

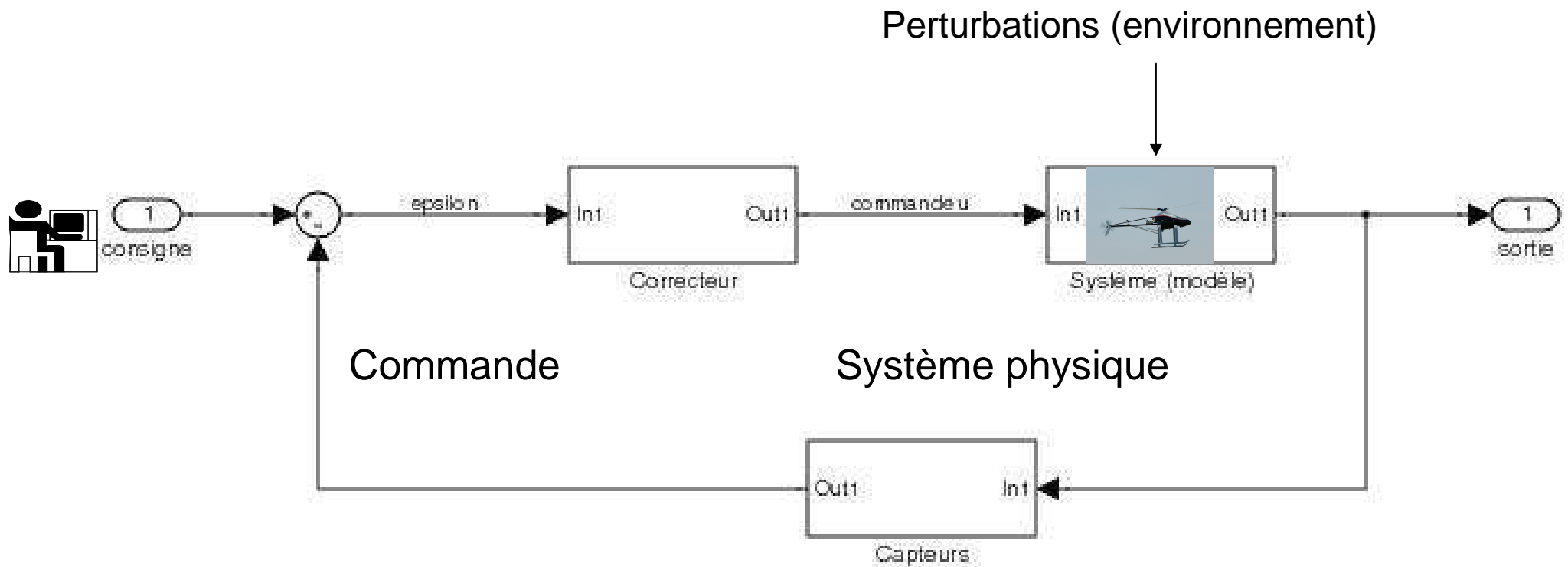
**Journée GDR Robotique**  
***Systemes multirobots et systemes humains – robots :  
coopération, contrôle et rôle des opérateurs***

