

Interaction dans les systèmes multi-agents

Amal El Fallah Seghrouchni

Amal.Elfallah@lip6.fr





Plan

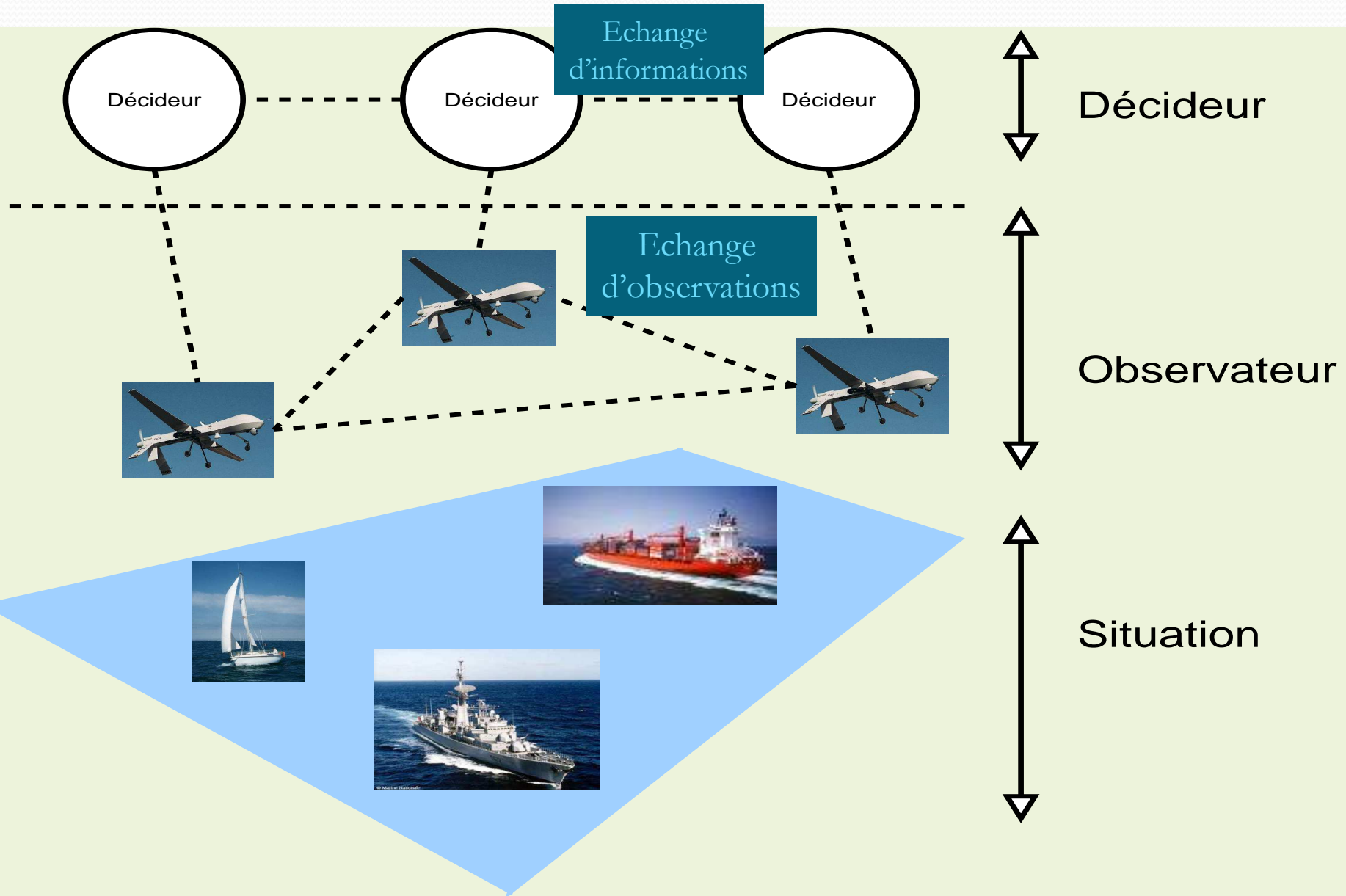
- Introduction à l'interaction
- Interactions entre agents
- Langages de spécification
- Protocoles d'interaction (ex. à la FIPA)
- Exemples



Pourquoi les agents interagissent ?

- Les agents interagissent entre eux et avec l'environnement
- Les interactions permettent d'acquérir, de partager et d'échanger des connaissances distribuées
- Les interactions reposent sur des modes de communication et respectent des protocoles d'interaction et de coordination

Exemple de surveillance maritime



Interaction – définition

- **Interaction** : Mise en relation **dynamique** de deux ou de plusieurs agents par le biais d'un ensemble d'actions **récioproques**.
- Il y a **interaction** sitôt que la dynamique propre d'un agent est perturbée par les **influences** des autres
- Agent interagissant



Modes et situations d'interaction

- Types d'interaction
 - Directe
 - Indirecte
 - A travers l'environnement
- Différentes situations d'interaction
 - Coopération ou compétition : buts, ressources et compétences

Dimensions de l'interaction

- Caractériser les interactions :
 - De la compétition à la coopération
 - La coordination
 - Interaction avec ou sans communication
 - De la communication à la conversation
 - Protocole d'interaction

Dimensions de l'interaction

- Caractériser les interactions :
 - De la compétition à la coopération
 - La coordination
 - Interaction avec ou sans communication
 - De la communication à la conversation
 - Protocole d'interaction

Compétition → Coopération

- Le domaine SMA traite d'agents qui ont des intérêts divergents
 - L'agent autonome est initialement « asocial »
 - La **compétition** (~ la concurrence) est un état naturel dans un SMA
 - Source de compétition [Ferber 95] :
 - **Buts** compatibles ou incompatibles
 - **Ressources** suffisantes ou insuffisantes
 - **Compétences** suffisantes ou insuffisantes
- La compétition tend à rendre le système moins performant que la somme des agents

Compétition → Coopération

- **Collaboration** : désigne simplement le fait pour des agents de travailler ensemble
- **Coordination** : désigne la gestion des interdépendances entre activités [Malone 94]
 - Synchronisation, co-ordonnancement des tâches, ...
- **Coopération** = Collaboration + Coordination
 - Ex: allocation de tâches, partage de ressources, co-conception, prise de décision distribuée, ...
- Du fait des intérêts divergents dans un SMA, la collaboration n'est pas systématique
 - Prépondérance de la **coordination**

Coordination (1)

- [Jennings 1996] : Processus par lequel un ou plusieurs agents raisonnent sur leurs actions locales et sur les actions des autres (par anticipation) afin d'assurer la **cohérence** des actions communes
- [Lesser 1987] : D'un point de vue multi-agents, l'objectif de la coordination est de s'assurer que :
 - Les activités des agents permettent de résoudre toutes les composantes du problème global
 - Les interactions entre les agents sont **cohérentes** et s'intègrent dans la solution globale
 - Les groupes définis sont **cohérents**

Coordination (2)

Pourquoi ?

- La coordination (la coopération) est un ensemble de mécanismes permettant :
 - d'une part de réduire la compétition
 - d'autre part de contribuer à rendre le tout plus performant que la somme des agents (synergie)

Comment ?

- La coordination peut être appréhendée de différentes manières. On distingue principalement 2 niveaux :
 - **La coordination objective** : celle désirée par le concepteur (normative)
 - **La coordination subjective** : celle qui apparaît au niveau des agents (« psychologique »)

Coordination (3)

Au niveau des agents, on peut donc :

- soit forcer la coordination (la coopération)
 - Interactions « primitives » (ensemble fini de signaux dont l'interprétation est fixée)
 - Codées en dur dans les agents
 - Ex : planification multi-agents distribuée [Georgeff 83]
 - Ex : Partial Global Planning [Durfee 87]
 - Ex : planification distribuée [El Fallah et al. 96]
- soit donner les moyens aux agents de résoudre les conflits
 - Protocole de **négociation**, organe judiciaire

Coopération = Collaboration + Coordination + Résolution de conflit



Buts



Moyens

Dimensions de l'interaction

- Caractériser les interactions :
 - De la compétition à la coopération
 - La coordination
 - Interaction avec ou sans communication
 - De la communication à la conversation
 - Protocole d'interaction

La communication (1)

- La communication est une forme d'interaction indirecte
 - Transmission de l'**information**
 - Suppose une **influence** sur le destinataire
 - Différents modes de communication :
- Communication indirecte
 - Principalement utilisé par les agents réactifs
 - L'environnement sert de médium d'interaction
 - Utilisation de marqueurs, de traces, de phéromones, (modèles éthologiques) ...

Communication support de l'interaction

- Support de l'interaction
- Communication :
 - Indirecte
 - Directe
 - Point à point
 - Multi-cast
 - Broad-cast
 - Synchrone
 - Asynchrone

La communication directe entre agents

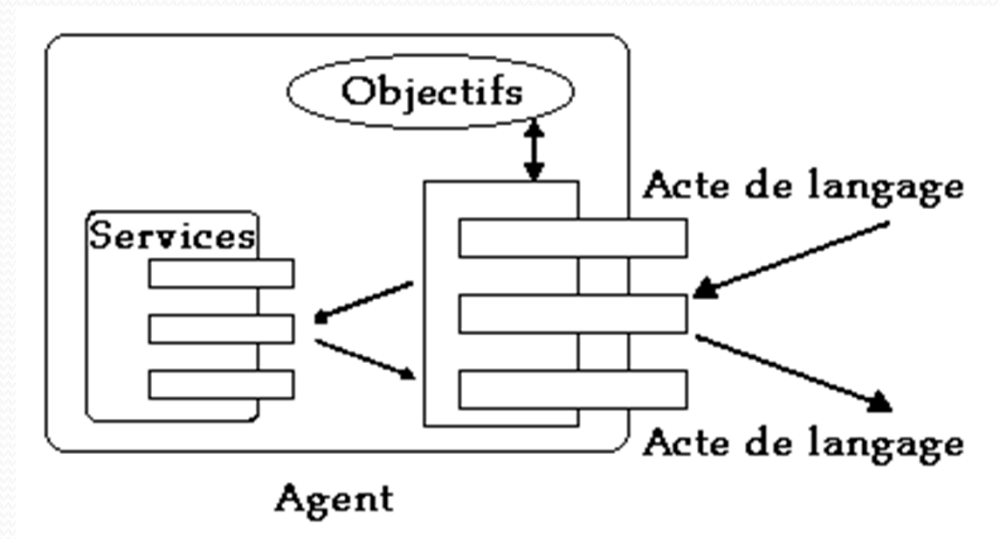
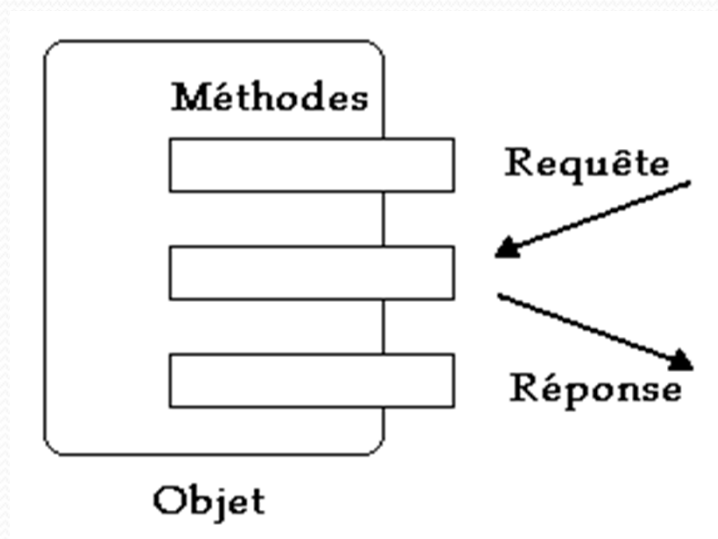
- Envoi de messages
 - Basé sur la théorie des actes de langage
 - **Dire**, c'est agir sur les **attitudes** (croyances, connaissances, comportements) de l'**interlocuteur** et du **locuteur**, avec plus ou moins de chance de succès
 - [Austin 1962] « Communiquer c'est agir »
 - [Searle 1972] « Dire, c'est faire »
- Pourquoi cette forme d'interaction ?
 - Parce qu'elle crée un découplage entre le locuteur et l'interlocuteur

Dimensions de l'interaction

- Caractériser les interactions :
 - De la compétition à la coopération
 - La coordination
 - Interaction avec ou sans communication
 - De la communication à la conversation
 - Protocole d'interaction

L'agent communicant

- Découplage entre la requête et la réponse
 - Objet : L'appel d'une méthode est synchrone
 - Agent : L'appel d'un service est asynchrone



Théorie des Actes de langage

Austin (62), Searle (69), Vanderveken (88)

Définition : Parler, c'est modifier l'état mental de ses interlocuteurs, donc c'est agir.

