

## Introduction aux Agents

Jean-Pierre Briot

Thème OASIS

Laboratoire d'Informatique de Paris 6

Université Paris 6 - CNRS

Paris, France



Jean-Pierre.Briot@lip6.fr

## Objectif (ACTIONS)

---

- Introduire la notion d'agent (ou plutôt /les notions d'agents)
- Positionner le concept d'agent dans l'histoire de l'informatique (intelligence artificielle, programmation...)
- classifier les différentes familles (techniques et applications) d'agents
- classifier les notions importantes et les différents niveaux
- positionner la notion d'agent par rapport à la notion d'objet distribué

# Motivations (inspiré de [Bradshaw 97])

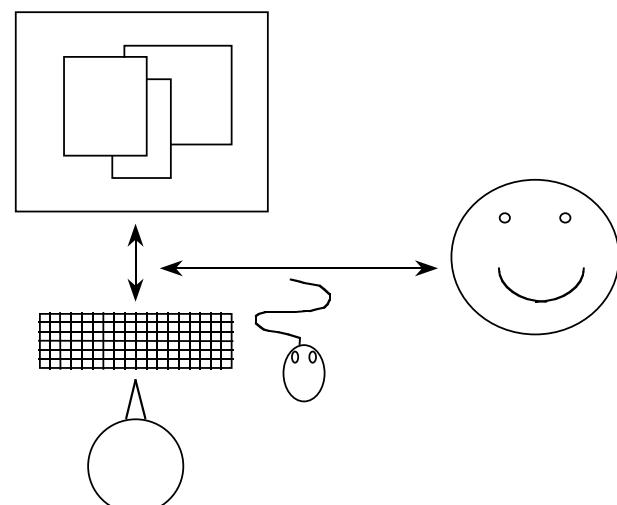
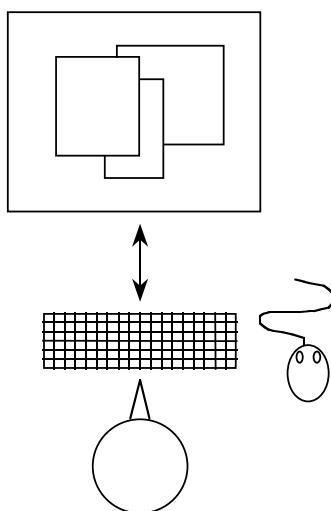
---

- Complexité croissante des applications informatiques, plus ouvertes, plus hétérogènes, plus dynamiques
  - exemple : le Web et toutes les couches qui le supportent
  - ex : objets communicants, prise de RdVs avec PDAs...
  - comment décomposer, recomposer, interopérer, gérer l'évolution, adaptation, contrôle, négocier (partage ressources, prise de RdV),...
  - limitations des approches informatiques classiques : statiques, homogènes, interfaces rigides, objets/composants sans initiative propre, client serveur
  - -> agents logiciels
    - » autonomie, initiative, niveau connaissance, adaptation, inter-operabilité
  - coopératifs -> systèmes multi-agents
    - » protocoles de communication et de coordination, organisations

## Motivations (2)

---

- Limitations des interfaces homme-machine classiques
  - à manipulation directe / explicite
  - rigidité, complexité, ne s'améliore pas à l'usage
  - -> agents assistants
    - » adaptation au profil de l'utilisateur, automatisation de certaines tâches, rappel d'informations utiles
    - » ex : trieur de mails, prise de RdVs



## Rappel historique (vis à vis de l'IA)

---

- Concept d'agent rationnel à la base de l'intelligence artificielle (IA)
  - système informatique autonome
    - » connaissances, buts, pouvoirs, perceptions, raisonnement/délibération (résolution, planification, déduction, etc.), actions
    - » système expert
- Limitation : Autarcie !!
  - autarcie logicielle : difficile à faire collaborer avec d'autres logiciels
  - autarcie sociale : censé remplacer l'homme, pas de collaboration (expert humain en dehors de la «boucle»)
- Réponses
  - agents coopératifs
    - » systèmes multi-agents
    - » distributed artificial intelligence (DAI vs GOFAI)
  - agents assistants

## Rappel historique (vis à vis de la programmation)

---

- Interview Les Gasser, IEEE Concurrency 6(4):74-81, oct-déc 98
- langage machine
- assembleur
- programmation structurée
- programmation par objets
- programmation par agents !
- concept d'action persistante
- programme qui tente de manière répétée (persistante) d'accomplir quelque chose

# **action persistante**

---

- programme qui tente de manière répétée (persistante) d'accomplir quelque chose
  - pas la peine de contrôler explicitement succès, échec, répétition, alternatives...
- description de :
  - but == succès
  - méthodes alternatives
  - \* apprentissage (de nouvelles méthodes)
- ressources :
  - processus
  - itération (tant que)
  - options/solutions (situation -> action)
  - capacité de choix (on line - sélection d'action)
  - recherche (search) -- en cas de nouvelles situations
  - feedback sur le choix

## **qu'est-ce qu'un agent ?**

---

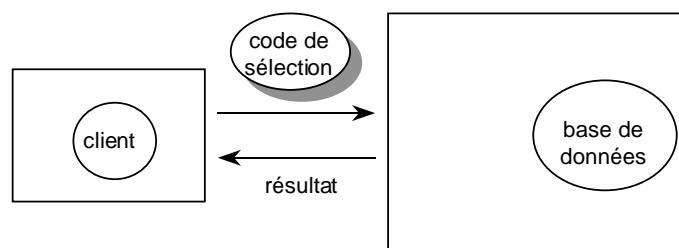
- American Heritage Dictionary :
  - « one that acts or has the power or authority to act... or represent another »
  - or
  - « the means by which something is done or caused; instrument »
- [Ferber 95]
  - on appelle agent une entité physique ou virtuelle
    - » qui est capable d'agir dans un environnement,
    - » qui peut communiquer directement avec d'autres agents,
    - » qui est mue par un ensemble de tendances (sous la forme d'objectifs individuels ou d'une fonction de satisfaction, voire de survie, qu'elle cherche à optimiser),
    - » qui possède des ressources propres,
    - » qui est capable de percevoir (mais de manière limitée) son environnement,
    - » qui ne dispose que d'une représentation partielle de cet environnement (et éventuellement aucune),
    - » qui possède des compétences et offre des services,
    - » qui peut éventuellement se reproduire,
    - » dont le comportement tend à satisfaire ses objectifs, en tenant compte des ressources et des compétences dont elle dispose, et en fonction de sa perception, de ses représentations et des communications qu'elle reçoit.

