

Sélection de l'action pour la robotique

Nadine Richard - ENST - mai 2003

Plan du cours

- Agents autonomes et systèmes multi-agents
- Applications de l'approche «par agent(s)»
- Caractéristiques des agents
- Problème de la sélection de l'action
- Architectures d'agents situés : principes et exemples
- Problème de la navigation en robotique

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 : animats, robotique collective
- Agents d'interface
- Jeux vidéos

Définition(s) d'un agent

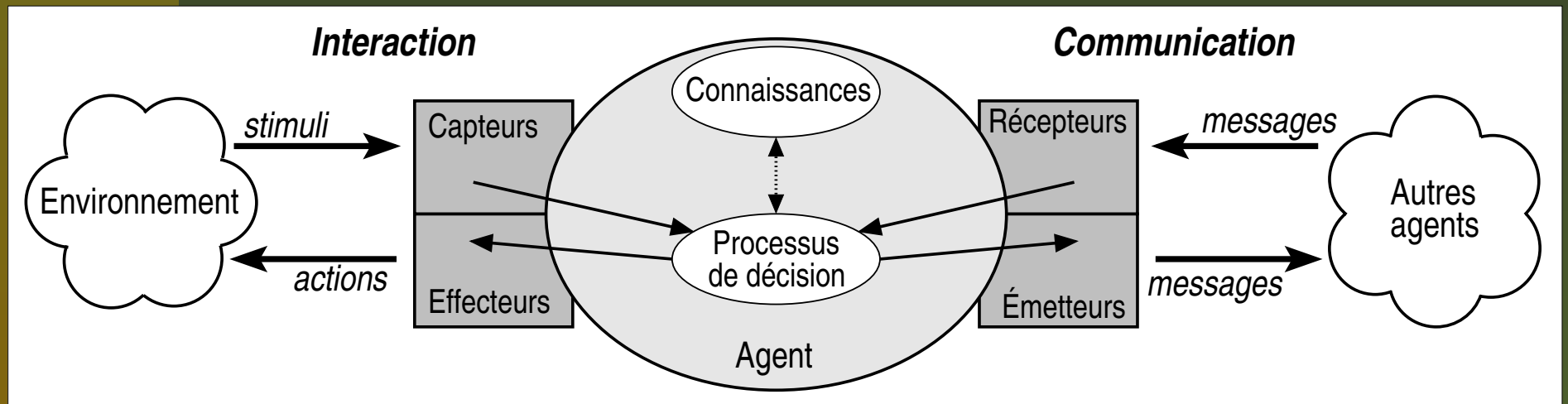
- Entité **active** et **autonome**
- qui interagit avec un **environnement** (réel ou simulé)
- qui peut être **intelligente**, **adaptative** ou **sociable**

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 \Rightarrow pro-actif
 - environnementales : stimulations externes \Rightarrow réactif
 - 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 centralisés → données symboliques
 - réactive : perception modulaire + données \pm brutes
 - perception active = guidée par les objectifs
- Action sur l'environnement
 - modification des objets
 - tentative de modification (environnement «centralisé» + actif)
- Communication : action sur l'état mental d'un autre agent

Environnement (3)

- Connaissances sur le monde
 - connaissances explicites *vs.* implicites
 - connaissances permanentes (innées) *vs.* temporaires (acquises)
 - spatiales, sur les objets, comportementales, réflexives...
- Représentation de l'environnement
 - construction + mise-à-jour d'une représentation interne
 - reconnaître une situation (localisation...)

