

# Agents autonomes et systèmes multi-agents

Nadine Richard - ENST - mai 2003

# Plan du cours

---

- Introduction : agents autonomes et SMA
- Applications
- Caractéristiques des agents
- Problème de la sélection de l'action
- Architectures d'agents situés : principes et exemples

# Agents autonomes et SMA

---

- SMA = ensemble d'agents autonomes en interaction
- Objectif de l'IAD (IA Distribuée) : faire émerger l'intelligence de l'interaction et de l'organisation d'entités autonomes
- Deux approches : individus / sociétés
- Deux courants : IA traditionnelle *vs.* «nouvelle IA»
  - métaphore sociologique : agents cognitifs  $\Rightarrow$  groupe d'experts
  - métaphore biologique : agents réactifs  $\Rightarrow$  vie artificielle
- Outils de conception
  - selon l'objectif : individu-centrée ou organisationnelle
  - mais toujours une approche locale et décentralisée

# Domaines d'application

---

- Simulation de phénomènes complexes (physiques, biologiques, économiques, sociologiques...)
- Résolution distribuée de problèmes
  - réseaux d'experts (agents cognitifs)
  - éco-résolution (agents réactifs)
- Modélisation de systèmes physiquement distribués
- Robotique (mobile, collective)
- Agents d'interface
- Jeux vidéos

# Définition(s) d'un agent

---

- Entité active et **autonome**
- qui interagit avec un **environnement** (réel ou simulé)
- qui peut être **intelligente, adaptative** ou **sociable**

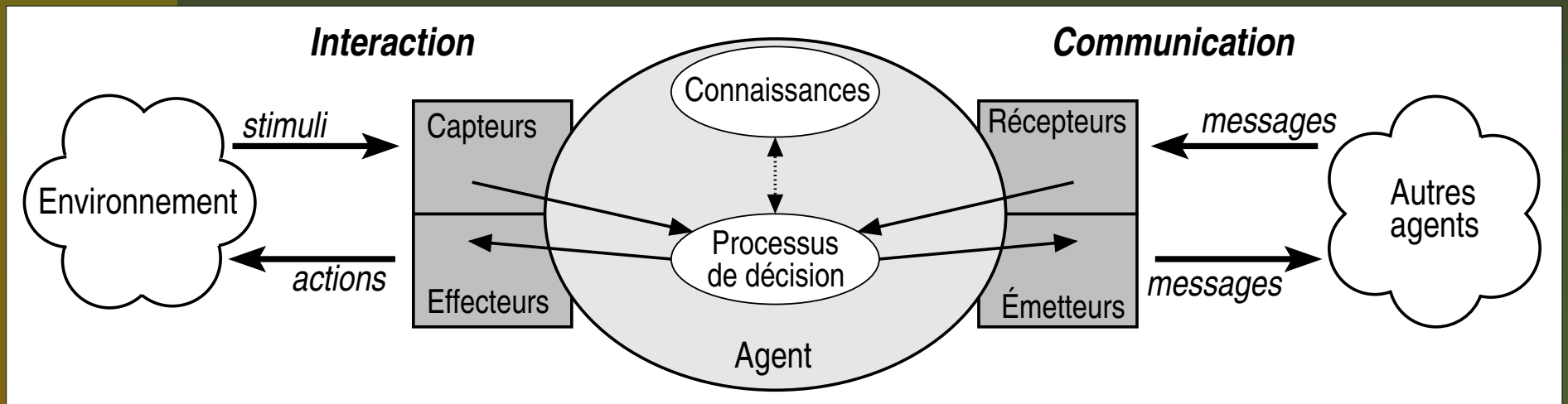
# Autonomie et «pro-activité»

---

- L'agent
  - possède ses propres ressources, compétences et objectifs
  - **décide seul** des actions à réaliser
  - Question «philosophique» : quelle autonomie ? (contrôle)
- Motivations (= raisons qui poussent un agent à agir)
  - personnelles : objectifs internes
  - environnementales : stimulations externes
  - sociales : organisation/interaction avec les autres agents

# Environnement (1)

- «Tout ce qui n'est pas l'agent»
  - ou presque : objets  $\neq$  agents ?
  - $\pm$  connecté à l'environnement =  $\pm$  situé/communicant  
(animats vs. réseaux d'experts)



