

Modélisation et Implémentation des Systèmes Complexes

Alain Cardon, Cyrille Bertelle et Damien Olivier

{Alain.Cardon,Cyrille.Bertelle,Damien.Olivier}@univ-lehavre.fr

Laboratoire d'informatique du Havre

Mise en œuvre des agents

- 1. De l'objet passif à l'agent en passant par l'objet actif
- 2. Architecture d'agents
- 3. Interactions
- 4. Représentation du comportement
- 5. Exemple de plateforme
- 6. Bibliographie.

1. De l'objet passif à l'agent en passant par l'objet actif

Un objet peut être vu de trois façons différentes :

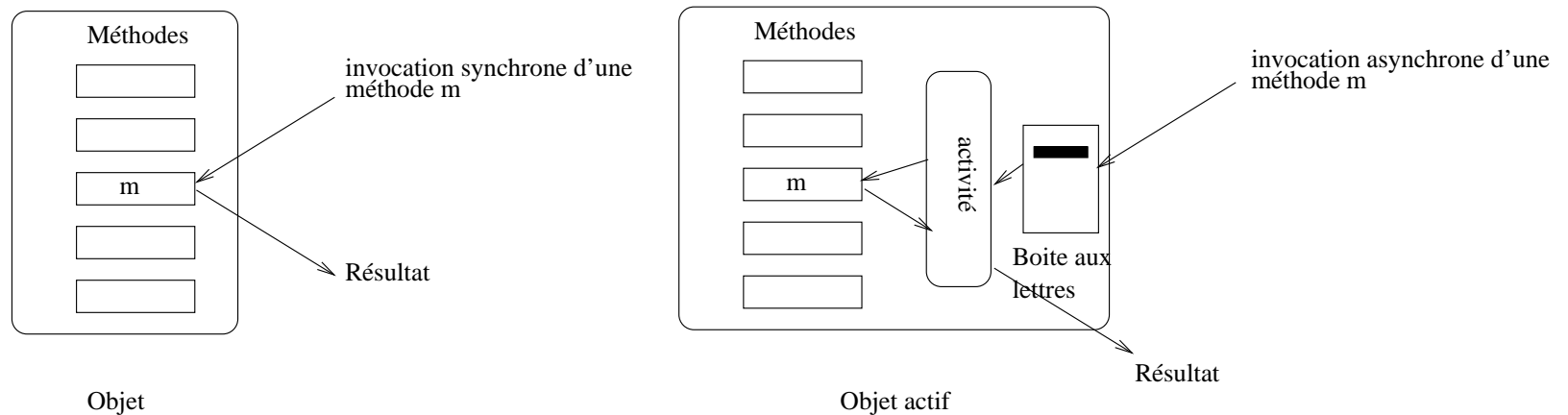
- l'aspect statique, décrit par son état ;
- l'aspect dynamique, définit par ses changements d'états ;
- l'aspect comportemental, relatif au protocole de communications avec les autres objets.

1.1 Objets actifs

- Objet actif = Objet capable d'activer son comportement de manière autonome, c'est-à-dire sans avoir reçu de messages, en fonction soit d'une décision interne, soit d'un événement externe.
- Objet actif = objet + thread.
- Objet actif = acteur ((1)Hewitt)

1.1.1 Anatomie d'un objet actif

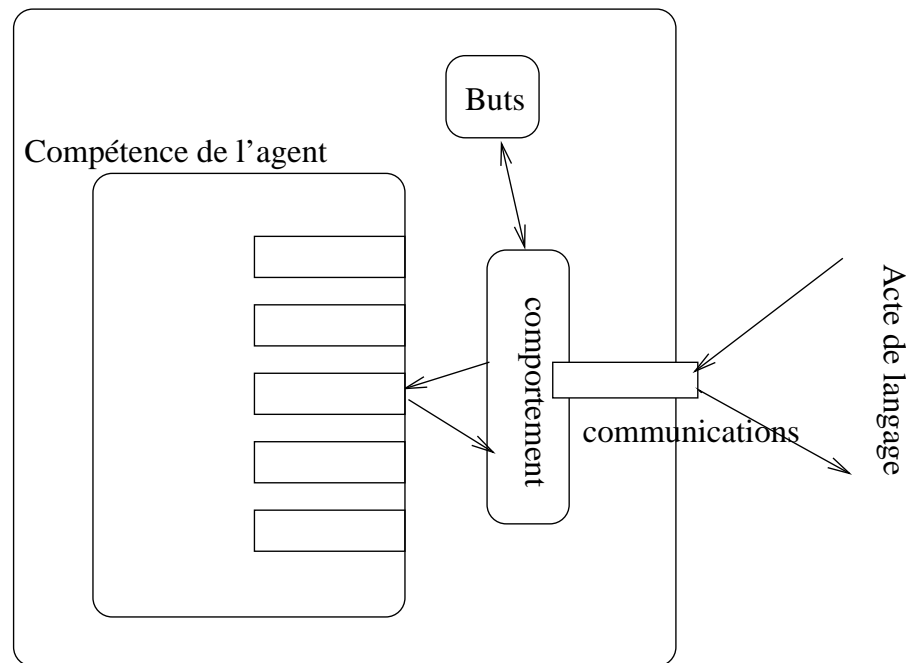
Asynchronisme géré le plus souvent par un système de boîtes aux lettres.



1.2 Agent plus qu'un objet actif

Qu'a-t-il en plus ?

- Autonomie, l'agent peut négocier, refuser une demande.
- Flexibilité, i.e réactivité, pro-activité et aptitudes sociales.