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

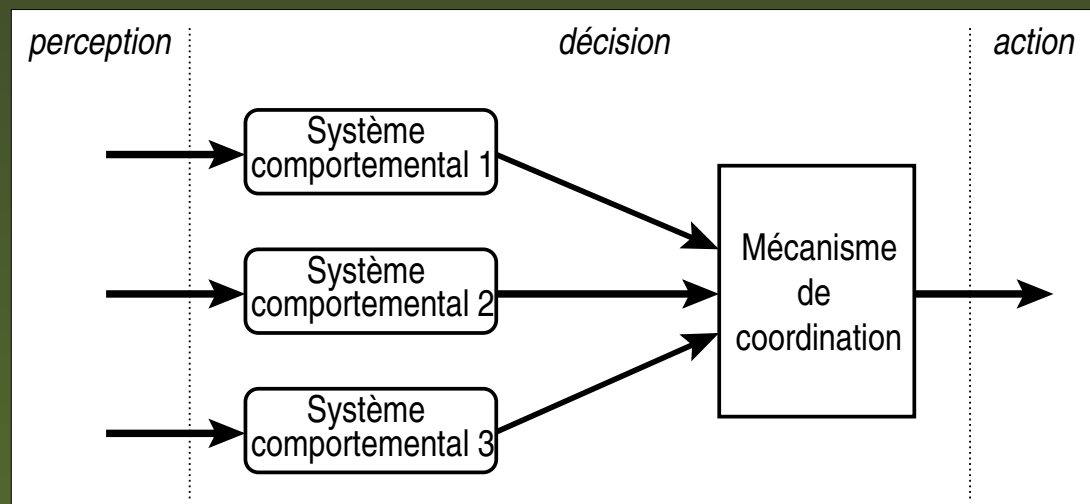
- Ressemblances : encapsulation données + comportement
- Différences
 - agents : autonomes et asynchrones
 - objets : passifs et synchrones
- Mais : objets actifs/acteurs ? (décentralisé + asynchrone)
- Agents encore implémentés sous la forme d'objets...

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

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



«*Boids*» de C. Reynolds

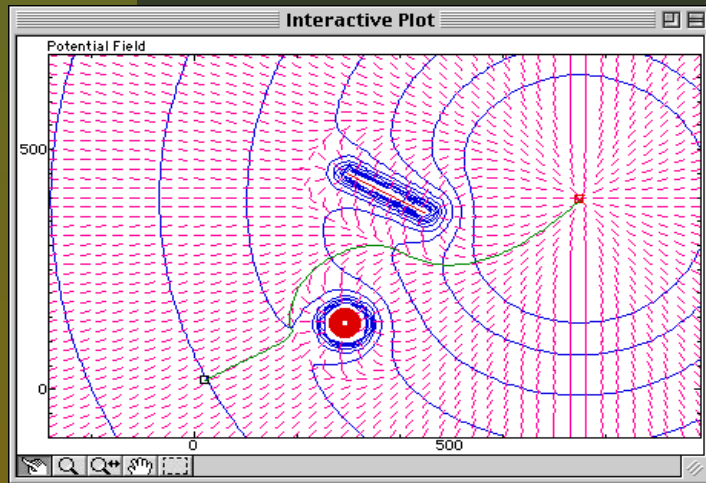
- évitement de collisions
- maintien de la vitesse (voisins)
- centrage par rapport au groupe

Pas vraiment situé...

- Champs de potentiels (R. Arkin)

