

## *Bases de l'Intelligence Artificielle Distribuée*

# Interactions entre agents

Mr. KHEBBACHE Mohib Eddine

2<sup>ème</sup> année SDIA

4 décembre 2022

[mohibeddine-khabache@univ-eloued.dz](mailto:mohibeddine-khabache@univ-eloued.dz)

## Plan

### 1 Introduction

## Plan

### 1 Introduction

### 2 interaction

## Plan

1 Introduction

2 interaction

3 Coopération

## Plan

1 Introduction

2 interaction

3 Coopération

4 Coordination

## Plan

1 Introduction

2 interaction

3 Coopération

4 Coordination

5 Négociation

## Plan

### 1 Introduction

### 2 interaction

### 3 Coopération

### 4 Coordination

### 5 Négociation

- La notion d'interaction est
  - au centre de la problématique des systèmes multi-agents.
  - et l'élément nécessaire à la constitution d'organisations sociales
- Traiter le problème de l'interaction  $\implies$  trouver les moyens pour :
  - décrire les **mécanismes élémentaires ou stratégies** permettant aux agents d'interagir,
  - **analyser et concevoir les différentes formes d'interaction** que des agents peuvent pratiquer.
- Plusieurs situations d'interaction :
  - coopérer (contrôle)
  - collaborer (allocation de tâches)
  - se coordonner (synchronisation)
  - négocier (résolution de conflits)
- qui nécessitent des protocoles de conversation, de coopération, de négociation, ...  $\implies$  Ex : Contract net (réseau contractuel), appels d'offres, passation de marchés, enchères, ...



## Plan

1 Introduction

**2 interaction**

3 Coopération

4 Coordination

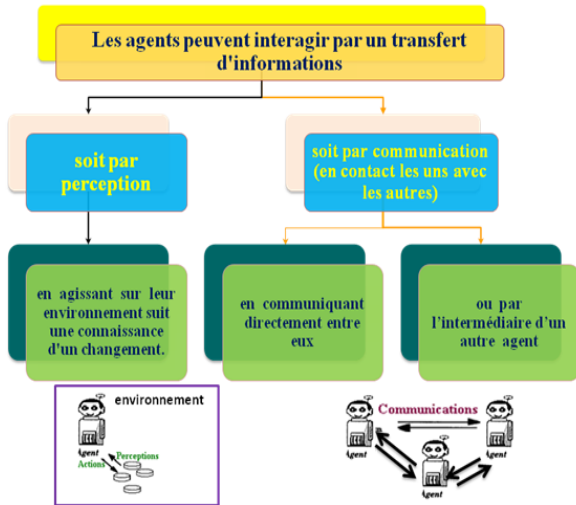
5 Négociation



- Inspirée de **la notion d'action collective (comportements collectifs)**, la notion d'interaction suppose :
  - La présence d'agents capables d'agir et/ou de communiquer.
  - Des situations susceptibles de servir de point de rencontre entre agents.
  - Des éléments dynamiques permettant des relations locales et temporaires entre agents.
  - Disposer d'une certaine autonomie permettant aux agents d'être en relation et de pouvoir se séparer de cette relation sans l'intervention.

Dans un SMA, l'objectif de l'interaction est de

- mettre en relation dynamique (contact) de deux ou plusieurs agents par le biais d'un ensemble **d'actions réciproques "actions mutuelles"**,
  - où la conséquence d'actions effectuées par plusieurs agents en même temps décrit une situation d'interaction.
  - identifiée au temps d'exécution et pas au temps de conception
- pour atteindre l'objectif du système global : résoudre collectivement un problème ou réaliser conjointement une tâche.
  - tout en poursuivant un objectif individuel



- **Interaction Agent vs Humain (utilisateur)**
  - Agent interface "logiciel" , Agent robot (IHM)
- **Interaction Agent vs environnement**
  - Agent logiciel ou robot avec capteurs (faculté de perception)
- **Interaction Agent vs Agent ou Multi-agents**
  - communication : **Agent Communication Langage**
  - protocoles de **coopération, conflits, coordination, négociation.**
- **Interaction Multi-humains**
  - modalité langagière : chat, mail, formulaires...