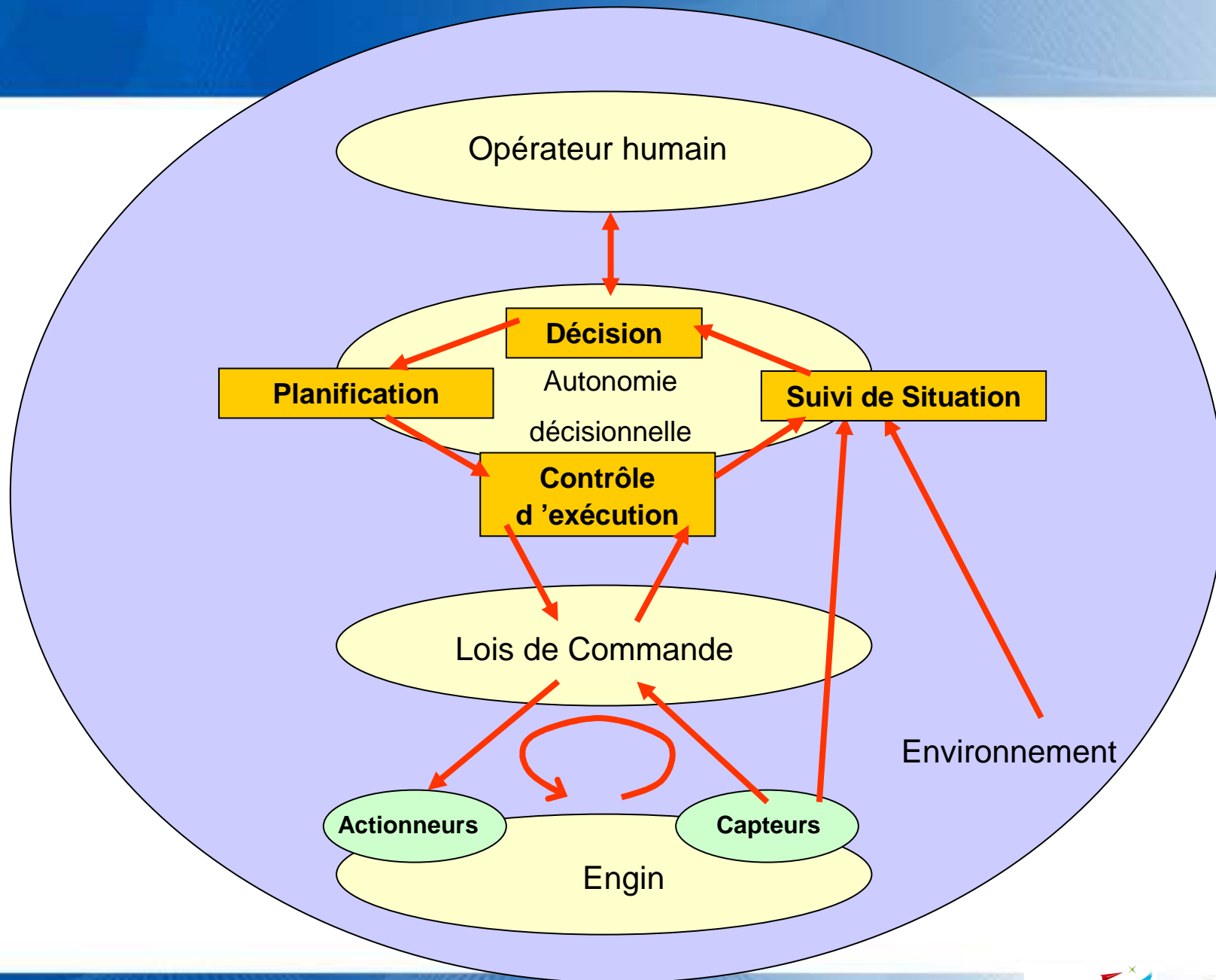
**24 janvier 2011**

**Détection et résolution de conflits d'autorité dans les  
systemes homme - robot**

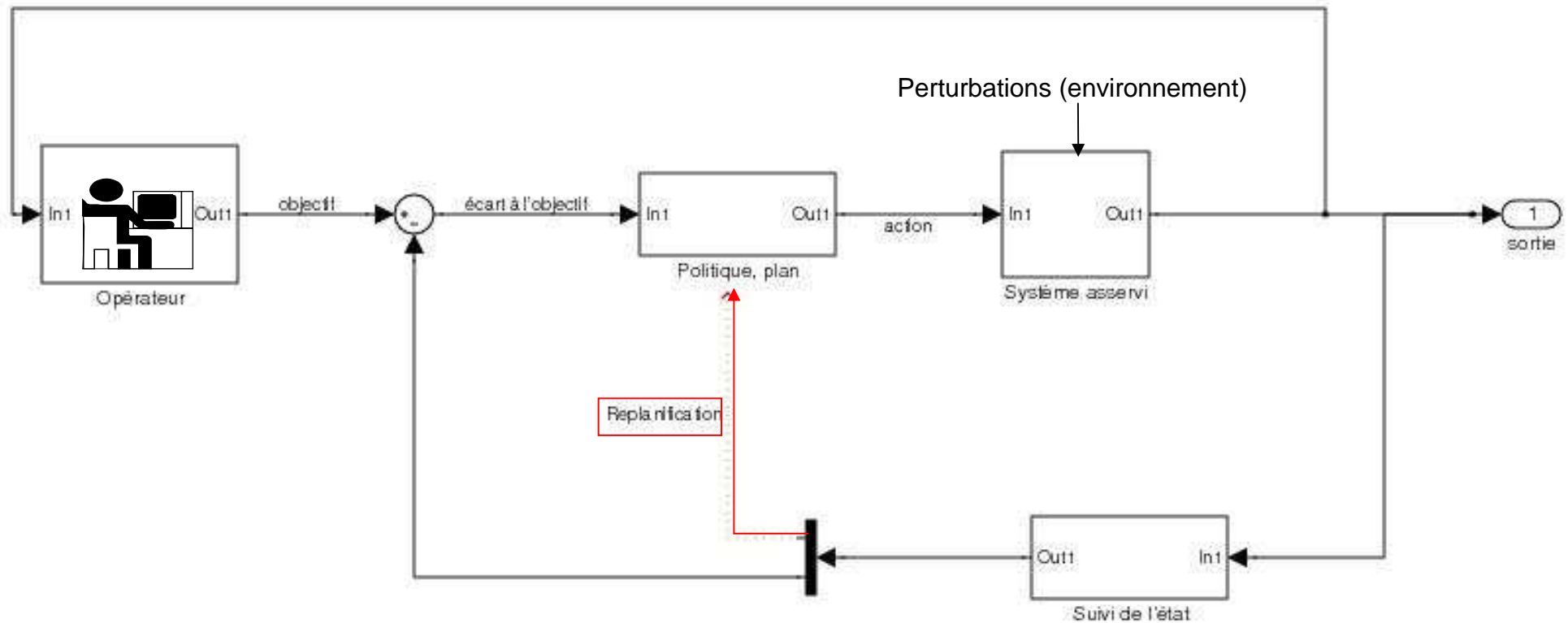
Frédéric Dehais, Catherine Tessier

# Asservissement classique + opérateur



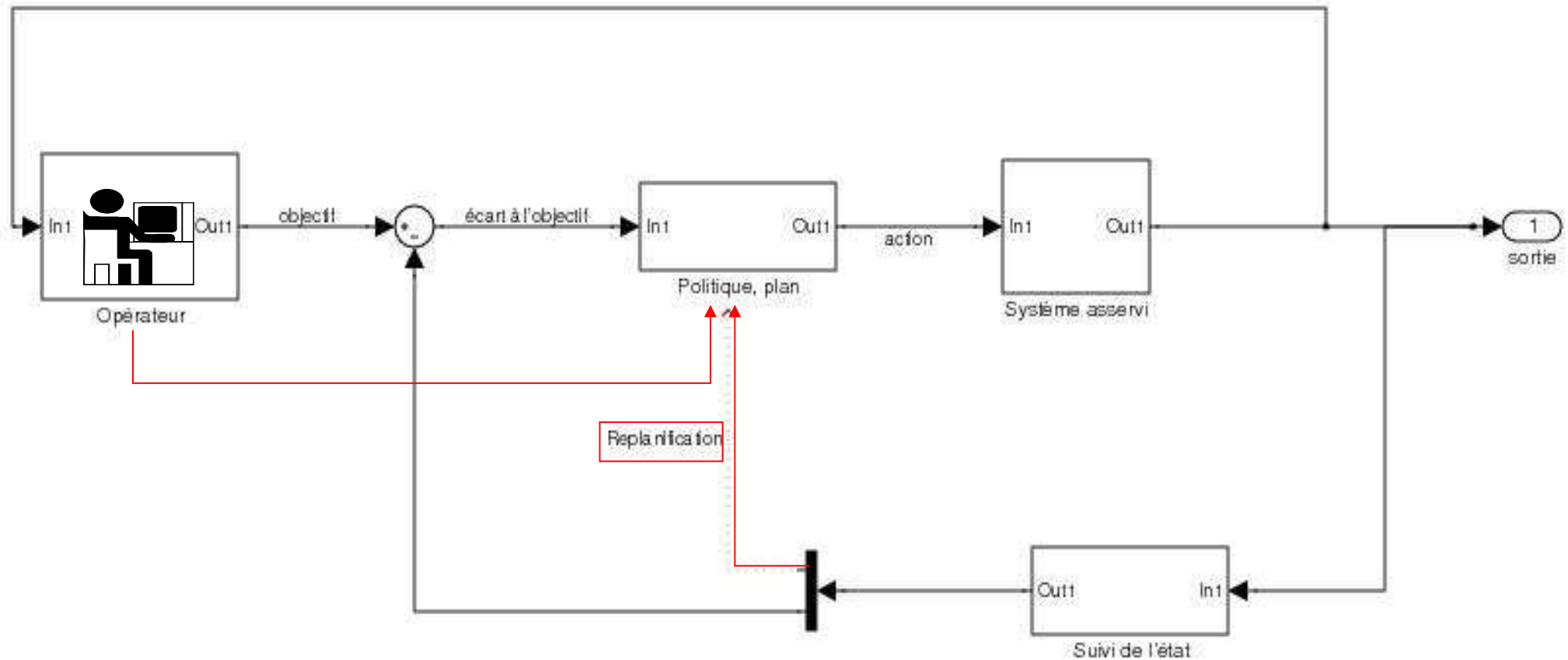


# L'opérateur supervise l'autonomie

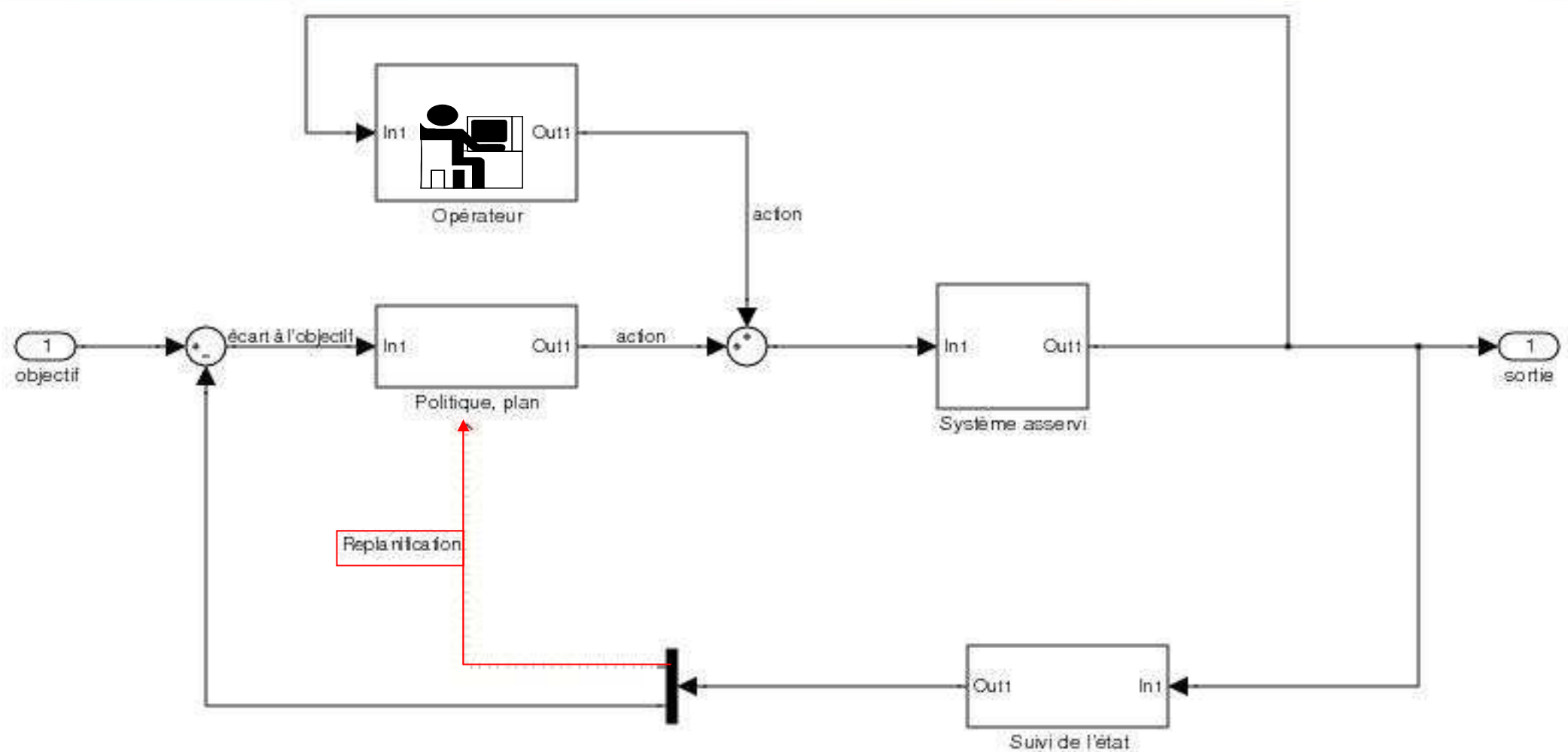


L'opérateur n'intervient pas dans les actions du système autonome

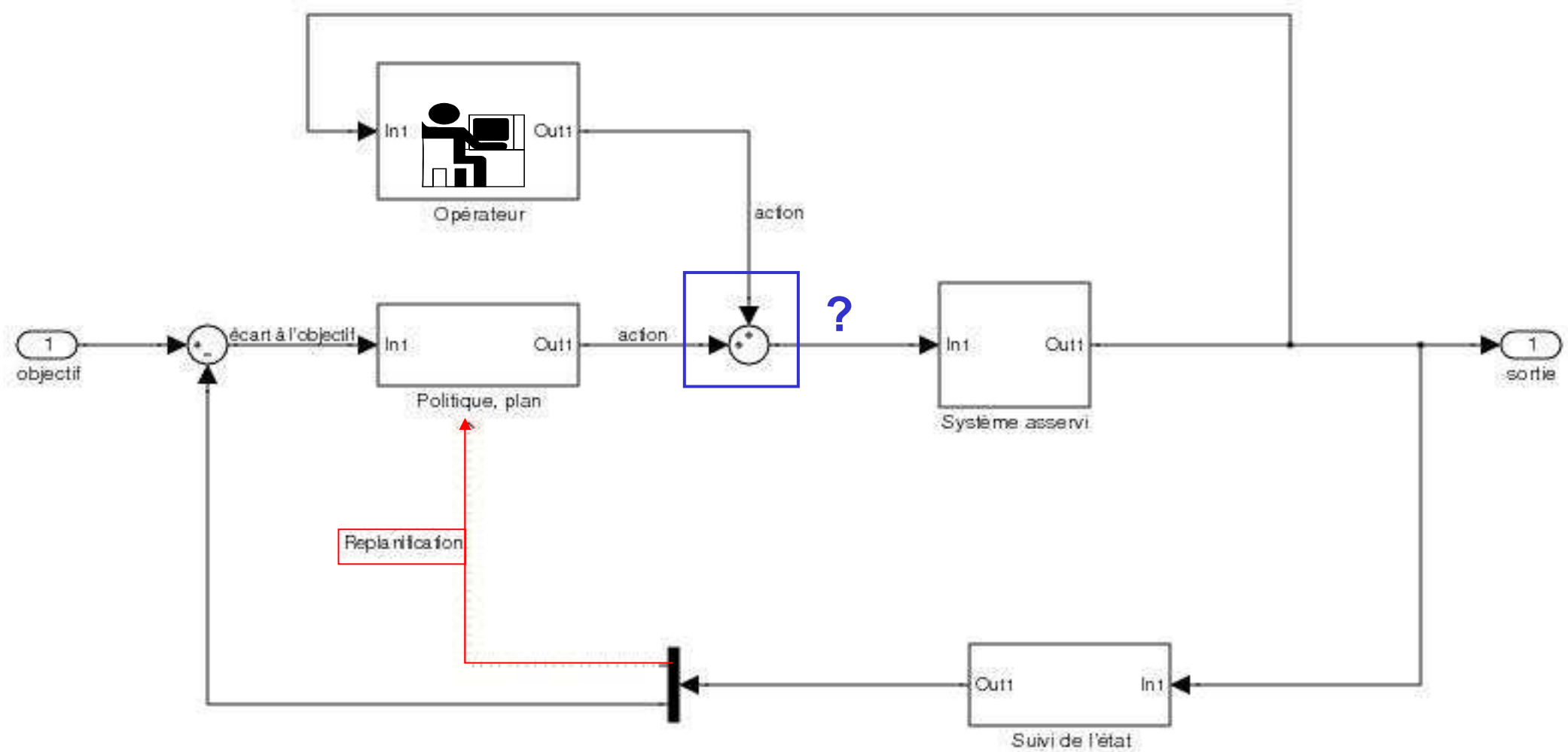
# Supervision et planification à initiative mixte



# Deux sources de contrôle



# Gestion du partage de l'autorité



# Concevoir un système à un « niveau d'autonomie » donné ?

- Selon les rôles respectifs du robot et de l'opérateur
- Selon les tâches affectées au robot ou à l'opérateur
  - Exemples : [Sheridan 1978], ACL [Clough 2002], ALFUS [Huang 2005]...
- Limites :
  - Global
  - Niveaux rigides
  - En nombre limité
  - Définition abstraite
  - Agrégation de métriques incommensurables
  - Comment passer d'un niveau à un autre (critères ?)
  - Défaillances de l'humain ignorées



# Adopter un mode d'initiative donné ?

- **Autonomie adaptative** : le robot contrôle son autonomie
  - + Critères bien définis
  - - L'opérateur n'intervient que sur demande du robot
- **Autonomie ajustable** : l'opérateur contrôle l'autonomie du robot
  - + L'opérateur peut réagir quand il veut
  - - Reprises en main intempestives