Champs de potentiels

- Avantages : simple et relativement efficace

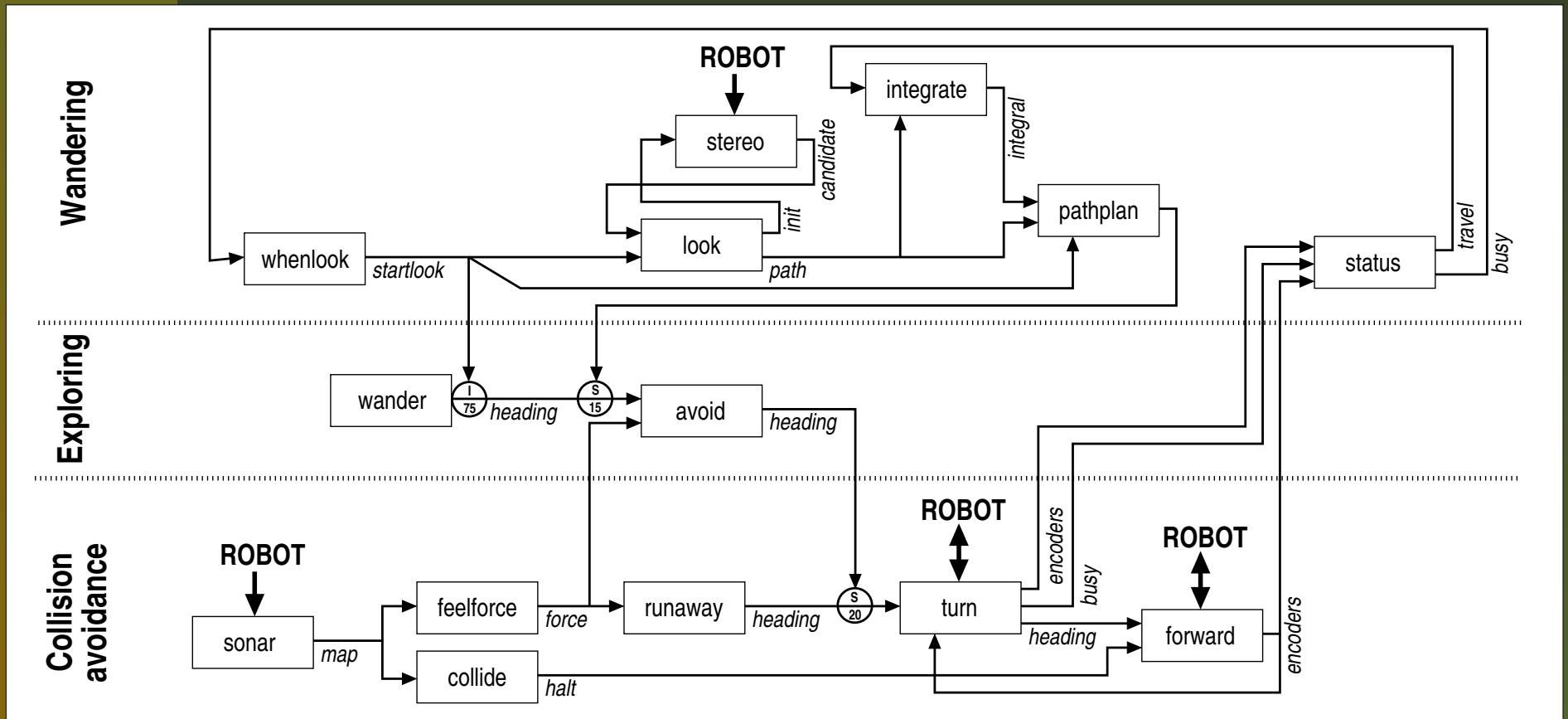


SysQuake

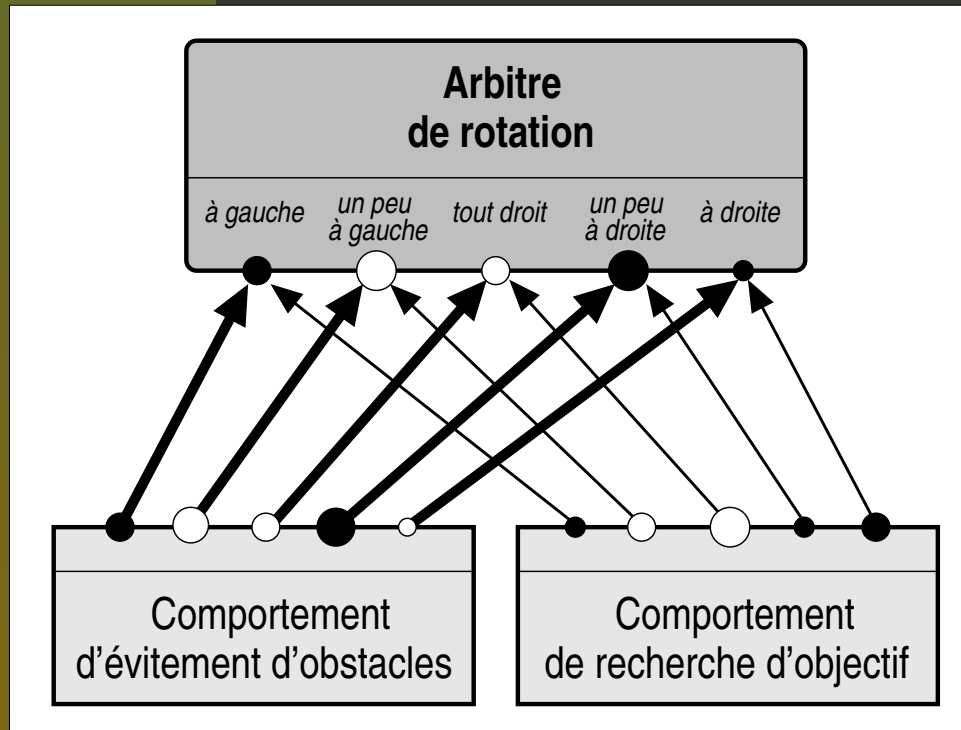
- Inconvénients :
 - minima locaux \Rightarrow sans issue !
 - passage difficile entre obstacles proches
 - oscillation entre obstacles
 - sans obstacle dynamique ! \Rightarrow versions réactives

Architecture de *subsumption* (R. Brooks)