Trois aspects (ou actes) d'un énoncé

1. **Locutoire** : l'action de dire
2. **Illocutoire** : l'action que souhaite le locuteur

Notion de performatifs (to perform)

3. **Perlocutoire** : les conséquences réelles

Actes de langages

Cinq catégories d'actes de langage

- **Assertifs** faits/connaissances : pere(Pierre,Marie)
- affirment une information (observer, informer, témoigner, démentir)
- **Directifs** ordres : faire(action)
- engagent l'interlocuteur dans une action (déléguer, demander, supplier, questionner, ordonner)
- **Promissif/commissifs** engagements : fait(situation/date)
- engagent le locuteur dans un action (promettre, souhaiter, menacer)
- **Expressifs** sentiments de l'agent : heureux (singe)
- expriment l'état mental du locuteur (s'excuser, remercier, féliciter, récriminer)
- **Déclaratifs** énoncé d'un fait : la séance est ouverte...
- réalisent une action par la seule énonciation (définir, condamner, ratifier)
- **Autres actes** (conditions, interrogations...)

Exemple

Agent A dit à agent B : « Je serai là bientôt »

- Locutoire (l'action de dire l'énoncé) , assertif (je dis que...)
- Illocutoire , assertif (je serai là), promissif (engagement)
+ éventuellement expressif (joie)
- Perlocutoire + expressif (menace)

En SMA

On s'intéresse le plus souvent à l'aspect illocutoire

Contenu illocutoire : F(P) (Searle, 69)

Force illocutoire (*performatif*)

Contenu propositionnel

Ex : Affirmer(il pleut), Questionner(il pleut), etc.

Performatifs pour les SMA

Exercitifs	(demandes d'actions, délégations...)
Assertifs	(état, valeurs...)
Promissifs	(engagements)
Expressifs	(croyances, savoir-faire)
Interrogatifs	(demandes d'état, valeurs...)

Agent Communication Language (ACL)

- Un ACL doit être :
 - Connu : définition de la **syntaxe**
 - Compris : définition d'une **sémantique**
 - Utilisé : définition d'une **pragmatique**
- De nombreux langages de communication entre agents se réclament des actes de langage :
 - ASIC [Boissier 1992-1997]
 - DASEDIS [Burmeister 1993]
 - COOL (basé sur KQML) [Barbuceanu 1995]
 - FIPA-ACL [FIPA 1997]
- 2 standards : **KQML** et **FIPA-ACL**
 - De nombreux dialectes ...

Langages de communication agents

- KQML [Finin, Labrou]
 - Plusieurs performatives (42)
 - Un message:
 - Contenu
 - Langage (Java, XML, etc.)
 - Performative
 - Ontologie
- FIPA-ACL
 - Approche similaire
 - Sémantique formelle
 - Protocoles de communication (CNP, etc.)

ACL : exemple

Performatif : ask, ask-one, broadcast, advertise...

↓
(tell
 :sender B
 :receiver A
 :language KIF
 :ontology motors
 :reply-with s3
 :in-reply-to s1
 :content
 (= (torque m1) (scalar 12 kgf))
)

KQML et FIPA-ACL ont la même syntaxe des messages

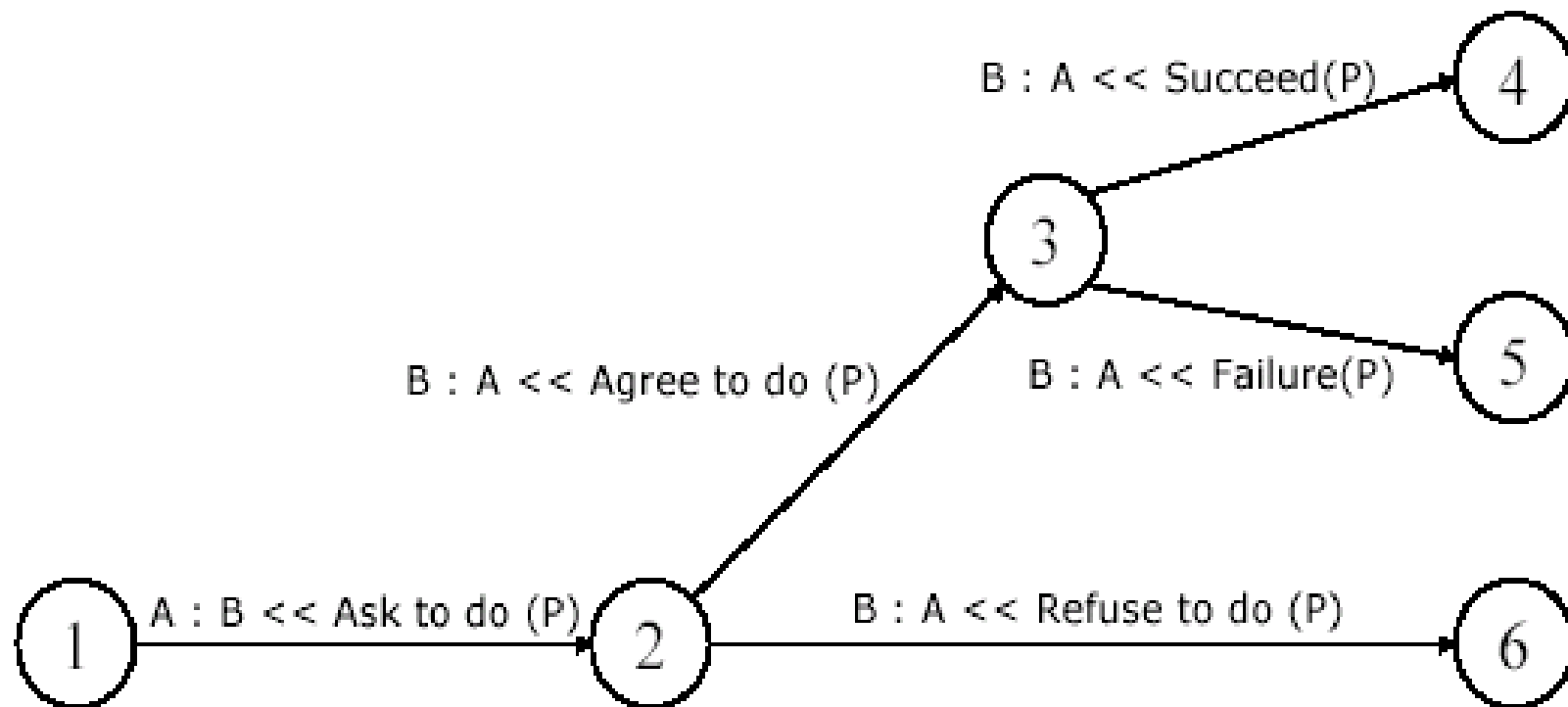
Protocoles d'interaction

- Combinatoire des messages selon les ACL en se basant uniquement sur la sémantique des performatifs est trop importante
- Existence de schémas typiques structurant les échanges : attente de séquences de messages en réponse à d'autres messages.
 - **Protocoles d'interaction, Politiques de conversation**
- Autonomie des agents : utilisation propre de ces schémas globaux
 - **Stratégies d'interaction**
- Les agents peuvent engager de nombreux dialogues ou conversation selon un ou plusieurs de ces schémas, avec un ou plusieurs agents simultanément ou en séquence.
 - **Coordination des conversations**

Définition des protocoles d'interaction

- Un protocole
 - Schéma commun de conversation utilisé pour exécuter une tâche.
 - Stratégie de haut niveau gouvernant les interactions entre agents permettant de faciliter et structurer leur dialogue.
 - Un protocole précise qui peut dire quoi à qui et les réactions possibles à ce qui est dit.
- Basé sur des actes de communication
 - Actes différents selon les étapes de la conversation, restriction des actes possibles
 - Actes agissent sur l'état mental de l'agent, sur la suite de la conversation
- Les sémantiques peuvent être définies au niveau du protocole d'interaction au lieu de considérer la sémantique des actes individuels de communication.

Example

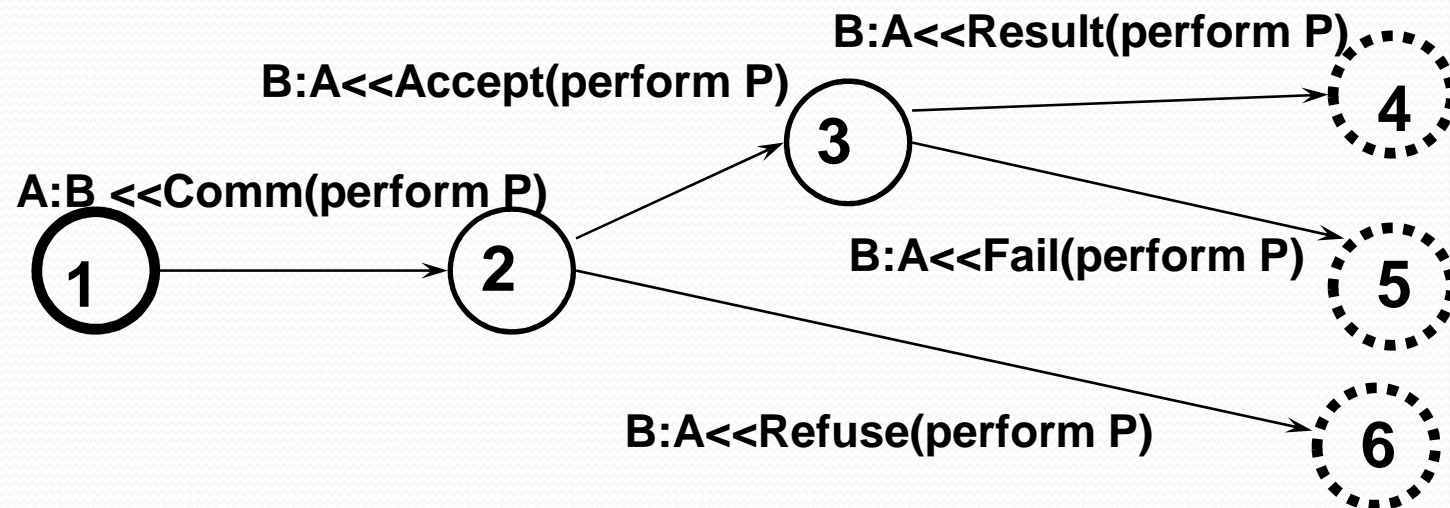


Langages de spécification

- Existence de plusieurs langages de spécification de protocoles d'interaction
 - Systèmes de transitions (automates à états finis, automates temporisés, automates Hybrides, réseaux de Petri)
 - AUML
 - Spécification à base de logique
 - Systèmes de spécification de protocoles réseaux
 - ...
- Variation en rigidité, concurrence, complexité,
- Disponibilité d'outils et techniques.

Automates à états finis

- Description d'une conversation par une suite d'états liés par des **transitions** (interactions entre les agents).



Cool [Barbuceanu 95]

- Fondé sur KQML
- Distinction de 3 niveaux dans les interactions
 - Contenu de l'interaction (abordé par les ontologies KIF)
 - Intention de l'interaction (abordé par KQML)
 - Conventions d'interaction (abordés par un langage de coordination COOL)

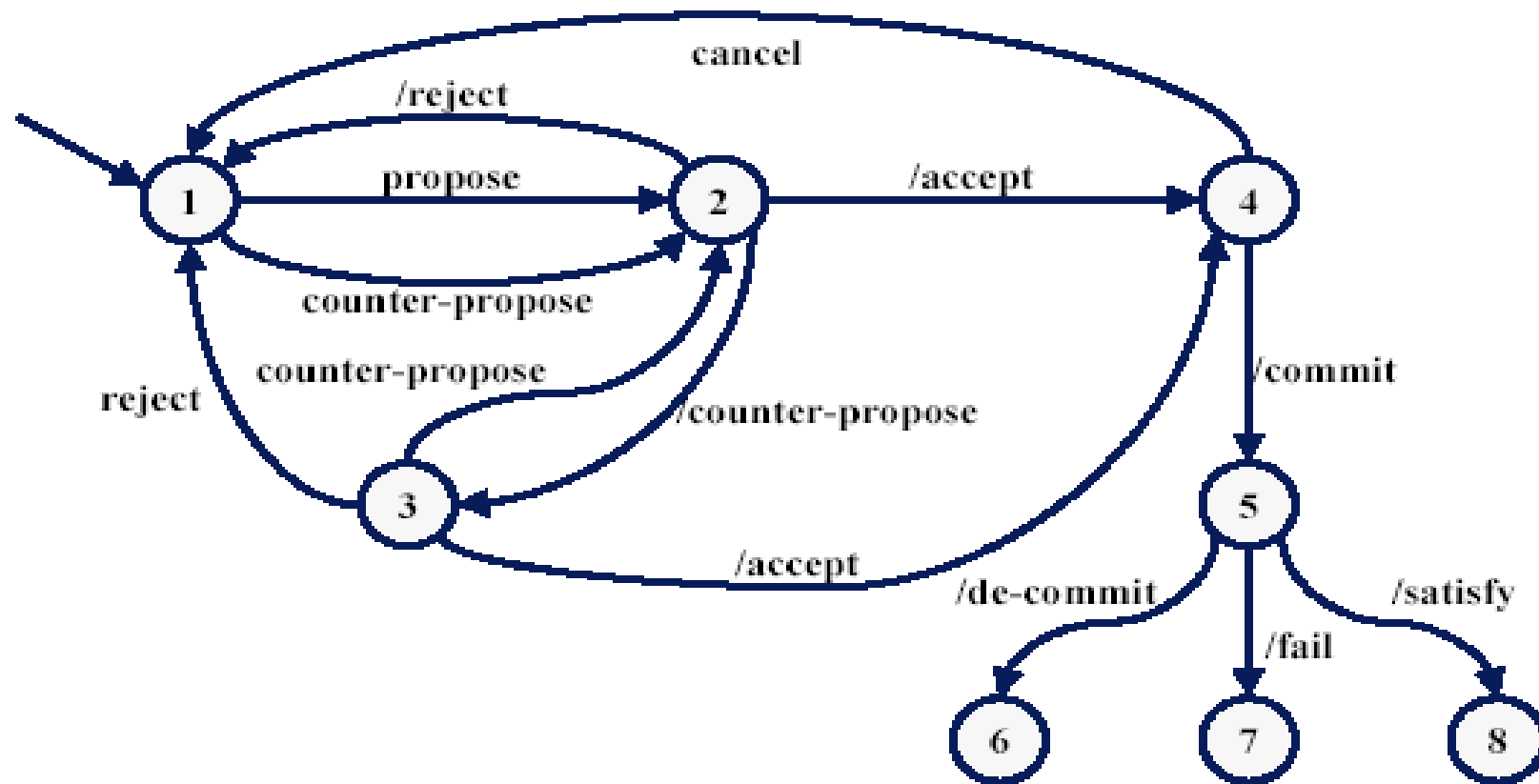
Cool : Notation

- **Automate à état fini**

- **états** : états possibles d'une conversation (état accord, état refusé),
- **transitions** : messages (performatifs) possibles,
 - <acte reçu> /
 - / <acte envoyé>

- Un message reçu sans correspondance avec une transition valide de l'automate déclenche une règle de reprise d'erreur
- Modélisation du point de vue d'un agent : besoin de deux automates pour une conversation.