# Environnement (2)

---

- Perception
  - externe (extéroception) / interne (proprioception)
  - Deux approches
    - classique : perception/filtrage/action centralisée + données symboliques
    - réactive : perception modulaire (données  $\pm$  brutes)
  - perception active = guidée par les objectifs
- Action : sur l'environnement (sens large)
  - modification des objets / communication
  - tentative de modification (environnement centralisé + actif)
- Communication : sur l'état mental d'un autre agent

# Environnement (3)

---

- Environnement «centralisé»
  - tableau noir (échange de données, hypothèses et solutions) + procédure de coopération + mécanismes de supervision
  - vecteur d'objets modifiables
- Représentation de l'environnement / connaissances
  - connaissances explicites/implicites + permanentes (innées)/temporaires (acquises)
  - spatiales, sur les objets, perceptuelles, comportementales, réflexives
  - représentation interne *vs.* reconnaître une situation

# Adaptativité et intelligence

---

- Agent adaptatif = capable de modifier son comportement et ses objectifs en fonction des interactions
- Intelligence ?
  - approche cognitive : capable de raisonner comme un humain
  - approche réactive : capable de survivre dans un environnement dynamique et imprévisible, partiellement connu/perçu
    - ⇒ adaptatif ? !
  - agents hybrides : souvent agents réactifs dotés de capacités cognitives

# Sociabilité

---

- Dans une société d'agents !
- Compromis collaboration / compétition
- Sociable = coopératif  $\Rightarrow$  intelligence collective
- Selon le mode de communication
  - explicite (messages) : connaissances, plans, croyances, ...
  - implicite : effets des actions sur l'environnement $\Rightarrow$  coopération  $\pm$  volontaire !

# Objets vs. agents

---

- Ressemblances : encapsulation données + comportement
- Différences
  - agents : autonomes et asynchrones
  - objets : passifs et synchrones
- Mais : objets actifs/acteurs ? (décentralisé + asynchrone)
- Agents encore implémentés sous la forme d'objets...

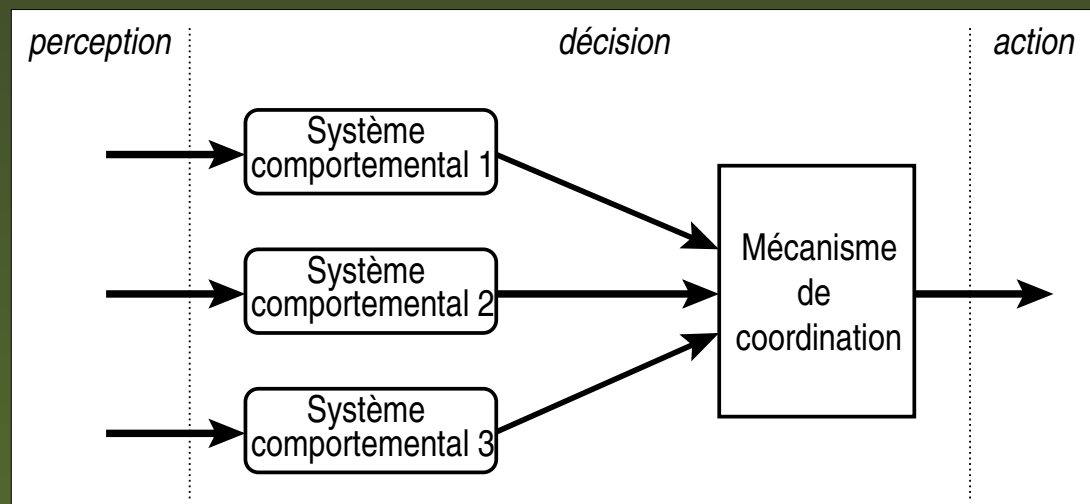
# Sélection de l'action

---

- Comportement = motif d'interaction observé
- Sélection de l'action = choisir les actions à effectuer
  - parmi un ensemble d'actions possibles
  - en fonction des perceptions internes et externes, de l'état interne et des objectifs
- Architecture de sélection de l'action (ASA) dépend de l'objectif du système...