# typologie (Babel agents) 1/3

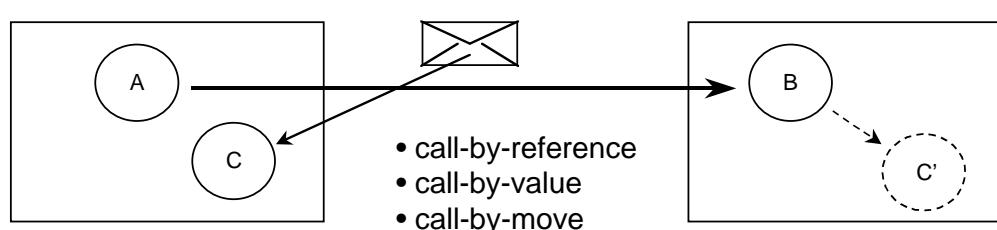
- agents rationnels
  - IA, comportement délibératif, perceptions, croyances, buts
  - ex : systèmes experts
- systèmes multi-agents
  - résolution distribuée (décentralisée) de problèmes
  - coordination, organisation
  - ex : robotique collective
- agents logiciels
  - ex : démons Unix, virus informatiques, robots Web
- agents mobiles
  - code mobile -> objet mobile -> agent mobile (processus)
  - motivations : minimisation communications distantes, informatique nomade
  - technologie en avance sur les besoins
  - problèmes de sécurité, coquilles vides

## Code/objets/agents mobiles

- Code mobile
  - rapprocher (code) traitement des données
  - ex : SQL



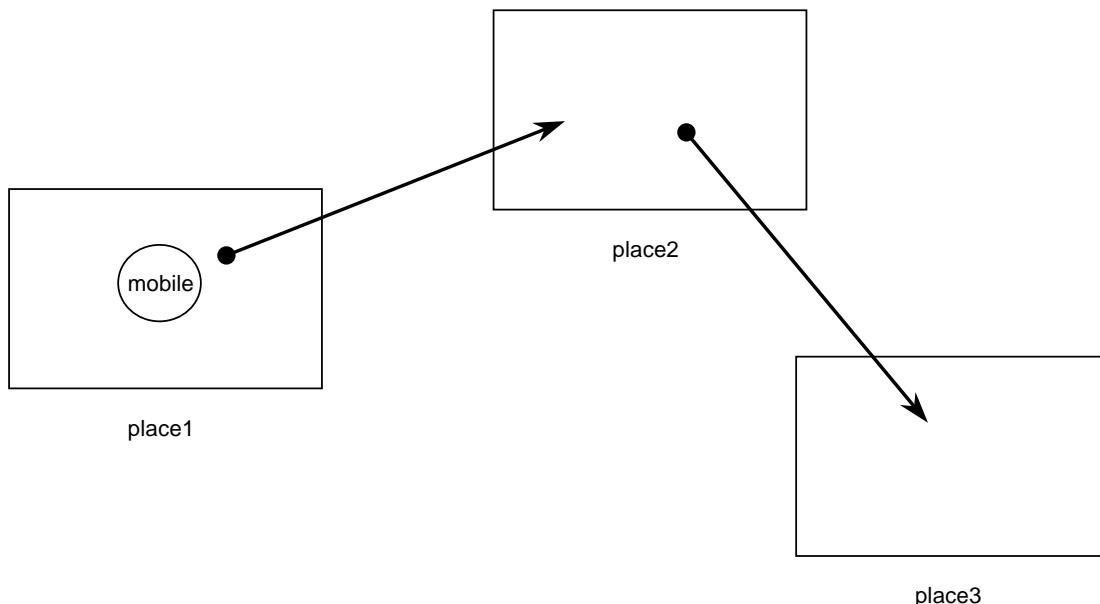
- Objet mobile
  - PostScript (code + données constantes)
  - Emerald [Black et al. IEEE TSE 87]



# Agent mobile

---

- Telescript
- (Java) Odissey, Aglets, Voyager, Grasshopper...



## typologie (Babel agents) 2/3

---

- agents assistants
  - secrétaire virtuelle (trie le mail, gère les RdVs...)
  - < logiciel utilisateur + assistant >
  - filtrage collaboratif
  - computer-supported cooperative work -> communityware
  - agents «émotionnels»
- agents robotiques
  - architectures de contrôle de robots
  - sélection de l'action
  - robotique collective (ex : RoboCup, déminage...)
- vie artificielle
  - alternative à l'IA classique
  - modélisation/simulation des propriétés fondamentales de la vie (adaptation, reproduction, auto-organisation...)
  - importation de métaphores biologiques, éthologiques...
  - ex : algorithmes à base de fourmis (agents) pour routage de réseaux

## typologie (Babel agents) 3/3

- simulation multi-agent
  - simulation centrée individu vs modèle global (ex : équations différentielles)
  - + modèle de comportement arbitrairement complexe
  - + interactions arbitrairement complexes (ex : sociales, irrigation parcelles)
  - + niveaux hiérarchiques (ex : bancs de poissons)
  - + différentes échelles de temps
- agents de loisir
  - virtuels (ex : jeux vidéo)
  - virtuels-physiques (ex : Tamagotchi)
  - physiques (ex : Furby, robot-chien Aibo de Sony)