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

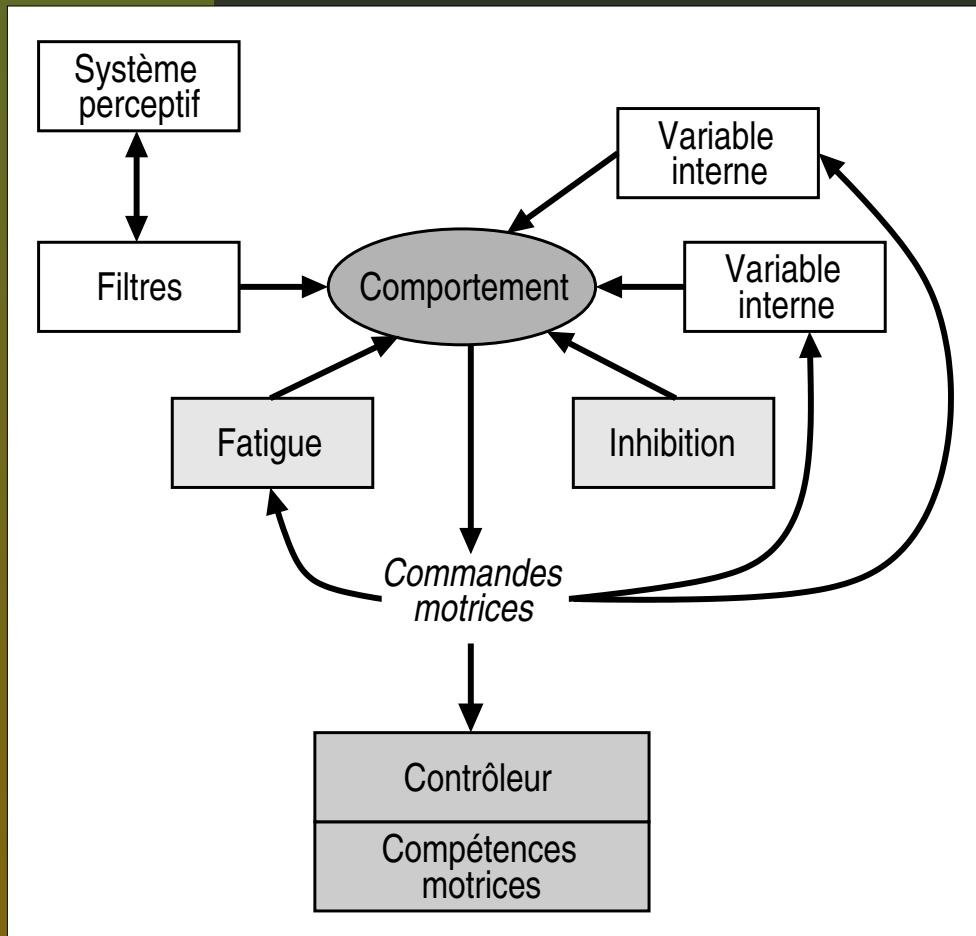


DAMN (J. Rosenblatt)



- comportements
- arbitres
- vote sur actions discrétisées

Architecture de B. Blumberg



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

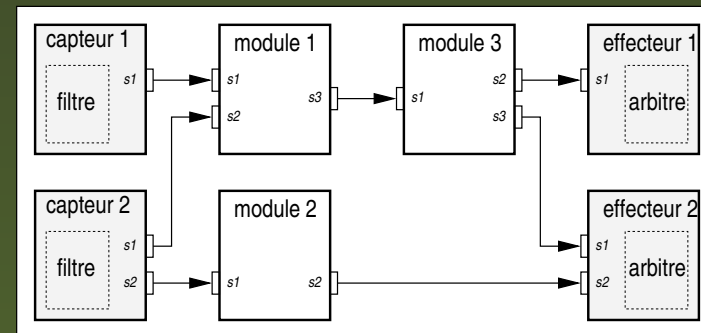
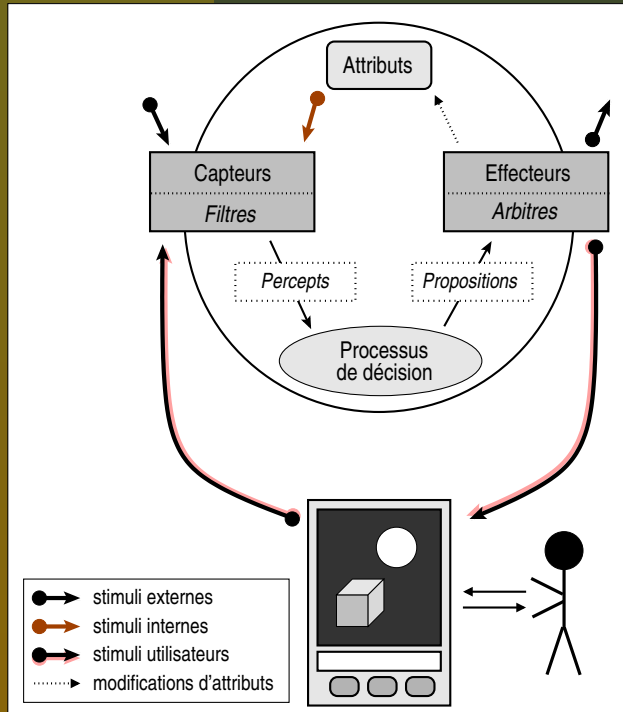