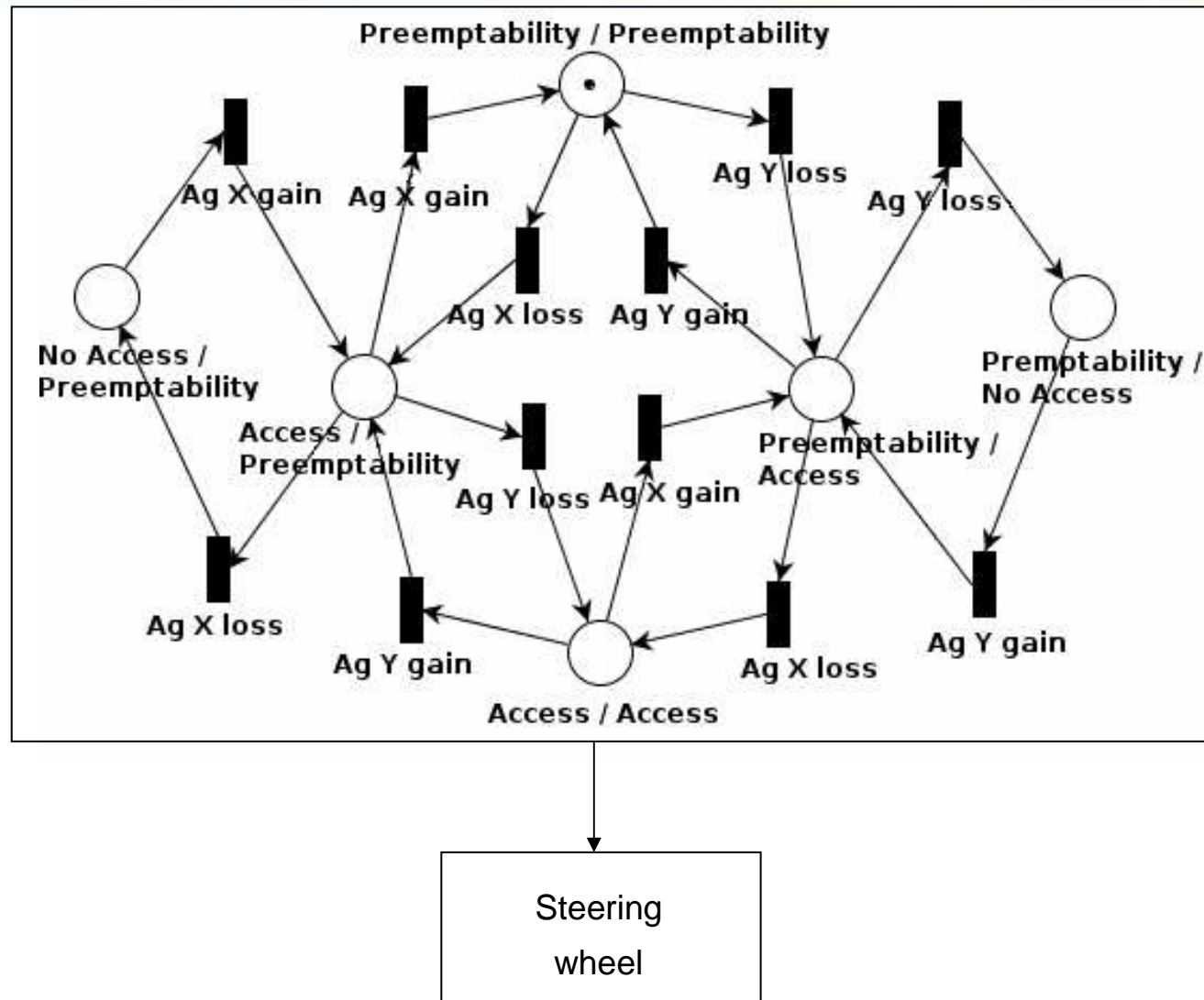
d'après [Hardin & Goodrich 2009]

# Initiative mixte et gestion de l'autorité

- Initiative mixte : opérateur et robot peuvent contrôler l'autonomie du robot → partage de l'autorité
- Proposition :  
gérer finement l'autorité sur certaines ressources de la mission

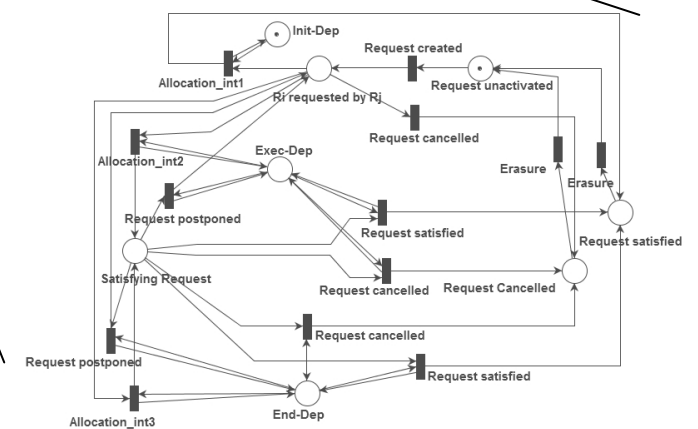
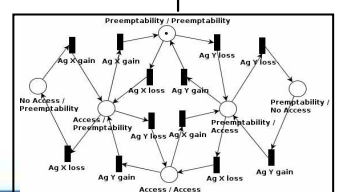
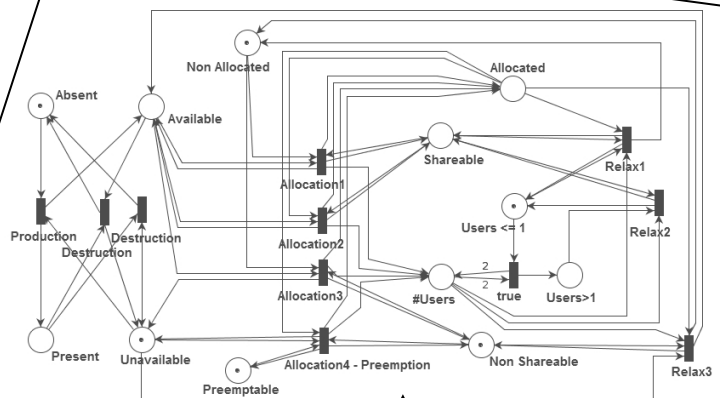
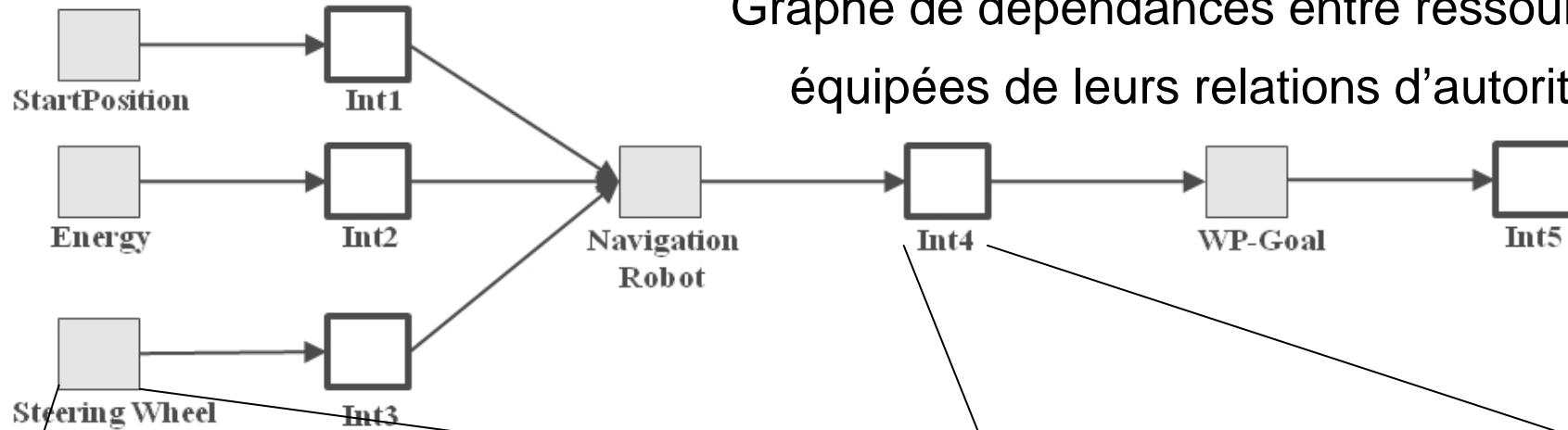
Ressource : ressource physique, tâche, but, algorithme, condition logique...