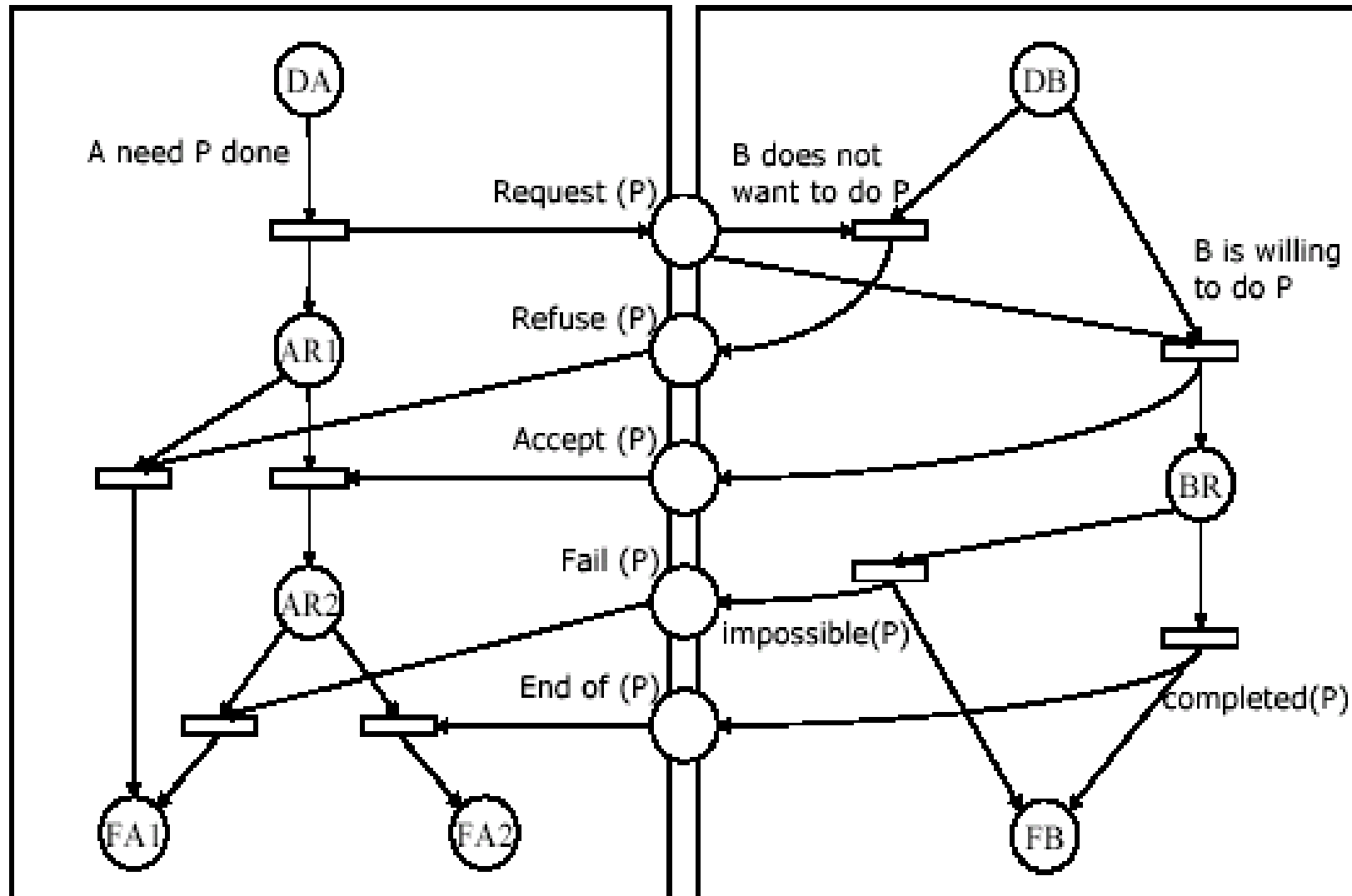
Cool : example



Réseaux de Petri

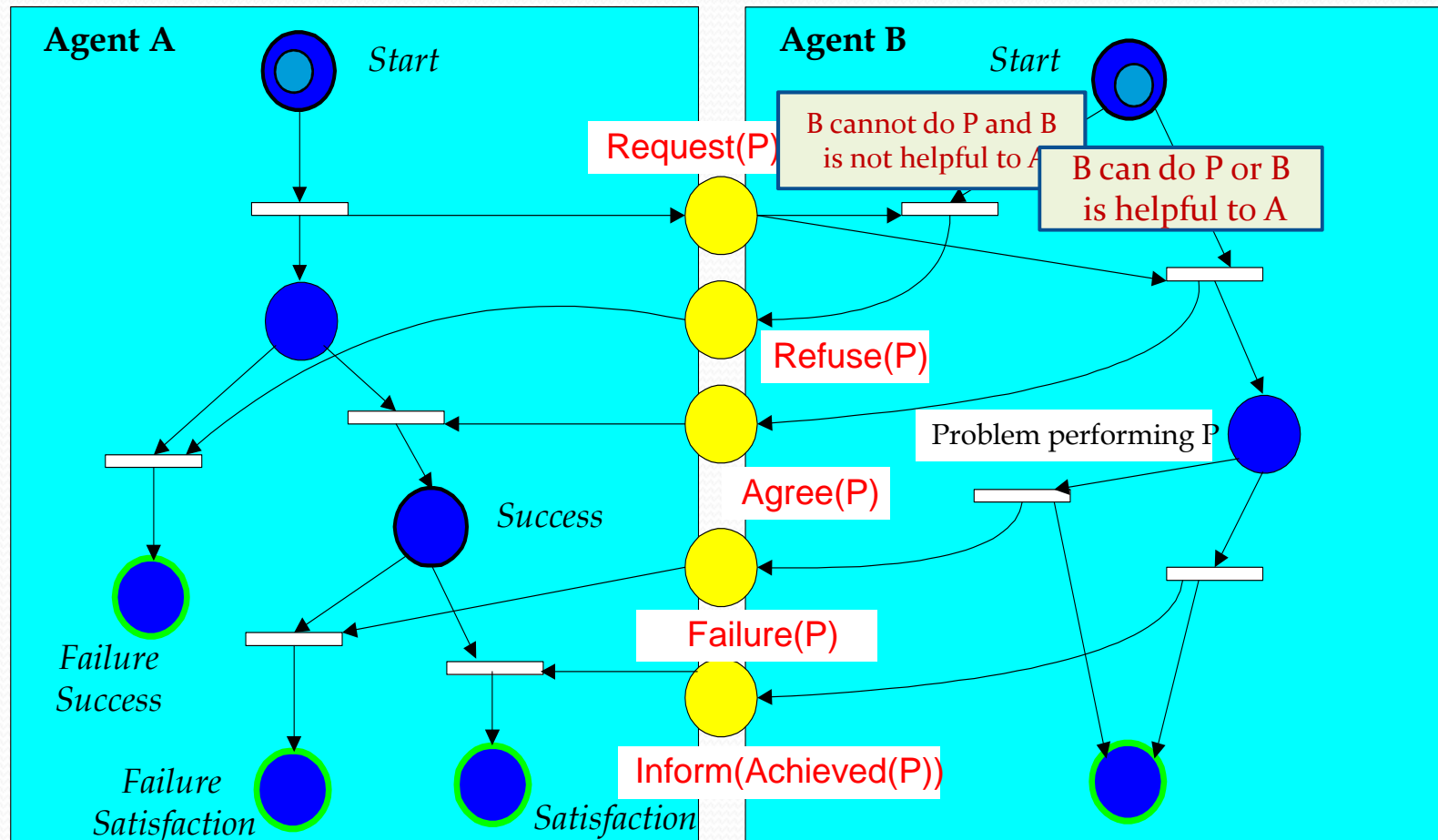
- Places
 - état interne de l'agent,
 - message en cours d'acheminement,
- Transitions
 - synchronisation due à la réception d'un message
 - conditions d'application des actions.

