# Formalisations de la négociation


| | | |
|---|---|---|
| Leila Amgoud | IRIT | amgoud@irit.fr |
| Yann Chevaleyre | LAMSADE | chevaleyre@lamsade.dauphine.fr |
| Sébastien Konieczny | CRIL | konieczny@cril.fr |
| Jérôme Lang | IRIT | lang@irit.fr |
| Nicolas Maudet | LAMSADE | maudet@lamsade.dauphine.fr |


**Journées d'Intelligence Artificielle Fondamentale - Grenoble - 2,3 Juillet 2007**

# Introduction

# Introduction

- **Négociation** = un processus dans lequel des agents ayant des **intêrets/buts différents** cherchent à trouver un **compromis** sur un sujet donné, appelé **objet** de la négociation
- $\mathcal{O}$ = l'ensemble des valeurs possibles de l'objet de la négociation
- La négociation revient donc à trouver parmi les éléments de $\mathcal{O}$ celui qui correspond au compromis
- **Exemples d'objet de négociation :**
  - trouver le meilleur partage d'un ensemble $\mathcal{R}$ de ressources;
    $\mathcal{O}$ est l'ensemble des tous les partages possibles.
  - trouver une ville en europe où passer des vacances;
    $\mathcal{O}$ est l'ensemble des toutes les villes d'europe.
  - déterminer le candidat à recruter; $\mathcal{O}$ est l'ensemble des candidats ayant postulé pour le poste.

# Introduction (suite)

- ▷ **Problème** : les agents impliqués n'ont pas les mêmes préférences sur $\mathcal{O}$
- ▷ Ils doivent donc échanger des offres/contre-offres et eventuellement d'autres types d'information pour essayer d'atteindre une solution acceptable pour tout le monde
- ▷ Les agents sont amenés à faire des **concessions**

# Introduction (suite)

Deux catégories d’approches pour la négociation :

1. Les approches **centralisées**
2. Les approches **décentralisées**

# Introduction (suite) : Les approches centralisées

- **Idée :**
  - caractériser la solution optimale
  - déterminer sous quelles conditions elle existe
  - développer des algorithmes pour la calculer
- **Hypothèse :** un agent exterieur récupère toutes les croyances/préférences des agents, et calcule ensuite cette solution optimale
- **Inconvenients de l'approche :**
  - elle ne reflète pas une vraie négociation
  - l'interaction entre les agents est complètement négligée
  - cette solution idéale est rarement atteinte dans de vraies négociations
- **Exemples d'approches centralisées :** le vote, la conciliation

# Introduction (suite) : Les approches décentralisées

- **Idée :**
  - formaliser de ‘vraies’ négociations
  - formaliser l’échange entre les agents
  - caractériser les solutions
  - développer des algorithmes pour la calculer
- **Exemples d’approches décentralisées :**
  - La déliberation basée sur l’argumentation
  - Le partage de ressources

# Plan

- ▷ Négociation et vote
- ▷ Conciliation
- ▷ Négociation basée sur l'argumentation
- ▷ Allocation de ressources distribuée

# Négociation et vote

# Négociation et vote

1. le vote en cinq minutes
2. ce que l'intelligence artificielle (et plus généralement l'informatique) a à dire sur la question
3. vote et négociation

# Théorie du choix social

Construction et analyse de méthodes pour la décision collective

- un *ensemble d'agents* $\mathcal{A} = \{1, ..., n\}$;
- un *ensemble d'options* $\mathcal{X}$;
- chaque agent $i$ a des *préférences* sur les options.

$\Rightarrow$ *choix d'une option socialement optimale*
Deux sous-domaines importants du choix social :

**Vote** les options sont appelés *candidats* et les agents sont appelés *votants*
$\Rightarrow$ **la suite de cet exposé**.

**Allocation de ressources** options = *affectations des objets aux agents*.
$\Rightarrow$ **exposé de Nicolas Maudet et Yann Chevaleyre**.

# Entre IA et choix social : 2 problématiques de recherche

**Du choix social à l'IA**

importer des concepts et mécanismes du choix social pour résoudre des problèmes apparaissant en IA.

- ▷ sociétés d'agents artificiels (vote, négociation, ...)
- ▷ procédures d'agrégation pour le classement de sites web et la recherche d'information
- ▷ procédures de vote pour la classification automatique et la reconnaissance de formes

**De l'IA au choix social**

utiliser des notions et des algorithmes venant de l'IA pour résoudre ou donner une nouvelle lumière sur des problèmes complexes de décision de groupe.