# Relation d'autorité entre deux agents sur une ressource



# Modèle du plan (ou de la procédure)

Graphe de dépendances entre ressources équipées de leurs relations d'autorité



# Gestion dynamique

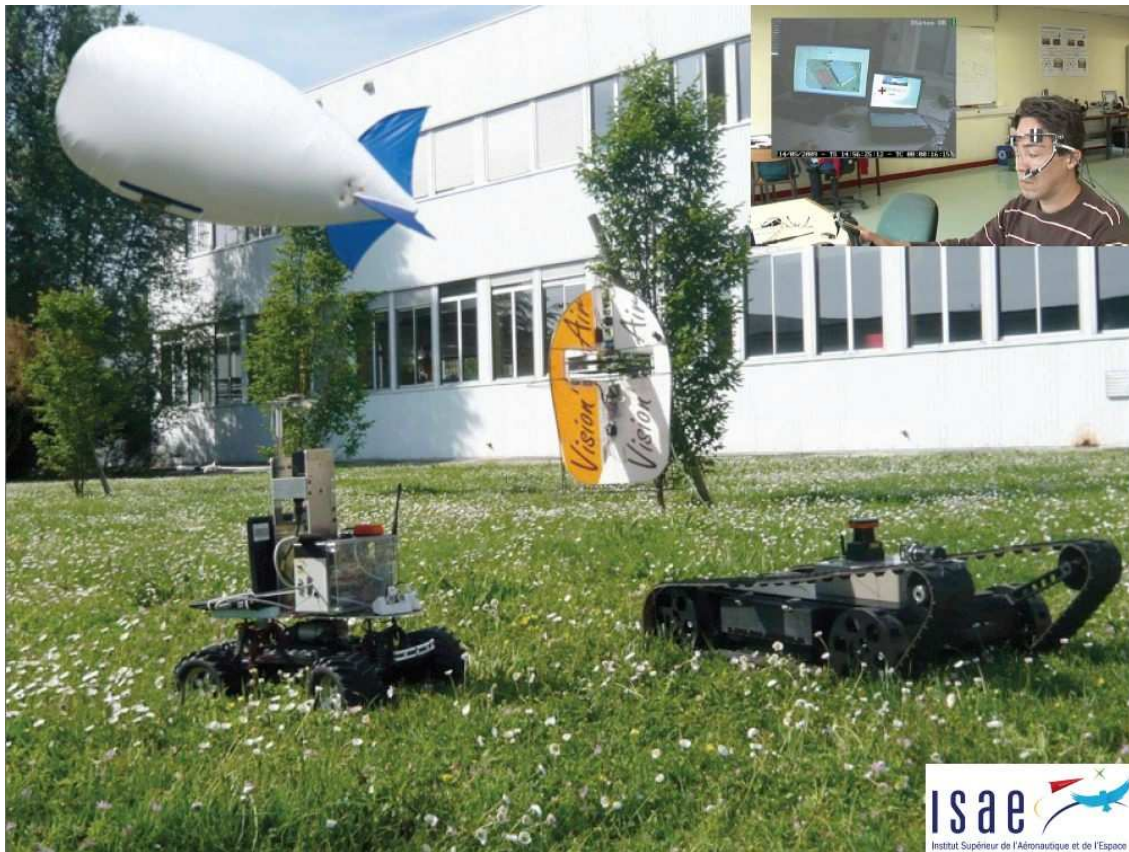
- Détection de **conflit** [Dehais et al. 2003] sur une ressource
  - Suivi de situation (état du système) → événements
  - Tir de transitions (destruction, allocation) → état de conflit sur ressource
- Conséquences sur la mission
  - Propagation dans le graphe de dépendances
- Résolution par replanification avec ou non évolution des relations d'autorité
  - Nouvelles ressource(s), réorganisation (ex : envoi de contre-mesure), en fonction des relations d'autorité existantes
  - Autorité augmentée / réduite (ex : reprise en main du robot sur l'opérateur : ressource Steering Wheel)



# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot



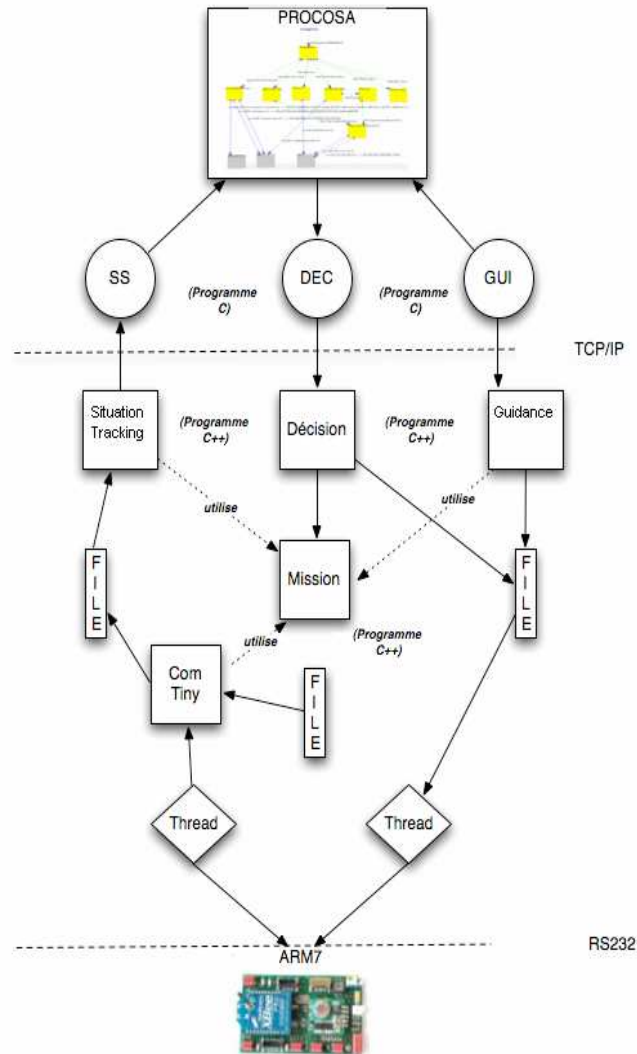
Projet MRIS - DGA (2007-2011) : étude du syndrome de « Persévération »  
Dans les interactions opérateurs-robots



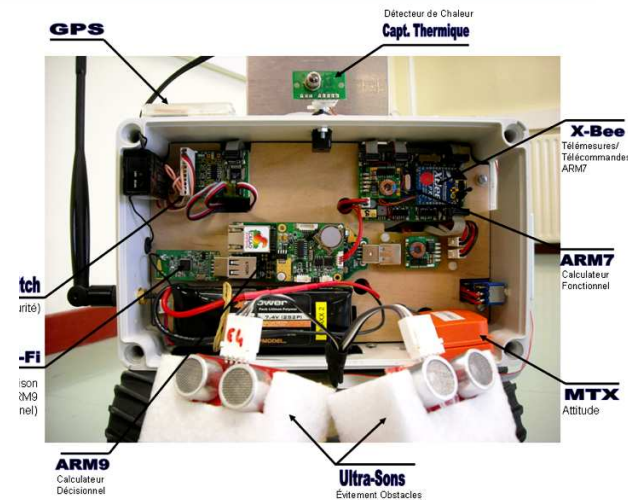
- Véhicules autonomes hétérogènes
- Architecture embarquée C&D générique
- Concepts et outils pour faciliter la conscience de situation mutuelle
- Expérimentations avec opérateurs humains

# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Embedded Linux



## Architecture générique



# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

Vidéo panoramique

Synoptique

Planification Reach Area Search Target Action on target Back to Base Base

GPS

Tact. Map

Manual

A target has been detected. Take manual control to identify it

Yes No

+ Magicien d'Oz

« Etat capteurs »