Réseaux de Petri



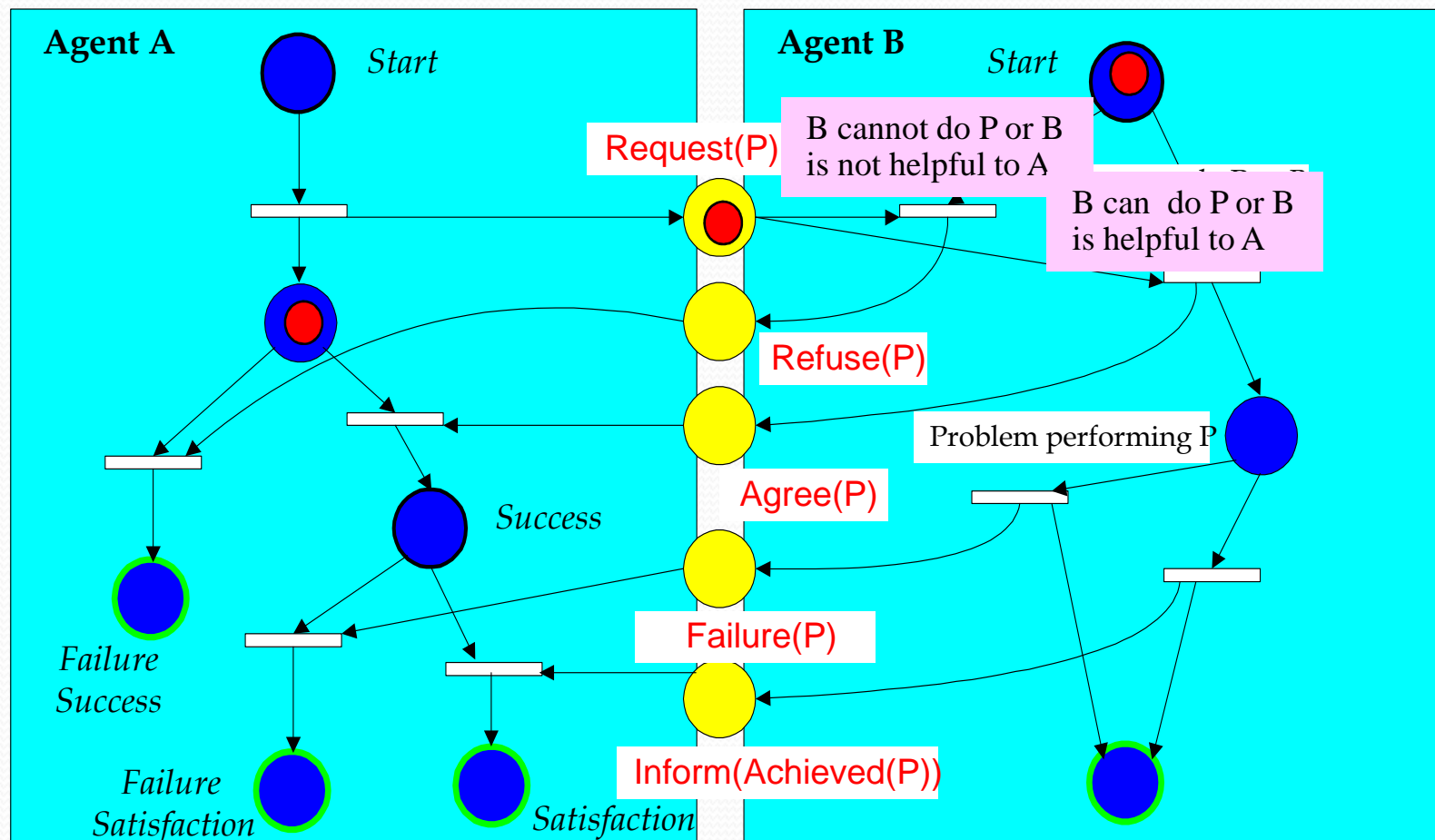
Réseaux de Petri

- Example: requesting to do something



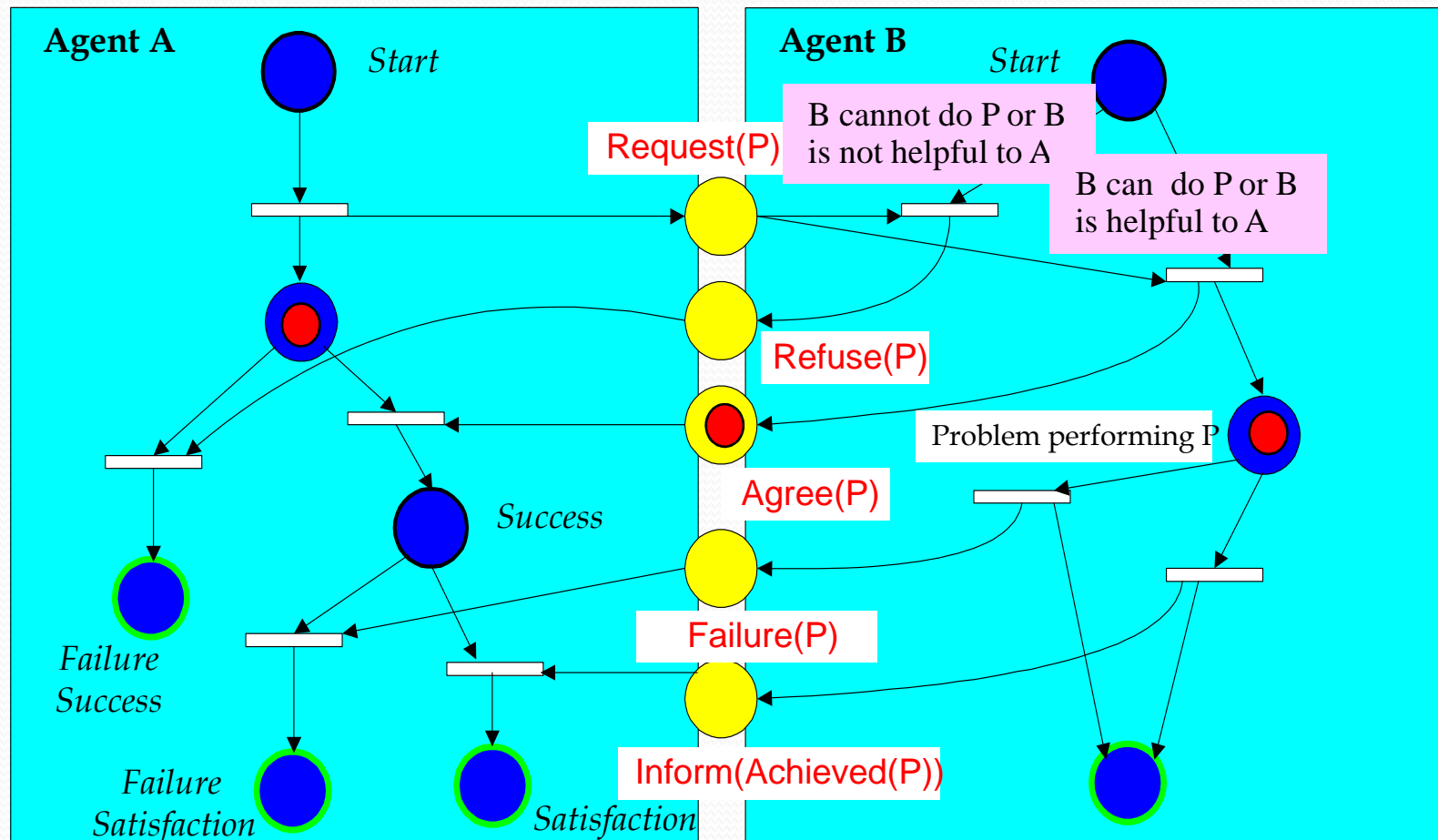
Réseaux de Petri

Example: requesting to do something



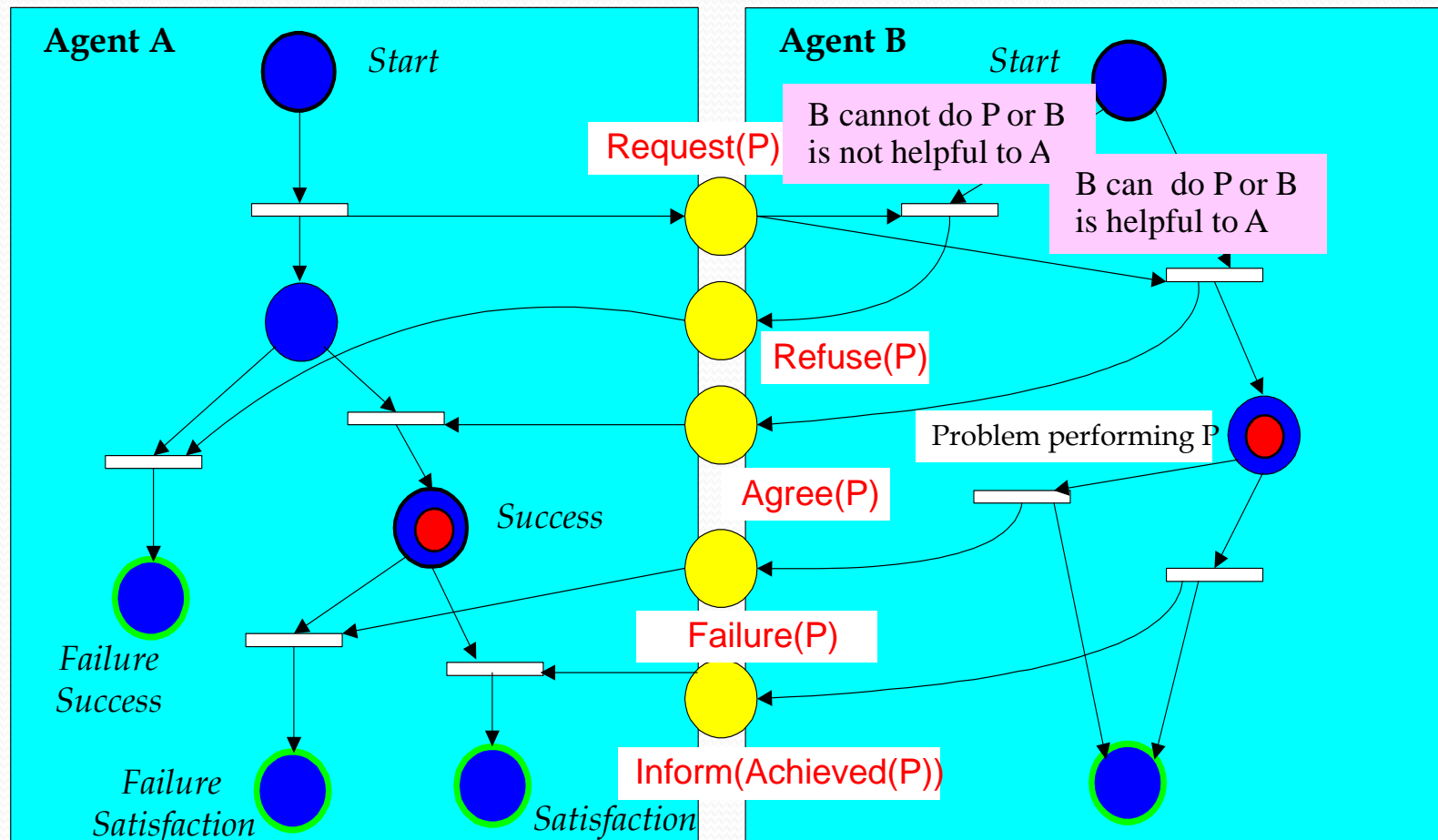
Réseaux de Petri

Example: requesting to do something



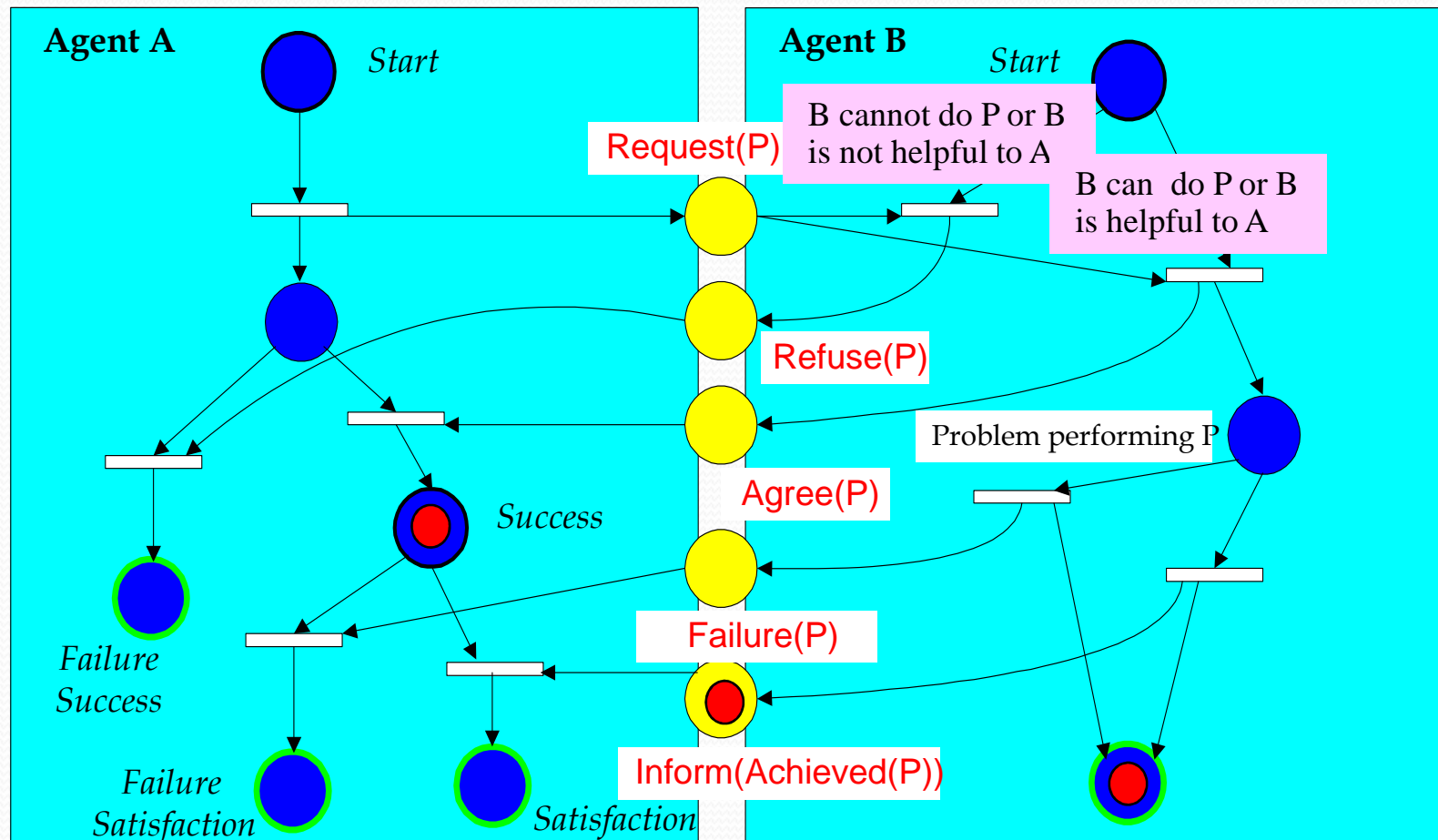
Réseaux de Petri

Example: requesting to do something



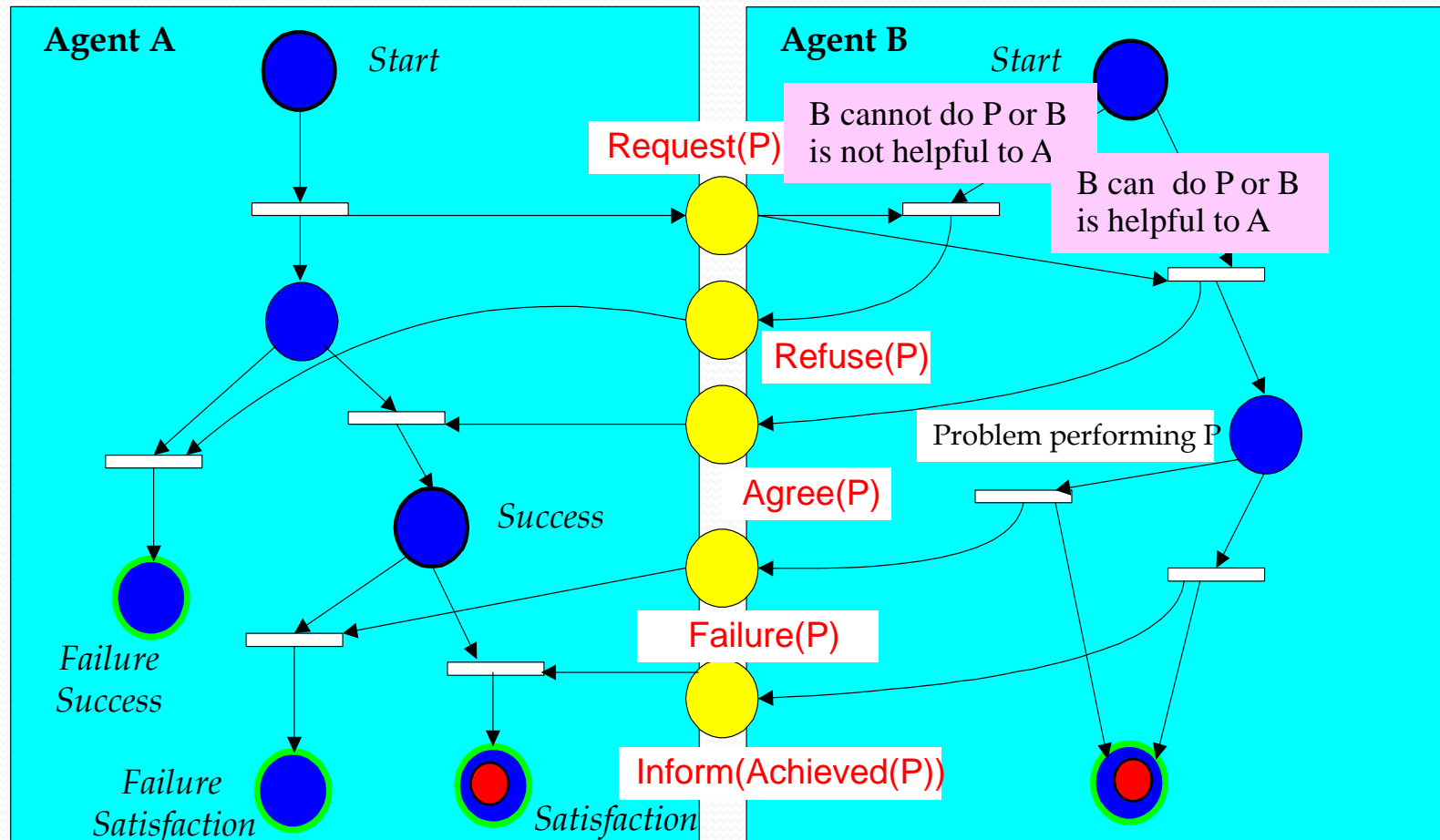
Réseaux de Petri

Example: requesting to do something



Réseaux de Petri

Example: requesting to do something



AUML (Agent UML)

- Sémantique

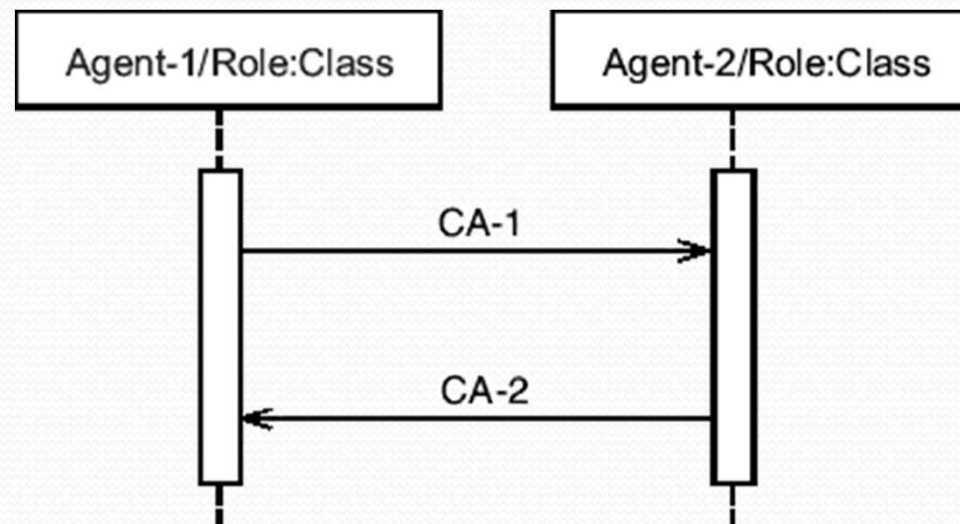
- Une description du protocole représente une interaction : Un ensemble de messages échangés entre les différents rôles d'agents au sein d'une collaboration pour réaliser un comportement souhaité d'autres rôles ou des instances de l'agent .

- Notation

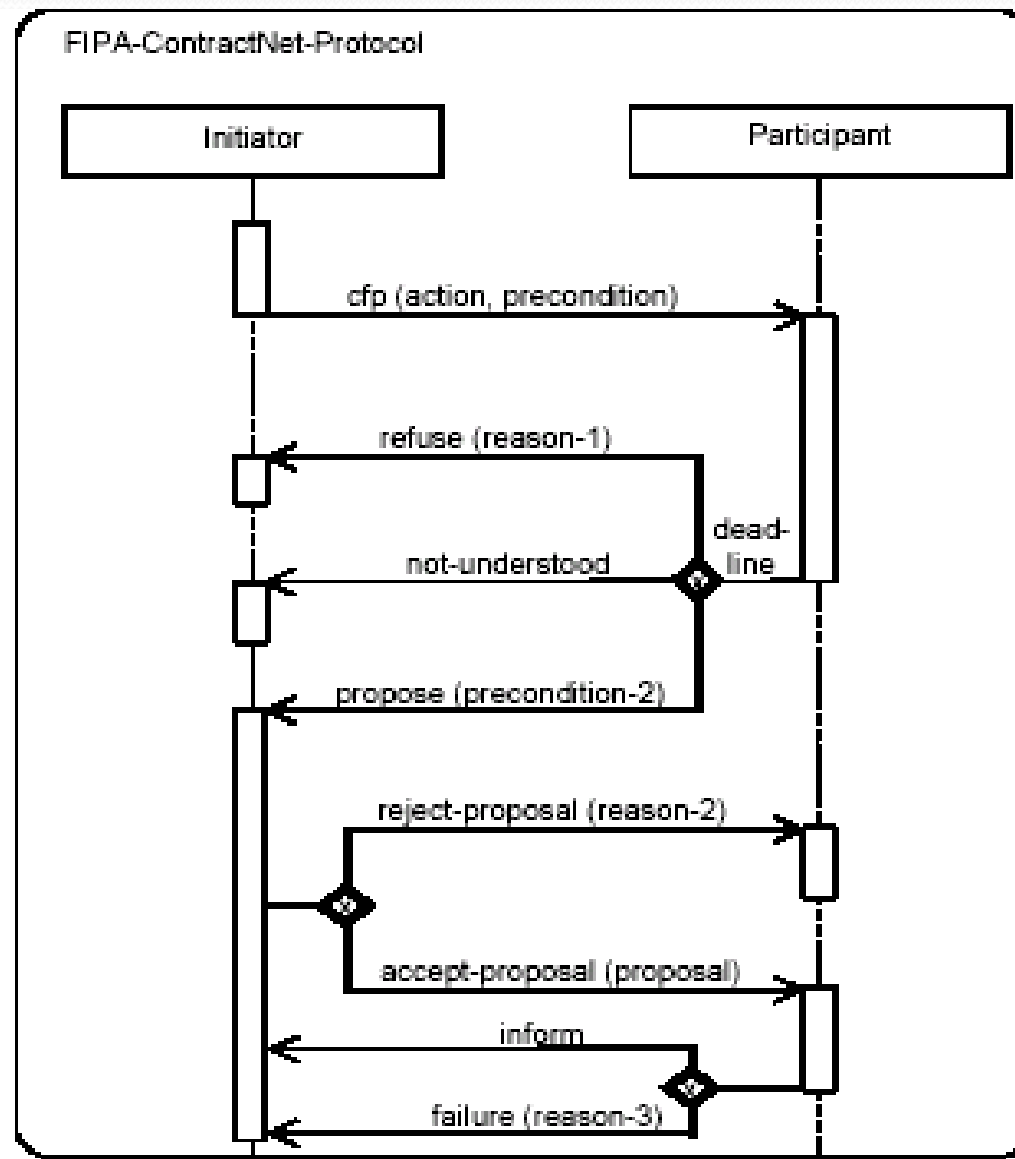
- Dimension verticale : temps
 - Le temps va de haut vers le bas, seules les séquences sont importantes
- Dimension horizontale : différents rôles d' agents
 - L'ordre n'a pas d'importance
- Plusieurs labels peuvent apparaître sur la marge ou à côté des lignes de vie ou des messages qu'ils labélisent
 - Ex. des marques de synchronisation , des message reçu en fonction des buts, etc.

Representing interactions

- Les interactions de l'agent peuvent être représentées dans le standard UML à l'aide de diagrammes de séquence

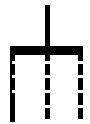
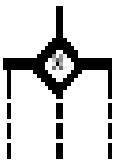


AUML : Notation



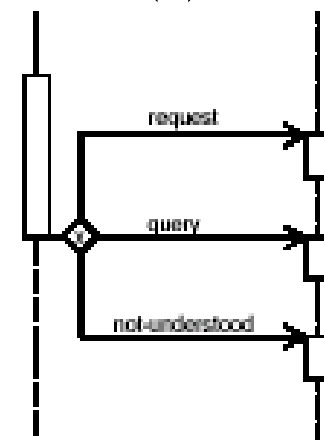
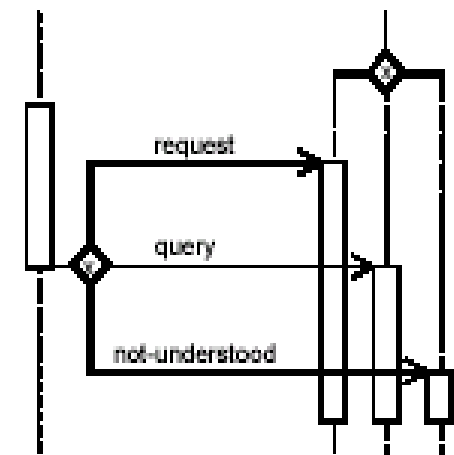
Vie d'un rôle

- La ligne de vie peut se diviser en 2 ou plusieurs lignes de vie pour représenter le parallélisme et les décisions (ET / OU)
- Chaque ligne séparée correspond à une branche dans le protocole
- Les lignes peuvent fusionner à un moment donné
 - Et : le parallélisme commence à une barre horizontale « en gras »
 - OU: parallélisme (ou inclusif) commence à une barre horizontale gras avec un diamant non - rempli , et ,
 - Décision (ou exclusif) commence à une barre horizontale en gras avec un diamant non -rempli avec " **x** " à l'intérieur du diamant
- Et se poursuit avec un ensemble de lignes de vie verticales parallèles reliées à la barre lourde.



AUML : les « Threads » d'interaction

