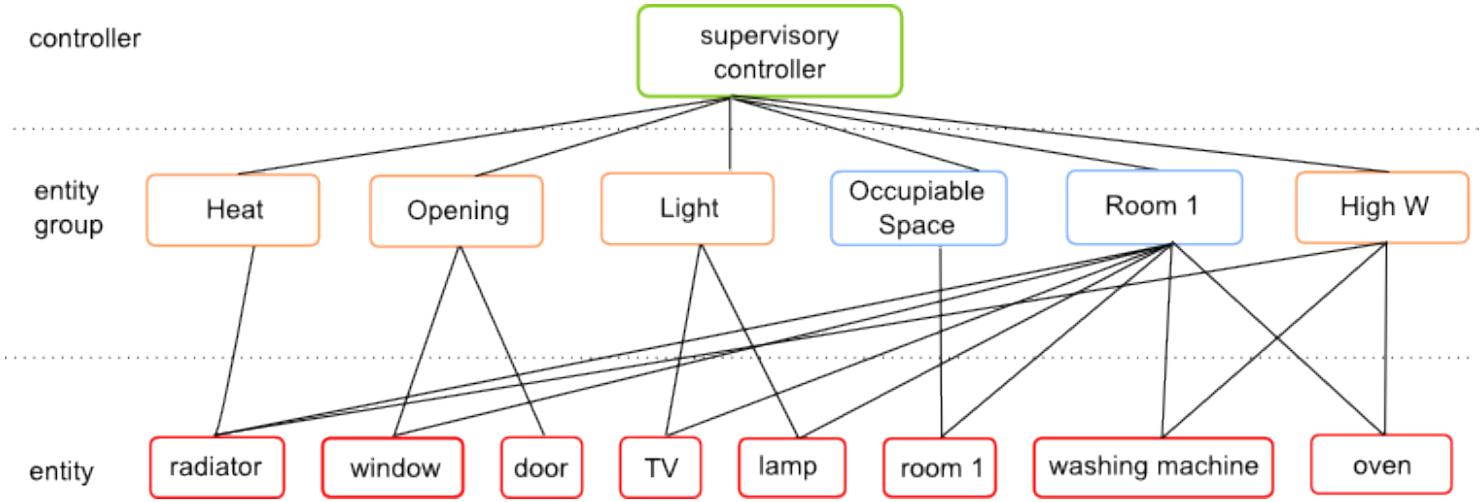


- four
  - états: *off, standby,* séquence *heat-maintain-reheat*
  - input: incontrôlable *start*, *finish, cold, temp_ok* contrôlable *c*
  - suspendu avant séquence

- politiques de gestion
  - états: *safety, eco, comfort*
  - input: incontrôlable *eco_input, comfort_input*
  - puissance max ***PL***

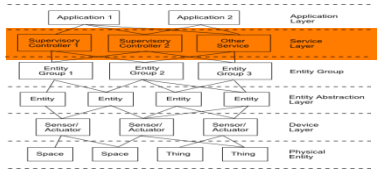
groupes d'entités





- group_light_on = (∃e∈Light, e.on) = lamp_on ∨ tv_on
- group_opening_open = (∃e∈Opening, e.open) = door_open ∨ window_open
- group_heat_off = (∀e∈Heat, e.off) = rad_off
- group_heat_hg = (∀e∈Heat, e.hg) = rad_hg
- totalPower = ∑(∃e∈High-W, e.power) =rad.power + machineLaver.power + four.power

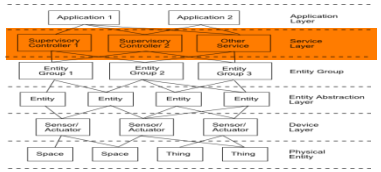
objectifs de contrôle



- règles de contrôle appliquées sur les groupes
  1. (**sa**) au moins une source de lumière est allumée quand la pièce est occupée
  2. (**se**) verrouiller toutes les ouvrants quand la pièce est vide
  3. (**e**) les chauffants sont éteints ou hors gel si un ouvrant est ouverte
  4. (**e**) si la pièce est vide, aucune source de lumière, les chauffants sont éteints ou hors gel
  5. (**sa,e**) limiter la puissance totale par un seuil

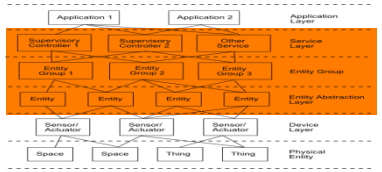
(3 modes: sûreté minimale, économie, confort)