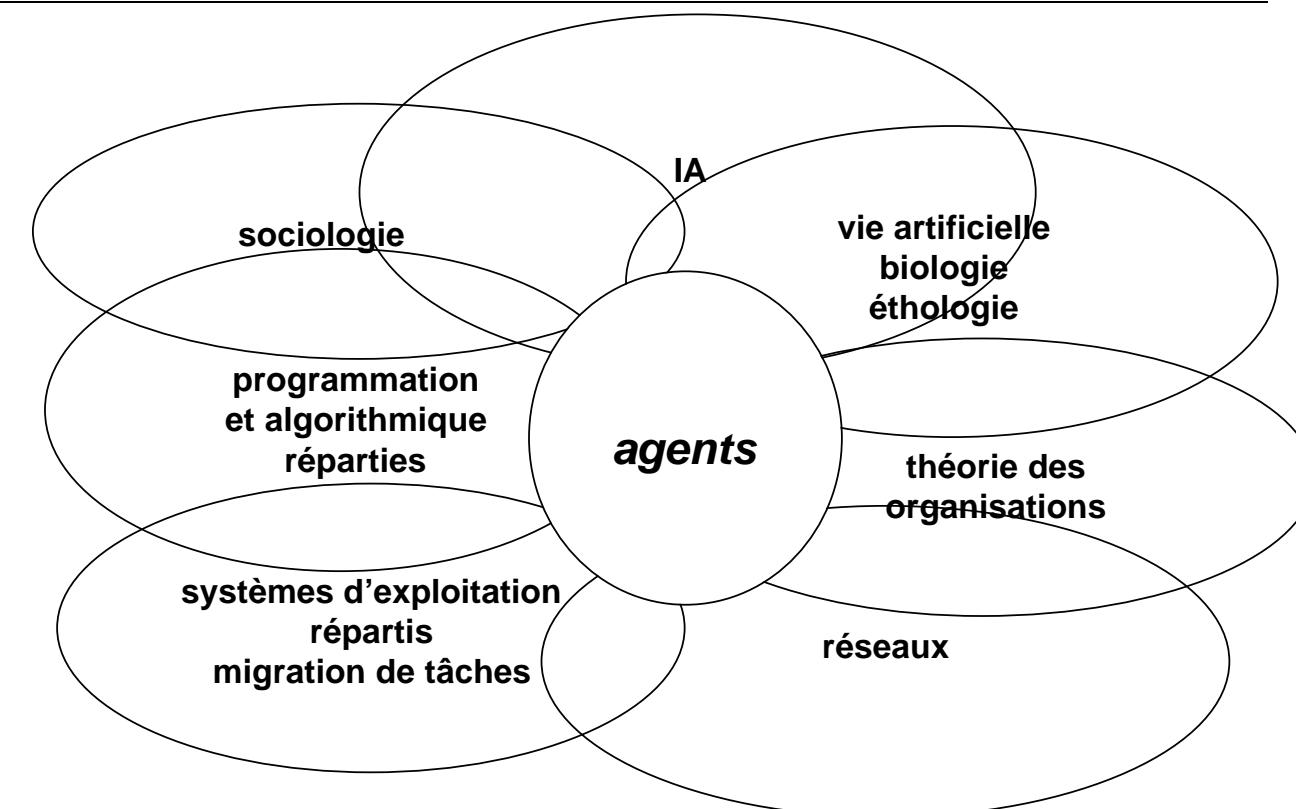


Jean-Pierre Briot

DEA IARFA 99-00 -- Introduction aux Agents

13

## agents



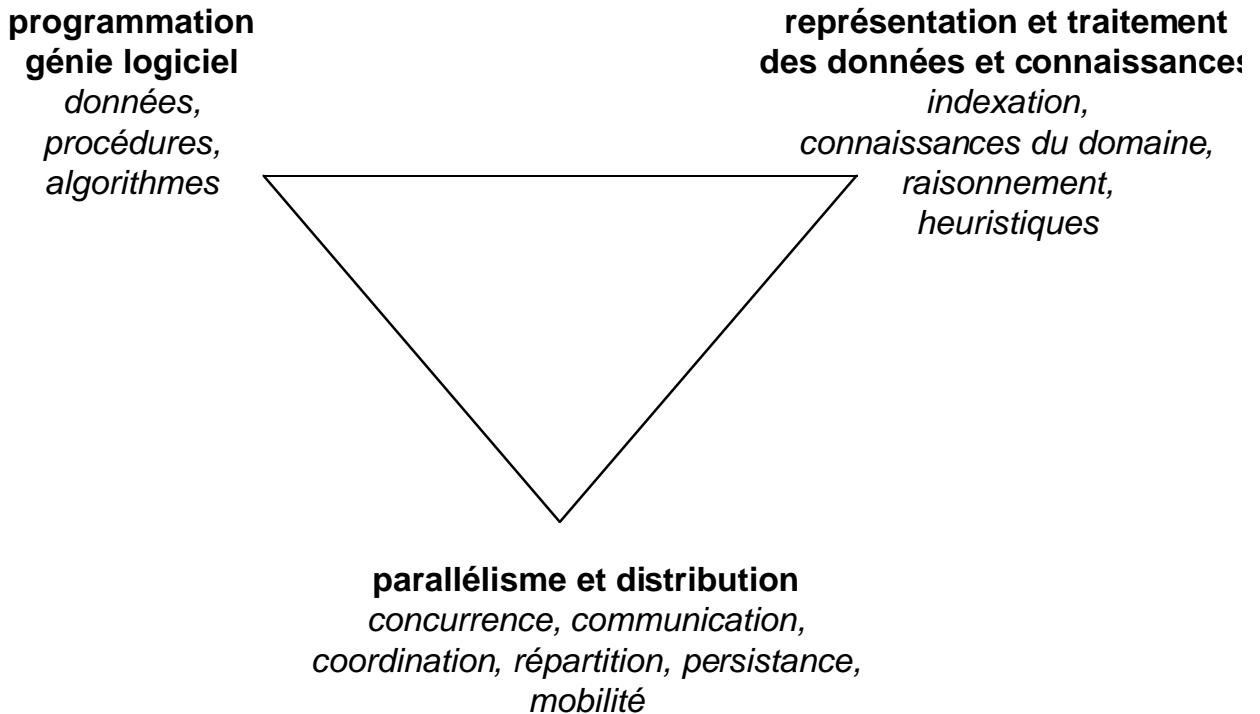
Jean-Pierre Briot

DEA IARFA 99-00 -- Introduction aux Agents

14

# OASIS = Intégration

---



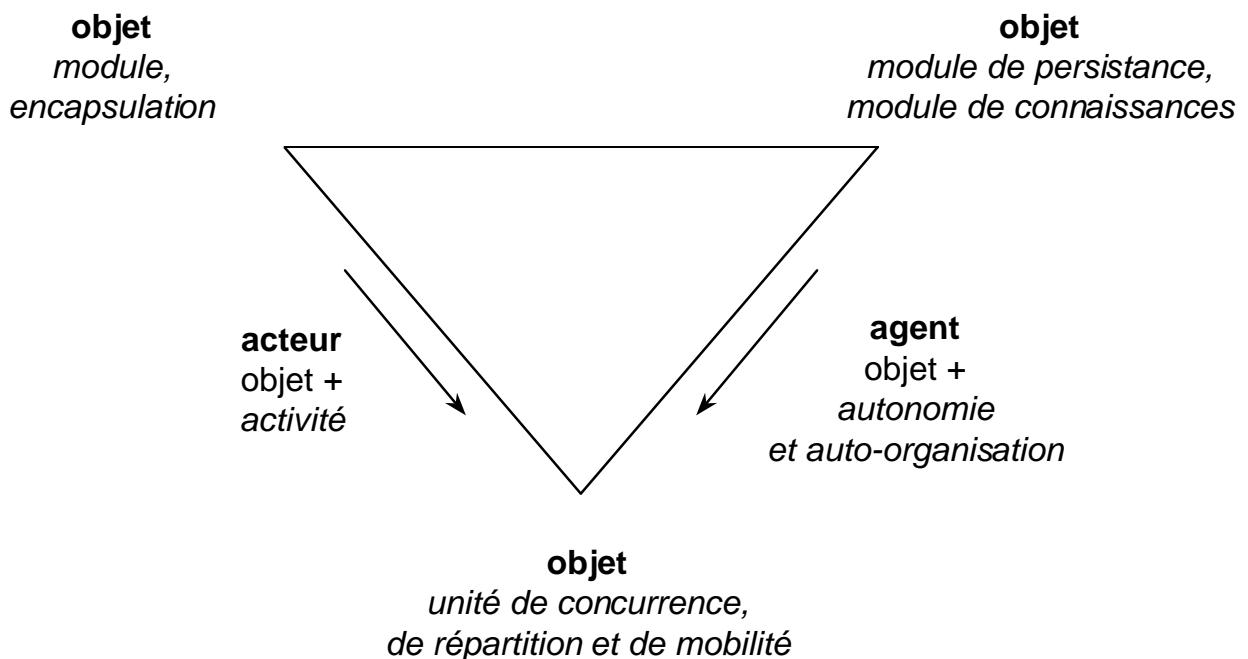
Jean-Pierre Briot

DEA IARFA 99-00 -- Introduction aux Agents

15

## (thème) OASIS = Intégration (2)

---



Jean-Pierre Briot

DEA IARFA 99-00 -- Introduction aux Agents

16

# Différents niveaux d'agents (inspiré de Les Gasser)

---

- **ermites**
  - représenter un humain
  - données+procédures (objet)+contrôle+ressources(processus) (acteur)
    - » réactivité, autonomie
  - action persistante
    - » pro-activité, mission
  - capacités entrées/sorties et communication
  - \* mobilité
  - \* apprentissage
- **agents sociaux**
  - langage de communication entre agents (KQML, ACL, XML...)
  - échange de données
  - tâches
  - modèle (représentations) des autres
- **multi-agent**
  - action collective
  - division du travail (spécialisation)
  - coordination/intégration (gestion des dépendances et de l'incertain)

## agents cognitifs vs agents réactifs

---

- **agents cognitifs**
  - représentation explicite
    - » soi
      - connaissances (beliefs)
      - buts (intentions)
      - tâches
      - engagements
    - » environnement
    - » autres agents
      - compétences
      - intentions
  - architectures complexes, souvent modèle logique (ex : BDI, Agent0)
  - organisation explicite
    - » allocation et dépendances tâches
    - » partage ressources
    - » protocoles de coordination/négociation
  - communication explicite, point à point, élaborée (ex : KQML)
  - petit/moyen nombre d'agents
  - top down, systématique