# Architectures d'agents situés (1)

- Approches réactives
- *Behavior-based architectures*
  - modules concurrents («comportements»)
  - couplés aux capteurs et aux effecteurs
  - mécanisme de coordination
- Stratégies : compétitive ou coopérative



# Architectures d'agents situés (2)

---

- Bonne architecture  $\Rightarrow$  choix système comportemental
  - motivé (prioritaire)
  - interruptible (en cas d'urgence)
  - persistant (éviter l'oscillation)
  - opportuniste (sélection temporaire contextuelle)
  - direct (actions menant à la satisfaction d'un objectif)
  - conciliant (compromis)
- Mécanismes comportementaux :  
fonctions classiques, automates à états finis, programmation *ad-hoc*,  
réseaux neuronaux, systèmes de classeurs, ...

# Approches attraction/répulsion

- Règles réactives (C. Reynolds, T. Balch)
- Champs de potentiels (R. Arkin)
- Efficaces pour les déplacements (individus et groupes)
- Améliorés avec algorithmes génétiques ou réseaux neuronaux



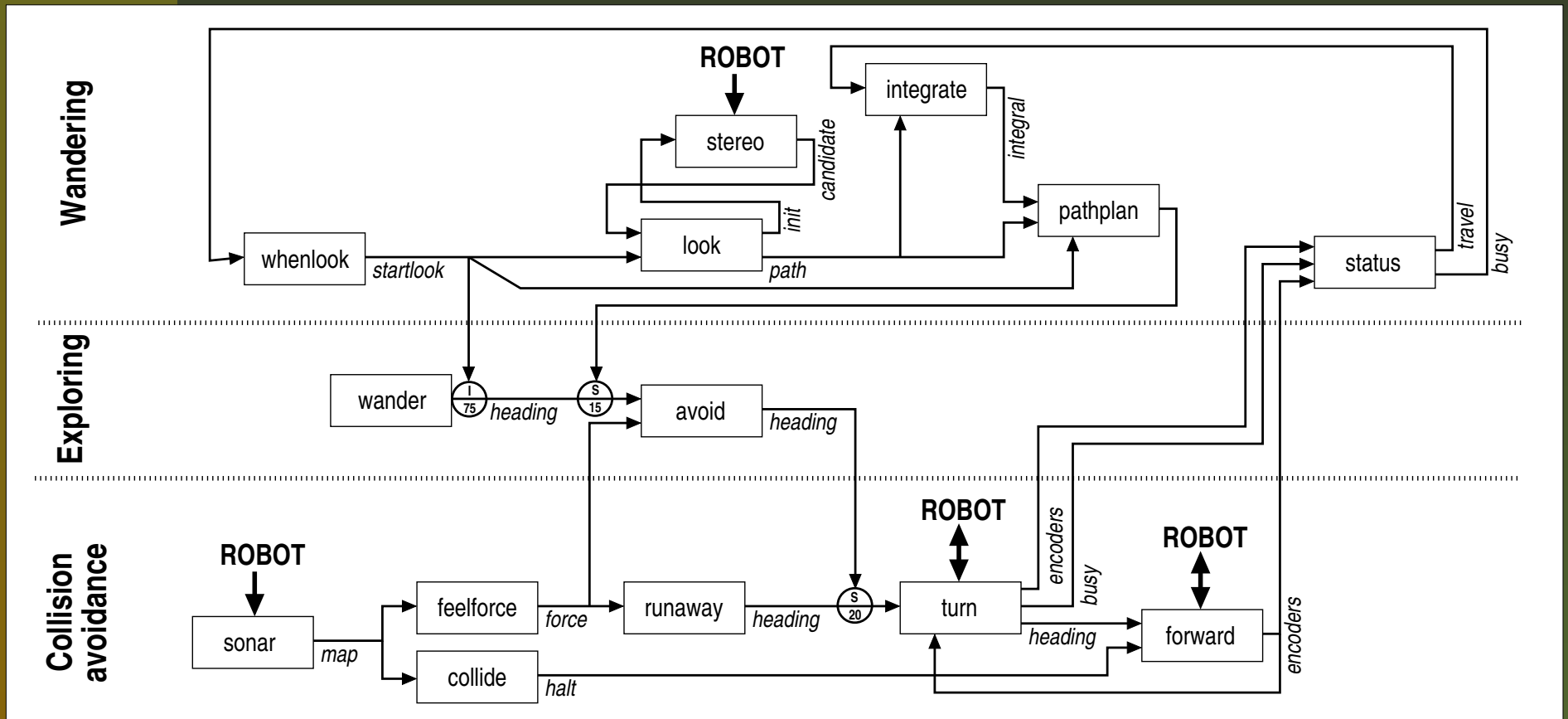
«*Boids*» de C. Reynolds

- évitement de collisions
- maintien de la vitesse (voisins)
- centrage par rapport au groupe