- Un rectangle grand et mince dont le sommet est aligné avec le temps d'initiation et dont l'autre extrémité est alignée avec son temps d'achèvement .
 - Dessiné sur la ligne de vie de rôle d'un agent
 - Représente une tâche en cours d'exécution
 - Peut être étiqueté par un texte à côté du fil ou dans la marge gauche
- Le message entrant indique la tâche



AUML : Messages (1)

- Message - communication d'un agent vers un autre rôle qui transmet l'information dans l'espoir que le rôle d'agent de réception saurait réagir en fonction de la sémantique de l'acte de communication
 - Présenté comme une flèche horizontale pleine d'un fil d'interaction à un autre thread d'interaction
 - Peut être spécifiée en utilisant ET / OU / XOR
 - Chaque flèche est marquée en utilisant la syntaxe suivante :

Predecessor, guard-condition, sequence-expression, communicative-act, argument-list

AUML : Messages (2)

- **predecessor** - se compose d'au plus un nombre naturel suivi d'une barre oblique (/) définissant le séquençage d'une construction parallèle
- **guard-condition** - le message est envoyé ssi la garde est vraie
- **sequence-expression** - une contrainte, en particulier en ce qui dénote $n..m$; le message est envoyé de n à m fois
 - **broadcast** signifie la diffusion d'un message
- **communicative-act** - le nom d'un acte de communication , par exemple, *inform*
- **argument-list** - - une liste d'arguments entre parenthèses séparés par des virgules - les parenthèses peut être omis si la liste est vide

Protocole d'interaction

- Notation : AUML
- Sémantique
 - Une description de protocole représente un schéma d'interaction, *i.e.* ensemble de messages échangés entre différents rôles d'agents au sein d'une collaboration pour mettre en place un comportement souhaité sur les autres rôles d'agents ou agents.
- Protocoles existants
 - fipa-query: the receiver agent is requested to perform some kind of inform action
 - fipa-request: the receiver is requested to perform some action.
 - fipa-contract-net: an agent (manager) solicits proposals from other agents (contractors) by specifying the task and the conditions placed by the manager upon the execution of the task. The contractor's proposal includes the preconditions that the contractor is setting out for the task (e.g., price, time, etc.)
 - ...

```
(request :sender A :receiver B :content (some act)  
      :protocol fipa-request )
```