Procédures

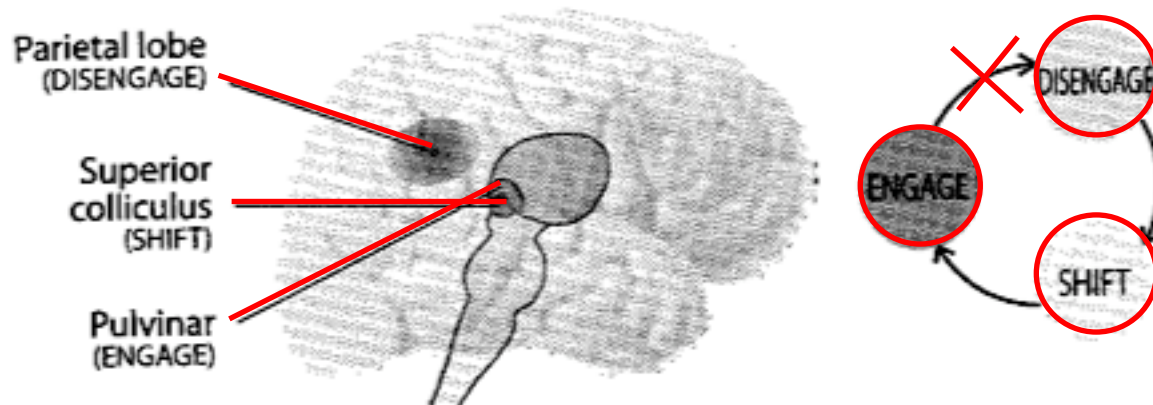
+ Magicien d'Oz



# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Résolution du conflit

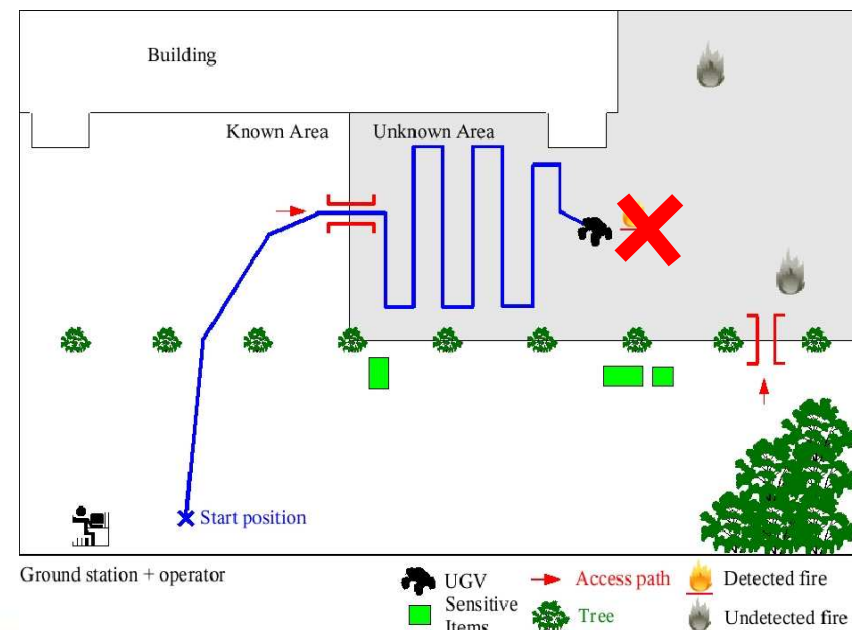
- Approche formelle : adaptive automation et task re-allocation (Scero [00..])
- Approche FH : Modèle attentionnel de Posner [84...]



- Contre-mesures cognitives: trouble du désengagement attentionnel
  - Retrait de l'information sur laquelle se focalise excessivement l'opérateur
  - Remplacement par une information pertinente sur les causes & conséquences de la transition de mode conflictuelle

# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

- Scénario: identification de cible dans un environnement inconnu. Le robot navigue pour détecter la présence de cible, l'opérateur doit prendre la main pour se rapprocher de la cible et lire 2 messages sur chaque côté de la cible.
  - Conflit d'autorité: lorsque l'opérateur est focalisé sur la tâche d'identification de cibles, un événement "low battery" se produit et amène le robot à rentrer à la base.
- 
- "Aller sur zone" – autonome
  - "Rechercher la cible" – autonome
  - "Identifier cible" – manuel
  - "Panne" – manuel vs. autonome

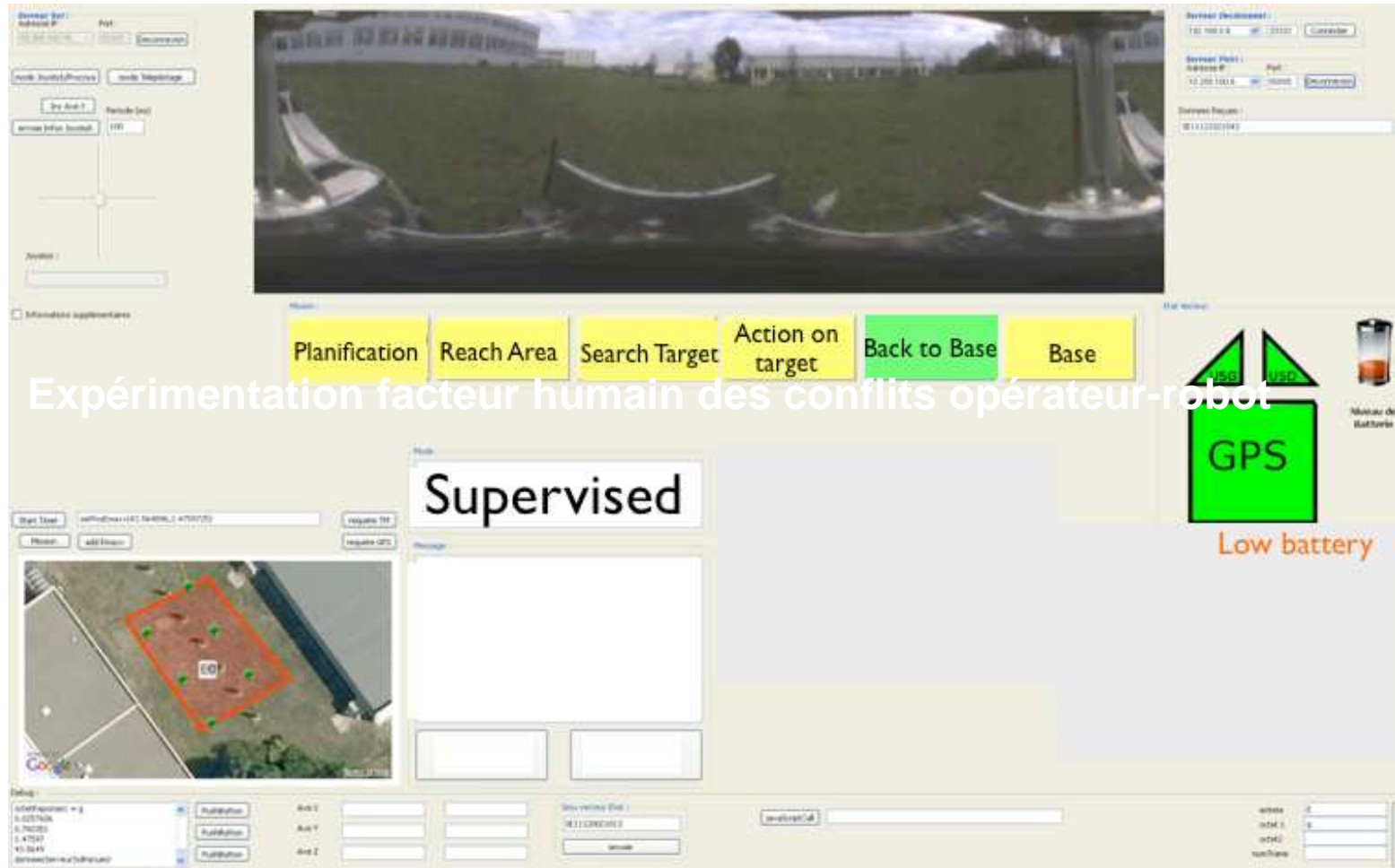


# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

The screenshot displays a comprehensive control interface for a robot. At the top center is a 360-degree panoramic camera feed showing an outdoor environment with a building and trees. To the left of the camera are control panels for 'Servo 0 (Roll)', 'Servo 1 (Pitch)', and 'Servo 2 (Yaw)', each with a slider and a 'Reset' button. Below the camera is a horizontal row of six mission buttons: 'Planification', 'Reach Area', 'Search Target', 'Action on target', 'Back to Base', and 'Base'. To the right of the camera is a 'Servo 3 (Yaw)' control panel with a 'Control' button. Below the mission buttons is a large white box with the text 'Supervised'. To the left of this box is a map showing a red rectangular area of interest with several green markers. To the right of the 'Supervised' box is a 'GPS' indicator with a green square and the text 'Low battery' in orange. Below the map and 'Supervised' box are several input fields and buttons for 'Servo 0 (Roll)', 'Servo 1 (Pitch)', and 'Servo 2 (Yaw)'. At the bottom right, there are additional system status indicators including 'Niveau de Batterie' (Battery Level) with a battery icon, and 'GPS' with two green triangles. The interface is designed for real-time monitoring and control of a robot's actions and status.

# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

The screenshot shows a control interface for a robot. At the top center, there is a battery icon with a red arrow pointing to the text "→ Back to base". Below this, a horizontal menu contains several buttons: "Planification", "Reach Area", "Search Target", "Action on target", "Back to Base" (highlighted in green), and "Base". On the right side, there is a "GPS" indicator with a green square and the text "Low battery" below it. The main area of the interface is labeled "Supervised" and contains a map with a red rectangular area and several green markers. The bottom of the interface has various status indicators and control buttons.



Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot



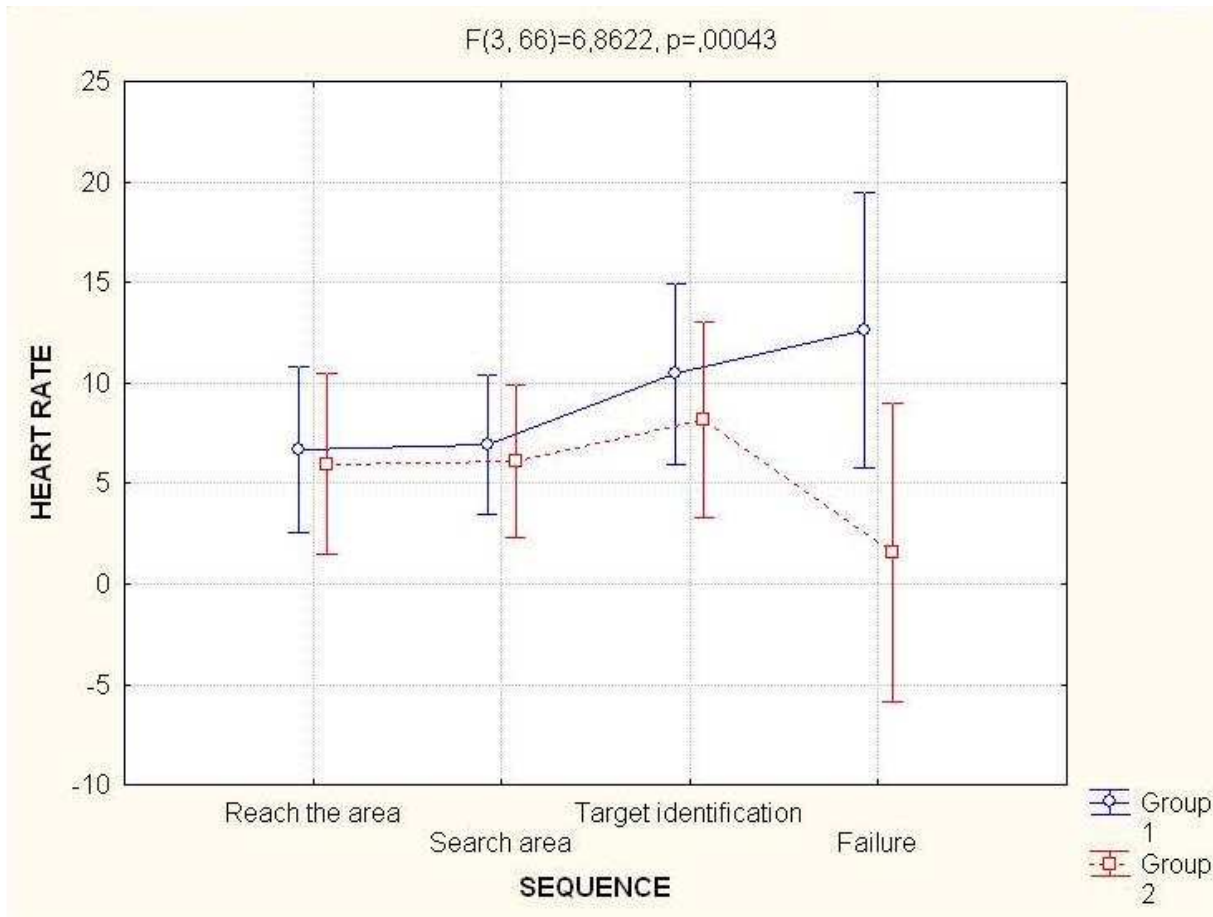
# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Résultats comportementaux

- Groupe 1 – 12 participants, sans contre-mesures
  - 9 sujets n'ont pas détecté la panne et ont persisté dans leur but (identification de la cible)
  - 3 sujets ont détecté la panne et ont laissé le robot rentrer à la base
- Groupe 2 – 11 participants, avec contre-mesures
  - 10 sujets ont perçu immédiatement la panne et ont laissé le robot rentrer à la base
  - 1 sujet a perçu immédiatement la panne mais a persisté dans son but

# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Résultats physiologiques



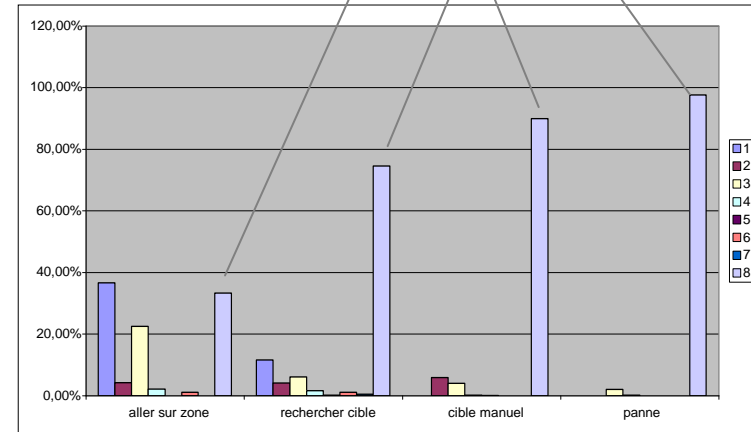
- $P_{\text{Group}} = 0.24 (0.05)$
- $P_{\text{interaction}} = 0.0032$

Rythme cardiaque (bpm)

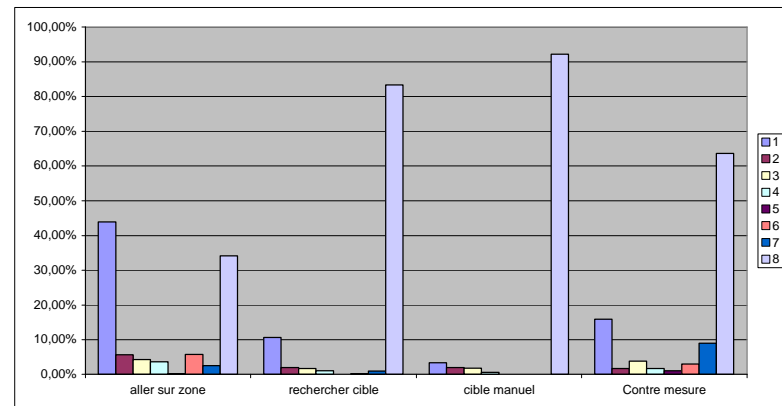
# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Résultats oculométriques

% of spent time on the video



QuickTime™ et un décompresseur Vidéo 1 Microsoft sont requis pour visionner cette image.

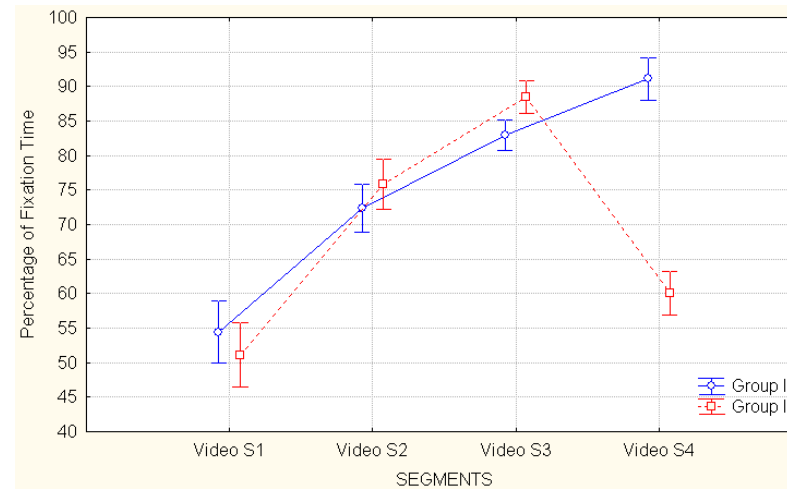


QuickTime™ et un décompresseur Vidéo 1 Microsoft sont requis pour visionner cette image.



