

# Les agents intelligents

Copyrights Claude Frasson, IFT 6243, 2012

83

## 1 - Historique

- **fascination pour les sociétés non-humaines : androïdes, humanoïdes, robots, créatures de science fiction**
- **mot robot dérivé du tchèque (travail de corvée), 1921**
- **apparition vraiment d'agents autonomes avec le développement d'ordinateurs**
- **prédécesseurs : servo-mécanismes, contrôle d'usines, atterrissage et contrôle des avions**
- **deux courants de recherches**
  - **1977 : agents délibératifs, distribution de tâches, communication, coordination (intelligence distribuée)**

84

- **1990 : courant se développant rapidement de la notion de délibération vers l'action des agents, du raisonnement vers l'action à distance**
- **recherches en intelligence artificielle, robotique, traitement d'objets distribués, interaction humain-machine, interfaces intelligentes et adaptatives, recherche et filtrage intelligents, acquisition de connaissances, programmation vers l'utilisateur final, programmation par démonstration, éducation,...**
- **programmes appelés agents car**
  - ils réalisent tâches à distance
  - ils accomplissent des tâches de programmation de bas niveau (sous commande d'instructions de haut niveau)
  - ils cachent les détails de sources d'information

85

- ils implémentent un fonction cognitive
- ils ont des caractéristiques d'intelligence distribuée
- ils jouent rôle de médiateur entre humain et programmes
- ils jouent le rôle d'assistant intelligent
- ils circulent d'un ordinateur à un autre
- ils se présentent sous des caractéristiques humaines
- ils parlent selon un langage de communication
- ils sont perçus avec des intentions

86

## 2 - Définitions

- entité logicielle qui fonctionne continuellement et de manière autonome (Shoham 1997)
- accomplit des activités de façon flexible et intelligente
- serait capable d'apprendre par expérience
- **Propriétés**
  - réactivité
  - autonomie
  - comportement collaboratif
  - possède un niveau de connaissances dans la communication (Newel 1982) : langage ressemblant à l'humain

87

- capacités d'inférences
- personnalité
- adaptative
- mobilité : capacité de migrer d'une plate-forme vers une autre
- **Autre définition**
- agents intelligents définis selon trois axes (Gilbert et al , 1995)
  - **agence**: degré d'autonomie et d'autorité attribué à un agent (mesuré selon la nature de l'interaction entre les agents)
  - **intelligence**: degré de raisonnement et de comportement appris (acceptation des buts de l'utilisateur et des tâches correspondantes), considération d'un modèle de l'utilisateur, apprentissage et

88

adaptation de l'agent à l'environnement, aux objectifs et aux ressources disponibles

– **mobilité**: degré de mobilité à travers le réseau

• **l'intelligence et l'autonomie sont difficiles à distinguer**

– agents filtreurs (web)

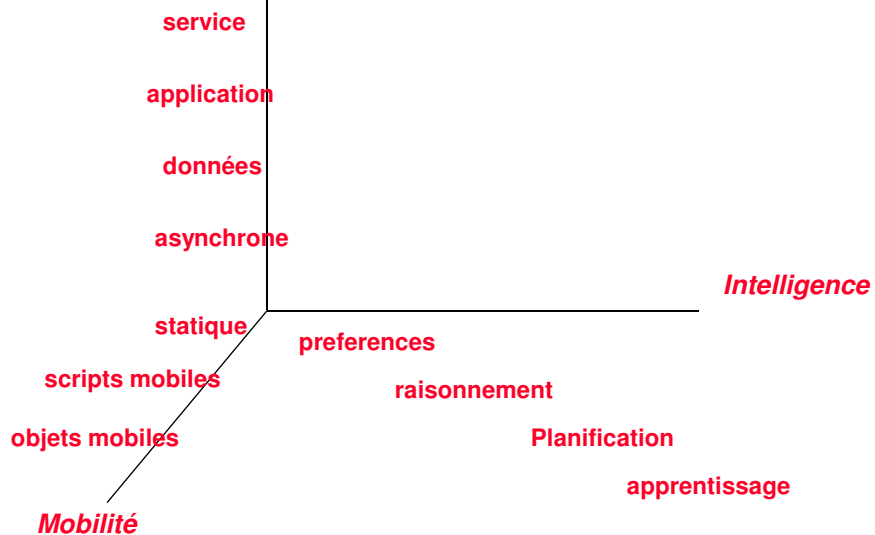
– différence entre processus (scripts) mobiles (Java applets) et agents mobiles (objets qui peuvent changer de position à tout moment, avec ses états et son environnement)

– agents à messages typés (utilisant des protocoles de messages comme KQML)