Automates parallèles

- 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

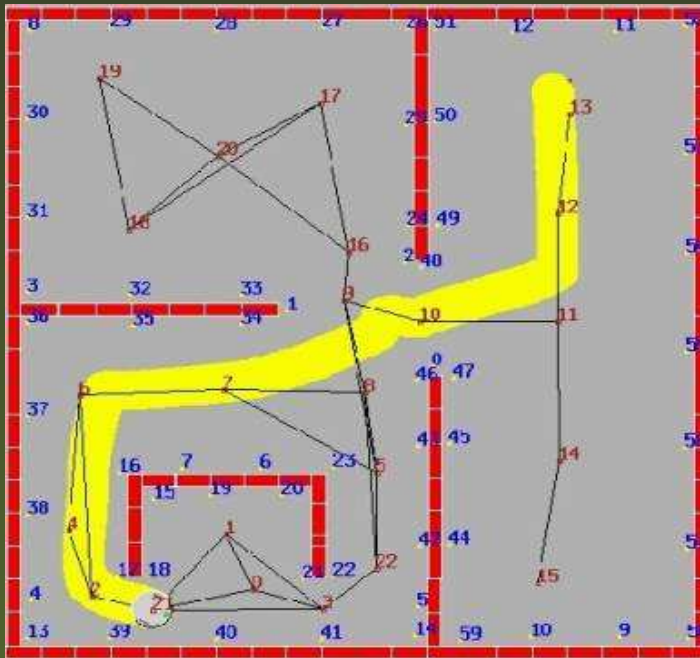


Problème de la navigation (1)

- Trois sous-problèmes
 - localisation
 - construction/MAJ de représentation(s) de l'environnement
 - planification
- Localisation et gestion de la carte **interdépendantes**
 - ⇒ SLAM (*Simultaneous Localization And Mapping*)
- Planification dépendante des deux autres activités
- Sources idiothétiques vs. allothétiques
 - ⇒ erreur cumulative vs. *perceptual aliasing*

Problème de la navigation (2)

- Cartes *vs.* représentations implicites
 - cartes échangeables et visualisables
 - représentations implicites moins artificielles
- Cartes : métriques *vs.* topologiques



Localisation

- Deux principales approches :
 - inférence directe
 - ⇒ nécessite un environnement sans *perceptual aliasing*
 - probabilistique
 - mono-hypothèse (filtres de Kalman)
 - ⇒ nécessite une bonne estimation de la position initiale
 - multi-hypothèse (POMDP)
 - ⇒ nécessite la connaissance complète de la carte
- Reconnaître une situation géographique
 - marques artificielles *vs.* naturelles
 - analyse d'images (objets, signatures...)
 - historique

Construction de carte

- Construction incrémentale en-ligne vs. hors-ligne
- Difficultés
 - prendre en compte les erreurs de perception
 - reconnaître une place déjà visitée
 - ajuster la représentation
- Carte métrique
 - grille d'occupation + probabilités
 - ensemble de caractéristiques : points \rightarrow ensembles flous
- Carte topologique
 - à partir d'une carte métrique ou directement
 - difficulté : choisir les nœuds

Planification

- Séquence d'actions pour atteindre un objectif
- Espace métrique discrétisé : variantes de A^*
- Espace métrique continu : champs de potentiels
- Carte topologique : chemin dans un graphe

Conclusion

- Nombreuses définitions et 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)
 \Rightarrow nombreux modèles d'organisation
- Navigation : un problème difficile !