- on distingue deux types de relations entre les actions des agents :
  - **Relations positives synergique** : la réalisation des actions est favorisé en bénéficiant les unes des autres.
  - **Relations Négatives conflictuelles** : Gênent ou empêchent plusieurs actions de se réaliser simultanément.

- L'agent peut **répondre ce qu'il veut**
  - définition de protocoles d'interaction.
- L'agent peut **ne pas répondre**
  - attente et timeout (SMA ouverts).



dans une interaction, un agent peut participer à un dialogue,

- où l'agent alterne des rôles actifs et passifs,
- et échange des séries de messages en respectant des protocoles d'interaction précis.



- Protocole d'interaction
  - Un protocole **précise** qui peut **dire quoi à qui** et les **réactions possibles** à ce qui est dit,
  - selon un ensemble de règles plus ou moins génériques qui sont partagées (conventions sociales) par les agents,
  - **conséquences** : une restriction de l'utilisation des actes.
- aspects de protocole d'interaction
  - Un protocole a **un nom**.
  - Un protocole affecte à un participant **un rôle**.
  - Un protocole a **un comportement** qui décrit la séquence des messages qui peuvent être échangées spécifiée dans un langage (par ex : AFD, AUML, RdP, . . .).



Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction

interaction

Coopération

Coordination

Négociation

- Ingénierie des protocoles
  - Protocoles prédéfinies.
  - Formalisme de définition des protocoles (Réseau de Pétri, AUML).
  - Méthodologie de définition de protocoles.
- protocoles de coordination, de coopération et de négociation.



# interaction

Interaction Formalisme : AUML

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction

interaction

Coopération

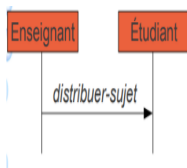
Coordination

Négociation

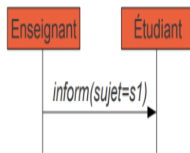
- AUML (Agent-based Unified Modelling Language) permet de représenter le comportement des protocoles
- **diagramme d'interaction** en AUML = extension des diagrammes de séquence en UML 2.0.
- En AUML, une ligne de vie = un rôle.
- EN AUML, une partie des champs de message est spécifiée (Performatif, Performatif + contenu).

Exemple :

- **Rôles** : étudiant, enseignant
- **Agents** : Anne, Bob, Charles.



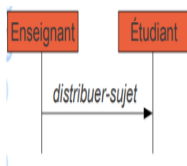
- Performatif



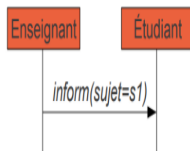
- Performatif + Contenu

Exemple :

- **Rôles** : étudiant, enseignant
- **Agents** : Anne, Bob, Charles.



- Performatif



- Performatif + Contenu



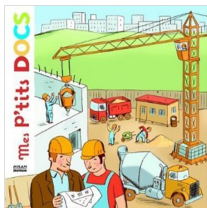
### situation d'interaction

un ensemble de comportements résultant du regroupement d'agents qui doivent agir pour satisfaire leurs objectifs en tenant compte certaines contraintes.

- nombreuses et diverses situations d'interactions :
  - l'aide d'un robot par un autre, la collision de deux véhicules
  - la mise en commun des compétences de plusieurs spécialistes pour porter un diagnostic,
  - l'échange de données entre serveurs informatiques,
  - l'utilisation d'une imprimante par deux programmes simultanément,
  - la répartition des charges sur plusieurs processeurs,

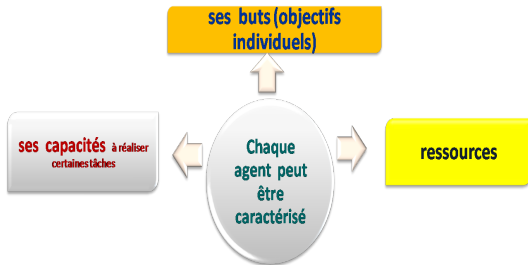
### la construction d'une maison

- l'ensemble des comportements des agents (les ouvriers, l'architecte, le propriétaire, le maître d'œuvre) caractérisés par
- leurs objectifs (la réalisation de la maison envisagée suivant points de vue des agents)
- et leurs compétences (le savoir-faire de l'architecte et des différents corps de métier)
- en tenant compte des ressources disponibles (les matériaux de constructions, les finances, les outils, l'espace constructible, le temps).