89

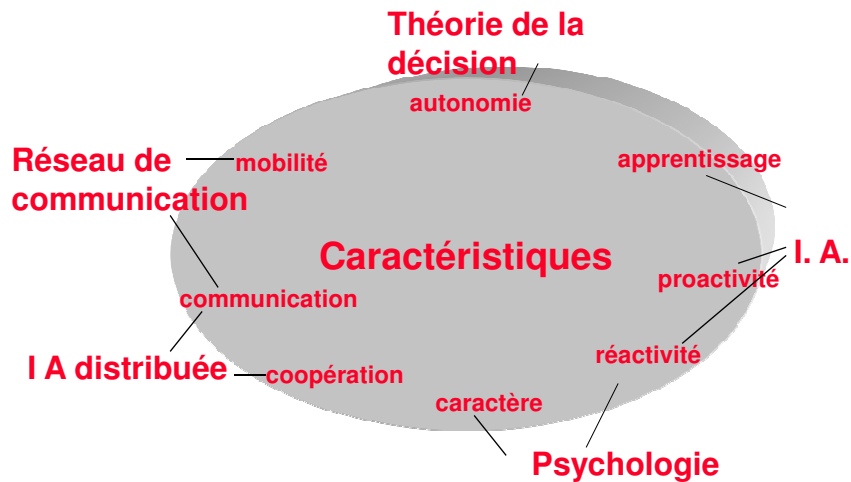
**Classification**

*Nombre d'agents (agence)*



90

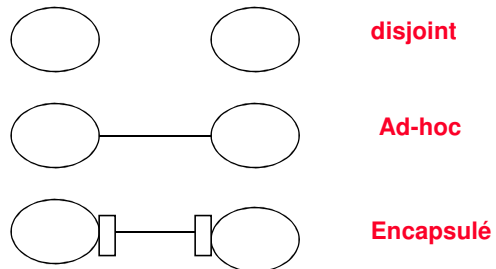
## Domaines d'influence



91

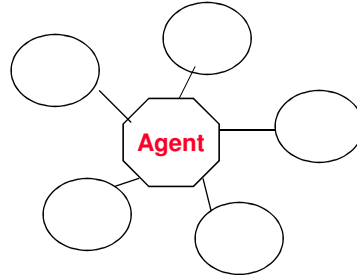
## 3 - Évolution des agents

- provient de l'étude de modèles de l'intelligence distribuée
  - simplification de la complexité
  - surmonter les limitations des interfaces
- opération répartie
  - beaucoup de systèmes
  - actuels
  - systèmes communiquent
  - TCP/IP, HTTP, HOP,
  - ODBC



92

## Incorporation des agents comme ressources

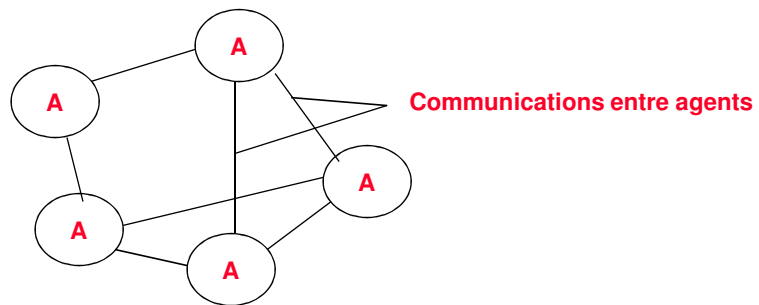


Valable uniquement pour des petits réseaux  
Impraticable lorsque le nombre des systèmes augmente

Évolution vers des entités mobiles

93

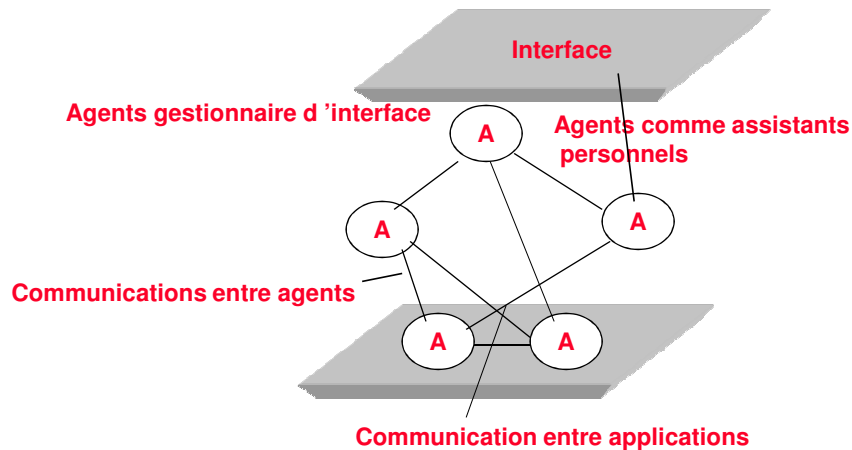
## Environnement réparti



Encapsulation au niveau planification (intentions)  
et au niveau communication

94

## Architecture à base d 'agents



95

## 4 - Différents types d 'agents

### 4.1 Agents d 'interface

- Limitations de l 'interface à manipulation directe
- Large espace de recherche
- Action immédiate à interaction de l 'usager (délais souhaitables)
- Pas de composition des actions de base
- Rigidité
- Situation fonctionnelle (au lieu de tâches contextuelles)
- Pas d 'apprentissage des actions répétitives de l 'usager
- Gestion indirecte avec agents
  - oubli des détails
  - délégation des tâches aux agents

96

- **Agents peuvent être équipés de capacités de filtrage**
- **Agent peuvent apprendre à exécuter une tâche à un moment donné**
- **Abstraction et délégation (montrer ce qui est faisable et ce qui est faux)**
- **Flexibilité et opportunisme (détection de problèmes et de solutions inconnus)**
- **Orientation selon la tâche**
- **Adaptivité (algorithmes d'apprentissage pour détecter des modèles de comportement)**

97

## **Agents d'interface (Brenda Laurel)**

- **agents appréciés selon leurs caractères**
- **tendance à personnifier les interfaces ou les objets (interaction de programmeurs)**
- **invite au dialogue, même simplifié**
- **4 qualités: sensibilité, compétence, accessibilité, capacité de déléguer des actions**
- **délégation :**
  - **tâche impliquant de l'expertise ou hésitation à réaliser**
  - **filtrage, recherche d'informations, tri**

98



- apprentissage, surveillance, conseil,
- rappel, programmation, jeu de rôle
- **sensibilité: pouvoir répondre adéquatement au besoin de l 'usager**
- **compétence : connaître l 'usager**
- **accessibilité : fournir des représentations alternatives**

99

## **4.2 Agents de filtrage et de manipulation**

- **fournir ce dont on a besoin, peut travailler n 'importe quand et n 'importe où**
- **repérage à plusieurs dimensions (couleur, taille,...)**
- **requêtes dynamiques (recherche de maisons)**
- **Filtrage par lentilles (Malone) : email**
  - **usage de champs prédéterminés (date, heure, sujet,...)**
  - **ensemble de règles pour le traitement de messages**
  - **ex: IF Message type      action request**
  - **action deadline      to-day, to-morrow**
  - **THEN Move to        urgent**

100

### **4.3 Agents réducteurs de tâches (Pattie Maes)**

- **agents d 'interface: N. Negroponte, A. Kay, T. Malone**
- **deux problèmes avec des agents:**
  - **compétence: comment l 'agent arrive à acquérir les connaissances pour décider sur quoi, comment et quand aider l 'usager ?**
  - **confiance: comment l 'usager peut faire confiance de déléguer des tâches à des agents ?**
- **agents semi-autonomes constitués de règles (à constituer ou déjà constituées)**
- **problème : usager doit spécifier les règles ou alors peut perdre confiance si proviennent d 'ailleurs**