Protocoles spécifiés

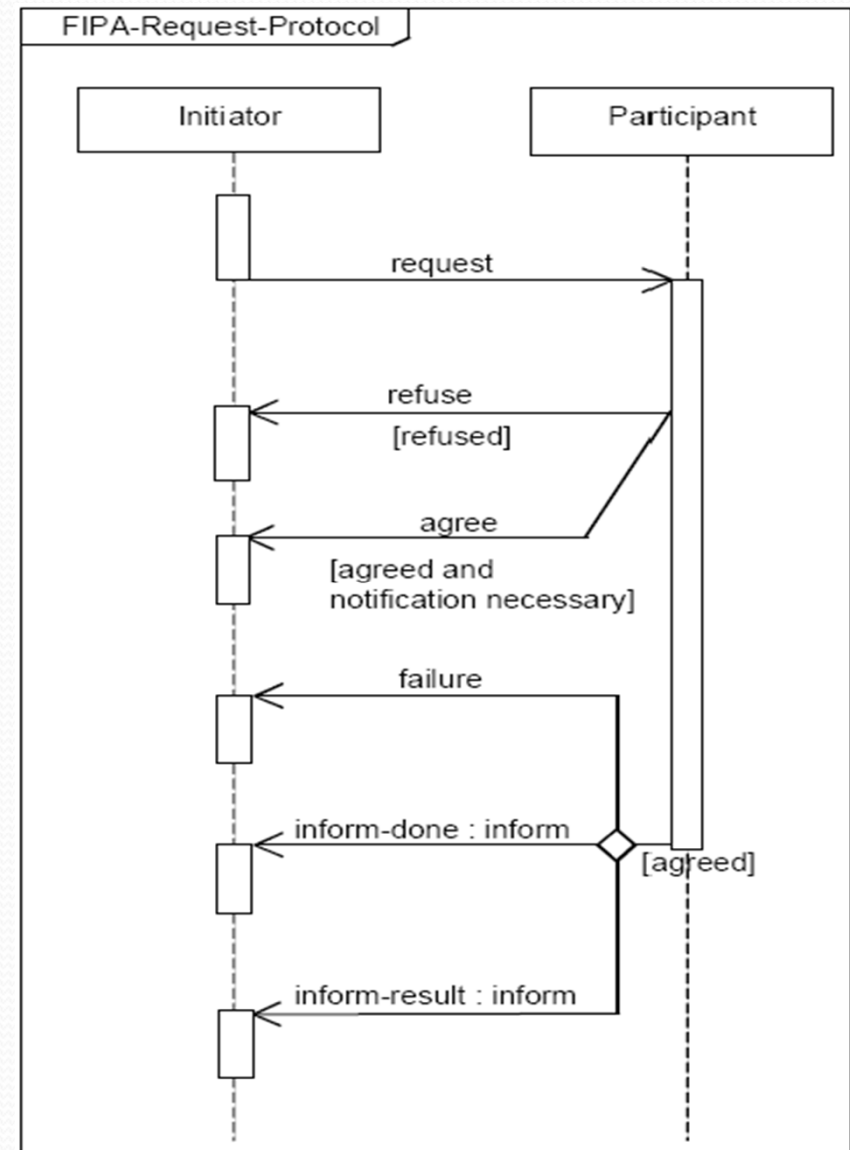
Interaction Protocol name:	FIPA doc. name:	Modification date	Status
FIPA-Request	IP00102A	October 2000	Experimental
FIPA-Query	IP00103A	October 2000	Experimental
FIPA-Request-When	IP00104A	October 2000	Experimental
FIPA-Contract-Net	IP00105A	October 2000	Experimental
FIPA-Iterated-Contract-Net	IP00106A	October 2000	Experimental
FIPA-Auction-English	IP00107A	October 2000	Experimental
FIPA-Auction-Dutch	IP00108A	October 2000	Experimental
FIPA-Brokering	IP00109A	October 2000	Experimental
FIPA-Recruiting	IP00110A	October 2000	Experimental
FIPA-Subscribe	IP00111A	October 2000	Experimental
FIPA-Propose	IP00112A	October 2000	Experimental



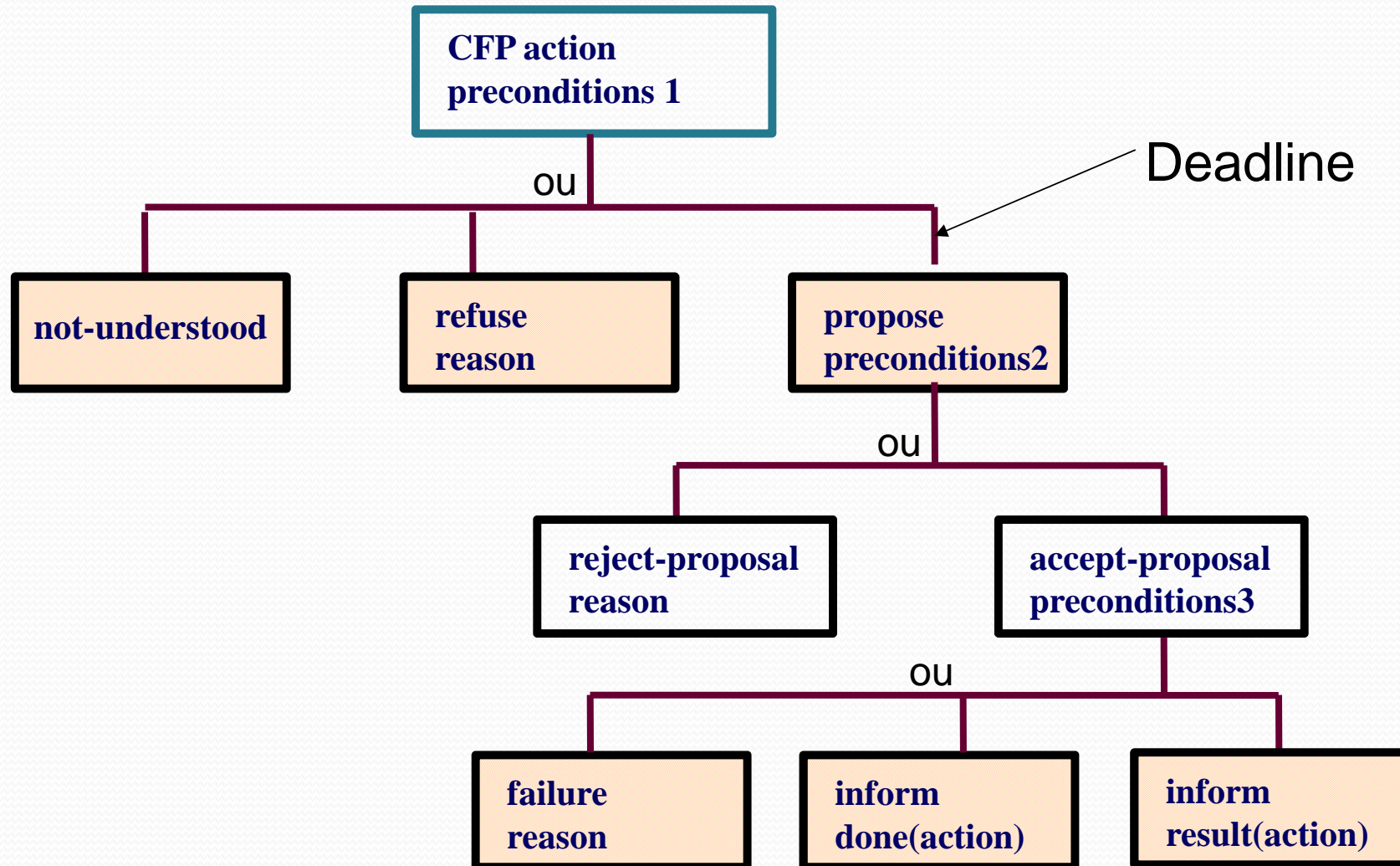
Exemples de protocoles

Request

- Identifié par **fipa-request** dans le champ protocole d'un message ACL
- A tout point du protocole un message de performatif **not-understood** peut être envoyé
- A tout point du protocole un protocole d'annulation peut être déroulé
fipa-cancel-meta-protocol