2. Architecture d'agents

2.1 Formalisation

Un agent :

- Soit $S = \{s_1, s_2, \dots\}$ l'ensemble des états de l'environnement.
- Soit $A = \{a_1, a_2, \dots\}$ l'ensemble des actions qu'un agent peut réaliser.

Alors un agent est défini par : $agir : S^* \rightarrow A$

2.1 Formalisation

L'environnement :

$$env : S \times A \rightarrow \wp(S)$$

On associe à tout état courant s de l'environnement et à toute action a choisie par l'agent un ensemble d'états possibles pour l'environnement.

2.1 Formalisation

Historique

Un historique h est défini par :

$$h : s_0 \xrightarrow{a_0} s_1 \xrightarrow{a_1} s_2 \xrightarrow{a_2} s_3 \xrightarrow{a_3} \dots \xrightarrow{a_{u-1}} s_u \xrightarrow{a_u} \dots$$

- s_0 état initial de l'environnement ;
- a_u la $u^{\text{ième}}$ action choisie par l'agent ;
- s_u le $u^{\text{ième}}$ état de l'environnement, c'est un des résultats possibles suite à l'action a_u dans l'état s_{u-1}

2.1 Formalisation

Historique

$$h : s_0 \xrightarrow{a_0} s_1 \xrightarrow{a_1} s_2 \xrightarrow{a_2} s_3 \xrightarrow{a_3} \dots \xrightarrow{a_{u-1}} s_u \xrightarrow{a_u} \dots$$

est un historique possible ssi :

$$\forall u \in \mathbb{N}, a_u = \text{agir}((s_0, s_1, \dots, s_u))$$

$$\forall u \in \mathbb{N} \text{ tel que } u > 0, s_u \in \text{env}(s_{u-1}, a_{u-1})$$

2.1 Formalisation

Comportement

- Le comportement d'un agent défini par *agir* dans un environnement *env* est l'ensemble de tous les historiques possibles
- Une propriété d'un agent est **invariante** dans un environnement donné lorsqu'elle est garantie pour tous les historiques possibles.

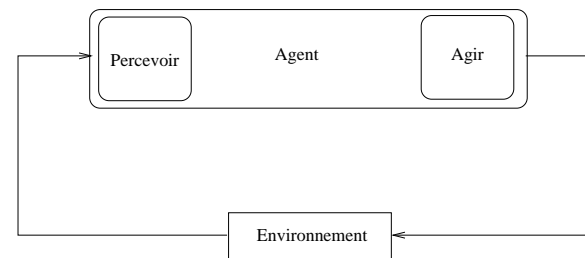
2.1 Formalisation

Comportement équivalent

- $hist(agent, environnement)$ ensemble de tous les historiques possibles de l'*agent* dans l'*environnement*, 2 agents ag_1 et ag_2 ont un comportement équivalent ssi $hist(ag_1, env_\alpha) = hist(ag_2, env_\alpha)$.
- Ils sont strictement équivalents si c'est vrai $\forall env$.

2.1 Formalisation

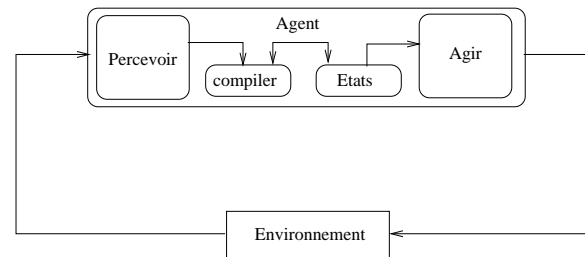
Perception



- Soit P l'ensemble non vide des perceptions de l'agent. La fonction *percevoir* est définie par :
 $percevoir : S \rightarrow P$
- Un agent se définit maintenant par $agir : P^* \rightarrow A$, à une séquence de perceptions on fait correspondre des actions.
- Deux états s et s' sont équivalents si
 $percevoir(s) = percevoir(s')$.

2.1 Formalisation

Etat



- Soit I l'ensemble des états internes de l'agent.
- La fonction $compiler : I \times P \rightarrow I$
- Un agent se définit maintenant par $agir : I \rightarrow A$

2.2 Architectures opérationnelles

Différentes classes d'agents :

- Agents logiques ;
- Agents réactifs ;
- Agents cognitifs, délibératifs, BDI ;
- Agents hybrides.

2.2.1 Agents logiques

- Les connaissances reposent sur des symboles ;
- Les connaissances sont décrites sous la forme d'expression logique ;
- Le comportement est déterminé par la déduction logique.

2.2.1 Agents logiques

Limite de cette représentation

- Représentation symbolique ;
- Problème de la monotonie/non monotonie ;
- Problème des environnements dynamiques et complexes.

2.2.2 Agents réactifs

Travaux de Brooks(3)

- Dans un système réactif, l'intelligence est dans l'univers et non pas dans des systèmes désincarnés tels que les SE ;
- L'intelligence émerge de l'interaction des agents avec leur environnement

2.2.2 Agents réactifs

- Le comportement d'un agent est vu par la fonction *agir* qui lui est propre ;
- L'agent possède autant de modules comportementaux que de tâches à accomplir ;
- Les règles de décision sont de la forme *situation* → *action*.