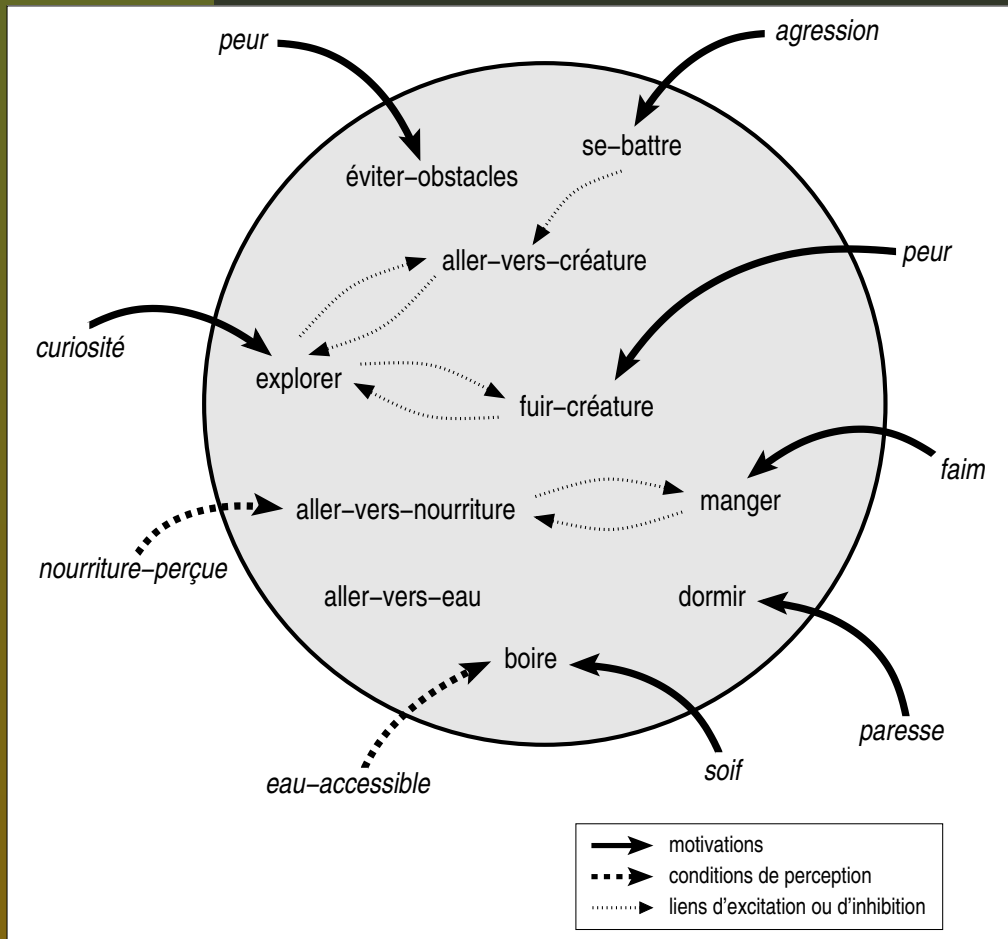
Pas vraiment situé...

# Architecture de *subsumption* (R. Brooks)

- Inhibition : empêcher l'émission d'un message
- Suppression : empêcher la réception / insérer un message
- Priorités fixées (niveaux de compétences)

