

1/2 Module
DEA IARFA

Introduction aux (Multiples) Agents

Jean-Pierre Briot

Thème OASIS
(*Objets et Agents pour Systèmes d'Information et Simulation*)
Laboratoire d'Informatique de Paris 6
Université Paris 6 - CNRS



Jean-Pierre.Briot@lip6.fr

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



1

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



2

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
 - exemple2 : 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 (avec autres PDAs, etc.)
 - On parle alors de :
- Systèmes multi-agents
 - protocoles de communication et de coordination, organisations

Jean-Pierre Briot



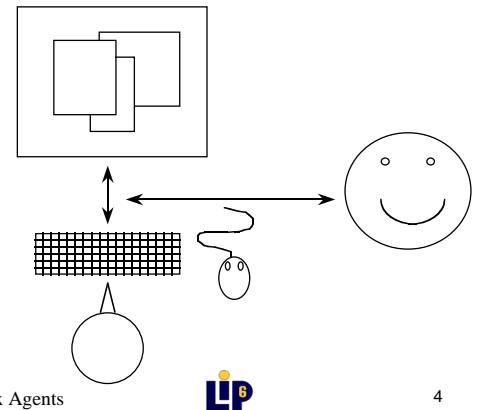
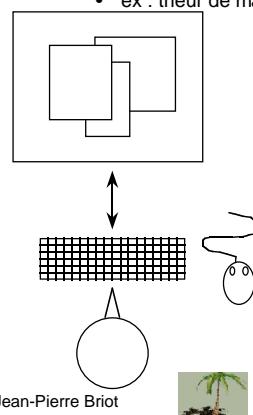
Introduction aux Agents



3

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, initiative
 - ex : trieur de mails, prise de RdVs



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



4

Agents assistants

- Ex : Bargain Finder, Letizia, Firefly (MIT AI Lab)...
- « If you have somebody who knows you well and shares much of your information, that person can act on your behalf very effectively. If your secretary falls ill, it would make no difference if the temping agency could send you Albert Einstein. This issue is not about IQ. It is shared knowledge and the practice of using it in your best interests. » [Negroponte, Being Digital, 1995]
- Complémentarité (humain - agent)
 - Utilisateur : « lent » en calcul ; agent : « rapide »
 - Utilisateur : peu de mémoire à court terme, mais accès associatif à mémoire à long terme
 - Utilisateur : langage naturel et vision ; agent pas encore...
 - « Tell an agent what to do » vs « Show what an agent what to do »
- Critique : agents of alienation [Lanier, 1995]

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



5

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 versus GOFAI)
 - agents assistants

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



6

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
- *mission et initiatives pour l'accomplir*

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



7

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 :
 - (quand) 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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



8

- Pour un système (logiciel) complexe, impossible de prédire au moment de la conception toutes les interactions potentielles
 - Ceci est rendu encore plus difficile si l'on considère l'évolutivité du logiciel ainsi que celle de son environnement (autres logiciels)
- Composants logiciels « adaptables »
 - Organisations (cf architectures logicielles) explicites (entités de première classe)
 - Les interactions non prévues deviennent la norme et non plus l'exception [Jennings 1999]
 - Le couplage entre composants est abordé au niveau des connaissances et non plus au niveau des types de données (sûr mais rigide)

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



9

- Contrôle de sonde/vaisseau spatial
 - Distance avec le contrôle au sol -> temps de réaction
 - -> Nécessité d'un contrôle local : autonomie
 - capacités de prises de décision en cas de situations non prévues : initiative
- Recherche d'information sur Internet
 - Processus long et difficilement prédictible
 - (attente, découverte, pannes...)
 - -> Délégation du cahier des charges : autonomie et initiative

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



11

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



12

Qu'est-ce qu'un agent ?