2.2.2 Agents réactifs

Entrée : **perception**

Répéter

état ← interpréter(**perception**)

règle ← règle s'appliquant à l'**état**

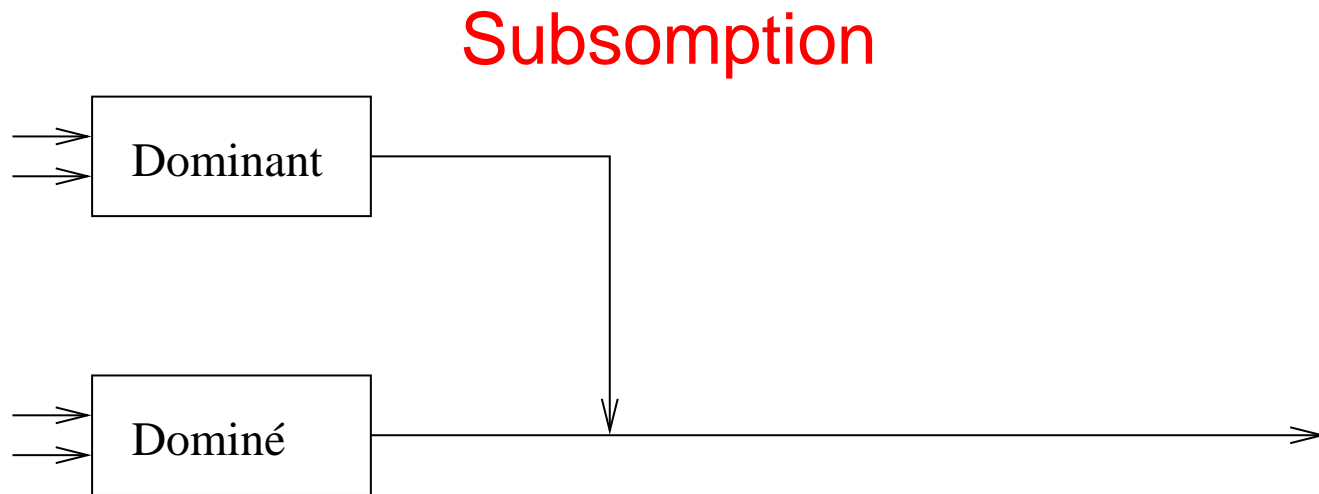
executer l'action de la **règle**

Jusqu'à l' ∞

2.2.2 Agents réactifs

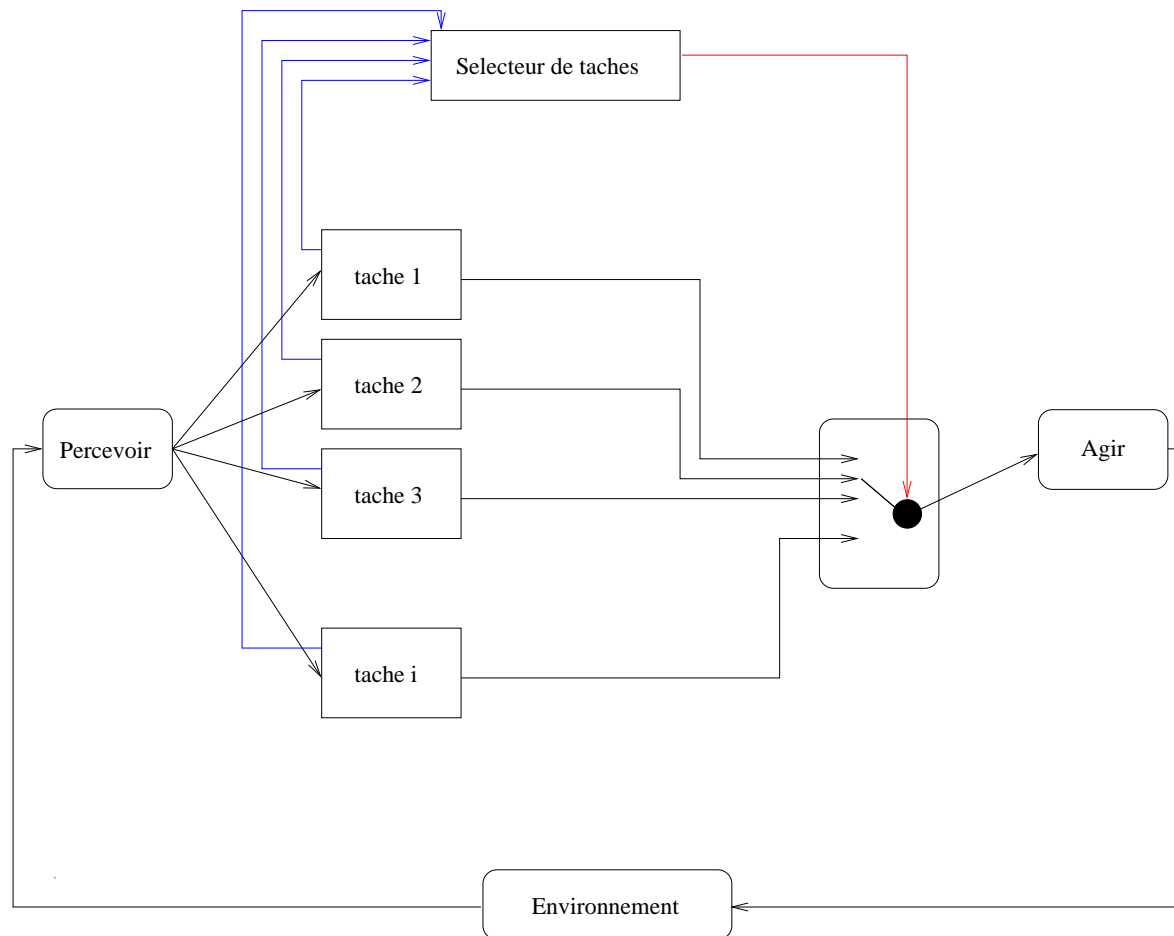
Architecture de subsumption Brooks(3)

- Plusieurs comportements peuvent être actifs simultanément, lequel privilégier ?