**Choix social computationnel.**

# Règles de vote

1. *votants* $\mathcal{A} = \{1, ..., n\}$;
2. *candidats* $\mathcal{X} = \{x_1, \ldots, x_p\}$;
3. *profil* $P = (P_1, \ldots, P_n)$: une relation de préférence (= ordre total) sur $\mathcal{X}$ pour chaque votant
4. $\mathcal{P}^n$ ensemble de tous les profils possibles.

**Règle de vote** $F : \mathcal{P}^n \to \mathcal{X}$

# Exemple: Règles de «scoring» positionnelles

- $N$ votants, $p$ candidats
- $p$ entiers $s_1 \geq \ldots \geq s_p$
- votant $i$ place le candidat $x$ en position $j \Rightarrow score_i(x) = s_j$
- on choisit le candidat qui maximise $s(x) = \sum_{i=1}^{n} score_i(x)$

Exemples:

- ▷ $s_1 = 1$, $s_2 = \ldots = s_p = 0 \Rightarrow$ règle dite de *pluralité*;
- ▷ $s_1 = s_2 = \ldots = s_{p-1} = 1$, $s_p = 0 \Rightarrow$ règle de *veto*;
- ▷ $s_1 = p - 1$, $s_2 = p - 2$, $\ldots s_p = 0 \Rightarrow$ règle de *Borda*.

# IA et vote : (au moins) 5 domaines de recherche

1. complexité et algorithmes pour des règles de vote difficiles à calculer
2. vote sur des domaines combinatoires
3. aspects computationnels de la résistance aux manipulations
4. vote et préférences incomplètes
5. complexité de communication des règles de vote

# 1. Complexité et algorithmes pour des règles de vote

La plupart des règles de vote sont calculables en temps polynomial (par exemple les règles de «scoring» : $O(np)$)

Mais certaines règles sont NP-difficiles, par exemple :

**Dodgson** pour tout $x \in \mathcal{X}$, $D(x)$ = plus petit nombre de changements élémentaires suffisants pour que $x$ devienne un vainqueur de Condorcet.

*changement élémentaire = permutation de deux candidats adjacents dans la relation de préférence d'un votant*

$\Rightarrow$ étude de complexité, calcul pratique, approximation

# 2. Vote sur des domaines combinatoires

*Structure* de l'ensemble des candidats $\mathcal{X}$?

**Exemple 1** choix d'un président :

$\mathcal{X} =$ {`Arlette, Marie-George, Dominique, Ségolène`}

**Exemple 2** choix d'un menu commun:

$$\mathcal{X} = \{\texttt{risotto aux asperges, foie gras}\} \times \{\texttt{poulet rôti, curry de légumes}\} \times \{\texttt{vin blanc, vin rouge}\}$$

**Exemple 3** commission de recrutement (3 positions, 6 candidats):

$\mathcal{X} = \{A \mid A \subseteq \{a, b, c, d, e, f\},\ |A| \leq 3\}$.

Exemples 2-3: *domaine combinatoire*

$V = \{X_1, \ldots, X_n\}$ ensemble de variables

$\mathcal{X} = D_1 \times ... \times D_n$ ($D_i$ = domaine de valeurs pour $X_i$)

# 2. Vote sur des domaines combinatoires

Une (mauvaise?) idée : voter séparément sur chaque variable

$\Rightarrow$ *paradoxe des élections multiples* (Brams, Kilgour & Zwicker 98; Lacy & Niou, 01; Benoit & Kornhauser, 94)

$B$: supprimer l'impôt sur les bénéfices; $R$; supprimer l'impôt sur le revenu.

| | |
|---|---|
| votants 1 and 2 | $B\bar{R} \succ \bar{B}R \succ \bar{B}\bar{R} \succ BR$ |
| votants 3 and 4 | $\bar{B}R \succ B\bar{R} \succ \bar{B}\bar{R} \succ BR$ |
| votant 5 | $BR \succ B\bar{R} \succ \bar{B}R \succ \bar{B}\bar{R}$ |

*Problème 1*: Comment les votants 1-4 peuvent-ils exprimer leurs préférences sur $\{S, \bar{S}\}$ et sur $\{T, \bar{T}\}$?