- Petit Robert :

- De agere « agir, faire »
 - « Celui qui agit (opposé au patient qui subit l'action) »
 - « Ce qui agit, opère (force, corps, substance intervenant dans la production de certains phénomènes) »
- De agens « celui qui fait, qui s'occupe de »
 - « Personne chargée des affaires et des intérêts d'un individu, groupe ou pays, pour le compte desquels elle agit »
 - « Appellation de très nombreux employés de services publics ou d'entreprises privées, généralement appelés à servir d'intermédiaires entre la direction et les usagers »
- American Heritage Dictionary :
 - « one that acts or has the power or authority to act... or represent another »
 - « 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.

- 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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



13

- 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)

Welcome
newcomers!

Register
It's free and fun

Sell
your item

Chat about
Furbies



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



15

- agents assistants
 - secrétaire virtuelle (trie le mail, gère les RdVs...)
 - < logiciel utilisateur + assistant >
 - filtrage collaboratif
 - computer-supported cooperative work -> communityware (pour citoyens)
 - 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

Jean-Pierre Briot

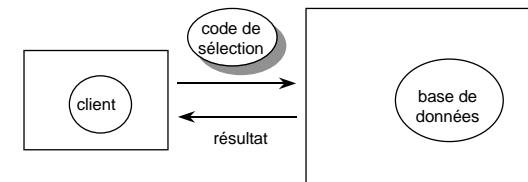


Introduction aux Agents



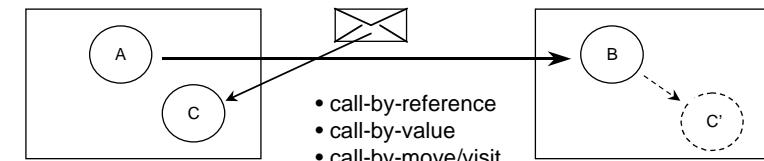
14

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



- Objet mobile

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



Jean-Pierre Briot



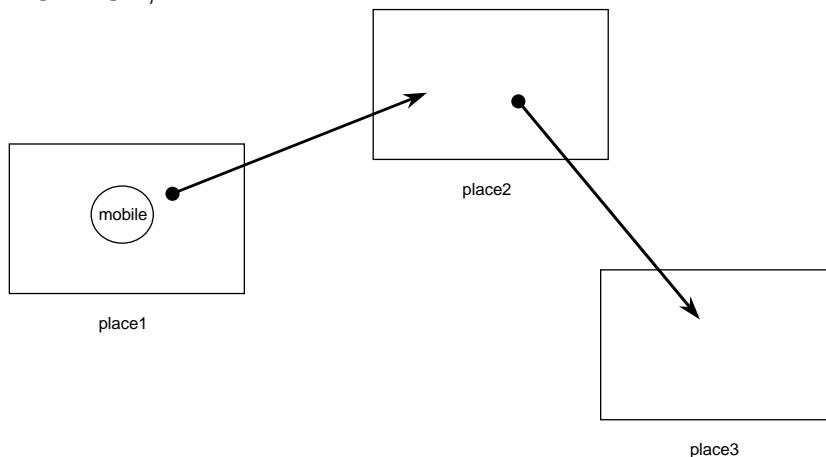
Introduction aux Agents



16

Agent mobile

- Telescript
- (Java) Odissey, Aglets, Voyager, Grasshopper, D'Agents (ex-AgentTcl),
OMG MASIF, FIPA...



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



17

Agents mobiles

- Avantages des agents mobiles
 - Réduction du trafic (traitement local -> données échangées réduites)
 - Robustesse
 - Déconnexion du client mobile (informatique nomade : pause, tunnel, ombre...)
 - Pannes (moindre sensibilité aux)
 - Confidentialité (traitement local)
 - (mais problèmes de sécurité)
 - Evolution logicielle
 - Off-line
 - Diffusion (versions) de logiciels (download)
 - On-line
 - Réseaux actifs
 - Données et Méta-données de contrôle (capsule)
- « Find the killer application ! »
 - Une nouvelle technique (parmi les) de programmation répartie
 - Combinaison (avec les autres) et non pas remplacement
- Problèmes
 - Sécurité, hétérogénéité, expérience