101

- **Approche de Pattie Maes: former un assistant personnel intelligent par recours à des techniques d 'apprentissage machine**
- **on lui donne un minimum de base et il apprend ensuite le comportement de l 'usager et des autres agents**
- **contribue à résoudre les problèmes de compétence et de confiance**
- **quatre moyens**
  - **regarder derrière l 'épaule de l 'usager lors de ses actions**
  - **garder des traces de ses interactions**
  - **trouver des patrons récurrents**
  - **automatiser le processus**

102

- **autre source : commentaires directs et indirects de l 'usager**
  - **indirect : action différente de celle recommandée**
  - **direct: instructions explicites de l 'usager**
  - **l 'agent peut apprendre d 'exemples donnés par l 'usager**
  - **demander un conseil à d 'autres agents qui ont plus d 'expérience sur les mêmes problèmes**
  - **usager peut recommander à un agent de suivre les recommandations d'un autre agent spécialisé**
  - **enfin on peut croire plus à des agents qui ont bien réussi dans les conseils**
- **agents construits: email, réunions, filtrage de nouvelles, conseils sur livres**

103

#### **4.4 Agents avec caractères (G. Ball)**

- **un assistant d 'interface doit**
  - **poser lui-même des questions**
  - **reconnaître le coût de ses interventions**
  - **gérer les interruptions de façon adéquate**
  - **varier le comportement émotionnel selon les circonstances**
- **projet Persona (Microsoft, 1992, 1995)**
- **dialogue avec animation (perroquet)**
- **langage parlé comme moyen de communication (reconnaissance de la parole)**

104

## **4.5 Agents pour apprentissage coopératif (Boy, Schank)**

- **agents à bases de cas**
  - mémorisation sous forme de cas
  - outil de motivation pour entendre les cas
- **agent d'apprentissage spécifique (pour situation non motivante)**
- **agent de résolution de problèmes**
- **agent de résolution par simulation de la pratique**
- **agent de questions : produit des questions adéquates pour l'apprenant**
- **agent d'évaluation de l'apprenant : modèle de l'apprenant**

105

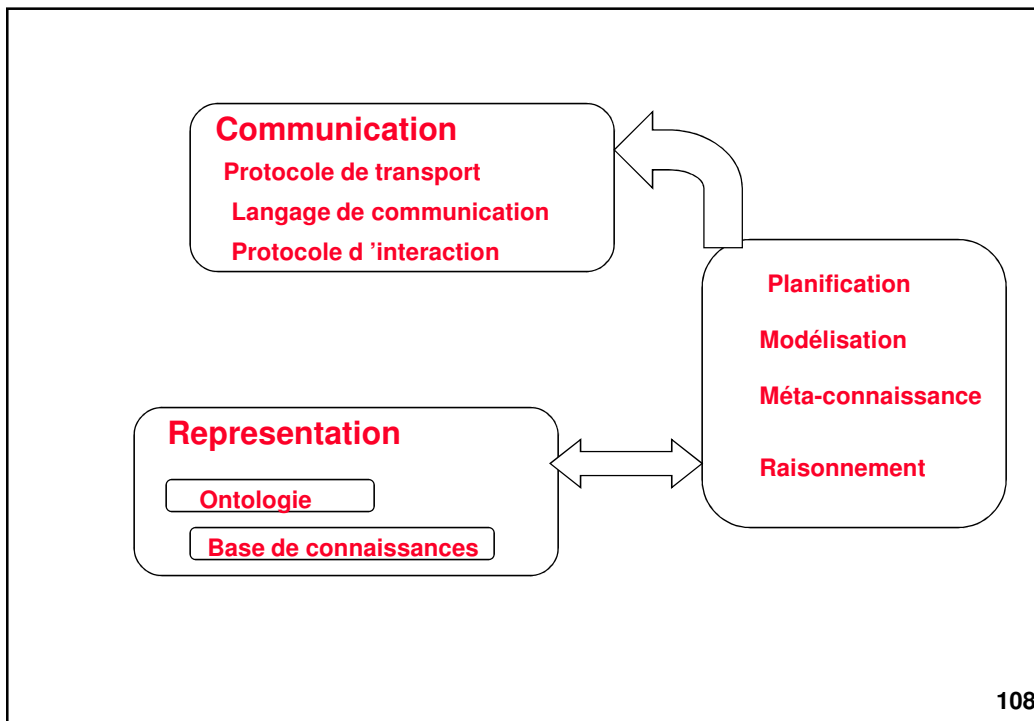
- **agent instructeur : réduit la tâche répétitive de l'instructeur**
  - facilite la compréhension par l'expérience
  - offre accès à d'autres expériences

106

## 5 - Langage de communication entre agents

- Interaction entre agents implique
  - langage commun
  - compréhension commune sur la connaissance échangée
  - possibilité d 'échange instructions et connaissances
- Knowledge sharing effort
- Compréhension reliée à deux problèmes
  - traduction d 'un langage à un autre
  - partage du contenu sémantique
- Communication divisée en trois problèmes
  - connaissance du protocole d 'interaction (gouverne son interaction avec les autres agents: négociation, jeux, renseignement pris sur quelqu'un d 'autre)

107



108

- existence d 'un langage de communication (détermine si on a une assertion, une demande ou une requête)
- protocole de transport (utilisé pour la communication: TCP, SMTP,HTTP)
- langages: KIF (Genesereth, 1992), extended SQL, Loom (MacGregor et Bates, 1987), KQML (Knowledge Query Manipulation Language)
- existence d 'un protocole de transport

109

## KQML

- messages opaques vis-à- vis du contenu : communique *une attitude* au sujet d 'un contenu
- agents « parlants » aidés de facilitateurs (secrétaires d 'agents)
- différent de langage de communication qui définit un certain nombre de messages types
- KQML comporte trois niveaux
  - niveau du contenu(contient le message)
  - niveau message (utilisé pour coder le message qu 'une application transmet à une autre)
  - niveau communication (s 'occupe de l 'identité des deux agents)