# 2. Vote sur des domaines combinatoires

Une (mauvaise?) idée : voter séparément sur chaque variable

$\Rightarrow$ *paradoxe des élections multiples* (Brams, Kilgour & Zwicker 98; Lacy & Niou, 01; Benoit & Kornhauser, 94)

$B$: supprimer l'impôt sur les bénéfices; $R$; supprimer l'impôt sur le revenu.

| | |
|---|---|
| votants 1 and 2 | $B\bar{R} \succ \bar{B}R \succ \bar{B}\bar{R} \succ BR$ |
| votants 3 and 4 | $\bar{B}R \succ B\bar{R} \succ \bar{B}\bar{R} \succ BR$ |
| votant 5 | $BR \succ B\bar{R} \succ \bar{B}R \succ \bar{B}\bar{R}$ |

*Problème 2*: supposons qu'ils le font avec une projection "optimiste" :

- $\triangleright$ votants 1, 2 et 5: $B$; votants 3 and 4: $\bar{B} \Rightarrow$ décision = $B$;
- $\triangleright$ votants 3,4 et 5: $R$; votants 1 and 2: $\bar{R} \Rightarrow$ décision = $R$.

$BR$ est choisi bien que ce soit la pire des options pour tous les votants sauf un.

$\Rightarrow$ rôle des langages de représentation compacte, de la logique (en particulier : fusion)

# 3. Résistance aux manipulations: aspects computationnels

*Manipulation*: une coalition de votants exprime des préférences non sincères pour donner plus de chances à un candidat préféré d'être élu. *Ceci suppose que cette coalition connait les préférences des autres votants.*

Exemple: *scrutin majoritaire à deux tours*

| 8 | 4 | 5 |
|---|---|---|
| $\mathbf{a}$ | $c$ | $b$ |
| $\mathbf{b}$ | $b$ | $a$ |
| $\mathbf{c}$ | $a$ | $c$ |

1er tour : $c$ éliminé

2ème tour : $b$ élu.

# 3. Résistance aux manipulations: aspects computationnels

*Manipulation*: une coalition de votants exprime une préférence non sincère pour donner plus de chances à un candidat préféré d'être élu. *Ceci suppose que cette coalition connait les préférences des autres votants.*

Exemple: *scrutin majoritaire à deux tours*

| **2** + 6 | 4 | 5 |
|---|---|---|
| $\mathbf{a}$ | $c$ | $b$ |
| $\mathbf{b}$ | $b$ | $a$ |
| $\mathbf{c}$ | $a$ | $c$ |

1er tour : $c$ éliminé
2ème tour : $b$ élu.

| **2** | 6 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|
| $\mathbf{c}$ | $a$ | $c$ | $b$ |
| $\mathbf{a}$ | $b$ | $b$ | $a$ |
| $\mathbf{b}$ | $c$ | $a$ | $c$ |

1er tour : $b$ éliminé
2ème tour : $a$ élu.

# 3. Résistance aux manipulations: aspects computationnels

Théorème de Gibbard et Satterthwaite:si le nombre de candidats est au moins 3, alors aucune toute règle de vote non-dictatoriale est manipulable (pour certains profils).

Freins à la manipulation:

- ▷ rendre la manipulation *moins efficace*: s'assurer que la coalition qui envisage une manipulation connaisse aussi peu de choses que possible des préférences des autres votants.
- ▷ rendre la manipulation *difficile à calculer* : s'assurer que le calcul d'une manipulation soit (au moins) NP-difficile.

# 4. Vote et préférences incomplètes

Etant donné une description *incomplète* des préférences des votants, et une règle de vote :

- ▷ est-ce que le résultat du vote peut être déterminé?
- ▷ sinon, quelles informations doivent être demandées à quels votants?

4 votants: $c \succ d \succ a \succ b$
2 votants: $a \succ b \succ d \succ c$
2 votants: $b \succ a \succ c \succ d$
1 votant : $? \succ ? \succ ? \succ ?$

**pluralité** le gagnant est déjà connu ($c$)

**Borda**

scores partiels (pour 8 votants): $a$: 14 ; $b$: 10 ; $c$: 14; $d$: 10
$\Rightarrow$ on a seulement besoin de connaître la préférence du dernier votant entre $a$ et $c$

# 5. Vote et complexité de communication

*Complexité de communication* : mesurer la quantité minimale d'information à communiquer pour que le résultat de la règle de vote soit déterminé.

$\Rightarrow$ protocoles pour acquérir l'information de façon aussi économique que possible.