  - certaines validations formelles possibles

# agents réactifs vs agents cognitifs

---

- agents réactifs
  - pas de représentation explicite
  - architectures simples
    - » stimulus -> réponse
  - organisation implicite/induite
    - » auto-organisation, ex : colonie de fourmis
  - communication via l'environnement
    - » ex : perception/actions sur l'environnement, phéromones de fourmis
  - grand ou très grand nombre d'agents
    - » redondance
  - robustesse
  - bottom up
  - validation expérimentale

## Agent, dans l'œil de l'observateur ??

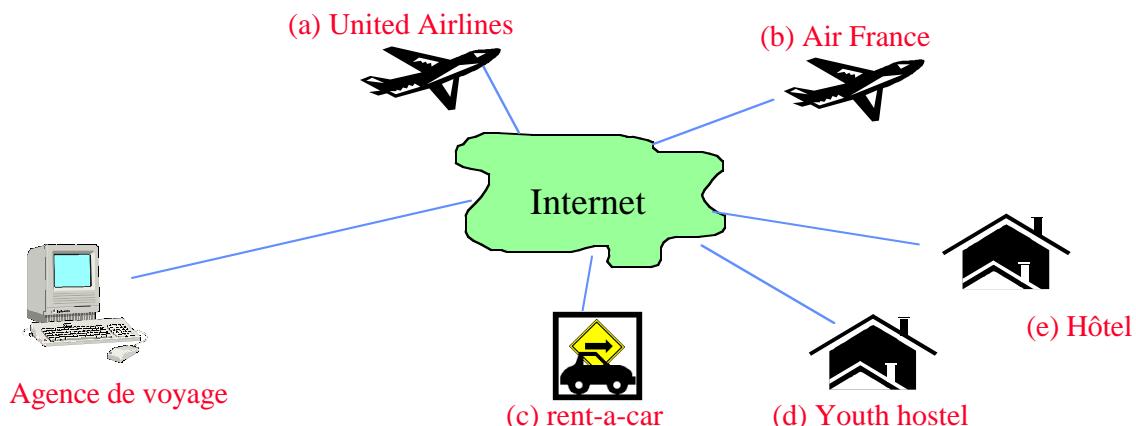
---

- bilame d'un chauffe-eau
- test de Turing
- est-ce qu'un objet/processus distribué pourrait faire la même chose ??
- rationalité
- intentionnalité
  - comportement individuel
  - comportement collectif
- Canon de Morgan (1894) - psychologie comparative - éthologie
  - «En aucun cas, nous ne pouvons interpréter une action comme la conséquence d'un exercice ou d'une faculté psychique plus haute, si elle peut être interprétée comme l'aboutissement d'une faculté qui est située plus bas dans l'échelle psychologique»
  - -> behaviorism (explication causale) vs intentionnel (explication fonctionnelle)
- mesures quantitatives «objectives» ?
  - ex : ajout agent -> pas de dégradation des performances

# Décomposition

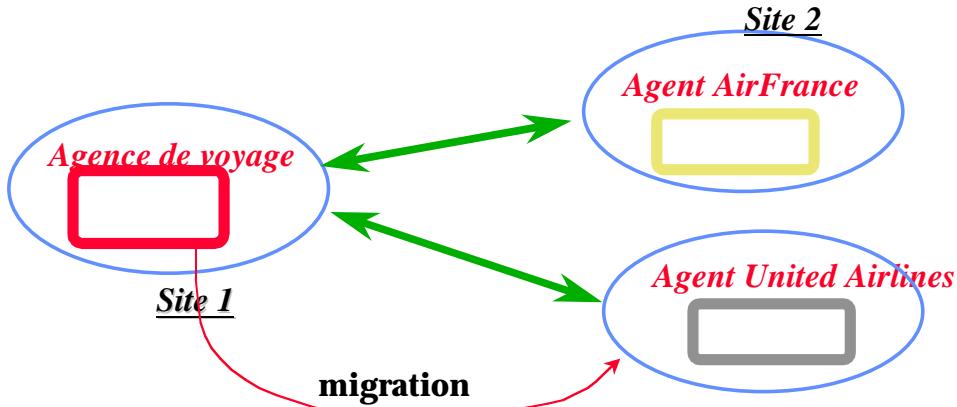
- décomposition des tâches, plans, sous-buts
- assignation aux agents
  - division du travail(spécialisation) vs totipotence
  - organisation, rôles
  - réseaux d'accointances
    - » représentations des capacités des autres agents
  - appel d'offre,
    - Contract Net protocol [Smith IEEE Transac. Computers 80]
  - market-based algorithms
    - » mise aux enchères (protocoles : à la bougie, anglaise, hollandaise...)