- la définition des paramètres (critères) d'interaction permettant de classer les situations d'interaction  $\implies$  dégager les différents types d'interaction,
- une typologie des situations d'interaction est définie selon les trois composantes principales (dimension)s de l'interaction :
  - **la nature des buts** : leurs buts peuvent être compatibles ou non, pas forcément de partager les mêmes buts.
  - **Relations aux ressources** : les agents peuvent désirer des ressources que les autres possèdent pour l'accomplissement d'un des plans d'action.
  - **Capacités des agents par rapport aux tâches** : Est-ce qu'un agent peut réaliser seul une tâche ou bien a-t-il besoin des autres pour parvenir à son but ?





critères de classification des situations d'interaction

Buts	Ressources	Compétences	Types de situation	Remarques
compatibles	suffisantes	suffisantes	<i>indépendance</i>	situation d'indifférence
compatibles	suffisantes	insuffisantes	<i>collaboration simple</i>	situations de
compatibles	insuffisantes	suffisantes	<i>emcombrement</i>	coopérations
compatibles	insuffisantes	insuffisantes	<i>collaboration coordonnée</i>	
incompatibles	suffisantes	suffisantes	<i>compétition individuelle pure</i>	
incompatibles	suffisantes	insuffisantes	<i>compétition collective pure</i>	situations
incompatibles	insuffisantes	suffisantes	<i>conflits individuels pour des ressources</i>	d'antagonismes
incompatibles	insuffisantes	insuffisantes	<i>conflits collectifs pour des ressources</i>	

## Plan

1 Introduction

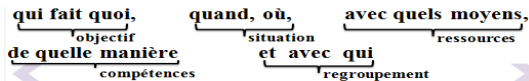
2 interaction

3 Coopération

4 Coordination

5 Négociation

- La coopération est la forme générale (situation) d'interaction la plus étudiée dans les systèmes multi-agents
- un agent doit coopérer avec d'autres agents (pour résoudre des problèmes) du fait :
  - qu'il **n'est pas capable de l'accomplir seul** (ne peuvent pas résoudre individuellement)
  - ou que **les autres sont plus efficaces**
  - $\implies$  l'inexistence d'un agent qui possède toutes les capacités et les connaissances pour la résolution du problème
- De manière simplifiée, le problème de la coopération peut se ramener à déterminer



la coopération entre les agents consiste à :

- décomposer le problème à un ensemble de tâches
- puis à les répartir (allouer) entre les différents agents pour proposer des solutions aux sous-problèmes en fonction de :
  - des ressources disponibles,
  - et des compétences des agents.
- Finalement, les résultats partiels devront synthétiser pour constituer la solution globale.

la coopération pour objectif de :

- augmenter le taux de finalisation des tâches grâce au parallélisme et aux interactions (relations) positives ;
- augmenter le nombre des tâches réalisables grâce au partage de ressources (information, expertise, dispositifs physiques, etc.) ;
- augmenter les chances de finaliser des tâches en les dupliquant et en utilisant éventuellement des modes de réalisation différents ;
- diminuer les interférences entre tâches en évitant les interactions négatives.

## 2 points de vue sur la coopération :

- **La coopération comme attitude intentionnelle** qui décide de travailler en commun .
  - Dans ce cas les agents s'engagent dans une action après avoir identifié et adopté un but commun considéré comme un élément essentiel de l'activité sociale.