*Exemple*: scrutin majoritaire à deux tours, $n$ votants, $p$ candidats.
Protocole optimal :

**step 1** les votants envoient le nom de leur candidat préféré à l'autorité centrale $C$
$\hookrightarrow \mathbf{n} \log \mathbf{p}$ bits

**step 2** $C$ envoie les noms des deux finalistes aux votants
$\hookrightarrow \mathbf{2n} \log \mathbf{p}$ bits

**step 3** les votants envoient le nom de leur finaliste préféré à $C$
$\hookrightarrow \mathbf{n}$ bits

**total** $\mathbf{n}(\mathbf{3} \log \mathbf{p} + \mathbf{1})$ bits (dans le pire des cas)

# Synthèse : vote et négociation

- d'un côté, le vote peut être vu comme une approche «centralisée» de la décision collective (chaque votant exprime des préférences par un vote; l'entité centralisatrice rassemble les votes et calcule le résultat)

  **CEPENDANT** :

- *vote = protocole interactif*
  construction et étude de «protocoles» ($\neq$ règles) de vote
- *vote = jeu (avec interactions stratégiques)*
  action effectuée par un votant = vote
  récompense d'un votant : fonction du résultat du vote
  interactions stratégiques : manipulation (rôle crucial des *croyances* des votants)

# Conciliation

# Conciliation

- Négociation: Traiter, discuter en vue d'arriver à un accord.
- Beaucoup de "protocoles de négociation" (Argumentation, Jeux de dialogue, etc.)
  - Règles fixées par le protocole
  - Intuitif
  - Formalisation ?
  - Propriétés du résultat ?
- Jeu entre les agents:
  - Jeu non-coopératif (à information incomplètes)

# Négociation et Conciliation

- Approche operationnelle vs approche normative
  - Inférence non-monotone
  - Révision de croyances
  - Théorie du choix social
- Fusion

$$(K_1, \ldots, K_n) \longrightarrow K$$

- Conciliation

$$(K_1, \ldots, K_n) \longrightarrow (K'_1, \ldots, K'_n)$$

$(K'_1, \ldots, K'_n)$ moins conflictuel que $(K_1, \ldots, K_n)$

# Conciliation

Pourquoi étudier les opérateurs de conciliation ?

- ▷ Autre forme de négociation
- ▷ Forme *“Idéale”* de négociation
  - ▶ Pas de problème de communication
  - ▶ Pas de problème d’implémentation
- ▷ Propriétés logiques
- ▷ Comparaison de protocoles de négociation

# Définitions

- $\triangleright$ Une **base** $K$ est une formule propositionnelle.
- $\triangleright$ Un **profil** $E$ est un multi-ensemble de bases: $E = \{K_1, \ldots, K_n\}$.
- $\triangleright$ $\bigwedge E$ dénote la conjonction des bases de $E$.
- $\triangleright$ Un profil $E$ est **consistant** si et seulement si $\bigwedge E$ est consistant.

Opérateur de Conciliation: $E \mapsto E'$

- $\triangleright$ Pas d'information supplémentaire
- $\triangleright$ $E'$ doit contenir moins de conflits que $E$

# Belief Game Model

Belief Negotiation Model [Booth 02,06]

- But :
  - ▷ Certaines sources doivent faire des concessions afin de résoudre les conflits.
- Idée :
  - ▷ Chaque agent donne sa base
  - ▷ Compétition entre les bases :
    - ▶ Les plus **faibles** perdent
    - ▶ Les perdants doivent **faire des concessions** (s'affaiblir)
  - ▷ Jusqu'à ce qu'un **consensus** (profil consistant) soit atteint

# Belief Game Model

**Définition** *Une* **fonction de sélection** *est une fonction* $g : \mathcal{E} \longrightarrow \mathcal{E}$ *telle que:*

- $g(E) \sqsubseteq E$
- *Si* $\bigwedge E \not\equiv \top$, *alors* $\exists K \in g(E)$ *t.q.* $K \not\equiv \top$
- *Si* $E \equiv E'$, *alors* $g(E) \equiv g(E')$

**Définition** *Une* **fonction d'affaiblissement** *est une fonction* $\blacktriangledown : \mathcal{K} \longrightarrow \mathcal{K}$ *telle que:*

- $K \vdash \blacktriangledown(K)$
- *Si* $K \equiv \blacktriangledown(K)$, *alors* $K \equiv \top$
- *Si* $K \equiv K'$, *alors* $\blacktriangledown(K) \equiv \blacktriangledown(K')$