110

- **syntaxe relativement simple qui peut être changée si nécessaire**
- **Exemple : l'agent Joe représentant une requête au sujet du coût d'une action IBM :**
  - (*ask-one*: sender Joe : content (PRICE IBM ? Price) : receiver stock-server : reply-with ibm-stock: language LPROLOG: ontology NYSE-TICKS)
  - *ask-one* : commande KQML
  - contenu : PRICE IBM ? Price (niveau du contenu)
  - récepteur du message : stock-server
  - requête écrite en Lprolog
  - valeur de reply-with, sender, receiver ( niveau de communication)

111

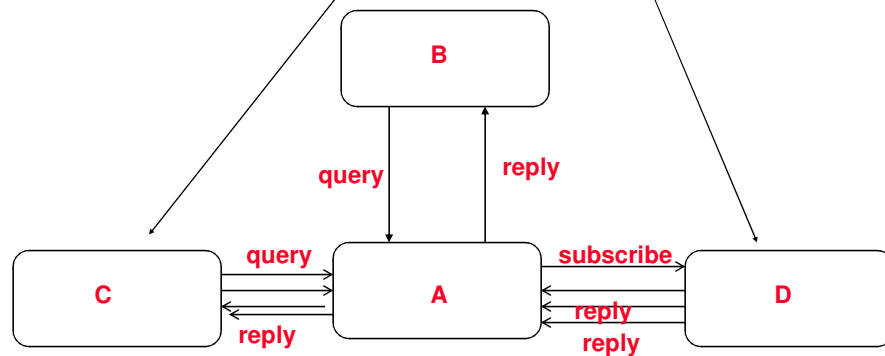
- **language et ontology (niveau du message)**
- **stock-server pourrait répondre**
  - (tell : sender stock-server : content(PRICE IBM 14): receiver joe : in-reply-to ibm-stock: language LPROLOG : ontology NYSE-TICKS)
- **on pourrait avoir aussi**
  - (*ask-all*: content price (ibm,(Price, Time)) : receiver stock-server : reply-with ibm-stock: language LPROLOG: ontology NYSE-TICKS)
  - demande un ensemble de réponses
  - (stream-all: comment ?VL est un grand ensemble de symboles : content (PRICE? VL? price))

112

- demande à ce qu'un ensemble de messages soit converti en réponses
- (standby : content (stream-all : content (PRICE? VL? price))
  - attend un contenu et demande à ce que l'agent recevant la requête conserve le flot de messages pour les redonner un par un
- exemples de commandes
  - evaluate, ask-if, ask-about, ask-one, ask-all
  - stream-about, stream-all
  - reply, sorry
  - tell, achieve, cancel, untell, unachieve
  - standby, ready, next, rest, discard, generator
  - advertise, subscribe, monitor, import, export, recruit

113

### communication synchrone et asynchrone

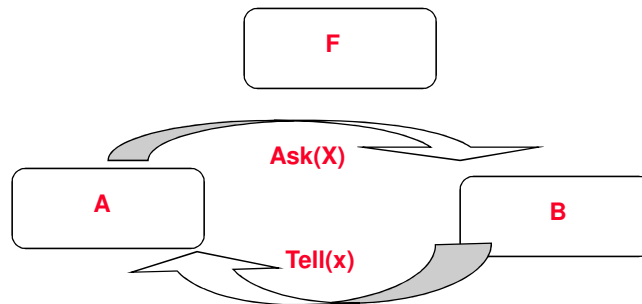


114



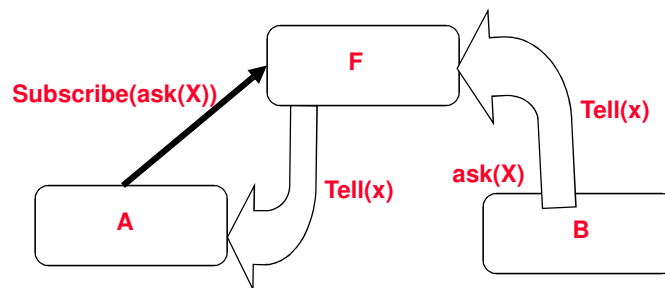
### Faciliteurs, médiateurs

- KQML peut supporter une variété d'architectures
- **faciliteur: agent qui accomplit des services de communication**
  - forward de messages, médiation, ...
  - **exemple : A voudrait connaître la vérité sur l'action X et B peut détenir X dans sa base de connaissances**
  - connexion directe :



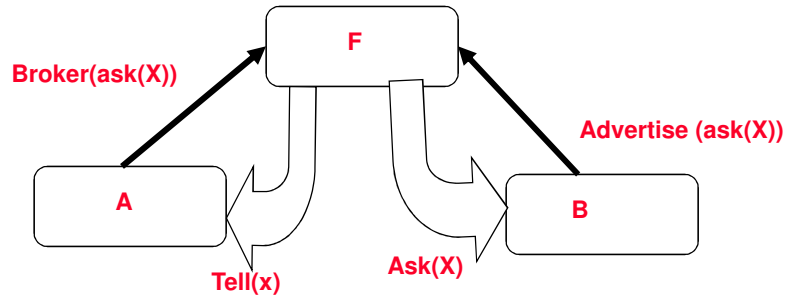
115

- si A ne sait pas que X est dans B ou comment le contacter il demande au facilitateur de le faire



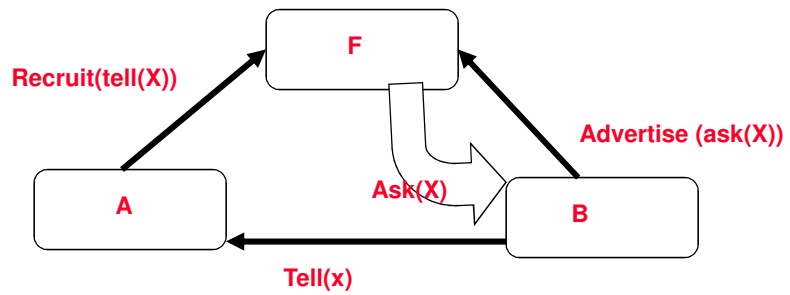
116

- A demande a F de lui trouver un agent qui peut faire le processus



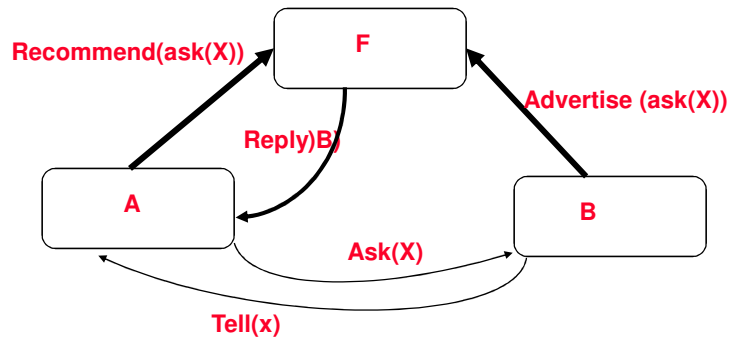
117

- trouver un agent qui accepte de traiter la question
- la réponse est directement retournée à A