## Scénario d'agence de voyage électronique [thèse Min-Jung Yoo, octobre 1999]



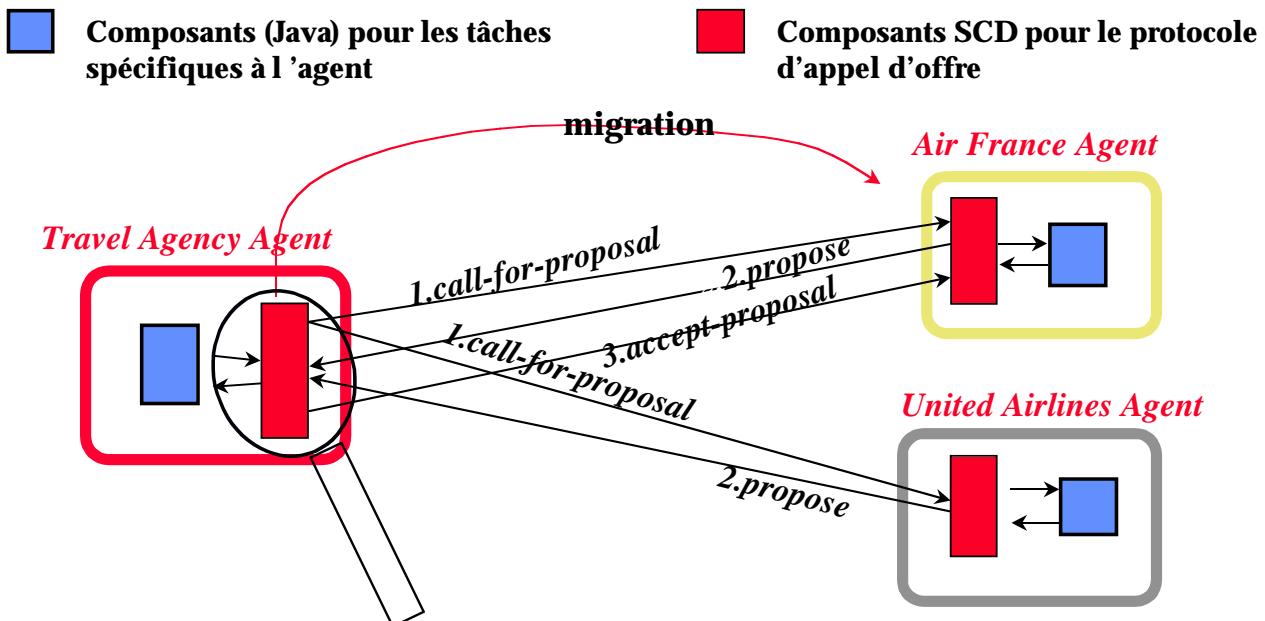
# Exemple de protocole de coopération entre agents : choix du meilleur billet d'avion

- Deux agents serveurs de voyage, un agent agence de voyage
- Coopérer suivant un protocole d'appel d'offre (Contract net protocol) pour trouver un vol de prix minimal.



- Mobilité : l'agent se déplace vers le site du serveur choisi pour continuer la conversation (et optimiser les communications)

## Exemple



# Organisations

---

- 3 points de vue [Scott 81] :
  - organisations rationnelles
    - » collectivités à finalités spécifiques
    - » objectifs, rôles, relations (dépendances...), règles
  - organisations naturelles (végétatives)
    - » objectif en lui-même : survie (perpétuer l'organisation)
    - » stabilité, adaptativité
  - systèmes ouverts
    - » inter-relations/dépendances avec d'autres organisations, environnement(s)...
    - » échanges, coalitions
- organisations abstraites
  - rôles
    - » ex : client, producteur, médiateur
  - spécialisation des agents (simplicité vs flexibilité)
  - redondance des agents (efficacité vs robustesse)
  - relations
    - » dépendances, hiérarchie, subordination, délégation
  - protocoles d'interaction/coordination
  - gestion des ressources partagées

## Organisations (2)

---

- agents cognitifs
  - organisation explicite
- agents réactifs
  - organisation semi-implicite
    - » façonnement de l'environnement, ex : fourmilière
    - » «auto-organisation», ex : stigmergie des colonies de fourmis
- Exemple : extraction de minerai par des robots [Ferber 95]
- spécialisation ou pas des agents
  - totipotents
  - rôles : robots détecteur, foreur, transporteur
- organisations du travail :
  - équipes
    - » ex : 1 détecteur, 3 foreurs, 2 transporteurs
  - appel d'offre
  - «émergentiste»
  - évolutives
    - » feedback environnement, apprentissage, algorithmes génétiques...

# Coordination

- Motivations :

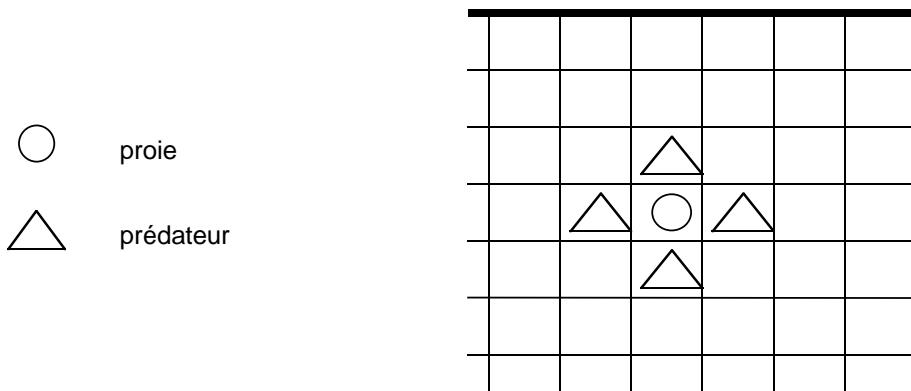
- capacités individuelles insuffisantes (ex : charges trop lourdes à transporter)
- cohérence (réguler les conflits sémantiques : buts contradictoires, accès aux ressources...)
- efficacité (parallelisation de l'exécution des tâches)
- robustesse, traitement de l'incertain
- recomposition des résultats - solutions partielles

- Techniques

- planification centralisée, semi-centralisée (synchronisation de plans individuels), distribuée
- ex : Partial Global Plans [Durfee et Lesser IJCAI'87]
- synchronisation d'accès aux ressources
  - » algorithmique répartie
  - » règles sociales
- négociation
  - » numérique, symbolique (agrégation, argumentation), démocratique (vote, arbitrage), utilitarisme (théorie des jeux)
- sans communication explicite
  - » (environnement, reconnaissance d'intentions...)