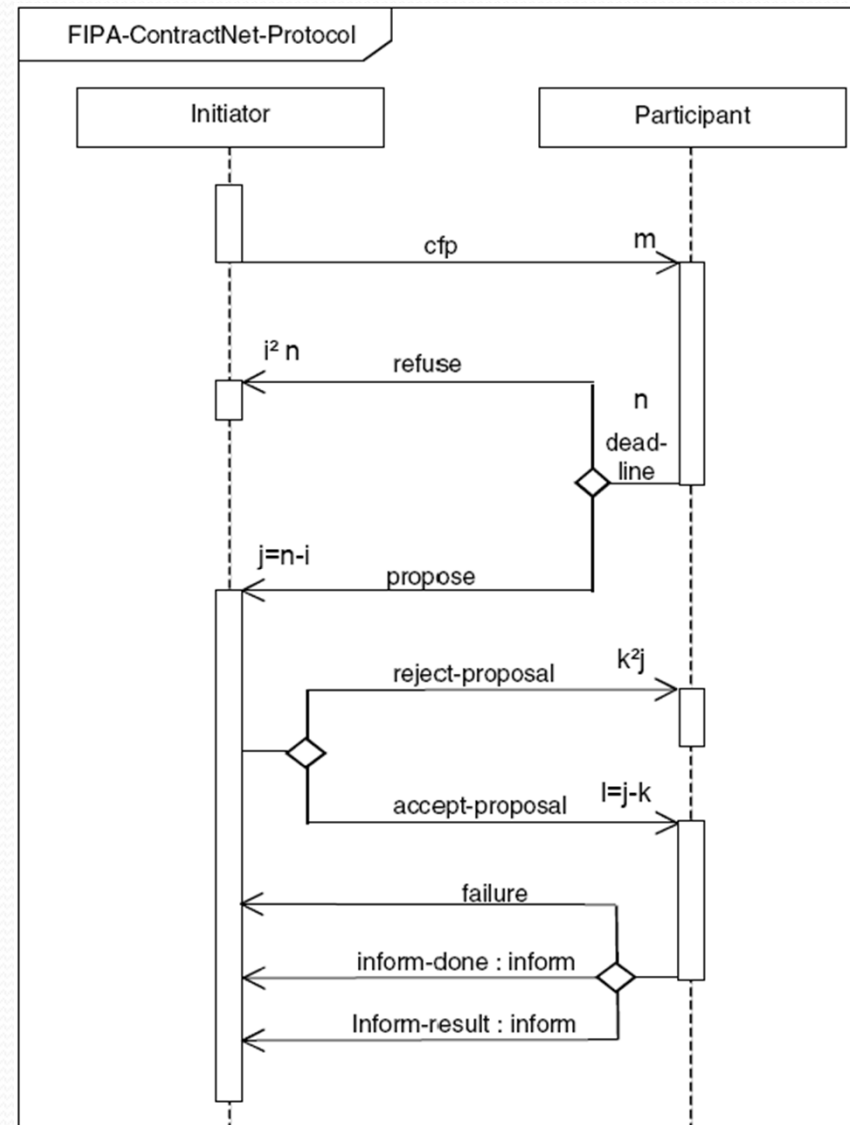


Contract-net

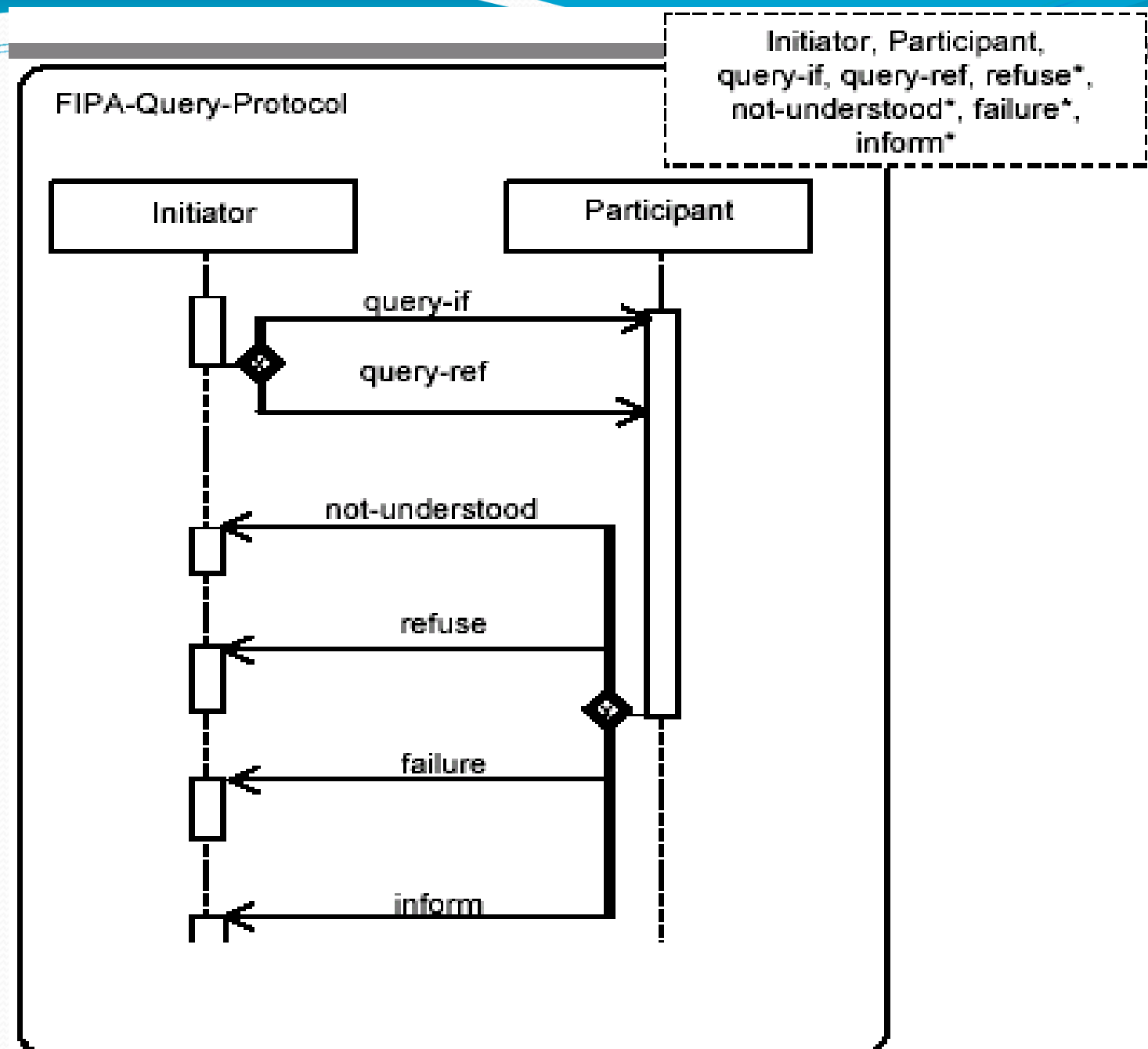


Contract-Net

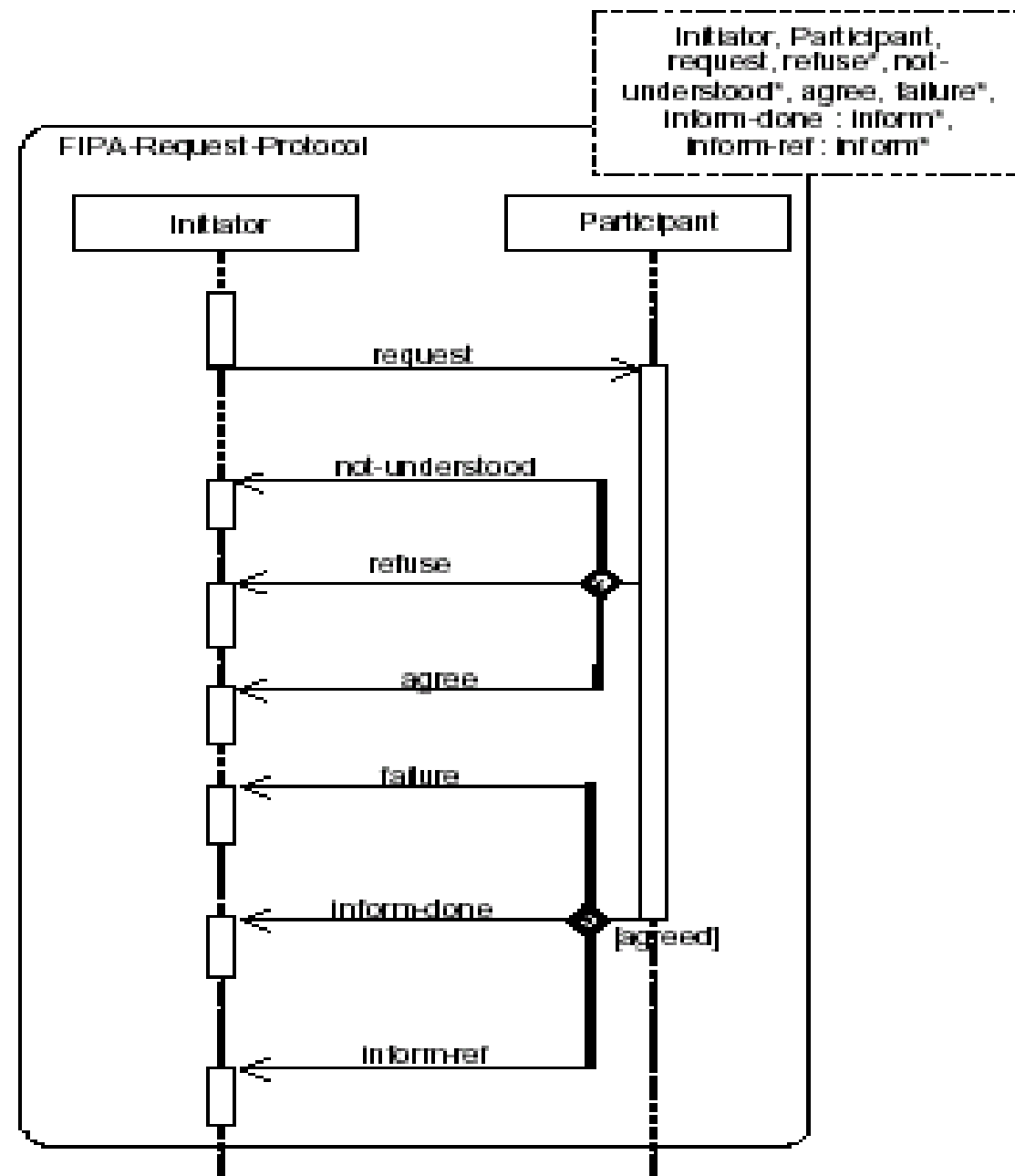
- Identifié par **fipa-contract-net** dans le champ *protocol* d'un message ACL
- A tout point du protocole un message de performatif **not-understood** peut être envoyé
- A tout point du protocole un protocole d'annulation peut être déroulé
fipa-cancel-meta-protocol



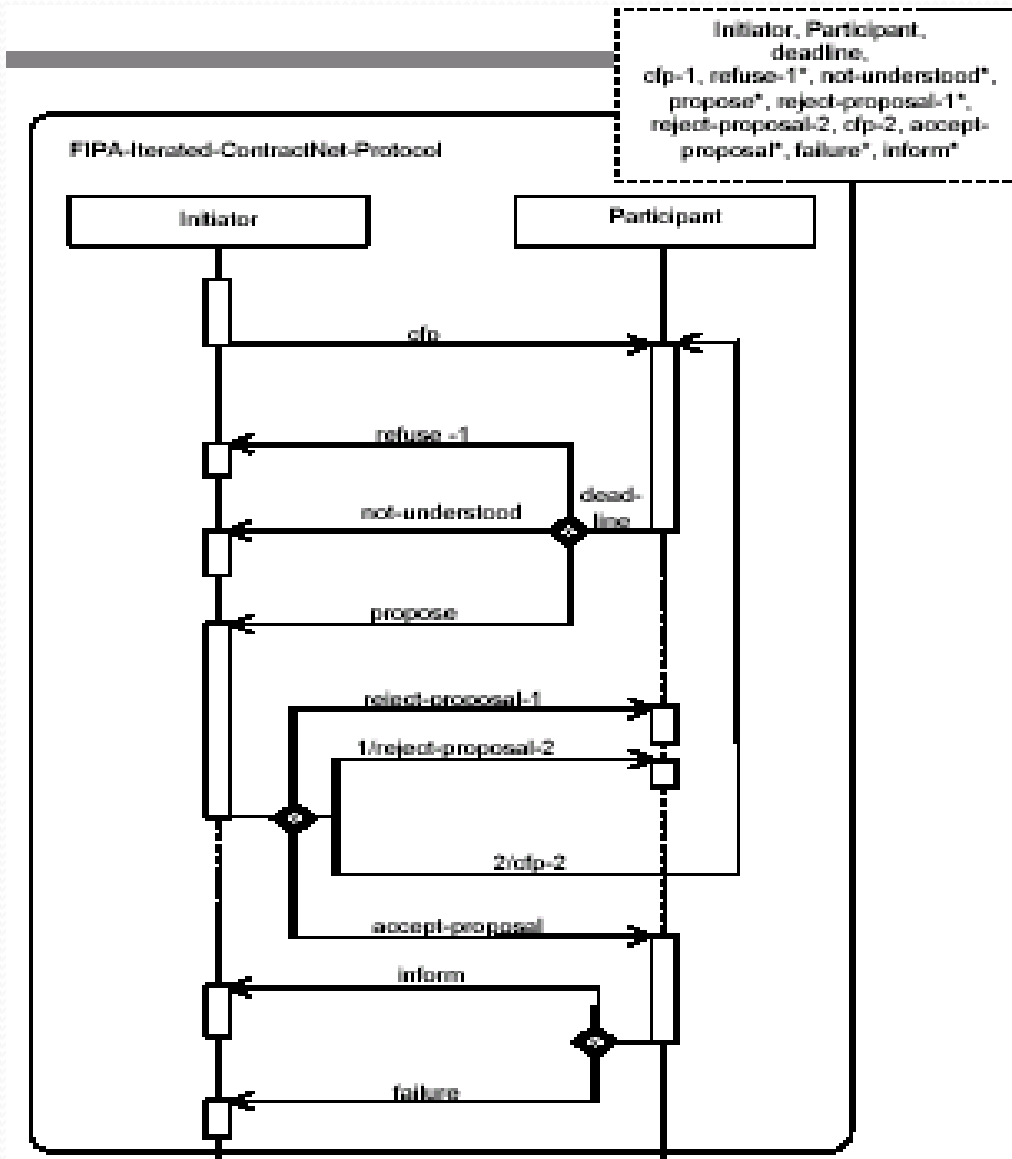
Query



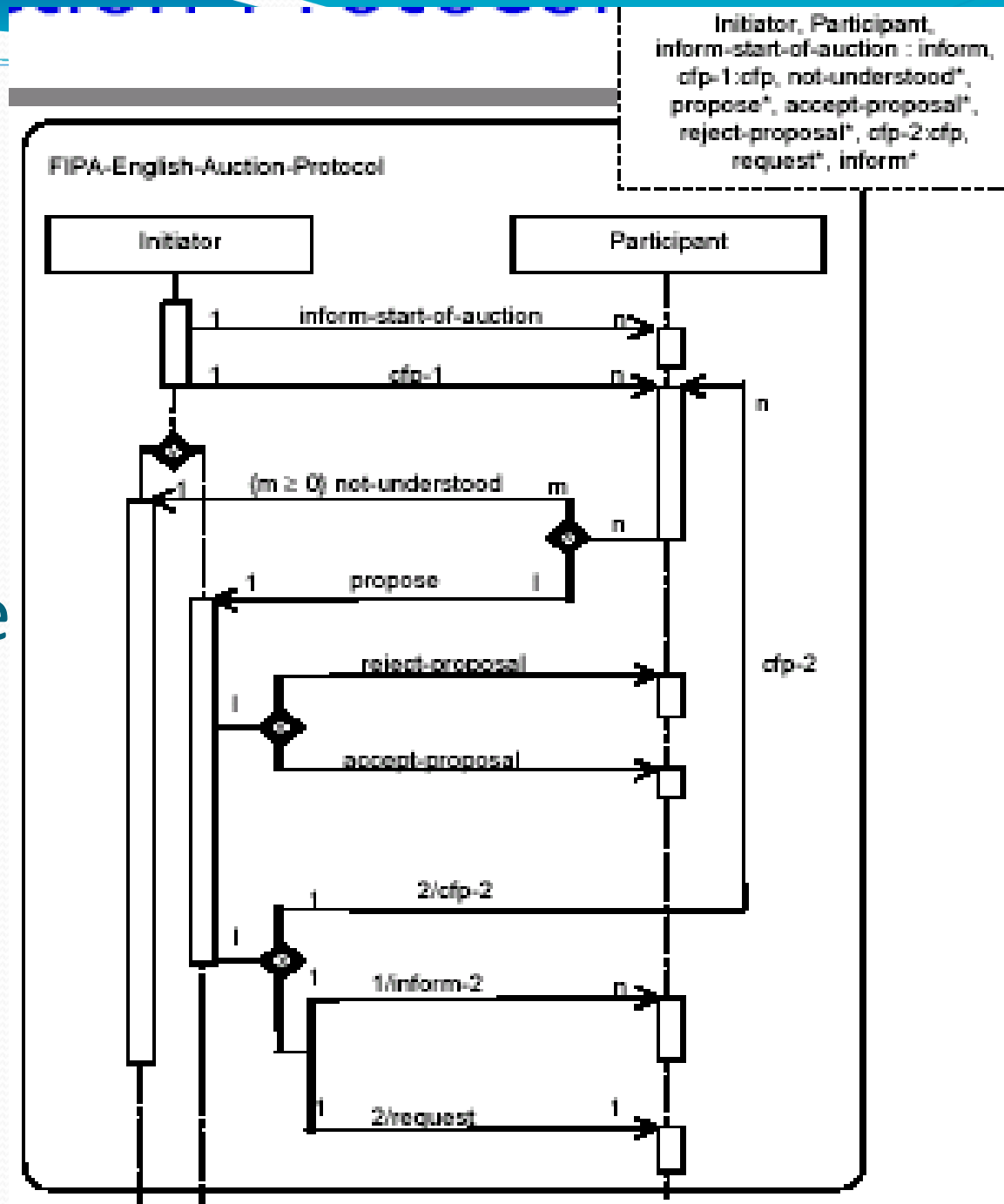
Request



Iterated Contract Net



English Auction Enchère Anglaise



English Auction (2)

In the FIPA English Auction Interaction Protocol (IP), the auctioneer seeks to find the market price of a good by initially proposing a price below that of the supposed market value and then gradually raising the price. Each time the price is announced, the auctioneer waits to see if any buyers will signal their willingness to pay the proposed price. As soon as one buyer indicates that it will accept the price, the auctioneer issues a new call for bids with an incremented price. The auction continues until no buyers are prepared to pay the proposed price, at which point the auction ends. If the last price that was accepted by a buyer exceeds the auctioneer's (privately known) reservation price, the good is sold to that buyer for the agreed price. If the last accepted price is less than the reservation price, the good is not sold. In Figure 1, the auctioneer's calls, expressed as the general cfp act (see [FIPA00037]), are multicast to all participants in the auction. For simplicity, only one instance of the message is portrayed. Note also that in a physical auction, the presence of the auction participants in one room effectively means that each acceptance of a bid is simultaneously broadcast to all participants and not just the auctioneer. This may not be true in an agent marketplace, in which case it is possible for more than one agent to attempt to bid for the suggested price. Even though the auction will continue for as long as there is at least one bidder, the agents will need to know whether their bid (represented by the propose act - see [FIPA00037]) has been accepted. Hence the appearance in the IP of the accept-proposal (see [FIPA00037]) and reject-proposal acts (see [FIPA00037]), despite this being implicit in the English Auction process that is being modelled. Note that the proposals that are submitted by the bidders primarily concern the bidding process. In response to a cfp to submit bids to purchase a good X, a proposal would be something of the order: I propose that the bidding level be raised to purchase price Z and I assert that I am able to pay Z for X. This allows the auctioneer to be confident that the bidder can indeed pay the price without committing to actually paying it until the auctioneer specifically requests X (at price Z) from the winning bidder. At the end of the IP, the auctioneer will typically enter a request IP (see [FIPA00026]) with the winning bidder to complete the auction transaction.