118

- but essentiel: aider les autres agents à trouver clients et serveurs



119

## 6 - Principaux types d 'agents

- Trois domaines de recherche ont influencé le développement des agents intelligents
  - la théorie du contrôle
  - la psychologie cognitive
  - la planification en IA
- Théorie du contrôle
  - système dynamique (contrôleur-environnement)
  - problème de l 'estimation de l'état et de la régulation (2 fonctions)
  - feedback ou feedforward control

120

- **La psychologie cognitive**
  - comment les buts et les intentions d 'un agent humain émergent et comment elles conduisent à l'exécution des actions
  - théorie dynamique de l'action (Atkinson,70) : DTA, explique le changement de motivation avec le temps. Conduite sous 4 forces
- **Les systèmes de planification**
  - STRIPS (Fikes, Art, Nilsson, 71), NOAH (Sacerdoti, 75) : voient la résolution de problèmes comme cycle *senseur-plan-action*
  - état initial, état but, ensemble d 'opérateurs. Ensemble d 'états discrets
  - SIPE (Wilkins, 88) : incorpore replanification, limitations.

121

### **Les agents délibératifs**

- **Basés sur la théorie de Newell et Simon (76): état mental modifiable par raisonnement symbolique.**
- **BDI : *belief, desire, intention* (Bratman, 87 mais formellement Rao et Georgeff, 91): catégories mentales.**
  - **Croyances:** attentes sur l'état courant du monde et une suite d 'actions
  - **Désirs:** préférences sur des futurs états ou cours d 'actions
  - **Buts:** sous-ensemble de désirs choisis (implique réalisme)
  - **Intentions:** un ou certains buts sont choisis (formation des intentions)
  - **Plans:** intentions structurées en plans, ou encore intentions parties de plan actif.

122

- **IRMA (Bratman, 87):** librairies de plans, croyances sur les actions utiles pour ces plans, intentions (plans choisis).
- **Rao et Georgeff (91):** formalisation sous forme d 'opérateurs, stratégie d 'engagements. Réalisation d 'un interpréteur.
- **Shoham (93) :** programmation orientée-agent (AOP).
  - Langage formel décrivant les états mentaux de l 'agent. Pas de planification
  - Langage de programmation (spécification des conditions pour aboutir aux engagements)
  - **AGENT0** (sans plans), **PLACA** (plans et raffinement)

123

### **Les agents réactifs**

- **Influencé par psychologie behavioriste (Brooks,86,91, Kaelbling,90, Maes, 90)**
- **Producteurs d 'activités en parallèle (ou sous-systèmes produisant des activités) : Brooks**
- **Chapman (87): Pengi. Ensembles de routines, selon situation. Manque de planification**
- **Ferber(90): eco-problem solving: distribution des agents (prisonniers, gardiens)**
  - **Connaissances des agents peuvent être modifiées par comportement**
  - **résolution de conflits**

124

- **Arkin (1991) : AuRA (Autonomous Robot Architecture) extension de l'approche de Brooks par ajout de différents types de connaissances**
  - connaissance de comportements (moteurs)
  - connaissances de perception
  - connaissances du monde
  - couplage avec un planificateur (mais pas de synchronisation)
- **Maes (1990): selection d'action dynamique**
  - notion de buts pour les agents
  - activation et inhibition
  - ensembles de modules de compétences reliés par des liens de successeurs, prédécesseurs, et de conflits.

125

### **Les agents interactifs**

- **Communication entre agents nécessaire: KQML (Finin, 1994)**
- **Distribution des résolutions de problèmes (décomposition de tâches)**
- **Planification multi-agent**
- **Conflits, coopération, négociation (Sycara)**
- **MAGSY (Fischer, 93): agent comporte ensemble de**
  - faits (connaissance locale)
  - règles (stratégie et comportement)
  - services (interface)
  - coopération modélisée par réseau de Pétri (figé), pas de raisonnement sur la coopération

126

- **GRATE (Jennings, 1992): 2 niveaux**
  - **couche coopération(et coordination avec les agents) et contrôle (planification, exécution et suivi des tâches)**
  - **couche du domaine (résolution de problèmes)**
- **MECCA (Steiner, 1993) :**
  - **activation de buts, planification, distribution dans le temps (sérialisation) et exécution**
  - **synchronisation des plans**
  - **coopération (Inform propose, accept)**

127

- **COSY ( Sundermeyer, 1992)**
- **Agent décrit par**
  - **comportements (perceptuels, cognitifs, communicatifs)**
  - **ressources (connaissances et croyances),**
  - **intentions stratégiques (long terme, tactiques)**
  - **modules: actuators, sensors, communication, motivations, cognitions (évalue la situation courante)**
  - **focus sur les aspects de coopération**

128

## **Les systèmes hybrides**

- **Disposer d 'architectures en couches : différentes fonctionnalités clairement séparées et reliées**
- **Plus robustes, compactes et faciles, peuvent fonctionner en parallèle**
- **La réactivité peut être accrue**
- **Séparation des connaissances**
- **Système RAP (Reactive Action Packages) Firby, 1992**
  - **Planification, exécution et contrôle**
  - **Ensemble de primitives d 'actions**
- **ATLANTIS (Gat, 1991) : navigation de robots**
  - **contrôleur, séquenceur (files de tâches), délibérateur**
  - **basé sur la notion d 'activités (processus terminé par une décision)**