Jean-Pierre Briot

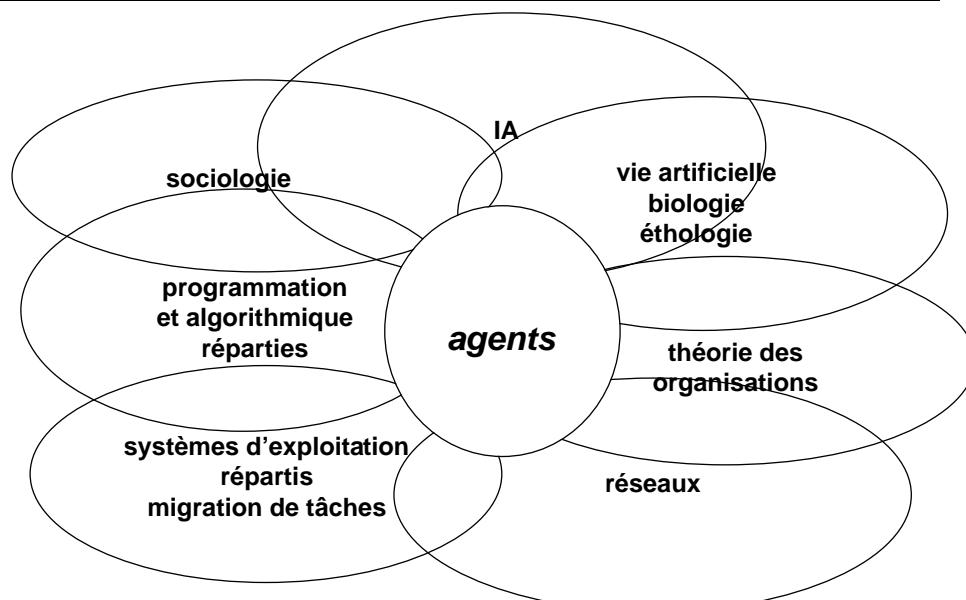


Introduction aux Agents



18

agents



Jean-Pierre Briot



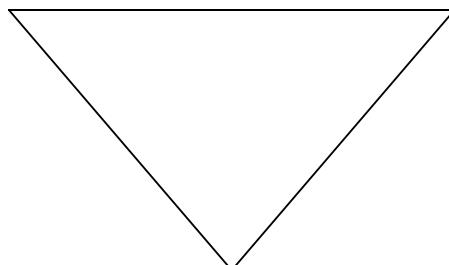
Introduction aux Agents



19

OASIS = Intégration

programmation
génie logiciel
données,
procédures,
algorithmes



représentation et traitement
des données et connaissances
indexation,
connaissances du domaine,
raisonnement,
heuristiques

parallélisme et distribution
concurrence, communication,
coordination, répartition, persistance,
mobilité

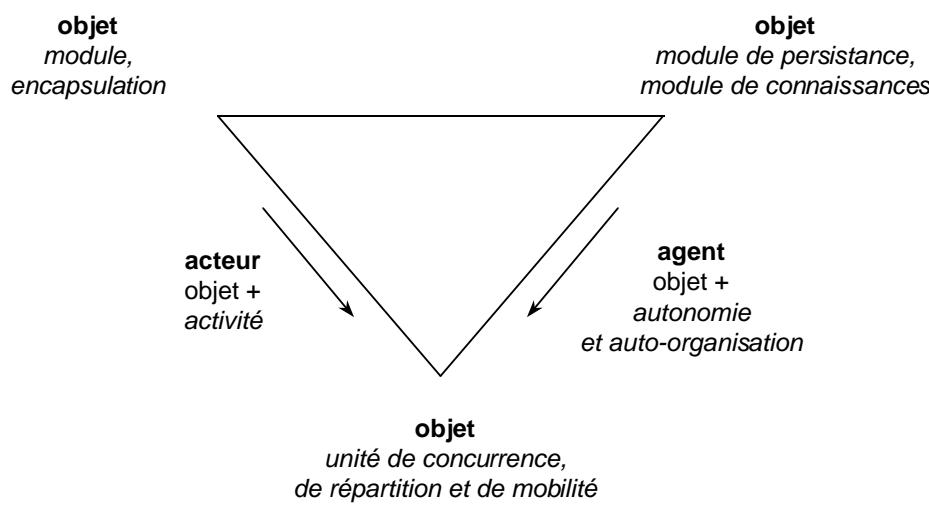
Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