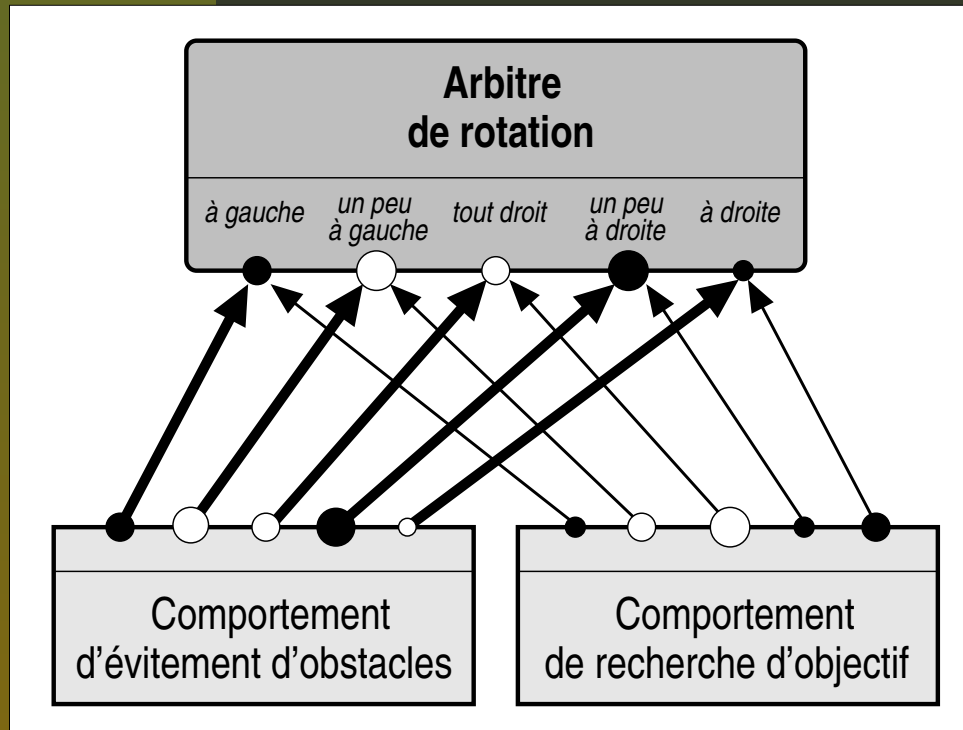


# Architecture ascendante de P. Maes



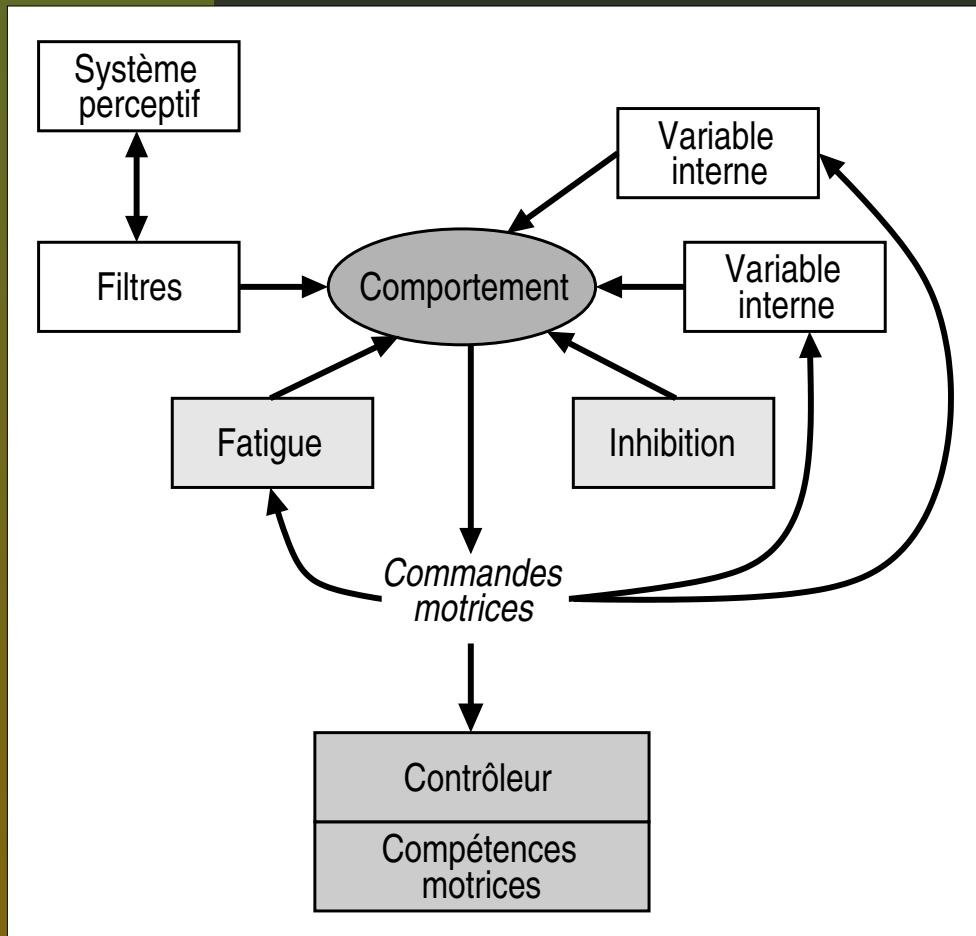
- *bottom-up*
- nœuds (activités)
- objectifs
- préconditions
- niveaux d'activation
- liens excitation/inhibition