129

## **Les machines de Turing (Ferguson 92)**

- **Trois niveaux:**
  - **niveau réactif, codification des réponses à des stimuli**
  - **niveau de planification, génération et exécution de plans de réalisation de tâches (stockées dans une librairie)**
  - **niveau de modélisation, permet de modifier les plans. Construit et maintient un modèle causal des autres agents**
- **chaque niveau est connecté au système senseur qui reçoit les informations et peut interagir avec les autres niveaux**
- **chaque niveau est géré par des règles de contrôle activables selon le contexte**
- **un des modèles les plus avancés, mais pb d 'interaction entre niveaux.**

130



## **7 - Architecture de INTERRaP (Muller 95)**

- **Trois niveaux d 'interaction et de contrôle (Muller, 95, Rao & Georgeff,1995)**
  - **comportement : niveau réactif et procédural**
  - **niveau de planification**
  - **niveau de coopération entre agents**
- **Agent décrit selon un ensemble**
  - **de croyances (état informationnel)**
  - **de situations (croyance des agents)**
  - **de buts que l 'agent peut avoir**
  - **d 'options (états de motivation de l 'agent) qui sont des buts selon les situations**
  - **d 'intentions**

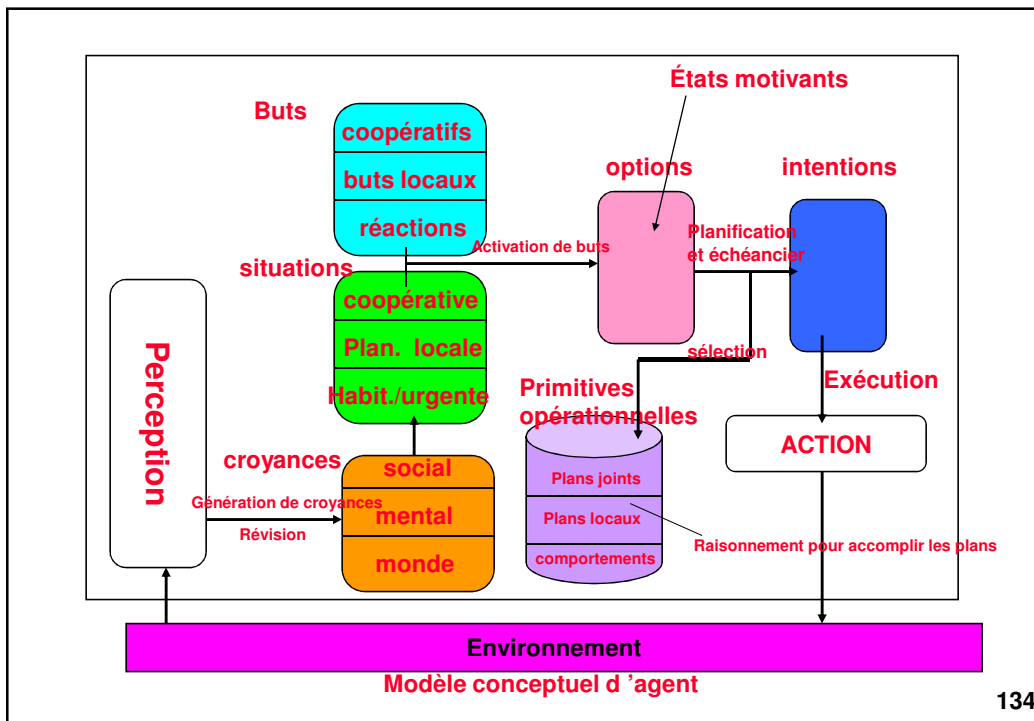
131

- **de primitives opérationnelles**
- **Les croyances sont réparties en**
  - **modèle du monde (croyance sur l 'environnement)**
  - **modèle mental (croyance de l 'agent sur lui-même)**
  - **modèle social (croyance sur les autres agents)**
- **une croyance est une relation entre l 'état informationnel et l 'état de motivation**
- **le déclenchement d 'action est dû à une situation spécifique (sous ensemble de croyance d 'agent)**

132

- situations réparties selon trois classes
  - situations de comportement (SE du modèle du monde)
  - situations de planification locale (basés sur modèle du monde et modèle mental)
  - situations de coopération
- buts répartis selon buts réactifs, locaux et coopératifs
- des primitives opérationnelles permettent aux agents de raisonner sur la façon de réaliser leur plan