20



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 des 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



- 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 réactifs vs agents cognitifs

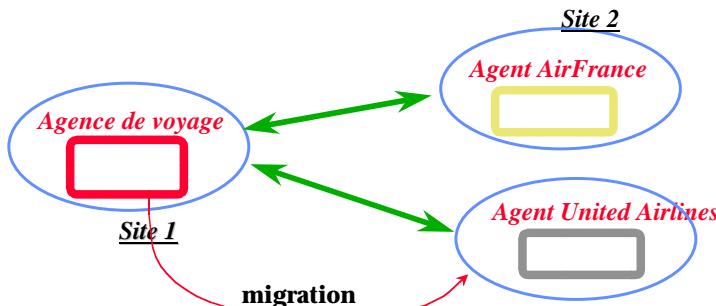
- agents réactifs
 - pas de représentation explicite
 - architectures simples
 - stimulus -> réponse
 - organisation implicite/induite
 - auto-organisation, ex : colonie de fourmis
 - communication via l'environnement
 - ex : perception/actions sur l'environnement, phéromones de fourmis
 - grand ou très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



- 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 d'un agent -> pas de dégradation des performances (éventuellement amélioration)

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

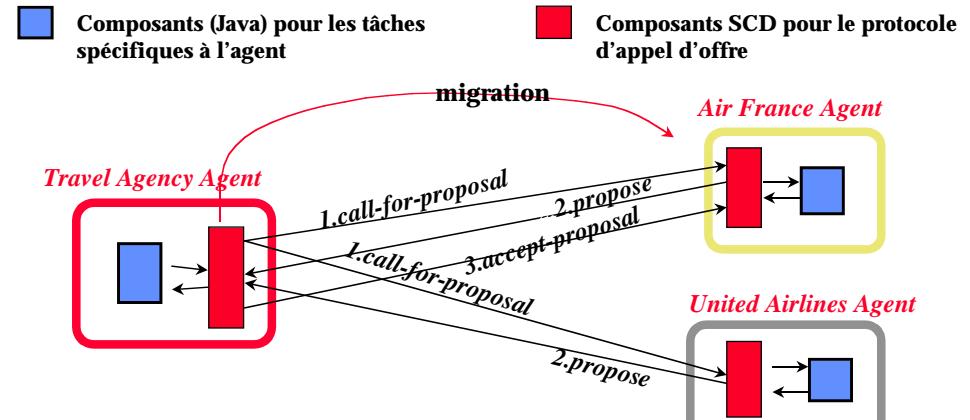
- Deux agents serveurs de voyage, un agent agence de voyage
- Coopérer suivant un protocole d'appel d'offre (Contract net protocol) pour trouver un vol de prix minimal.



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

- 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...)

Exemple



- 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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



30

Coordination

- Motivations :
 - capacités individuelles insuffisantes (ex : charges trop lourdes à transporter)
 - cohérence (réguler les conflits sémantiques : buts contradictoires, accès aux ressources...)
 - efficacité (parallélisation 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
 - spécialisation (spatiale, objectifs...)
 - négociation
 - numérique, symbolique (agrégation, argumentation), démocratique (vote, arbitrage)
 - utilitarisme (théorie des jeux)
 - sans communication explicite
 - (environnement, reconnaissance d'intentions, de plans...)

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



32

- 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...