### Exemple

- La création d'une association où les membres identifient un objectif commun, et ils s'engagent à participer à une tâche commune.
- des robots qui s'aident pour porter du poids

## 2 points de vue sur la coopération :

- **La coopération du point de vue de l'observateur**, qui interprète à posteriori les comportements en les qualifiant de coopératifs ou non à partir de critères sociaux (ou physiques) :
  - interdépendance des actions
  - nombre de communications effectuées

### Exemple

- construction d'un nid de termites
- le comportement des fourmis  $\implies$  on observe un certain nombre de phénomènes comme des indices d'une activité de coopération.



Il existe trois formes de coopération qui peuvent être distinguées :

- **La coopération confrontative,**

- une tâche est exécutée par plusieurs agents de spécialités différentes
- œuvrant de manière concurrente sur le même ensemble de données,
- $\implies$  le résultat étant obtenu par "fusion".

- **La coopération augmentative,**

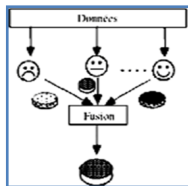
- une tâche est répartie sur une collection d'agents similaires,
- œuvrant de manière concurrente sur des sous-ensembles disjoints de données,
- $\implies$  la solution étant obtenue sous la forme d'un ensemble de solutions locales ;

- **La coopération intégrative,**

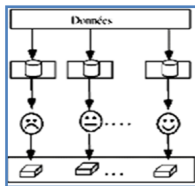
- une tâche est décomposée en sous- tâches accomplies par des agents de spécialités différentes
- et œuvrant de manière coordonnée,
- $\implies$  la solution étant obtenue au terme de leur exécution.

### Exemple : des avions qui volent dans un même espace aérien

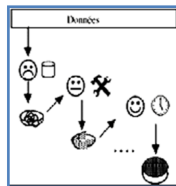
- chaque avion a différentes perceptions de son espace environnant obtenues par ses capteurs.
- pour anticiper les conflits potentiels (à venir) et donc les résoudre :
  - la combinaison de ces différentes perceptions  $\implies$  pour obtenir une vue globale.



La coopération confrontative



La coopération augmentative



La coopération intégrative

**Comment coopérer ?** L'étude des conditions de la coopération peut montrer les moyens que l'on peut mettre en œuvre pour coopérer.

- Ces moyens ou méthodes de coopération sont :
  - le regroupement et la multiplication,
  - la communication,
  - la spécialisation,
  - la collaboration par partage des tâches et des ressources,

- l'objectif de la coopération est d' **améliorer les performances**.
- mais, lorsque les agents réalisent leurs actions, certaines **actions exécutées simultanément** peuvent **entraîner des conflits**
- Tout agent a besoin de ressources pour réaliser ses actions,
  - ces actions se déroulent dans un espace-temps quadridimensionnel.
- La quantité limitée de ressources est à l'origine de conflits,
  - les conflits apparaissent lorsque plusieurs agents ont besoin des mêmes ressources en même temps et au même endroit.
  - $\implies$  Relations Négatives conflictuelles  $\implies$  **situations conflictuelles** à cause de limitation et une mauvaise utilisation des ressources partagées.

Interactions  
entre  
agents

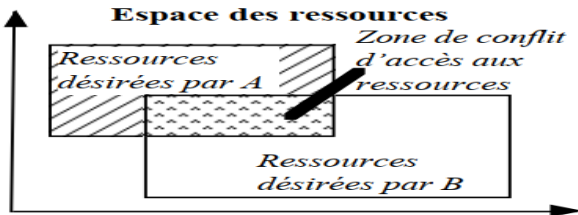
Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction  
interaction

Coopération

Coordination

Négociation





# Résolution de conflit

## situations conflictuelles

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction  
interaction

Coopération

Coordination

Négociation

- lorsque des conflits apparaissent, il est important de pouvoir en limiter les effets  $\implies$  **la résolution de conflit** par :
  - **coordination d'action**,
  - techniques de négociation et d'arbitrage.