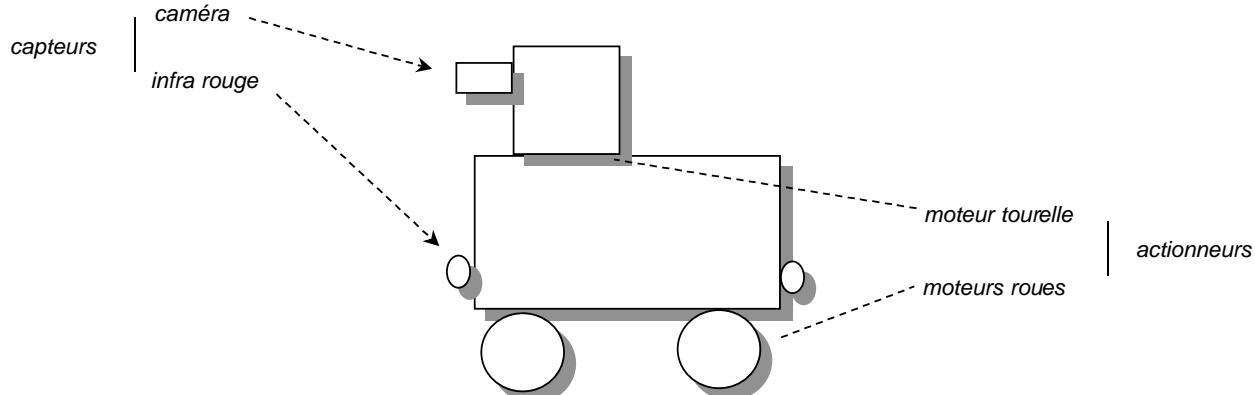
## Exemple des proies-prédateurs

- sur un environnement quadrillé, 4 prédateurs tentent d'encercler une proie
  - problème de coordination des mouvements des prédateurs
  - qualités : simplicité, générativité, efficacité, robustesse, propriétés formelles...
- approche cognitive
  - échange de plans(déplacements prévus), coordination
- approche réactive
  - attirance forte vers les proies, répulsion (faible) entre prédateurs



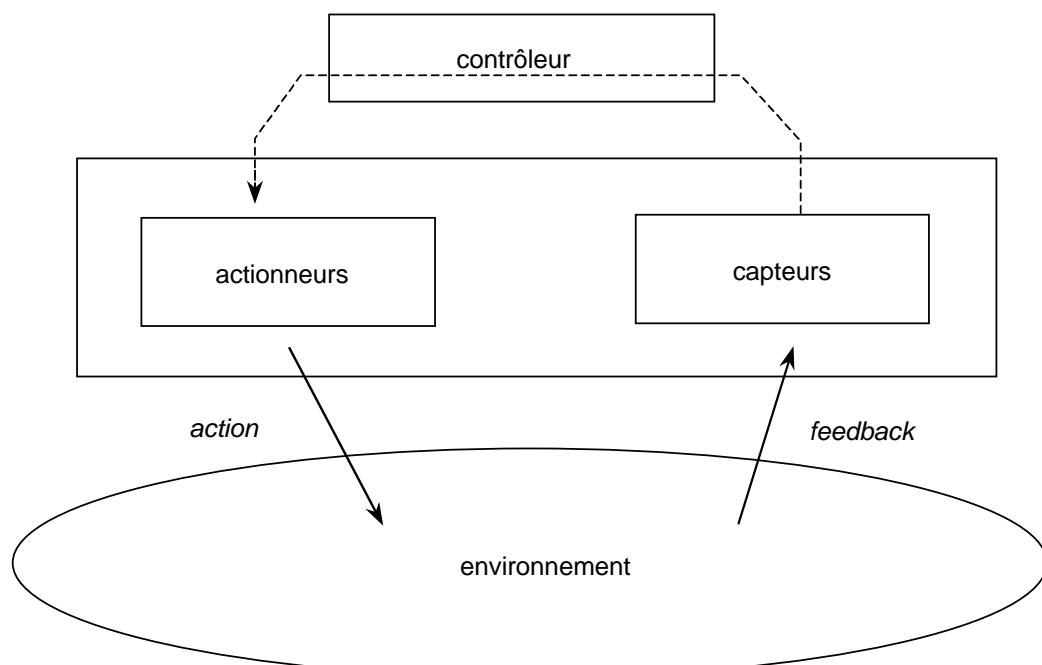
# Architecture d'agents - styles architecturaux (architectures logicielles)

- Architecture = organisation individuelle / un agent (vision récursive)
- Exemple d'application [Shaw et Garlan 96] :
  - (architecture de contrôle d'un) robot mobile autonome

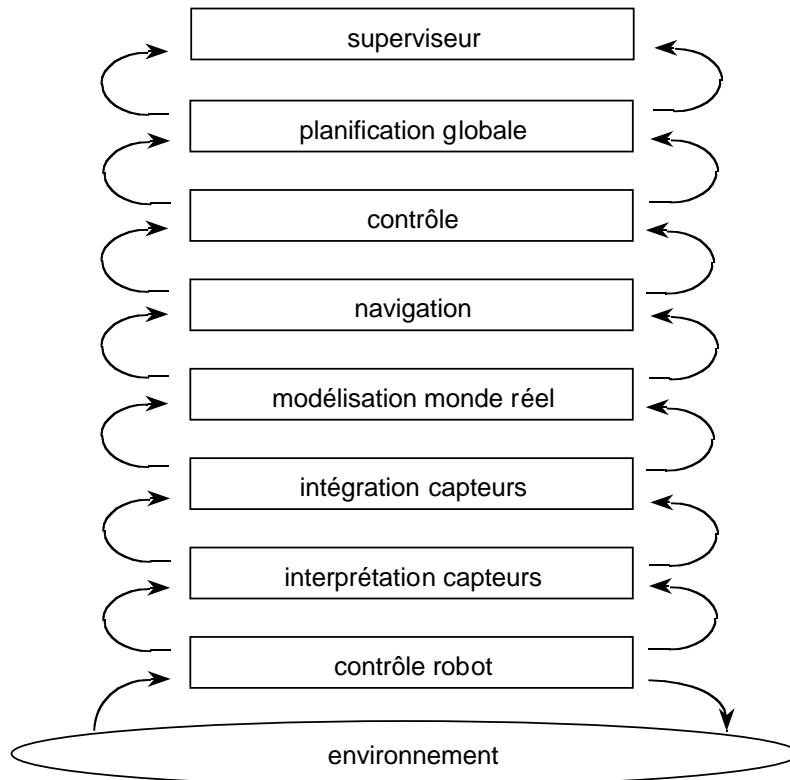


- Propriétés/caractéristiques recherchées :
  - comportement à la fois délibératif et réactif
  - perception incertaine de l'environnement
  - robustesse (résistance aux pannes et aux dangers)
  - flexibilité de conception (boucle conception/évaluation)