Jean-Pierre Briot



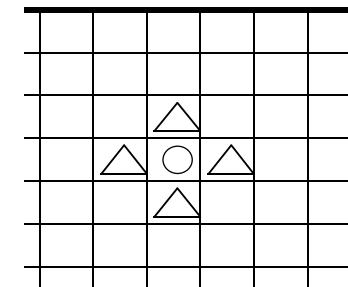
Introduction aux Agents



31

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



○ proie

△ prédateur

Jean-Pierre Briot



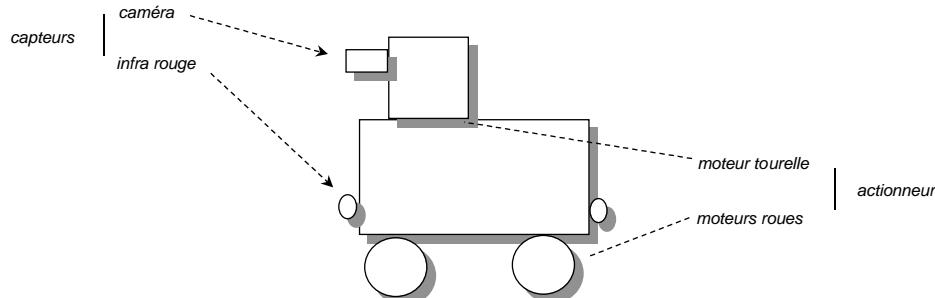
Introduction aux Agents



33

Achitectures 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)