On étend la fonction d'affaiblissement à un profil: ($E' \sqsubseteq E$) :

$$\blacktriangledown_{E'}(E) = \bigsqcup_{K \in E'} \blacktriangledown(K) \sqcup \bigsqcup_{K \in E \setminus E'} K$$

# Belief Game Model

**Définition** *Un BGM est une paire $\mathcal{N} = \langle g, \blacktriangledown \rangle$ où $g$ est une fonction de sélection et $\blacktriangledown$ est une fonction d'affaiblissement.*
*La solution pour un profil $E$ étant donné un BGM $\mathcal{N} = \langle g, \blacktriangledown \rangle$ , notée $\mathcal{N}(E)$, est le profil $E_{\mathcal{N}}$, défini par:*

- $E_0 = E$
- $E_{i+1} = \blacktriangledown_{g(E_i)}(E_i)$
- $E_{\mathcal{N}}$ *est le premier* $E_i$ *consistant*

# Belief Game Model

**Définition** *Un BGM est une paire $\mathcal{N} = \langle g, \blacktriangledown \rangle$ où $g$ est une fonction de sélection et $\blacktriangledown$ est une fonction d'affaiblissement.*
*La solution pour un profil $E$ étant donné un BGM $\mathcal{N} = \langle g, \blacktriangledown \rangle$avec les contraintes d'intégrité $IC$ , notée $\mathcal{N}_{IC}(E)$, est le profil $E_{\mathcal{N}_{\mathcal{IC}}}$, défini par:*

- $E_0 = E$
- $E_{i+1} = \blacktriangledown_{g(E_i)}(E_i)$
- $E_{\mathcal{N}_{\mathcal{IC}}}$ *est le premier* $E_i$ *consistant avec* $IC$

# Fonctions de sélection et d'affaiblissement

- Exemples de fonctions d'affaiblissement :
  - ▷ drastique ($\blacktriangledown = \top$) : $\blacktriangledown(K) \equiv \top$
  - ▷ dilatation ($\blacktriangledown = \delta$) : $mod(\blacktriangledown(K)) = \{\omega \mid d_H(\omega, K) \leq 1\}$

- Dans [Konieczny 04] Les fonctions de sélection sont définies par des distances:
  - ▷ entre bases
  - ▷ par rapport aux ensembles maximaux consistants (maxcons) du profil

<u>Exemple</u>: $d_D(K, K') = \begin{cases} 0 & \text{si } K \wedge K' \nvdash \bot \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$

et $d_D^{\Sigma}(K, E) = \sum_{K' \in E} d_D(K, K')$

- La fonction de sélection doit choisir les bases qui posent le plus de problèmes:
  - ▷ Shapley Inconsistency Values [Hunter,Konieczny 06]

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = d_D^{\Sigma}$, $\blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $K_2 = \{010, 001\}$ $K_3 = \{111\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

▷ $g = d_D^{\Sigma}, \blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $K_2 = \{010, 001\}$ $K_3 = \{111\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

| | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $\Sigma$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1$ | | 0 | 1 | 1 | |
| $K_2$ | 0 | | 1 | 1 | |
| $K_3$ | 1 | 1 | | 2 | • |

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = d_D^{\Sigma}, \blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $\quad K_2 = \{010, 001\}$ $\quad K_3 = \{111\}$

$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

| | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $\Sigma$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1$ | | 0 | 1 | 1 | |
| $K_2$ | 0 | | 1 | 1 | |
| $K_3$ | 1 | 1 | | 2 | ● |

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- ▷ $g = d_D^{\Sigma}$, $\blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $\quad K_2 = \{010, 001\}$ $\quad K_3 = \{111\}$

$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

| | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $\Sigma$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1$ | | 0 | 0 | 0 | |
| $K_2$ | 0 | | 1 | 1 | ● |
| $K_3$ | 0 | 1 | | 1 | ● |

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- ▷ $g = d_D^{\Sigma}, \blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $K_2 = \{010, 001\}$ $K_3 = \{111\}$

$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$

$K_2^2 = \{010, 001, 110, 000, 011, 101\}$ $K_3^2 = \{111, 011, 101, 110, 001, 010, 100\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \{001, 101\}$$

| | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ | $\Sigma$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $K_1$ | | 0 | 0 | 0 | |
| $K_2$ | 0 | | 1 | 1 | • |
| $K_3$ | 0 | 1 | | 1 | • |