## Plan

1 Introduction

2 interaction

3 Coopération

4 Coordination

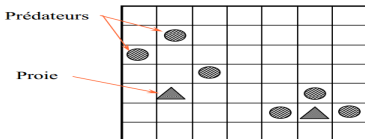
5 Négociation

## Le problème de la poursuite (proie/prédateurs)

- Objective : Capturer une proie en l'entourant
- Que se passe-t-il avec 6 prédateurs et 2 proies ? (ou plus de proies et de prédateurs)
- $\implies$  interblocages possibles...

### Problème

Comment les prédateurs adapter leurs actions les uns par rapport aux autres de manière à éviter les conflits (collisions) ?





- Dans un SMA, un comportement chaotique peut être induit par :
  - **le comportement autonome et la vision partielle des agents,**
  - **la poursuite d'objectifs locaux,**
  - **et l'entrelacement des activités des agents**
- Donc, **des interactions supplémentaires** sont nécessaires pour éviter ce comportement et maintenir un comportement global cohérent du SMA  $\implies$  coordination d'actions.
  - L'assurance **de cohérence des comportements** en assurant un **compromis** entre **les actions locales** et **le traitement distribué**

- La coordination d'actions est nécessaire pour quatre raisons principales :
  - besoin d'informations et de résultats que seuls d'autres agents peuvent fournir,
  - ressources sont limitées,
  - pour optimiser les coûts : Coordonner des actions permet de diminuer les coûts en éliminant les actions inutiles et en évitant les redondances d'action,
  - pour permettre à des agents dépendants de satisfaire ces objectifs distincts et d'accomplir leur travail.

### Objectif de coordination d'actions

- **la coordination d'actions**, comme **ensemble des activités supplémentaires**,
  - analyse la manière dont les actions des différents agents doivent être organisées dans le temps et l'espace,
  - puis définit l'ordre des actions à effectuer de manière à réaliser les objectifs.
- 
- cette réalisation doit tenir compte :
    - de contraintes de dépendances mutuelles que deux agents peuvent ignorer ;
    - des contraintes que les actions des autres agents placent sur le choix des actions de l'agent ;
    - des contraintes que les engagements de l'agent envers les autres imposent sur son propre choix d'action ;
    - et l'évolution imprévisible de l'environnement due à des agents qui ne sont pas modélisés.



# Coordination

coopération vs coordination

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction

interaction

Coopération

Coordination

Négociation

- La coopération s'intéresse à la manière de répartir le travail entre plusieurs agents, qu'il s'agisse de techniques centralisées ou distribuées.
- la coordination d'actions
  - analyse la manière dont les actions accomplies par différents agents
    - organisation dans le temps et l'espace des comportements des agents de telle manière que l'action du groupe soit améliorée :
    - par une augmentation des performances (la cohérence de l'ensemble)
    - ou par la diminution des conflits ou l'évitement des situations conflictuelles  $\implies$  (antagonisme, interblocage, famine, etc.) liées à la mauvaise utilisation des ressources partagées.
  - en permettant, à chaque agent, d'anticiper quelles seront les actions futures des uns et des autres.

coordination

coopération cohérente entre agents autonomes

Questions auxquelles la coordination doit répondre :

- Avec quels agents un agent doit-il coordonner ses actions ?
  - solution souvent donnée par le problème lui même (Ex : contrôle aérien, ...)
- Quand et où ces actions de coordination doivent-elles être accomplies ?
- Comment détecter et traiter les interactions entre actions (conflits et renforcement) ?
- Comment maintenir la coordination ? en s'appuyant sur :
  - les dépendances mutuelles entre actions : utiliser au mieux les degrés de liberté des agents
  - les relations entre actions : analyser les relations positives et négatives