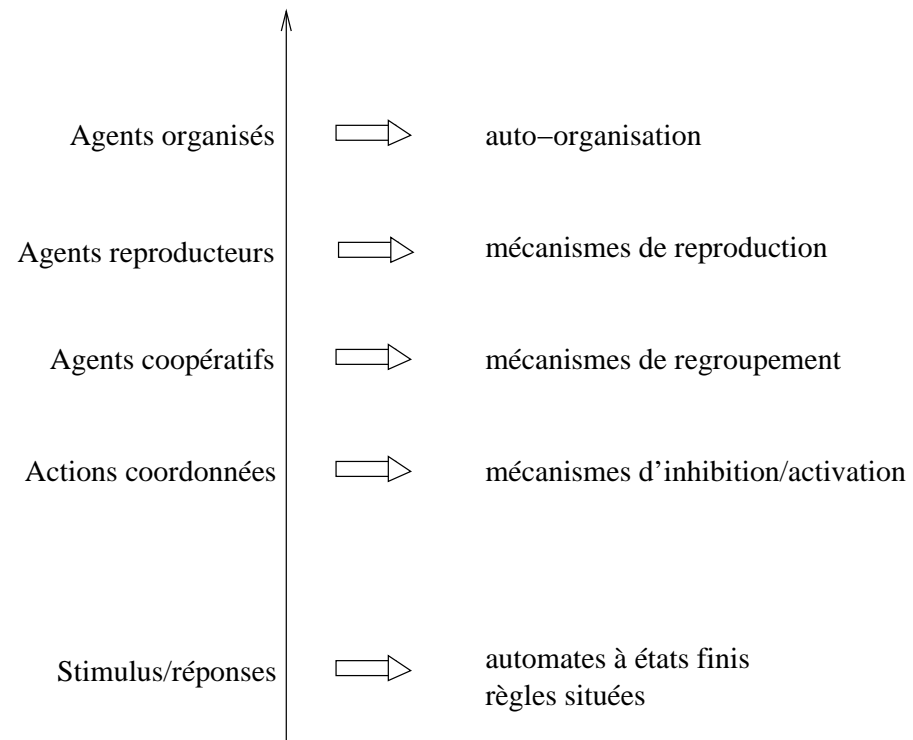
2.2.2 Agents réactifs

Tâches compétitives Manta (Drogoul et Ferber)



2.2.2 Agents réactifs

Classification des agents réactifs Demazeau



2.2.2 Agents réactifs

Avantages et inconvénients

- Solution particulière et précablée ;
- Pas de méthodologie ;
- Pas de modélisation de l'environnement ;
- Pas de prise en compte des états antérieurs ;
- Multiplication des niveaux ;
- Réactifs / pro-actifs.

- Systèmes généralement constitués de nombreux agents homogènes ;
- Systèmes dynamiques, flexibles, robustes et tolérant aux pannes ;
- Agents légers.

⇒ Agents réactifs évolutifs (LIH)

2.2.3 Agents cognitifs

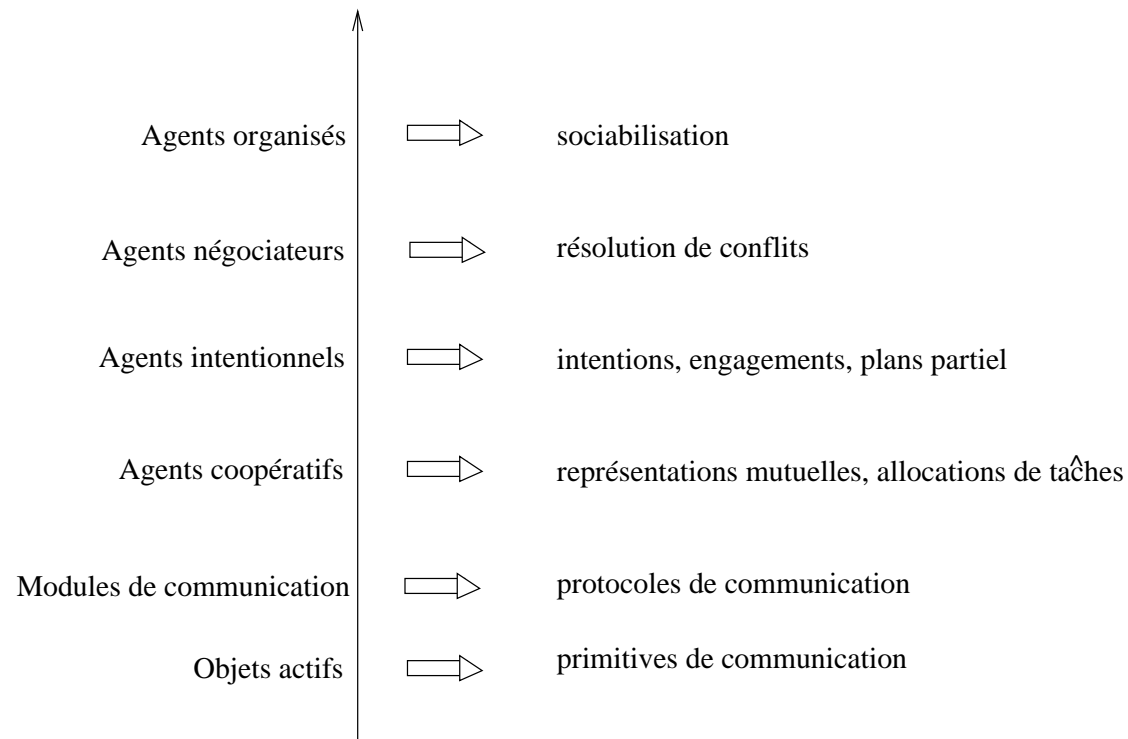
- Quoi faire puis comment faire, on fixe un but puis une action ;
- L'agent a :
 - Des informations sur son environnement, **croyances, connaissances**.
 - Une attitude, i.e ce qu'il veut mettre en œuvre pour atteindre ses buts, **désir, préférences, intention, obligation, engagement, choix, ...**