Jean-Pierre Briot

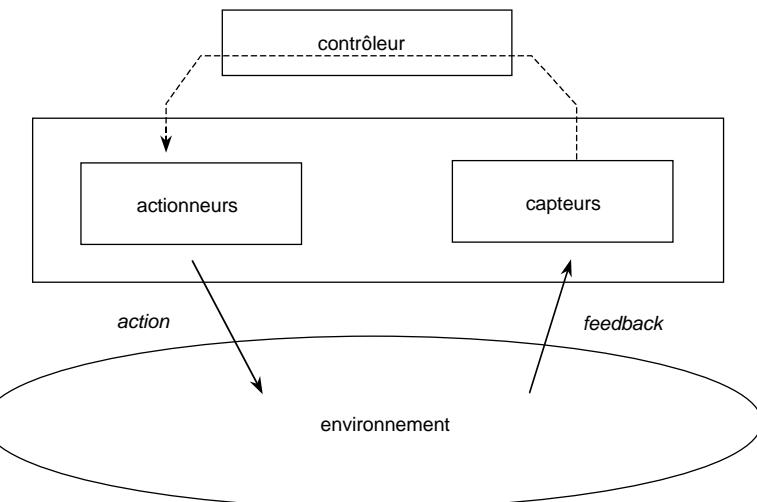


Introduction aux Agents



34

Solution 1 - boucle de contrôle



Jean-Pierre Briot

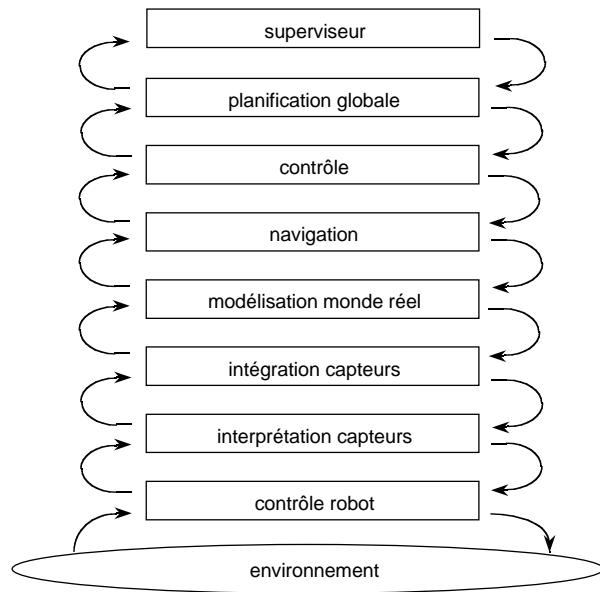


Introduction aux Agents



35

Solution 2 - couches



Jean-Pierre Briot

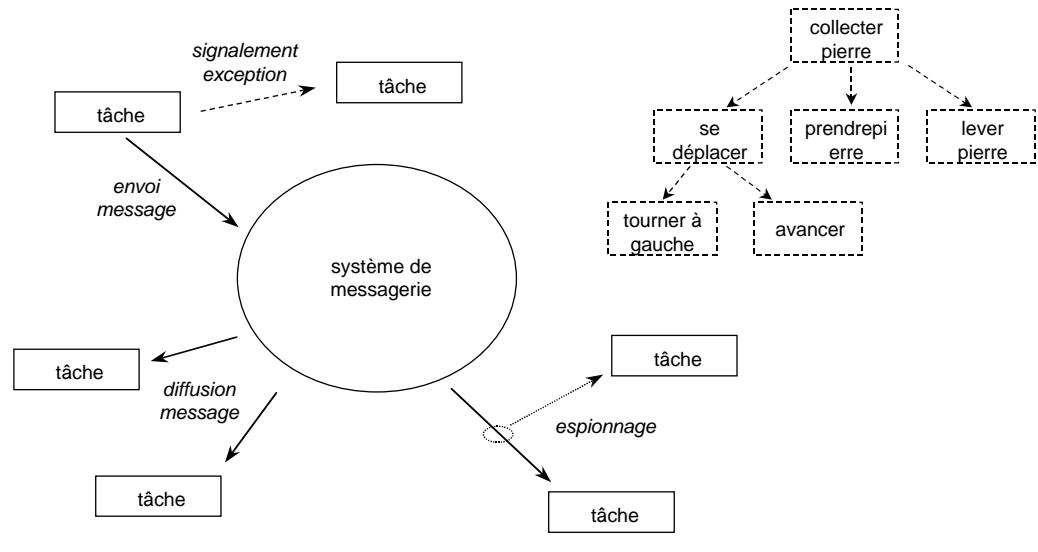


Introduction aux Agents



36

Solution 3 - (tâches et) événements



Jean-Pierre Briot

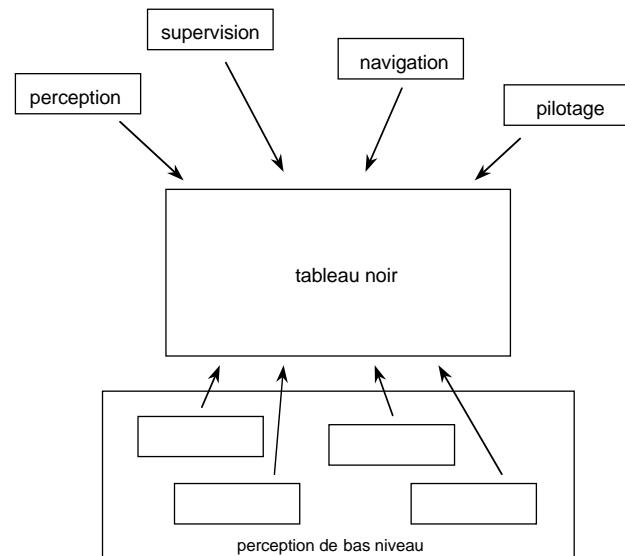


Introduction aux Agents



37

Solution 4 - tableau noir



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



38

Comparaison

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

Jean-Pierre Briot



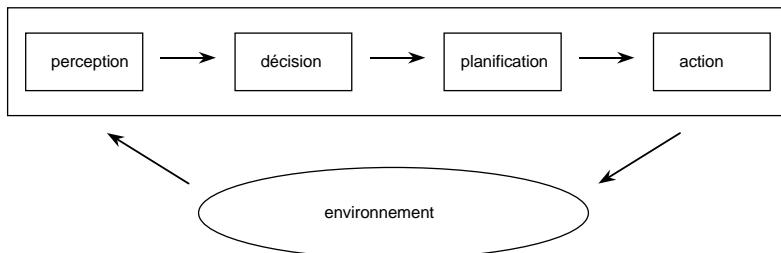
Introduction aux Agents



39

Architectures d'agents - plus de détails (IA)