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- ▷ $g = S_{I_{LP_m}}$, $\blacktriangledown = \delta$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $K_2 = \{010, 001\}$ $K_3 = \{111\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = S_{I_{LP_m}}$, $\blacktriangledown = \delta$

$S_{I_{LP_m}}(K_1) = 1/18$ $\quad$ $S_{I_{LP_m}}(K_2) = 4/18$ $\quad$ $S_{I_{LP_m}}(K_3) = 7/18$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $\quad$ $K_2 = \{010, 001\}$ $\quad$ $K_3 = \{111\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = S_{I_{LP_m}}$, $\blacktriangledown = \delta$

$S_{I_{LP_m}}(K_1) = 1/18$ $\quad$ $S_{I_{LP_m}}(K_2) = 4/18$ $\quad$ $S_{I_{LP_m}}(K_3) = 7/18$

$K_1 = \{100, 001, 101\}$ $\quad$ $K_2 = \{010, 001\}$ $\quad$ $K_3 = \{111\}$

$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = S_{I_{LP_m}}, \blacktriangledown = \delta$

$$S_{I_{LP_m}}(K_1) = 0 \qquad S_{I_{LP_m}}(K_2) = 1/6 \qquad S_{I_{LP_m}}(K_3^1) = 1/6$$

$$K_1 = \{100, 001, 101\} \qquad K_2 = \{010, 001\} \qquad K_3 = \{111\}$$

$$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \emptyset$$

# Exemple : Cours de bases de données [Revesz, 1994]

- $g = S_{I_{LP_m}}$, $\blacktriangledown = \delta$

$$S_{I_{LP_m}}(K_1) = 0 \qquad S_{I_{LP_m}}(K_2) = 1/6 \qquad S_{I_{LP_m}}(K_3^1) = 1/6$$

$$K_1 = \{100, 001, 101\} \qquad K_2 = \{010, 001\} \qquad K_3 = \{111\}$$

$$K_3^1 = \{111, 011, 101, 110\}$$

$$K_2^2 = \{010, 001, 110, 000, 011, 101\} \quad K_3^2 = \{111, 011, 101, 110, 001, 010, 100\}$$

$$mod(K_1 \wedge K_2 \wedge K_3) = \{001, 101\}$$

# SBGM: Propriétés

Notons $E = \{K_1, \ldots, K_n\}$ le profil initial et $E^* = \{K_1^*, \ldots, K_n^*\}$ le profil obtenu par conciliation.

**(sc1)** $\forall K*_i \in E^*$, $K_i \vdash K*_i$

**(sc2)** $E^*$ est consistant

**(sc3)** Si $E$ est consistant, alors $E^* = E$

**(free)** Si $K_i$ est une base libre de $E$, alors $K_i^* = K_i$.

# Conciliation


- R. Booth. A negotiation-style framework for non-prioritised revision. In Proc. of TARK’01, pages 137-150, 2001.
- R. Booth. Social contraction and belief negotiation. In Proc. of KR’02, pages 374-384, 2002.
- S. Konieczny. Belief base merging as a game. Journal of Applied Non-Classical Logics, 14(3) :275- 294, 2004.
- T. Meyer, N. Foo, D. Zhang, and R. Kwok. Logical foundations of negotiation : Outcome, concession and adaptation. In Proc. of AAAI’04, pages 293-298, 2004.
- T. Meyer, N. Foo, D. Zhang, and R. Kwok. Logical foundations of negotiation : Strategies and preferences. In Proc. of KR’04, pages 311-318, 2004.
- O. Gauwin, S. Konieczny, and P. Marquis. Conciliation and consensus in iterated belief merging. In Proc. of ECSQARU’05, pages 514-526, 2005.