2.2.3 Agents cognitifs

- **Croyances** : ce que l'agent connaît de son environnement ;
- **Désirs** : états possibles vers lequel l'agent peut vouloir s'engager, certains peuvent être inconsistants ;
- **Buts** : sous ensemble des désirs consistants choisis par l'agent ;
- **Intentions** : les états envers lesquels l'agent s'est engagé et pour lesquels il a engagé des ressources. L'agent planifie ses actions pour satisfaire ses intentions

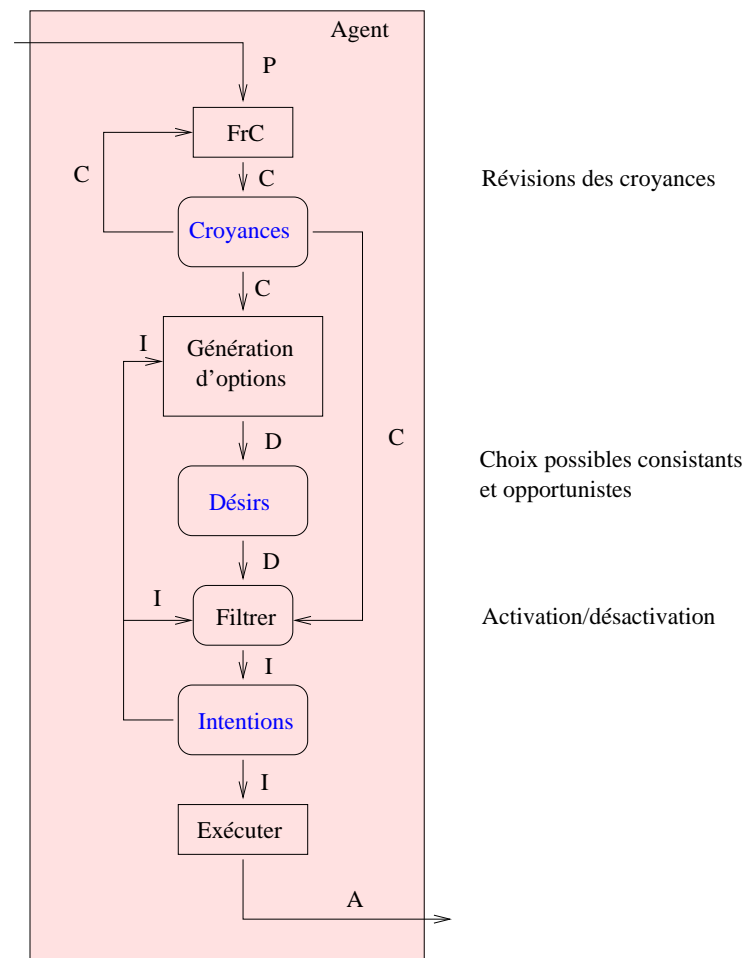
2.2.3 Agents cognitifs

Classification des agents cognitifs Demazeau



2.2.3 Agents cognitifs

Fonctionnement d'un agent cognitif



2.2.3 Agents cognitifs

Avantages et inconvénients

- Problème du passage du modèle théorique à l'implémentation ;
- Agents lourds ;
- Peu de plateforme.
- Représentations explicites de l'environnement, des autres agents, de ses capacités ... ;
- Gestion d'un historique ;
- Contrôle délibératif
 - Interaction avec les autres par des communications ;
 - Participation à des organisations sociales.

2.2.4 Agents hybrides

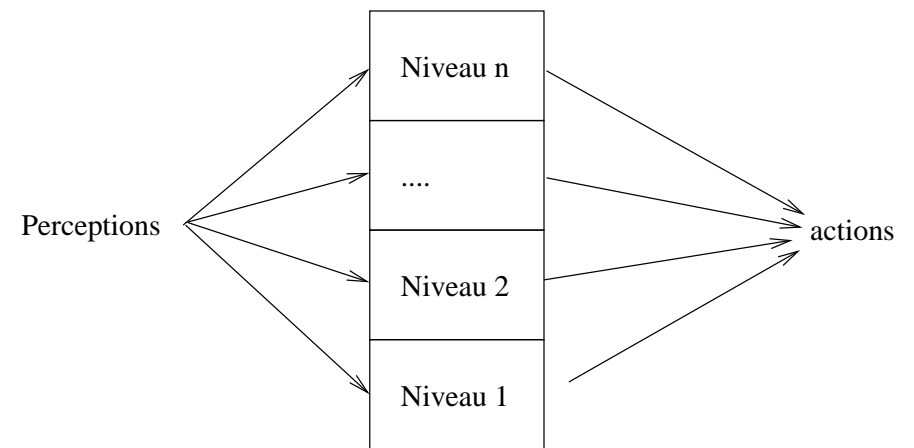
Principes

- Démarche constructive à partir des approches réactives et délibératives ;
- S'appuie souvent sur une architecture hiérarchique de couches qui interagissent ;
- Deux modes possibles de contrôle des échanges d'information entre les niveaux
 - Informations et contrôle horizontal ;
 - Informations et contrôle vertical.