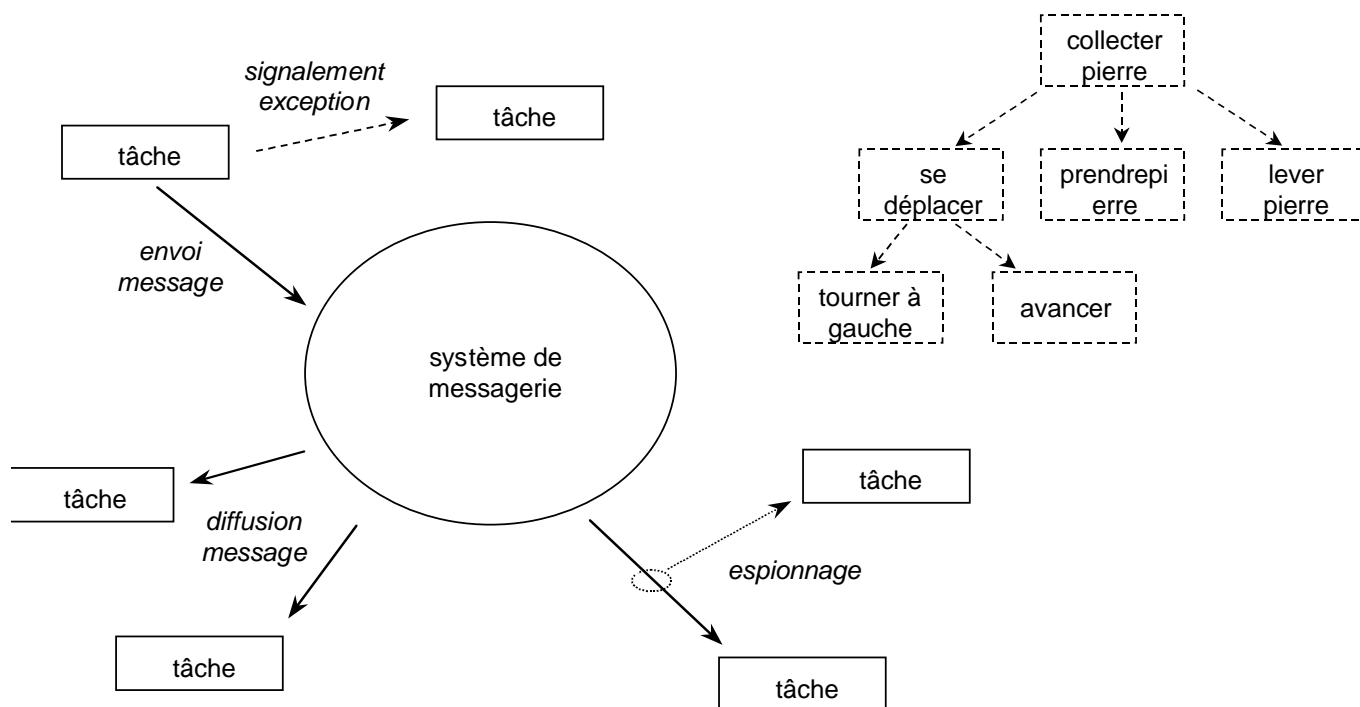
## Solution 1 - boucle de contrôle



## Solution 2 - couches

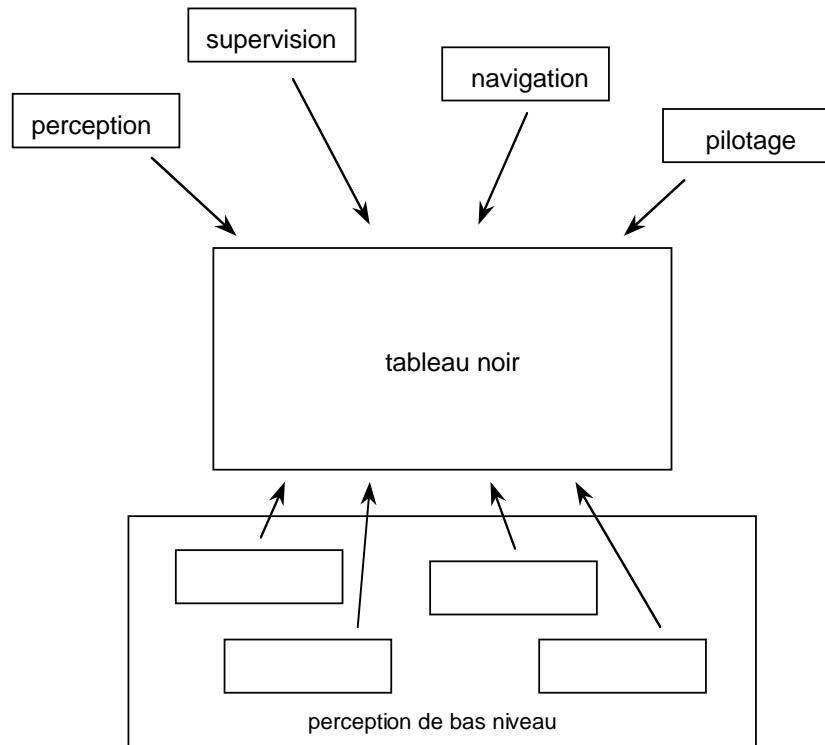


## Solution 3 - (tâches et) événements



## Solution 4 - tableau noir

---



## Comparaison

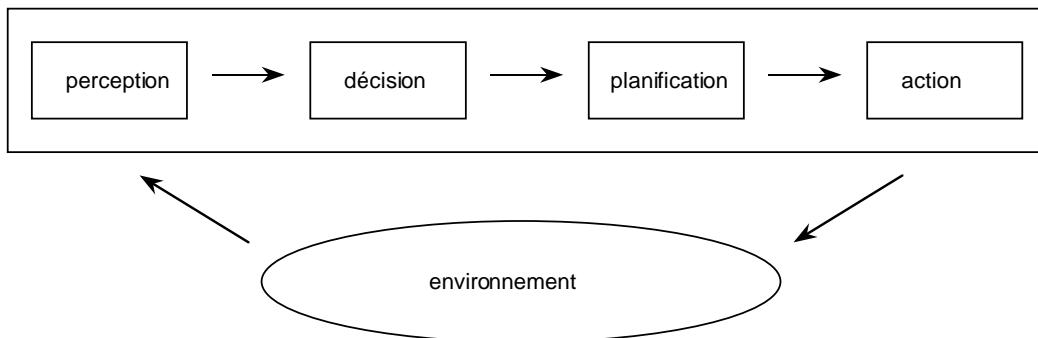
---

	Boucle de contrôle	couches	événements	tableau noir
<i>coordination des tâches</i>	+-	-	++	+
<i>incertain</i>	-	+-	+-	+
<i>robustesse</i>	+-	+-	++	+
<i>sûreté</i>	+-	+-	++	+
<i>performance</i>	+-	+-	++	+
<i>flexibilité</i>	+-	-	+	+

## Architectures d'agents - plus de détails (IA)

---

- modulaire horizontale



## Architectures d'agents (2)

---

- Etats mentaux
  - ex. d'architectures : Agent0 [Shoham AI 93], BDI [Rao et Georgeff 91]
  - formalisme logique
  - logique modale
    - » croyances
    - » buts
  - plans
  - intentions (choix + engagement) [Cohen et Levesque AI 90]