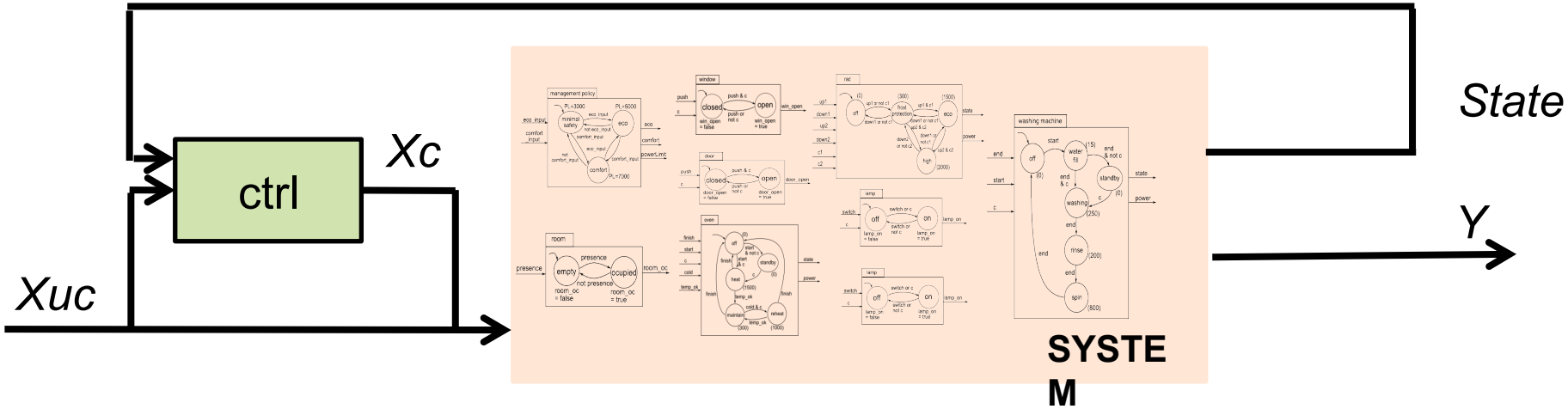
objectifs de contrôle



- règles de contrôle appliquées sur les groupes
  1. (sa) $\text{room_oc} \Rightarrow \text{group_light_on}$
  2. (se) $\neg\text{room_oc} \Rightarrow \neg\text{group_opening_open}$
  3. (e) $\text{group_opening_open} \Rightarrow \text{group_heat_off} \vee \text{group_heat_hg}$
  4. (e) $\neg\text{room_oc} \Rightarrow \neg\text{group_light_on} \wedge (\text{group_heat_off} \vee \text{group_heat_hg})$
  5. (sa,e) $\text{totalPower} \leq \text{PowerLimit}$