2.2.4 Agents hybrides

Architecture horizontale

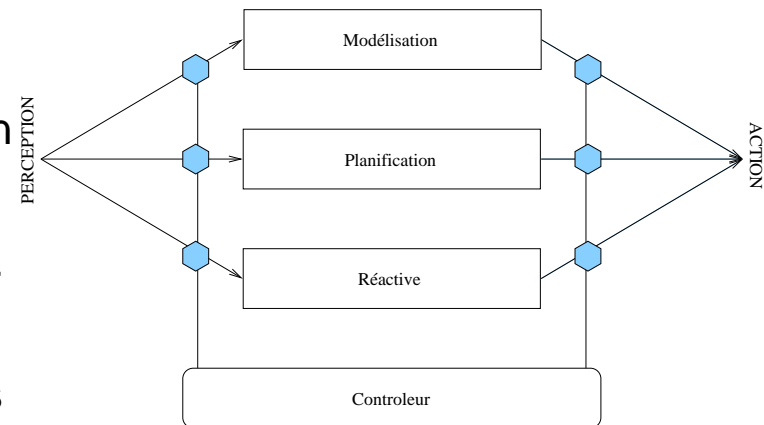
- Chaque couche agit comme un agent, elle propose des actions à faire ;
- n comportements différents
 n couches ;
- Conflit possible entre les niveaux \Rightarrow médiations entre les couches ;



2.2.4 Agents hybrides

Exemple TouringMachines (Ferguson (5))

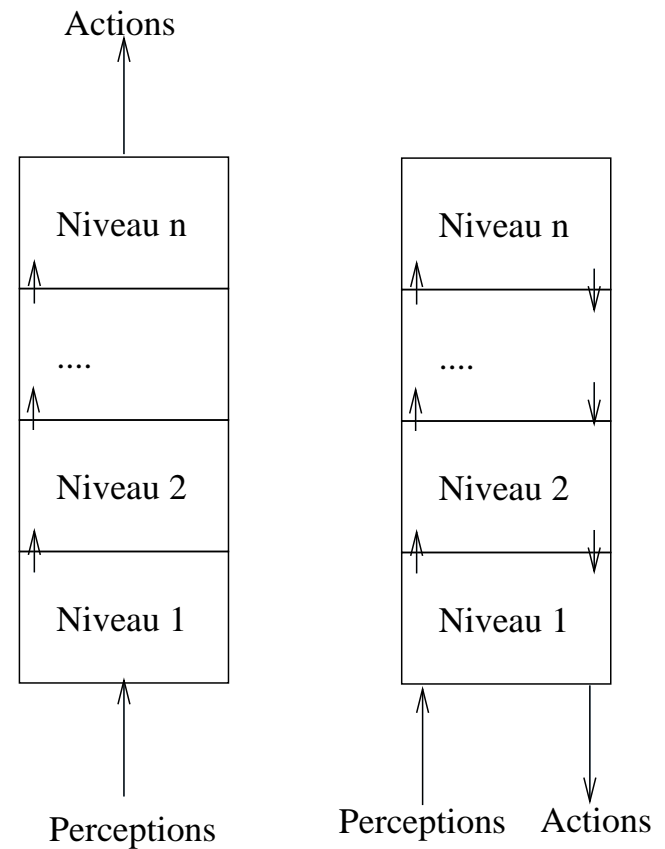
- Trois couches pour déterminer les actions
 1. Une couche réactive qui implémente des règles (stimulus → action), cette couche utilise l'architecture de sub-somption ;
 2. Une couche proactive qui planifie en fonction de librairie de schémas ;
 3. Une couche de modélisation, qui modélise le monde, les autres agents, l'agent lui même, prédit les conflits et généralise les buts pour les résoudre.
- Domaine d'implémentation : Conduite de véhicule.



2.2.4 Agents hybrides

Architecture verticale

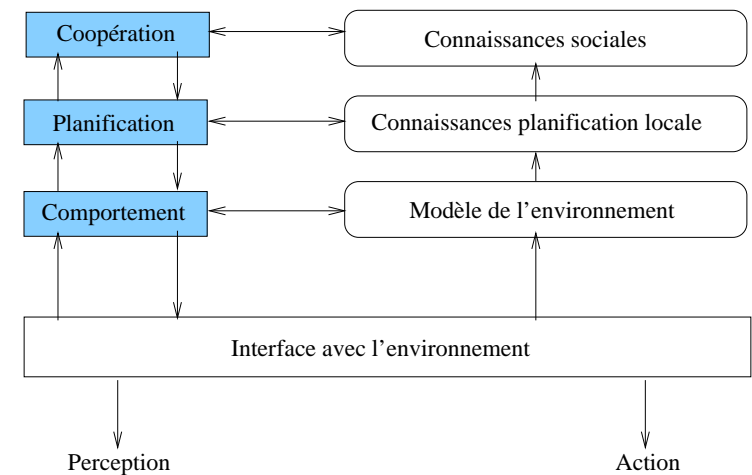
- Contrôle du flux entre les niveaux, deux modes possibles
 1. Une passe, un module est spécialisé pour percevoir et un autre pour agir ;
 2. Deux passes, un même module assure les deux fonctions.



2.2.4 Agents hybrides

Exemple InteRRaP (Müller (5))

- Architecture à couches verticales et à deux passes ;
- A chaque couche est associée une base de connaissances
- Les couches interagissent :
 - bottom-up : activation
 - top-down : exécution



3. Interactions

Définition

- Mise en relation **dynamique** de plusieurs agents par l'intermédiaire d'un ensemble d'actions **récioproque**.
- Il y a interaction lorsque le comportement d'un agent est influencé par les autres.

3. Interactions

Quelles sortes d'interactions ?

- Réactives ;
- Délibératives ;
- Sans communications ;
- Avec communications.

3.1 Interactions réactives avec ou sans communications

- Sans communication
 - Inférence des actions des autres (dilemme du prisonnier) ;
 - Actualisation d'une dépendance ;
- Avec communication
 - A l'aide d'un ensemble fini de signaux (fourmis)
 - A l'aide de messages, de plans.