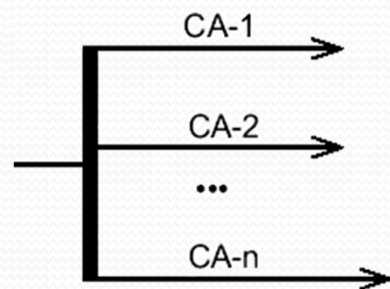


Extensions

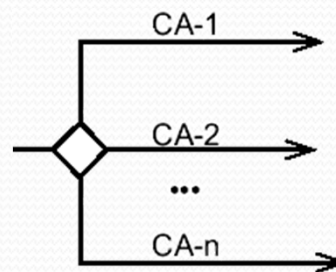
Concurrent interactions (1)

UML a été étendue afin de représenter des actes de communication (CA) simultanés envoyés par l'agent émetteur à l'agent récepteur .

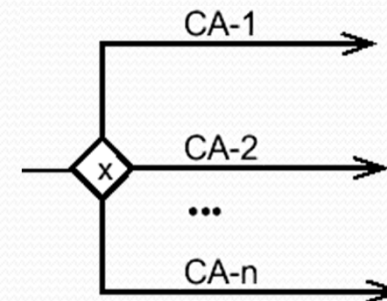
- a) Actes de communication simultanés CA- 1 à CA- n sont envoyés en parallèle.
- b) Une sélection des actes n est envoyée en parallèle (zéro ou plus) .
- c) Choix exclusif : un seul des actes de communication est envoyé .



(a)



(b)

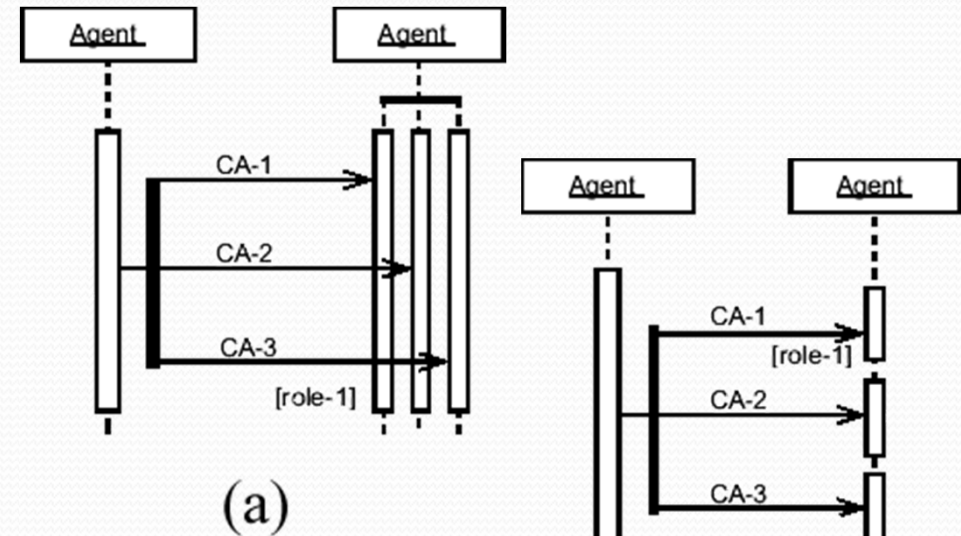


(c)

Interactions concurrentes

a) Un agent envoie 3 CA concurrents à un autre agent. Le diagramme peut être interprété de 2 façons différentes :

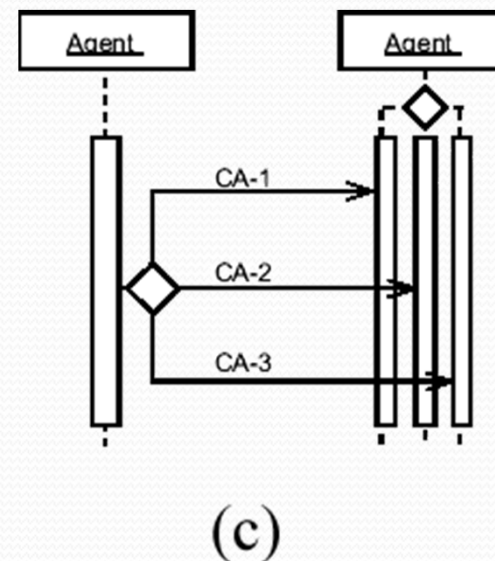
- Chaque CA est traité par le même agent / rôle par un autre thread d'exécution
- Chaque CA est traité par un rôle différent de l'agent (dans ce cas le message peut être annoté en précisant le rôle)



b) La même sémantique que (a), mais avec une notation simplifiée

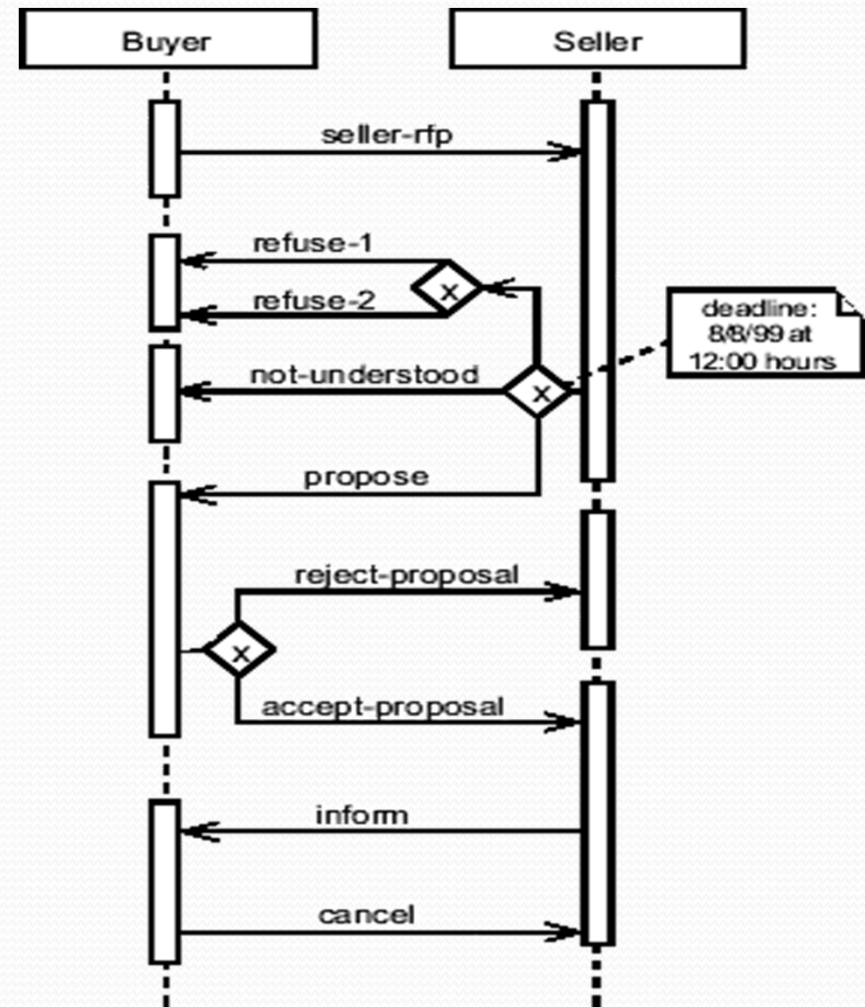
c) Choix parmi trois CA différents reçus via 3 fils différents (ou rôles)

Remarque : chaque CA concurrent peut être envoyé à différents agents



Exemple d'interaction

- The Buyer sends a request-for-proposal to the Seller
- The Seller has three options to choose within the deadline:
 - make a proposal
 - refuse (with different reasons)
 - say he did not understand
- If the Seller has made a proposal, the Buyer has the choice to reject or to accept it
- If the last is the case, the Seller schedules the proposal informing the Buyer about its the state
- The Buyer can cancel the proposal execution at any time



Synthèse

- De nombreuses formes d'interaction
- Pas de formalisme unique pour leur spécification
- Contrôle des interactions par la définition de protocoles d'interaction
- Définition de systèmes de gestion de conversation
- Des liens à établir avec les systèmes répartis pour la mise en œuvre
- Interaction dans des environnements ouverts (intelligence ambiante)

Bibliographie sur les agents

- J. Ferber, « Les Systèmes Multi-Agents », InterEditions
- J. Bradshaw, « Software Agents », AAAI-Press, MIT-Press
- G. Weiss, « Multi-Agent Systems », MIT-Press
- M. Wooldridge, « An Introduction to Multi Agent Systems »
- A. El Fallah Seghrouchni et J.-P. Briot (2009) "Technologies des systèmes multi-agents et applications industrielles". IC2 Series, Hermès Lavoisier
- R. H. Bordini, M. Dastani, J. Dix, A. El Fallah Seghrouchni « Multi-Agent Programming: Languages, Tools and Applications » (Multiagent Systems, Artificial Societies, and Simulated Organizations), Springer 2009.

Bibliographie

- [Barbuceanu 95] M. Barbuceanu, M.S. Fox "Cool : a language for describing coordination in multi-agent systems", ICMAS 95, p 17-24
- [Burmeister 93] B. Burmeister, A. Haddadi, K. Sundermeyer, "Generic Configurable Cooperation Protocols for Multi-Agent Systems", MAAMAW'93
- [Durfee 87] E.H. Durfee, V.R. Lesser, D.D. Corkill, "Cooperation through Communication in a Distributed Problem Solving Network", Distributed Artificial Intelligence, M. Huhns editor, Pitman.
- Amal El Fallah-Seghrouchni, Serge Haddad, Hamza Mazouzi: A Formal Study of Interactions in Multi-agent Systems. I. J. Comput. Appl. 8(1) (2001)
- [Erman 80] L.D. Erman and al. "The Hearsay II Speech Understanding System : Integrating Knowledge to resolve Uncertainty" ACM, Computing Surveys, vol 12, p 212-253, 1980.
- [Ferber 95] J. Ferber, "Les systèmes multi-agents, vers une intelligence collective", InterEditions, 1995.
- [FIPA 97] FIPA, "Agent Communication Language" Specification FIPA, 28/11/97
- [Georgeff 83] M.P. Georgeff, "Communication and Interaction in Multi-Agent Planning", AAAI 83, p 125-129
- [Greaves:00] M. Greaves, H. Holmback, J. Bradshaw « What is a Conversation Policy ? », Issues in Agent Communication, F. Dignum, M. Greaves editors, LNAI 1916, p. 118—131, Springer Verlag, 2000.
- [Hayes-Roth 85] B. Hayes-Roth, "A Blackboard Architecture for Control", Artificial Intelligence, 26(3), p 251-321, 1985

Bibliographie

- [Hewitt 77] "Viewing Control Structures as Patterns of Message Passing", Artificial Intelligence, 8(3), p. 323-374, 1977
- [Labrou 96] Y. Labrou, "Semantics for an agent communication language", Phd, University of Maryland, Septembre 1996
- [Labrou 99] Y. Labrou, T. Finin, Y. Peng, "Agent Communication Languages : the Current Landscape", IEEE Intelligent Systems, p. 45-52, March/April 1999.
- Hamza Mazouzi, Amal El Fallah-Seghrouchni, Serge Haddad: Open protocol design for complex interactions in multi-agent systems. AAMAS 2002: 517-526
- [Rosenschein 85] J.S. Rosenschein, "Rational Interaction : cooperation among intelligent agents", SRI Technical Report STAN-CS-851081 1985
- [Searle 72] J.R. Searle, "Les actes de langage", 1972
- [Singh 98] M.P. Singh, "Agent communication languages : rethinking the principles", IEEE computer, p. 40-47, December 1998
- [Vanderveken 88] D. Vanderveken, "Les actes de discours", P. Mardaga Ed. 1988.