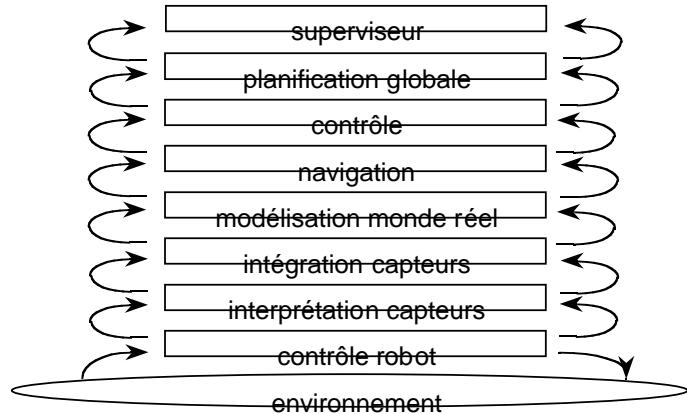
$$\begin{array}{ccc} \text{intention (action)} & \leftrightarrow & \begin{array}{l} \text{but(proposition vraie)} \\ \text{croyance(proposition non vraie)} \\ \text{croyance(action} \Rightarrow \text{proposition)} \\ \text{croyance(capable action)} \end{array} \end{array}$$

- intentions jointes [Cohen et Levesque 95]

## Architectures d'agents (3)

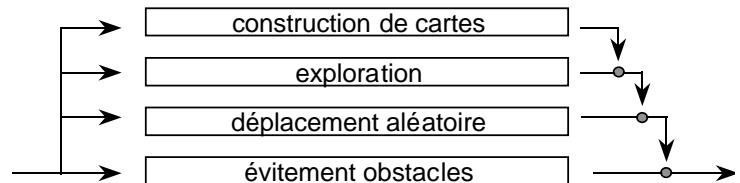
- modulaire verticale

- séquentielle



- parallèle

- » Subsumption architecture (à priorités/inhibition)
    - » [Brooks IEEE J.RobotAuto 86]

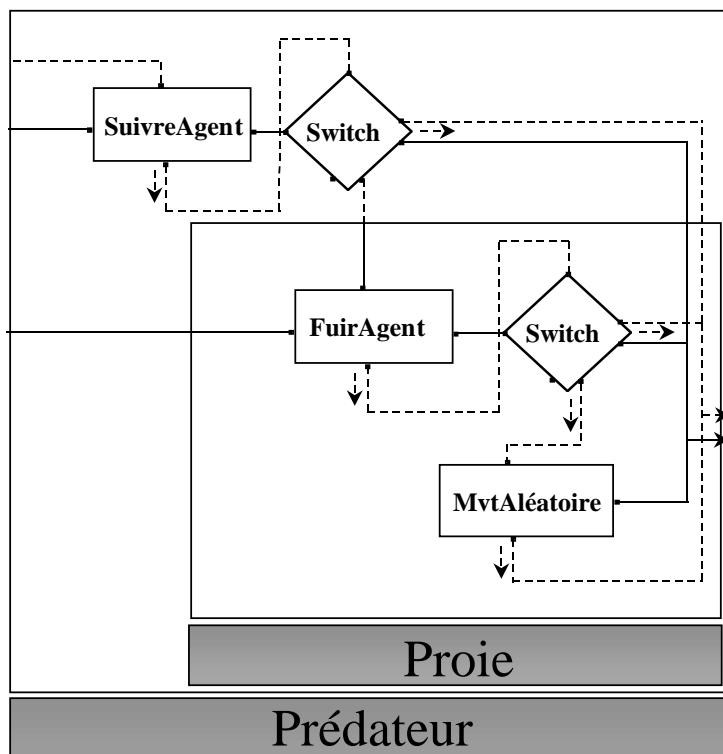


## Architectures d'agents (4)

- hiérarchiques (cognitives/réactives)
  - ex : DIMA [Guessoum 96], InterRap [Müller 96]...
- componentielles
  - Maleva [Lhuillier 98]
- composition d'actions
  - Bene theory [Steels 94]
  - hiérarchiques
- connexionnistes
- évolutionnistes
  - algorithmes génétiques, morphogenèse

# composants Maleva

---



## Communication

---

- environnement
  - perception,action (ex : consommation ressources)
  - traces (ex : phéromones)
- symbolique (messages)
  - medium (réseau, voix, vision...)
  - participants :
    - » individuel - point à point
    - » partagé - multicast
    - » global - broadcast
    - » publish/subscribe (événements)
    - » par le contenu, Tuple-space, ex : Linda [Gelerntner 88]
- actes de langage - «dire c'est faire» [Searle 79]
  - composante locutoire
    - » message, encodage
  - composante illocutoire
    - » réalisation de l'acte de langage
    - » performatifs : affirmer, questionner, annoncer, répondre...
  - composante perlocutoire
    - » effets sur croyances des autres

## Communication (2)

---

- Langages et protocoles de communication
- KQML [Finin et Labrou 94]
- message
  - contenu
  - langage (d'expression du contenu)
    - » ex : Java, Smalltalk, KIF, XML
  - ontologie
    - » hiérarchie de concepts pour un domaine donné
  - performatif
    - » ex : ask, deny, register, recruit, request...
- FIPA ACL (Agent Communication Language)
  - comme KQML
  - sémantique formelle
  - protocole
    - » ex : FIPA-Contract-Net, FIPA-Iterated-Contract-Net

## Des Objets aux Acteurs

---

- approche intégrative
  - intégration des objets et des activités (threads)
  - intégration de l'envoi de message avec l'invocation distante
- la concurrence comme fondement
  - envoi de message asynchrone (sans attente, sans réponse)
  - la concurrence est le défaut. Dans le modèle de calcul de Gul Agha, la séquentialité n'est qu'une conséquence de la causalité (message arrivé après être parti)

# Des Objets (ou Acteurs) aux Agents

---

- au niveau de l'entité
  - agent non purement procédural
    - » connaissances
      - ex : états mentaux, plans, règles d'inférence des agents cognitifs
    - pro-activité
      - » pas uniquement purement réactif
- au niveau d'un ensemble d'agents
  - différents modes de communication
    - » via l'environnement, ex : colonies de fourmis
    - » messages typés, ex : KQML (inform, request, reply...)
  - coordination
    - » interactions arbitrairement complexes, pas juste client/serveur
- au niveau de la conception (vs implantation)
  - organisation
    - » structuration forte/explicite, souvent dynamique, conditionnant les interactions, la division du travail, les accès aux ressources partagées...
  - une conception sous forme d'agents peut ensuite être réalisée sous forme d'objets ou d'acteurs, le niveau agent n'apparaissant plus explicitement dans l'implantation

## De la Simulation Objet à la Simulation Multi-Agent

---

- au niveau de l'entité
  - comportement non nécessairement purement déterministe
    - » mémoire, connaissances, désirs, interactions
- au niveau d'un ensemble d'agents
  - différents modes de communication
    - » via l'environnement, ex : colonies de fourmis
  - coordination
    - » interactions arbitrairement complexes
  - simulation multi-niveau
    - » un ensemble d'agents peut être aussi considéré (émerger) comme un agent avec son comportement propre
      - ex: émergence d'un banc de poisson, d'une rivière
- au niveau de la conception (vs implantation)