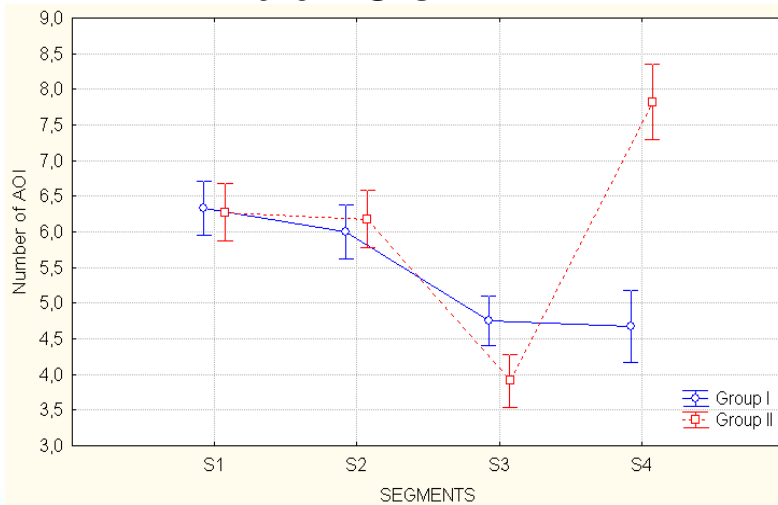
# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Résultats oculométriques



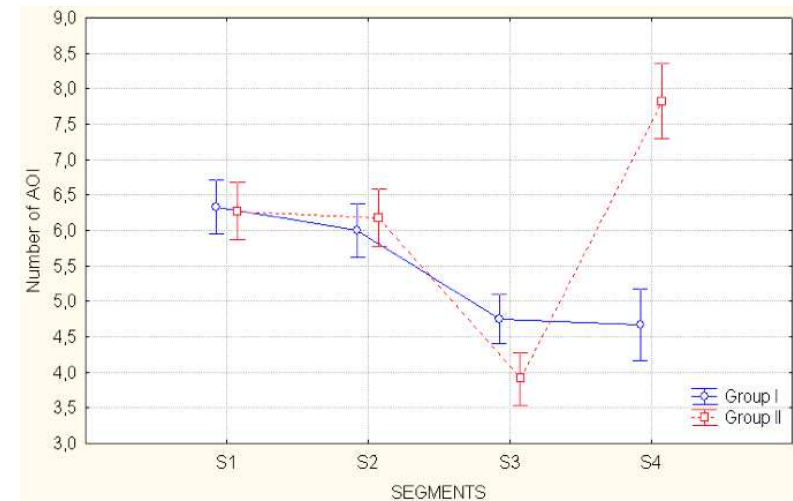
% Temps sur la Vidéo

Nb d'AOIs



$P < .001$

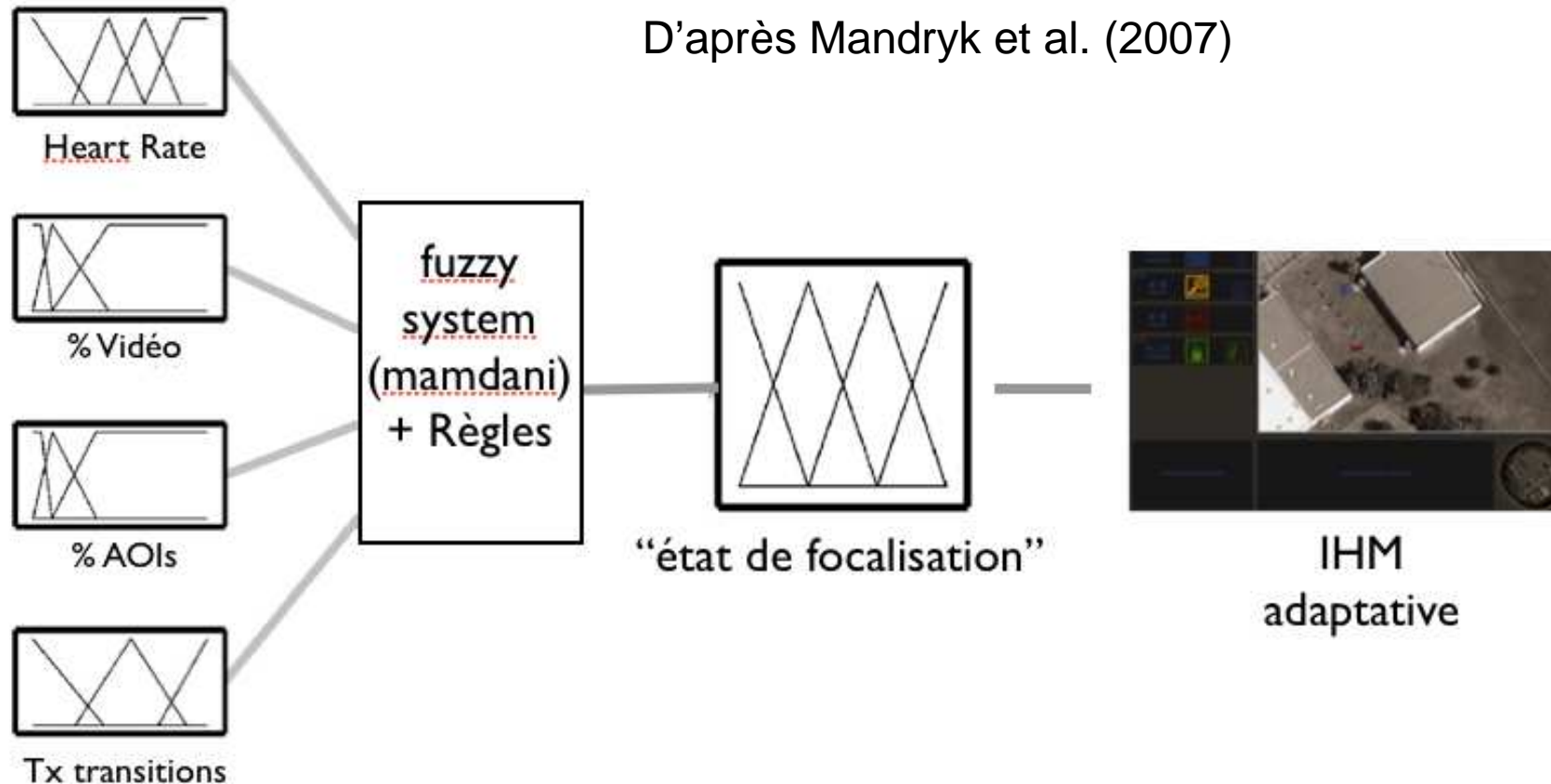
Taux de transitions oculaires



# Expérimentation facteur humain des conflits opérateur-robot

## Perspectives

D'après Mandryk et al. (2007)



PFE N. Regis en relation avec la thèse S.Pizziol

# Travaux en cours et à venir

- Suivi de situation hybride du système engin-opérateur
  - Suivi conjoint de l'état de l'engin et de l'« état » de l'opérateur
  - Mesures physiologiques, oculométrie
  - Apprentissage de modèles d'états « dégradés » de l'opérateur
- Fermeture de la boucle
  - Envoi automatique de contre-mesures
  - Modification automatique de l'IHM
  - Modification automatique de l'autorité sur certaines ressources (ex : engagement PA pour reprise en main sur équipage)
  - Métriques : robustesse du système engin-opérateur
- Prédiction de la dégradation du système engin-opérateur
  - Apprentissage d'indicateurs