3.2 Interactions délibératives

- S'appuie sur la théorie des actes du langage ;
- Utilise un langage d'interaction ;
- Respecte un protocole d'interactions.

3.2 Interactions délibératives

Actes du langage

- C'est l'ensemble des actions intentionnelles effectuées au cours d'une communication ;
- Communiquer c'est agir (Austin, Searle)
 - La communication c'est une action qui doit être traitée comme les autres ;
- On catégorise les types de communication ;
- Les types de communication sont décrits par l'ensemble de leurs conséquences.

3.2 Interactions délibératives

Actes du langage

- Structures complexes formées de 3 composantes :
 - Actes locutoires = énoncés ;
 - Actes illocutoires = actes effectués par le locuteur sur le destinataire ;
 - Actes perlocutoires = effets que les actes illocutoires peuvent avoir sur l'état du destinataire.

3.2 Interactions délibératives

Actes du langage

Classification des actes illocutoires

- Assersifs ou informatifs ;
- Directifs ;
- Promissifs ;
- Expressifs ;
- Déclaratifs.

3.2 Interactions délibératives

KQML

- Knowledge Query Manipulation Language ;
- Objectif : opérationnaliser la théorie des actes de langage ;
- Langage développé par la DARPA.

3.2 Interactions délibératives

KQML

- Séparer la sémantique du protocole de communication ;
- Protocole de communication universel concis, il doit contenir :
 1. L'émetteur ;
 2. Le ou les récepteurs ;
 3. Le langage utilisé dans le protocole ;
 4. Fonctions d'encodage et décodage ;
 5. Actions à effectuées par le ou les récepteurs.

3.2 Interactions délibératives

KQML

Performatif : verbe qui permet d'identifier dans une communication, la force illocutoire correspondante.

(KQML-performatif

:sender	<texte>
:receiver	<texte>
:language	<texte>
:ontologie	<texte>
:content	<expression>
...)	

3.2 Interactions délibératives

KQML

Exemple tiré du monde des blocs si on utilise KIF ;

```
(tell  
  :sender           Agent-1  
  :receiver        Agent-2  
  :language KIF  
  :ontologie       Monde-des-blocs  
  :content         (AND (Bloc A) (Bloc B) (SUR A b))  
  ...)
```

3.2 Interactions délibératives

KQML

- Les communication peuvent être asynchrones :
 - Côté émetteur
reply-with;
 - Côté récepteur
in-reply-to;
- Un message KQML peut contenir un autre message KQML.

```
(forward
  :sender      Agent-1
  :receiver    Agent-2
  :to          Agent-3
  :language    KQML
  :ontologie   kqml-ontologie
  :content
    (tell
      :sender      Agent-1
      :receiver    Agent-3
      :language    KIF
      :ontologie   Monde-des-blocs
      :content
        (AND (Bloc A)
              (Bloc B)
              (SUR A b))))
```

3.2 Interactions délibératives

Les performatives

Trois catégories :

- Performatives du discours ;
- Performatives de régulation de la conversation ;
- Performatives d'assistance et de réseau.

3.2 Interactions délibératives

Lacunes de KQML D'après Cohen et Levesque :

- Ambiguïté et imprécision ;
- Performatifs inutiles et incohérents ;
- Performatifs manquants.

Manque de définitions et formalisation.

Solution ? Définition d'un ensemble minimum de performatifs avec la possibilité de les composer.

3.2 Interactions délibératives

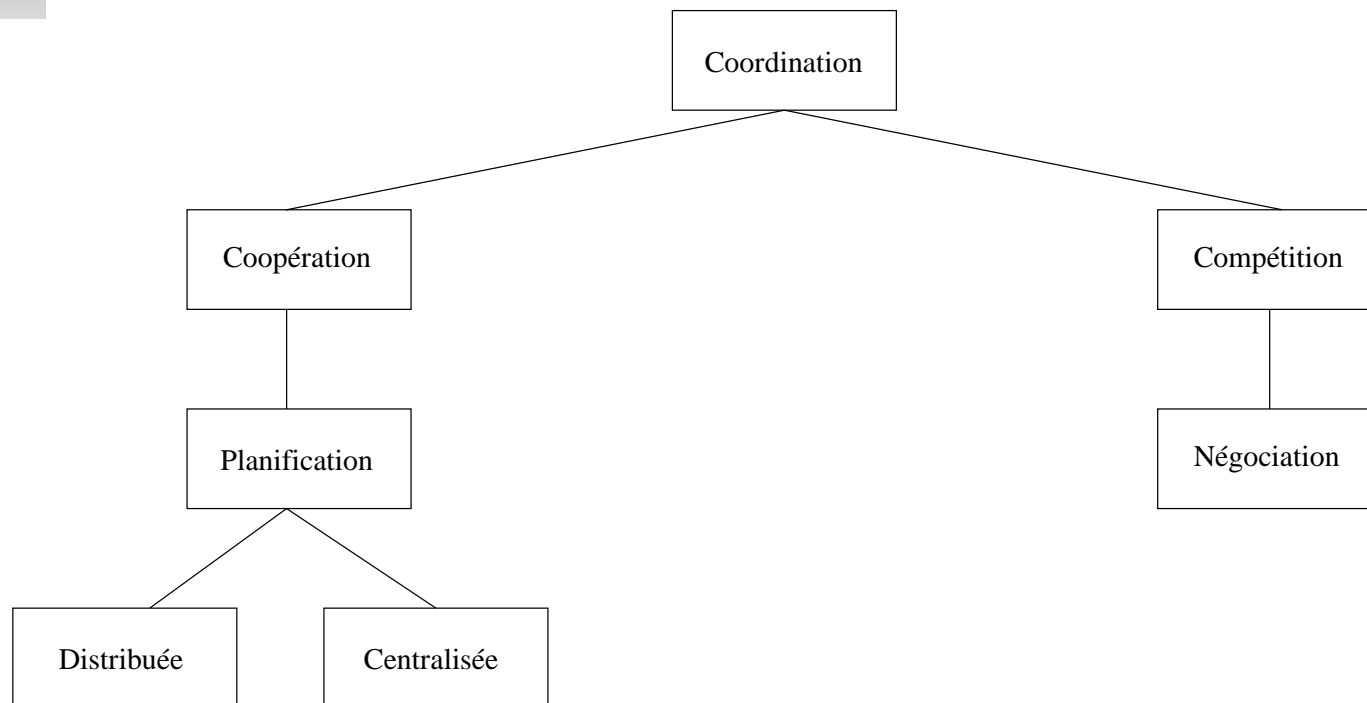
ACL FIPA (7)