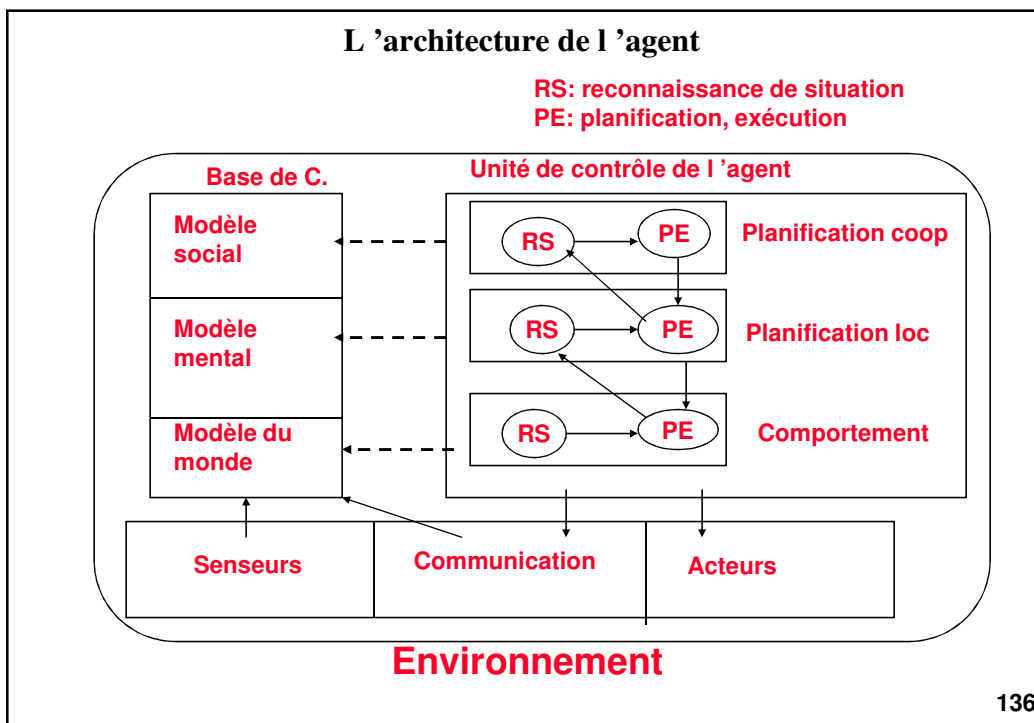
133



134

- **Génération de croyances et révision**
- **Reconnaissance de situation**
- **Activation de buts**
- **Planification**
- **Echelonnement**
- **Exécution**
- **Architecture qui définit l'état interne d'un agent (perception, croyance, situations, buts, primitives opérationnelles et intentions) et les fonctions qui modifient les états mentaux (reconnaissance de situation, activation de buts, planification, échelonnement, exécution).**

135



### **L 'interface avec le monde**

- **Sous-système senseur (objet ayant des méthodes pour la calibration des senseurs, la lecture et l 'activation)**
- **sous-système acteur (actions motrices, physiques,...)**
- **sous-système de communication (envoi et réception de messages)**
- **l 'information et les messages reçus sont transmis à la base de connaissances**
- **accès à l 'information sur demande ou par mise à jour de la base de connaissances par l 'interface.**

137

### **Base de connaissances BC**

- **Trois niveaux : modèle du monde, modèle mental et modèle social**
- **Schéma de représentation: concepts, types, attributs, caractéristiques, relations**
- **Trois niveaux de services:**
  - **assertion: pour introduire de nouvelles croyances dans BC, créer ou changer des concepts et relations,**
  - **recherche: accès aux croyances**
  - **actifs: reconnaît les changements dans la BC**
- **De nouvelles croyances peuvent venir de la perception des agents et entrées dans la BC, ou dérivées des croyances existantes**

138

- **RS : couvre la reconnaissance de situation et activation de buts**
- **PE: couvre la planification, échelonnement, exécution**
- **Cycle générique :détecter, reconnaître, décider, agir. Dans chaque boucle les croyances courantes sont examinées vis-à-vis de nouvelles situations, re- calculées puis passées à l 'exécution**
- **Décide si le but est de ce niveau (1) ou du niveau supérieur (2)**
- **(1) Choix des engagements qui sont exécutés immédiatement**
- **Si la planification ne peut être exécutée (échelonnement pas réalisable) alors nouvelle planification**
- **Contrôle bottom-up : RS1 --- »PE1. Si PE1 pas compétent alors activation de RS2 qui possède des informations additionnelles et --- » PE1**

139

- **Contrôle top-down: activation des engagements et actions**
- **Les engagements au niveau comportements entraînent l 'exécution des actions**
- **Il peut y avoir plusieurs aller et retour dans les différents niveaux**
- **Les patrons de comportement**
  - accès au modèle du monde (faits établis)
  - ensemble fini de descriptions de situations
  - lien immédiat entre situations reconnues et réactions aux buts (hard-wired)
  - connexion entre patrons de situations et programmes exécutables
  - situations de patrons non reconnus passées au niveau de planification

140

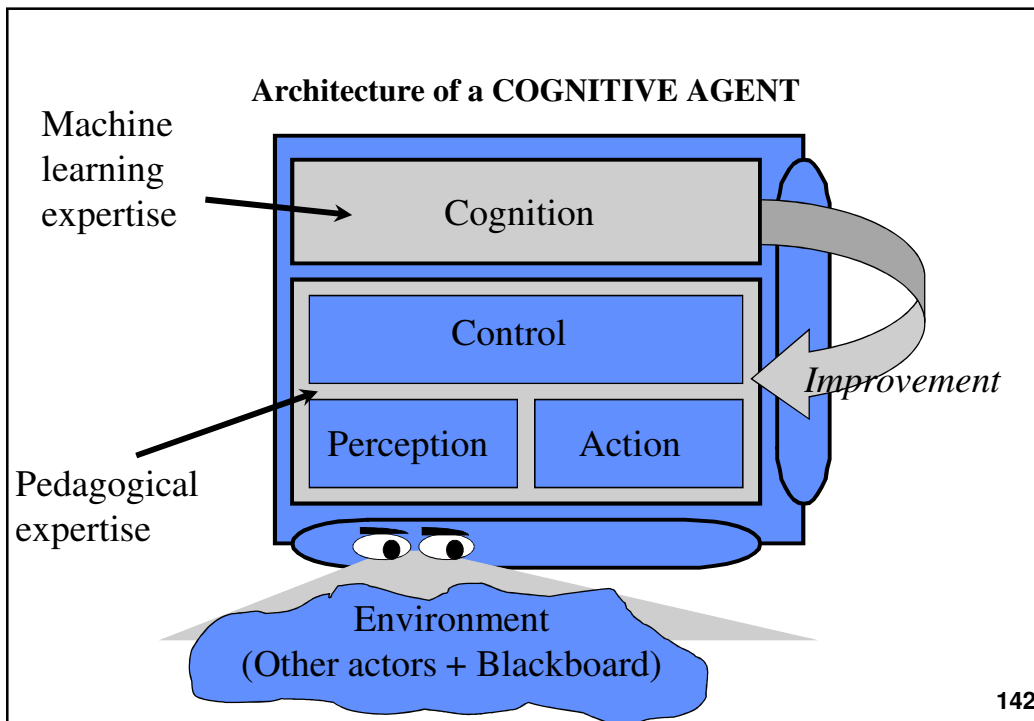
## 8 - Les agents cognitifs (Frasson et al, 1996)