# La négociation basée sur l'argumentation

# La négociation basée sur l’argumentation

- **Argument** = une raison de croire en une conclusion, de faire une action, d’adopter un but, etc ...
- Pourquoi argumenter au cours d’une négociation ?
  1. influencer les croyances des agents
  2. influencer les buts des agents
  3. influencer les préférences des autres agents (c.a.d. l’ordre sur les différentes alternatives)

# Deux catégories de travaux :

**Cas centralisé :** chercher la solution optimale / idéale

**Cas décentralisé :** formaliser l'interaction elle-même

# Cas centralisé : Modèle (Amgoud 2005)

- Soit $n$ agents tel que chaque agent $i$ possède deux bases : une base de **croyances** $K_i$ et une base de **buts** $\mathcal{G}_i$

- Soit $\mathcal{O}$ l'ensemble des alternatives

- Soit $K$ = $K_1 \cup \ldots, K_n$ et $\mathcal{G}$ = $\mathcal{G}_1 \cup \ldots, \mathcal{G}_n$

- SAD = $\langle \mathcal{O}, \mathcal{A}(K, \mathcal{G}), \mathcal{R} \rangle$ = un système d'argumentation pour la prise de décision

- La meilleure alternative retournée par le système SAD est la solution optimale

# Cas décentralisé

Les **éléments** d'un système de négociation :

1. Le **langage** de communication
2. Le **protocole** = un ensemble de règles qui génèrent des dialogues cohérents
3. Les **stratégies** des agents = des ensembles de règles utilisées par les agents pour choisir leurs coups
4. Le **résultat** = un **compromis** ou un **conflit**

Protocole + Stratégies $\longrightarrow$ Résultat

# Etude des classes de protocoles

Un **protocole** est un tuple $\pi = \langle\, \mathcal{S}, Ag, \texttt{Reply}, \texttt{Back}, \texttt{Turn}, \texttt{N\_Move}\rangle$:

- ▷ $\mathcal{L}$ = un langage logical
- ▷ $\mathbf{Arg}(\mathcal{L})$ = un ensemble d'arguments
- ▷ $\mathcal{S}$ = un ensemble d'actes de langage (e.g. Offrir, Affirmer, ...)
- ▷ $Ag$ = $\{a_1, \ldots, a_n\}$ = un ensemble d'agents
- ▷ $\texttt{Reply}$: $\mathcal{S} \longrightarrow 2^{\mathcal{S}}$
- ▷ $\texttt{Back} \in \{0, 1\}$
- ▷ $\texttt{Turn}$: $\mathcal{T} \longrightarrow Ag$, avec $\mathcal{T} = \{t_1, \ldots, t_k, \cdots \mid t_i \in \mathbb{N}, t_i < t_{i+1}\}$
- ▷ $\texttt{N\_Move}$: $\mathcal{T} \times Ag \longrightarrow \mathbb{N}$ avec $\forall (t_i, a_j)$, $\texttt{N\_Move}(t_i, a_j) > 0$ ssi $\texttt{Turn}(t_i) = a_j$.

# Etude des classes de protocoles (suite)

Les paramètres :

1. Tour de parole
2. Nombre de coups par tour
3. la notion de retour arrière

$\Longrightarrow$ déterminent la **structure du dialogue**

# Etude des classes de protocoles (suite)

Soit $n$ agents

1. Si $n = 2$, alors
   $\mathbf{\Pi_{\bar{B}TS}} \subseteq \Pi_{\bar{B}\bar{T}M} \approx \Pi_{BTM} \approx \Pi_{B\bar{T}S} \approx \Pi_{\bar{B}TM} \approx \Pi_{\bar{B}\bar{T}S} \approx \Pi_{BTS} \subseteq \Pi_{B\bar{T}M}$
2. Si $n > 2$, alors
   - $\Pi_{\bar{B}TS} \subseteq \Pi_{BTS} \approx \Pi_{\bar{B}TM} \subseteq \Pi_{BTM} \subseteq \Pi_{B\bar{T}S} \approx \Pi_{\bar{B}\bar{T}M} \subseteq \Pi_{B\bar{T}M}$,
   - $\Pi_{\bar{B}TS} \subseteq \Pi_{BTS} \approx \Pi_{\bar{B}TM} \subseteq \Pi_{\bar{B}\bar{T}S} \subseteq \Pi_{B\bar{T}S} \approx \Pi_{\bar{B}\bar{T}M} \subseteq \Pi_{B\bar{T}M}$.