# Coordination

## Types de coordination

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction

interaction

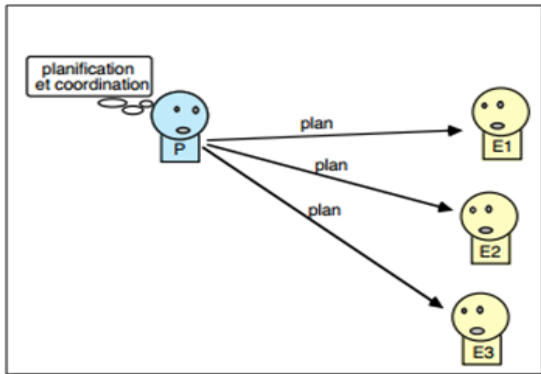
Coopération

Coordination

Négociation

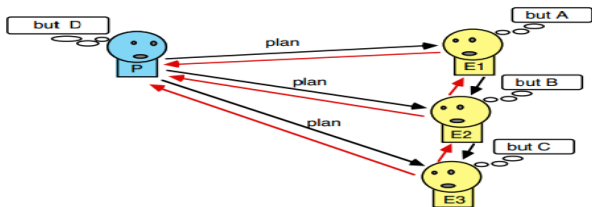
- Coordination par synchronisation (par ajustements mutuels). Ex : synchronisation de mouvements (jambes d'un cycliste), synchronisation d'accès à une ressource
- Coordination par planification (de centralisé à distribuée) :
  - planification centralisée pour agents multiples
  - coordination centralisée pour plans partiels
  - coordination distribuée pour plans partiels
- Coordination par réglementation (standardisation) : par exemple par l'usage de code, loi ou conventions sociales (code de la route)
- Coordination réactive : de type stimulus-réponse (agents réactifs)

- un système (ou agent) central planifie et distribue les plans aux agents, en résolvant les problèmes de synchronisation et d'allocation de ressources
  - La planification pour un seul agent, ne fait que construire une séquence d'actions en ne considérant que les buts de l'agent, ses capacités et les contraintes imposées par son environnement.
  - un planificateur central possède une vue globale sur tout le système et prend en charge l'identification des interactions entre les différentes activités des agents et la résolution de tous les conflits avant l'exécution des plans.
- les autres agents sont simplement des exécutants
- 3 étapes :
  - plan général partiel, exprimé sous forme d'un graphe acyclique
  - branches pouvant être en parallèle, points de synchronisation quand elles se joignent
  - allocation des tâches aux exécuteurs





- plusieurs planificateurs-exécuteurs, qui peuvent se communiquer leurs plans
- coordination par échange de plans partiels jusqu'à satisfaction des buts
- la planification, comme la coordination des plans, sont distribués



	<b>Synchro.</b>	<b>Planification</b>	<b>Réactive</b>	<b>Réglement.</b>
<b>Rapidité</b>	très bonne	faible	très bonne	bonne
<b>Adaptabilité</b>	très faible	faible	très bonne	bonne
<b>Prédictivité</b>	faible	très bonne	faible	moyenne
<b>Centralisation/ distribution</b>	indifférent	indifférent	indifférent	centralisé
<b>Mode de communication</b>	messages	messages	stimuli/ marques	indifférent
<b>Liberté de manoeuvre</b>	très faible	faible	grande	assez faible
<b>Qualité de la coordination</b>	assez bonne	très bonne	assez bonne	assez bonne
<b>Évitement de conflits</b>	bon	bon	faible	bon
<b>Nombre d'agents</b>	grand	faible	très grand	grand
<b>Quantité d'échanges</b>	moyenne	élevé	faible	faible
<b>Représentations mutuelles</b>	faible	élevé	faible	faible
<b>Difficulté de mise en oeuvre</b>	moyenne	élevée	faible	moyenne
<b>Hétérogénéité</b>	faible	très faible	élevée	moyenne
<b>Généralisation</b>	faible	moyenne	moyenne	moyenne

## Plan

1 Introduction

2 interaction

3 Coopération

4 Coordination

5 Négociation

- La négociation est un mécanisme pour coordonner un groupe **d'agents egocentrés** (des agents ayant leurs propres buts, désirs, préférences, etc.),
  - pour la résolution distribuée des conflits,
  - afin d'arriver à un accord (contrat),
  - en échangeant des propositions.
- La négociation comprend les aspects suivants :
  - un langage de négociation (communication) : les primitives de communication pour la négociation
  - un protocole de négociation
  - un processus de décision (la stratégie de négociation) par lequel un agent décide sa position, les concessions, les critères pour un accord (la fonction d'utilité), etc.
  - L'objet de négociation : un objet abstrait qui comprend les attributs qu'on veut négocier.