# DAMN (J. Rosenblatt)



- comportements
- arbitres
- vote sur actions discrétisées

# Architecture de B. Blumberg



- compétences motrices
- comportements
- niveaux d'activation
- fatigue
- inhibition mutuelle
- groupes hiérarchisés



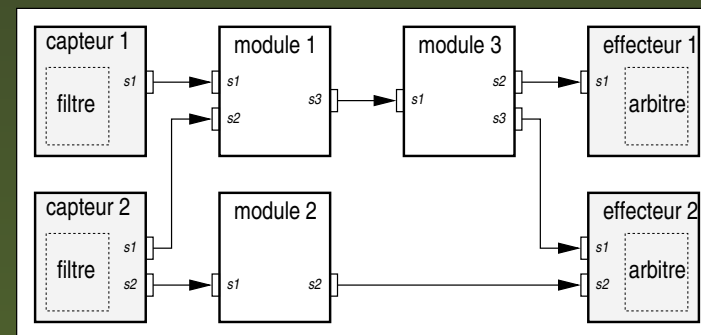
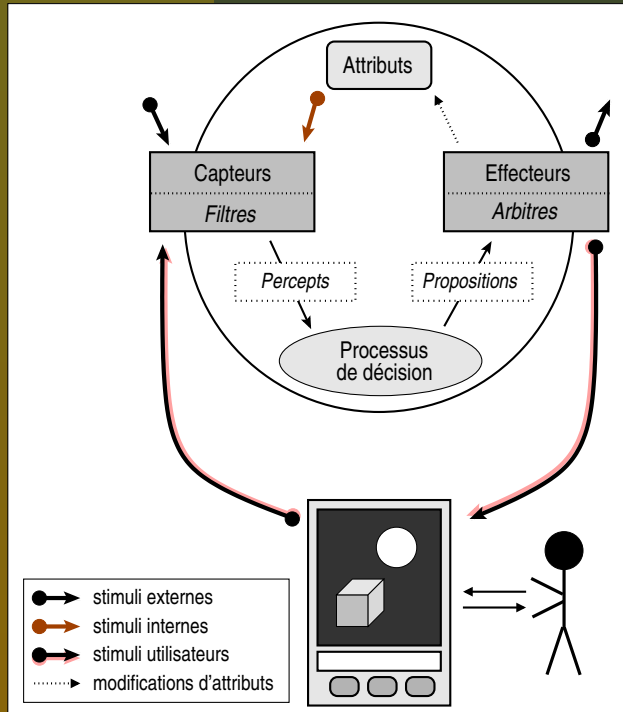
# Automates parallèles

---

- Associer aspects réactif et cognitif
- Boucle SCA et PaT-Nets (N. Badler)
  - humains virtuels
  - boucle réactive Sense-Control-Action et capacités motrices
  - ensemble d'automates parallèles
    - ⇒ interruptibles et modifiables + mémorisation
- Modèle HPTS (S. Donikian, É. Rutten, G. Moreau)
  - simulation de conducteurs/piétons
  - automates parallèles hiérarchiques synchrones
  - fonction d'intégration (calcul ou arbitrage)

# Agents INVIWO (N. Richard)

- Architecture distribuée et synchrone
- Modèles d'agent et d'avatar autonomes
- Langage de programmation orienté-agent : MARVIN



# Conclusion

---

- Définition variable de la notion d'agent !
- Nombreuses architectures d'agents
- Deux approches : réactive / cognitive  $\Rightarrow$  hybride
- mais toujours approche locale et décentralisée !
- Nombreux domaines d'application
  - systèmes complexes
  - entités autonomes en interaction
- $\pm$  émergence intelligence collective (vs. individuelle)
- Nombreux modèles d'organisation  $\Rightarrow$  cours suivant...