### ☞ Cognitive agent (CA): Pedagogical Agent

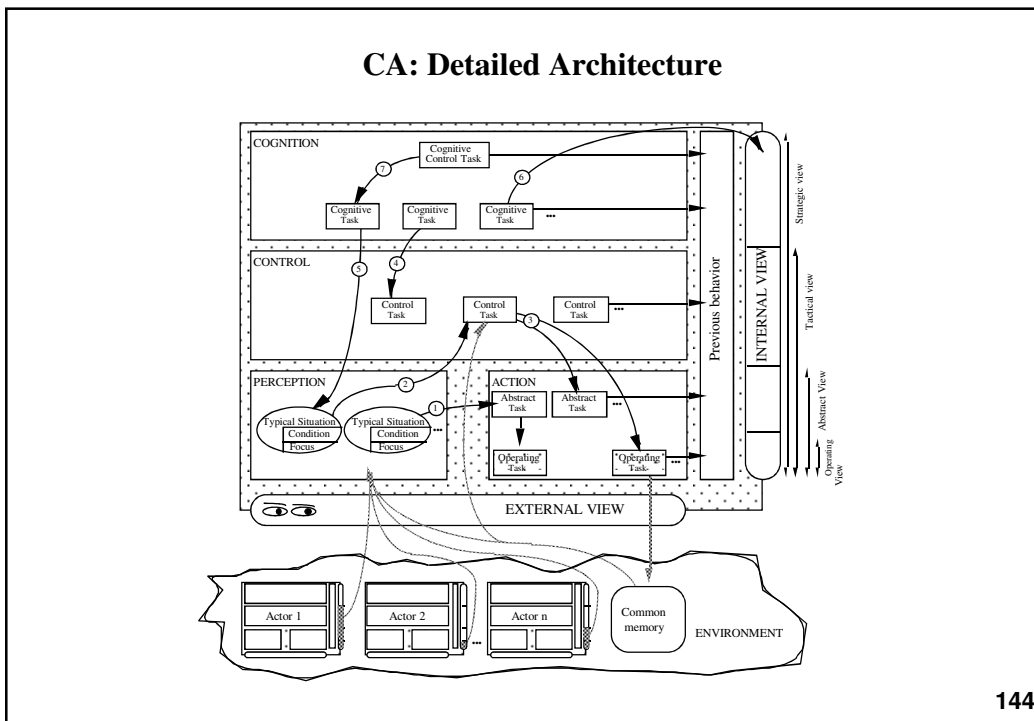
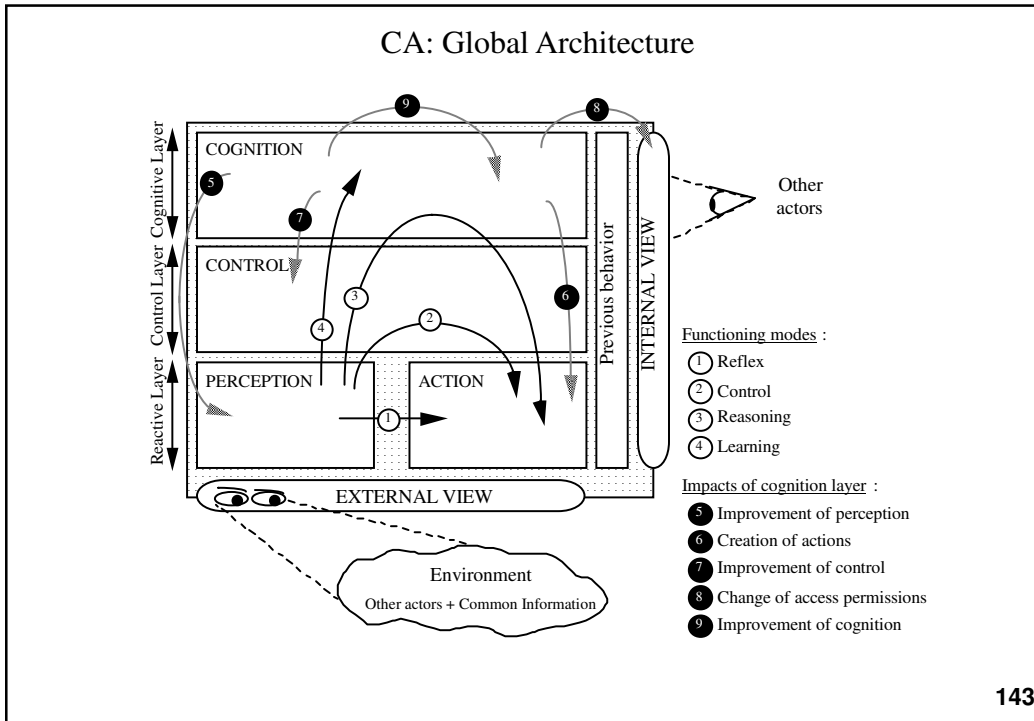
- CA : Intelligent Agent
  - Autonomy
  - Social ability
  - Reactivity
  - Decision capabilities
- Evolution
  - » Instructable
  - » Adaptive
  - » Cognitive
  - » Learn by experience

126

141



142



- **Tutor:**                      **Learning by disturbing (Simplification)**
  - asks questions,
  - approves or congratulates the learner,
  - gives the right solution.
- **Troublemaker:**
  - give right or wrong solutions,
  - can react only once.

145

- Example: Current Situation**
- ☞ **t1: the tutor asks a question**
  - ☞ **t2: the troublemaker chooses to remain silent**
  - ☞ **t3: the learner gives the right solution**

146



## Example: A Typical Situation

```
TYPICAL SITUATION ReactionToLearnerAction
ALIAS TroublemakerChooseReaction
FOCUS { (Troublemaker at control tasks) ,
        (Blackboard) }
EVALUATOR
{ VAR diagnosis, notFirstReaction;
  diagnosis = lookbb "RECENT_DIAGNOSIS";
  if (diagnosis == nil) then return false;
  notFirstReaction = lookact for
    {"TroublemakerChooseReaction"};
  if ( notFirstReaction == nil ) then { return true;}
    else { return false;}}
```

147

## Example: A Control Task

```
Control TroublemakerChooseReaction ( )
{ VAR val, which;
  which = lookbb "RECENT_DIAGNOSIS";
  val = (req "ReturnStudentLevel"
        with { which } to {"LearnerModel"});
  if (val >= 3) then
    calltask "TroublemakerMislead"           with { which };
  else calltask "TroublemakerHelp"          with {
    which };}}
```

148

# Example: Control Mode