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction

interaction

Coopération

Coordination

Négociation

- La négociation peut être :
  - négociation un-à-un
  - négociation un-à-plusieurs
  - négociation plusieurs-à-plusieurs

Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

Introduction  
interaction

Coopération  
Coordination

Négociation

- Négociation basée sur la théorie des jeux.
- Négociation aux enchères
- Négociation pour l'allocation des tâches
  - Allocation des tâches par réseau contractuel
  - Allocation des tâches par redistribution
- Négociation basée sur des heuristiques.
- Négociation basée sur l'argumentation.

- Négociation basée sur la théorie des enchères (en anglais "auctions"),
  - un mécanisme d'achat et vente des produits disponibles à une grande échelle dans le commerce électronique (e-commerce).
- Dans un protocole d'enchère, les agents peuvent prendre deux rôles : un **initiateur** et plusieurs **participants**
- Dans un protocole d'enchère,
  - l'initiateur annonce un objet pour la vente,
  - les participants font des soumissions (offres).
  - l'initiateur choisi le gagnant

- Protocoles d'enchère :
  - Enchère anglaise (premier-prix offre prix offre-publique)
  - Enchère premier prix offre-cachée
  - Enchère hollandaise (descendante)
  - Enchère Vickery (deuxième-prix offre-cachée)
  - Enchères tous-payent.
- Le langage de communication FIPA fournit de protocoles d'enchère (série de primitives de communication) : FIPA-Auction-English, FIPA-Auction-Dutch



Interactions  
entre  
agents

Mr.  
KHEB-  
BACHE  
Mohib  
Eddine

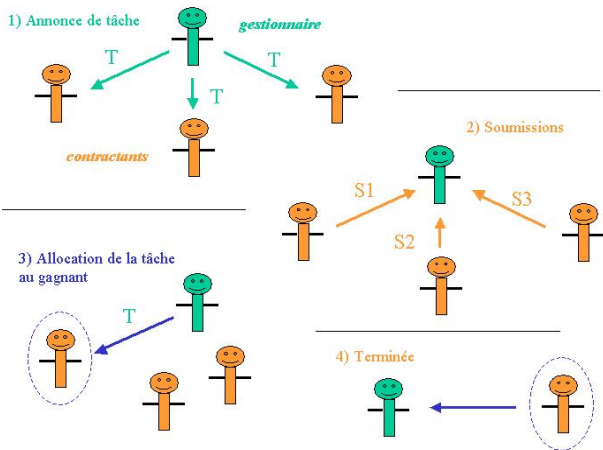
Introduction  
interaction

Coopération  
Coordination

Négociation

- Négociation basée sur le protocole de l'élaboration de contrat dans les marchés publics (par appel d'offres)
- Dans le protocole réseau contractuel ("Contract Net (CNP)" en anglais), les agents peuvent prendre deux rôles : gestionnaire (client, administrateur)) et contractant (fournisseur, offrant).

- Dans le protocole réseau contractuel :
  - le gestionnaire (l'agent exécuteur de tâche) commence par décomposer la tâche en plusieurs sous-tâches.
  - Le gestionnaire annonce chaque sous-tâche sur un réseau d'agents (les contractants).
  - Les agents qui ont les ressources appropriées, l'expertise ou l'information requise pour accomplir la tâche, envoient au gestionnaire des soumissions.
  - Le gestionnaire rassemble toutes les propositions qu'il a reçues et alloue la tâche à l'agent qui a fait la meilleure proposition.
  - Ensuite, le gestionnaire et les contractants échangent les informations nécessaires durant l'accomplissement des tâches.



- Le langage de communication FIPA fournit une série de protocoles d'interaction : FIPA-Contract-Net, FIPA-Iterated-Contract-Net.