- modulaire horizontale



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



40

Architectures d'agents (2)

- Etats mentaux
 - ex. d'architectures : Agent0 [Shoham AI 93], BDI [Rao et Georgeff 91]
 - formalisme logique
 - logique modale
 - croyances
 - but
 - 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]

Jean-Pierre Briot



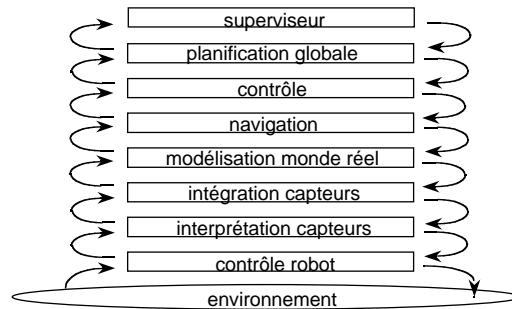
Introduction aux Agents



41

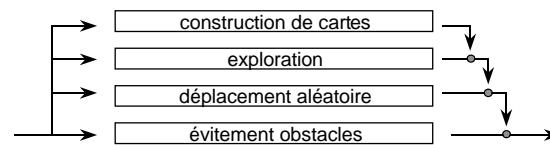
Architectures d'agents (3)

- modulaire verticale
 - séquentielle



– parallèle

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



Jean-Pierre Briot

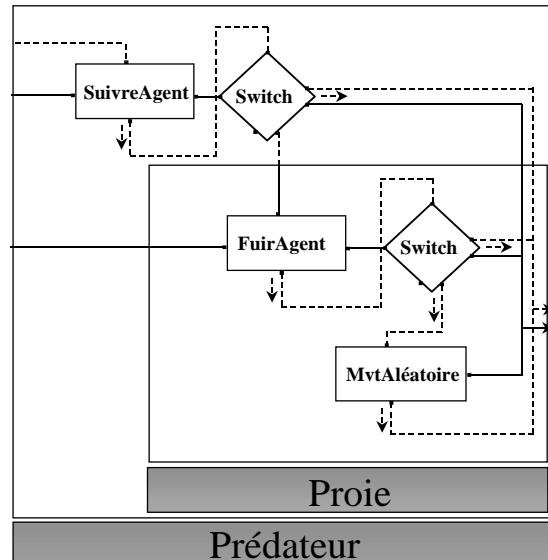


Introduction aux Agents



42

composants Maleva



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



44

Architectures d'agents (4)

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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



43

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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



45

- 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



Limites (2/2)

- Trouver la bonne granularité
 - Equilibre à trouver entre : « un nombre est un agent » et « un seul agent dans le système »
 - Complexité vs modularité
- Importance de la structure (organisations, protocoles, connaissances...)
 - Il ne suffit pas de « jeter » ensemble des agents pour que cela fonctionne !
- Besoins en méthodologies
 - Cassiopée, Gaia...



- No magic !
 - Un système développé avec des agents aurait probablement pu être développé avec des technologies plus conventionnelles
 - L'approche agent peut simplifier la conception pour certaines classes de problèmes
 - Mais elle ne rend pas l'impossible possible !
- Agents = logiciel
 - Principalement expérimental
 - Pas encore de techniques (é)prouvées
 - Ne pas oublier les aspects génie logiciel (analyse de besoins, spécification, conception, vérification, tests...)
 - Ne pas oublier les aspects concurrence/répartition
 - Problèmes (synchronisation...)
 - Mais également avantages (souvent encore peu exploités)
 - Réutiliser les technologies conventionnelles
 - Objets, CORBA, bases de données, noyaux de systèmes experts...
 - Utiliser les architectures agent existantes
 - Sinon vous passerez la majeure partie du temps dans la partie infrastructure et pas les spécificités des agents