comportements du système global

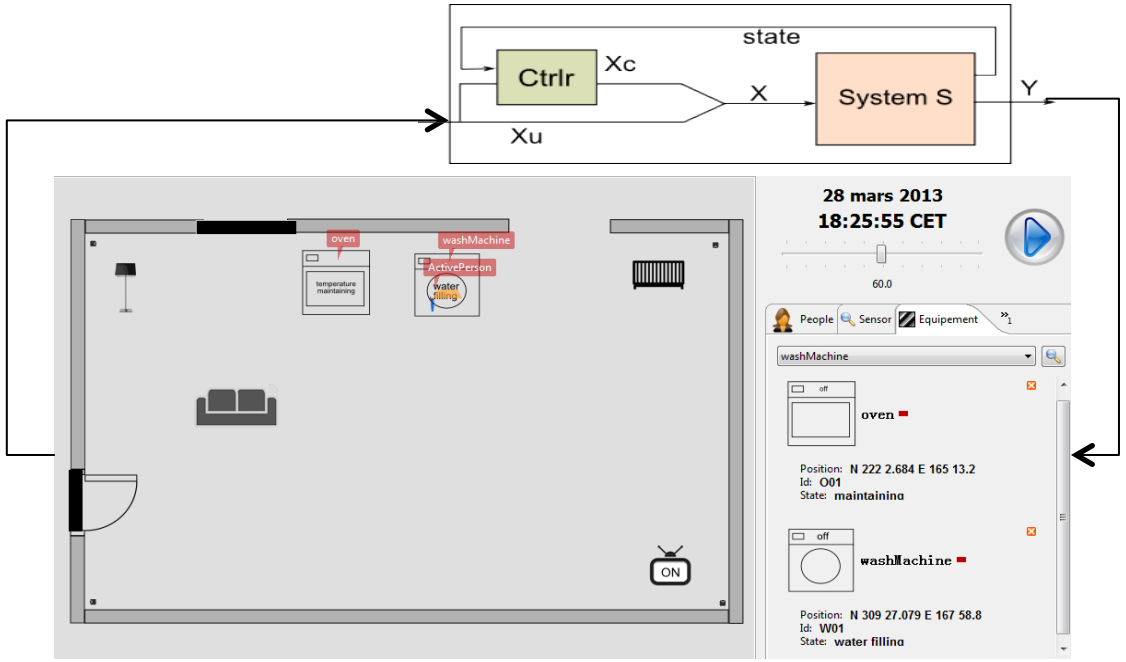




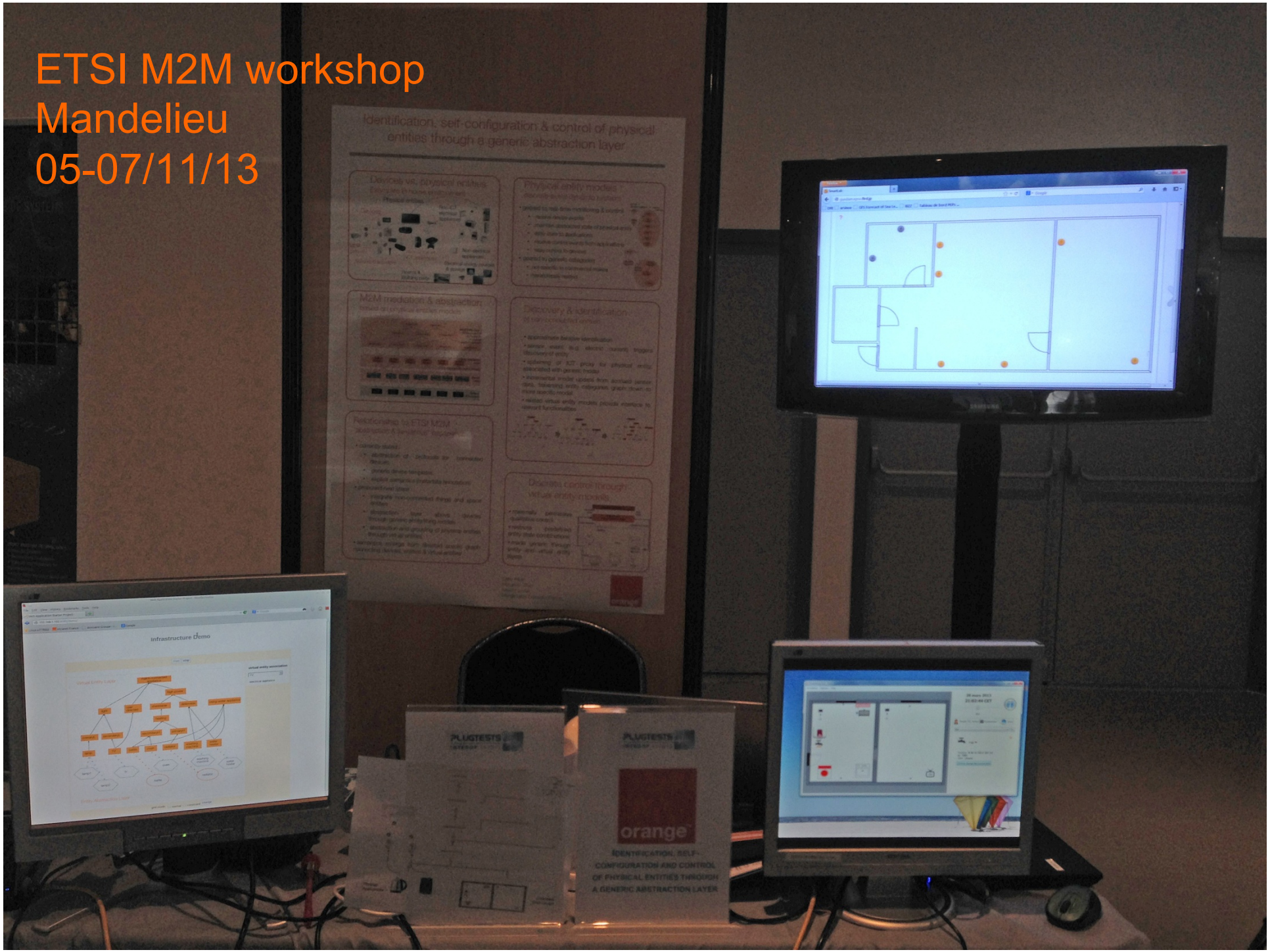
- composition parallèle des modèles à contrôler
- variables du système exprimés en équations
- synthèse de contrôleurs discrets avec les objectifs

implémentation & simulation

- implémentation en BZR
  - code exécutable Java
  - SIM2CHRO, simulation graphique
- simulation
  - MiLeSEnS (**M**ult**i**-**Le**vel **S**mart **En**vironment **S**imulator) simule la partie physique et device
  - couplage du code Java généré par BZR



ETSI M2M workshop
Mandelieu
05-07/11/13



sommaire

1 motivations et contexte

2 formalisme utilisé

3 exemple d’application

4 conclusion

conclusion et perspectives

- premier résultat de l'application du contrôle supervisé discret dans le domaine de l'Internet des Objets et des Environnements Intelligents.
  - modélisation des groupes génériques
  - synthèse de contrôleur sur les groupes pour objectifs génériques
  - validation par simulation

- perspectives:
  - validation dans un environnement de test réel
  - enrichissement des modèles de groupe
  - application à d'autres d'environnements que la maison
  - SCD: modularité

merci