- Définition d'un ensemble d'actes de communication de base ;
- Définition sémantique détaillée de ces primitives ;
- Définition d'un ensemble de message que tout agent doit être capable de traiter :
 - not-understood
- Syntaxe à la KQML ;

⇒ Voir la présentation faites par l'un d'entre vous.

3.3 Protocoles d'interaction

Les interaction peuvent nécessiter une coordination des actions.



3.3 Protocoles d'interaction

- Agents compétitifs (buts conflictuels ou intérêts propres)
 - Le protocole cherche à maximiser l'utilité de chaque agent ;
- Agents coopératifs (buts identiques, problèmes commun)
 - Le protocole cherche à maintenir les invariants globaux ;
 - Comment déterminer les buts partagés ?
 - Comment déterminer les actions communes ?
 - Comment éviter les conflits inutiles ?
 - Comment partager les connaissances ?

3.3 Protocoles d'interaction

Protocoles de coordination

Coordination : Processus par lequel un ou plusieurs agents raisonnent sur leurs actions locales et sur les actions des autres.

Pourquoi ?

- Lorsque les actions peuvent interférer ;
- Lorsque l'on cherche à garantir des contraintes globales ;
- Lorsque les agents n'ont pas assez de ressources, de compétences ou d'information pour atteindre un objectif global.

3.3 Protocoles d'interaction

Protocoles de coordination

- Recherche des actions = Recherche dans le graphe ET/OU des buts ;
- Définition de ce graphe des buts ;
- Identification et classement des dépendances associées ;
- Des portions de graphe sont confiées aux agents les plus adaptés ;
- Déterminer quelles régions du graphe doivent être explorées ;
- Explorer le graphe ;
- Connaître les résultats des explorations partielles.

3.3 Protocoles d'interaction

Protocoles de coordination et engagements

Engagement :

- Permet à un agent de s'engager à effectuer un ensemble d'actions vis-à-vis de lui ou des autres ;
- Les agents peuvent prendre connaissance des engagements des autres.

Protocoles de coordination :

- Permettent de conserver, rectifier ou abandonner un engagement ;
- Ils définissent alors sous quelles conditions.

3.3 Protocoles d'interaction

Protocoles de coopération Décomposition des tâches en sous tâches et répartition aux agents.

- Décomposition effectuée par le concepteur ;
 - Codée à l'implantation du système ;
- Décomposition par les agents
 - Technique de planification hiérarchisée ;
- Inhérente à la représentation du problème.

3.3 Protocoles d'interaction

Protocoles de coopération et allocation des tâches

On cherche à :

- Minimiser le nombre de ressources critiques ;
- Confier les tâches aux agents en adéquation avec leurs compétences ;
- Confier à certains agents des tâches de contrôle sur les autres agents ;
- Confier des responsabilités redondantes ;
- Minimiser les coûts de communication et de synchronisation ;
- Redistribuer si besoin les tâches en fonction de l'urgence.

3.3 Protocoles d'interaction

Allocation des tâches

- Allocation centralisée
 - Un seul agent décompose les tâches en sous-tâches et les réparties ;
- Allocation distribuée
 - Chaque agent s'occupe d'obtenir les services recherchés.

3.3 Protocoles d'interaction

Allocation distribuée

- Allocation par réseau d'acointances
 - Les agents possèdent une représentation des compétences d'autres agents ;
 - Le réseau d'acointanceve forme un graphe dont les agents sont les sommets et les arcs les compétences ;
 - Dans la mesure du possible, le graphe doit être connexe et cohérent.
- Contract Net
 - Repose sur la notion d'appel d'offres

3.3 *Protocoles d'interaction*

Résolution de conflits

- Structure autoritaire ;
- Agent Médiateur ;
- Négociation \Rightarrow Langage, protocole . . .

3.2 Interactions délibératives

Actes du langage



6. Bibliographie

- (1) C. Hewitt. “Viewing control structures as patterns of passing messages”. *Artificial Intelligence*, 8(3) :323-364, 1977
- (2) G. Weiss. “Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence”. Edited by G. Weiss, MIT Press, 1999
- (3) R. Brooks “A robust layered control system for a mobile robot”. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 2(1) :14-23, 1986
- (4) A.S. Rao, M.P. Georgeff. “Modelling rational agents within a BDI architecture”. *Proceedings of KR and Reasoning*, 473-484, 1991

6. Bibliographie

- (5) I.A. Ferguson. “TouringMachines : An Architecture for Dynamic Rational, Mobile Agents. PhD thesis, Clare Hall, University of Cambridge, UK, 1992
- (6) J. P. Müller. “A cooperation model for autonomous agents” In J.P. Müller, M. Wooldbridge and N.R. Jennings, editors, Intelligent Agents III (LNAI Vol 1193) 245-260, Springer Verlag, 1997
- (7) FIPA <http://www.fipa.org>