Vers des Méthodologies (analyse et conception) adaptées

- Find the agents !
 - Trop souvent, les agents sont (ou plutôt SEMBLENT) déjà donnés avant même l'étape d'analyse
 - ex : robots footballeurs
 - Mais, cela n'est pas toujours le cas
 - De plus, une identification (des agents) trop directe/intuitive ne sera pas forcément bénéfique dans la suite, car l'identification des agents :
 - quels concepts seront réifiés en agents
 - et lesquels ne seront pas !
 - quelle granularité...

...dépend beaucoup de l'objectif de la modélisation, des propriétés attendues...
- Cassiopée [Collinot et Drogoul 1996]
 - Objectif : Faire de la notion d'organisation l'objet véritable de l'analyse, qui peut être manipulé par le concepteur lors de la phase de conception, et/ou par les agents lors de l'exécution
 - Identifier les dépendances fonctionnelles entre les agents qui sont inhérentes à l'accomplissement collectif de la tâche considérée.
 - Organisation : gestion (décentralisée et dynamique) des dépendances



- Un agent est composé d'un ensemble de rôles (3 différents niveaux)

	Rôles	Typologie	Comportements	Signes échangés
Agent	dépendants du domaine	dépendant de l'application	dépendant de l'application	-
	relationnels	agent influent	produit les signes d'influence en fonction du rôle du domaine	signes d'influence
		agent influencé	interprète les signes d'influence pour contrôler les rôles du domaine	
	organisationnels	initiateur	comportement de formation de groupe comportement de dissolution de groupe	signes d'engagement signes de dissolution
		participant	comportement d'engagement	

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



50

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 [Agha 86], la séquentialité n'est qu'une conséquence de la causalité (message arrive après être parti)

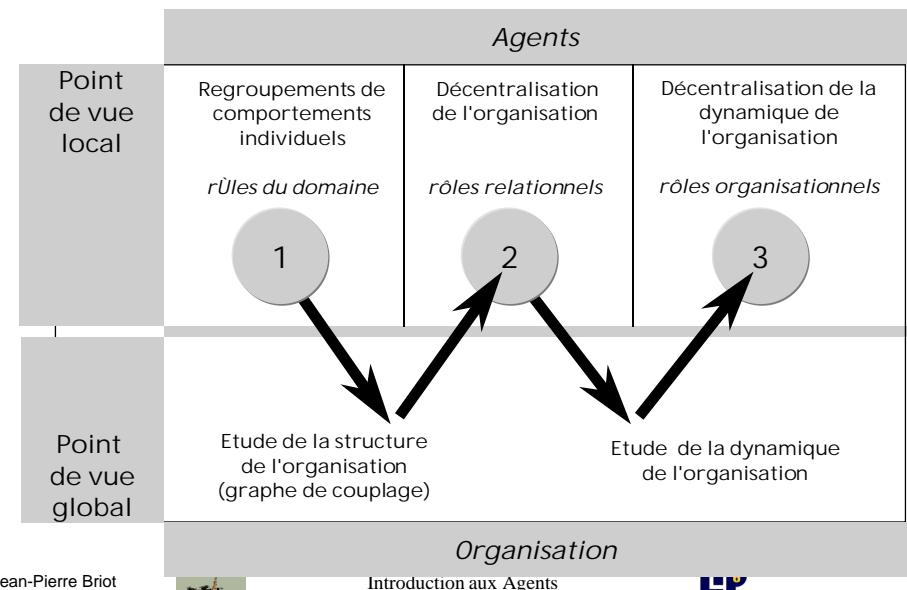
Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



52



Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



51

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

Jean-Pierre Briot



Introduction aux Agents



53

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)