# Cadre de négociation basé sur l'argumentation : langage

- Deux agents $P$ et $C$
- $\mathcal{L}$ = un langage logique
- $\mathcal{O} = \{o_1, \ldots, o_n\}$ = un ensemble de $n$ offres tq $\nexists o_i, o_j \in \mathcal{O}$ avec $o_i \equiv o_j$.
- $\mathtt{Args}(\mathcal{L})$ = l'ensemble des arguments construits à partir de $\mathcal{L}$ s.t
  $\mathtt{Args}(\mathcal{L}) = \mathtt{Args}_o(\mathcal{L}) \cup \mathtt{Args}_b(\mathcal{L})$
  - $\mathtt{Args}_o(\mathcal{L})$ = des arguments supportant des offres
  - $\mathtt{Args}_b(\mathcal{L})$ = des arguments supportant des croyances
- $\mathcal{R}_{\mathcal{L}} \subseteq \mathtt{Args}(\mathcal{L}) \times \mathtt{Args}(\mathcal{L})$ = une relation de conflits entre les arguments

# Les théories des agents

Une **théorie d'un agent** est un tuple $\langle \mathcal{A}$, $\mathcal{F}$, $\mathcal{R} \rangle$ tel que :

- ▷ $\mathcal{A} \subseteq \texttt{Args}(\mathcal{L})$.
- ▷ $\mathcal{F}$: $\mathcal{O} \rightarrow 2^{\mathcal{A}}$ tq $\forall i, j$ avec $i \neq j$, $\mathcal{F}(o_i) \cap \mathcal{F}(o_j)$ = $\emptyset$.
  Soit $\mathcal{A}_{\mathcal{O}}$ = $\cup \mathcal{F}(o_i)$ avec $i = 1, \ldots, n$.
- ▷ $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{R}_{\mathcal{L}}$ tq $\mathcal{R} \subseteq \mathcal{A} \times \mathcal{A}$

# Exemple

Soit $\mathcal{O} = \{o_1, o_2, o_3\}$ un ensemble d'offres. La théorie de l'agent $i$ est :

- ▷ $\mathcal{A} = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$
- ▷ $\mathcal{F}(o_1) = \{a_1\}$, $\mathcal{F}(o_2) = \{a_2\}$, $\mathcal{F}(o_3) = \emptyset$. Thus, $\mathcal{A}_o$ = $\{a_1, a_2\}$
- ▷ $\mathcal{R}$ = $\{a_1, a_2), (a_2, a_1), (a_3, a_2), (a_4, a_3)\}$

# Evaluation des arguments

- Soit $\langle\mathcal{A}$, $\mathcal{F}$, $\mathcal{R}\rangle$ la théorie de l'agent $i$.
- Le **système d'argumentation** de l'agent $i$ est la paire $\langle\mathcal{A},\mathcal{R}\rangle$.
- Soit $S \subseteq \mathcal{A}$
  - $S$ **défend** un argument $a$ ssi tout argument qui attaque $a$ est attaqué par un argument de $S$
  - $S$ est **sans conflit** iff $\nexists\ a, a' \in S$ tq $a\mathcal{R}a'$
  - $S$ est une extension **préférée** ssi $S$ est un ensemble maximal (pour $\subseteq$), sans conflit et défend tous ses éléments. $E_1, \ldots, E_x$ = les différentes extensions admissibles.
- Le statut de chaque argument : soit $a \in \mathcal{A}$
  - $a$ est **accepté** ssi $\forall E_i$, $a \in E_i$
  - $a$ est **rejeté** ssi $\nexists E_i$ tq $a \in E_i$
  - $a$ est **en suspens** ssi $a$ is ni accepté ni rejeté

# Evaluation des offres

- Chaque offre $o \in \mathcal{O}$ a un statut :
  - $o$ est **acceptable** pour l'agent ssi $\exists\ a \in \mathcal{F}(o)$ tq $a$ is accepté. $\mathcal{O}_a$ = $\{o_i \in \mathcal{O}$, tq $o_i$ est acceptable$\}$.
  - $o$ is **rejetée** pour l'agent ssi $\forall\ a \in \mathcal{F}(o)$, $a$ est rejecté. $\mathcal{O}_r$ = $\{o_i \in \mathcal{O}$, tq $o_i$ est rejeté$\}$.
  - $o$ est **négociable** ssi $\forall\ a \in \mathcal{F}(o)$, $a$ est en suspens. $\mathcal{O}_n$ = $\{o_i \in \mathcal{O}$, tq $o_i$ est négociable$\}$.
  - $o$ est **non supportée** si elle est ni acceptable, ni rejetée ni négociable. $\mathcal{O}_{ns}$ = $\{o_i \in \mathcal{O}$, such that $o_i$ is non-supported offers$\}$.
- $\mathcal{O}$ = $\mathcal{O}_a \cup \mathcal{O}_r \cup \mathcal{O}_n \cup \mathcal{O}_{ns}$
- $\mathcal{O}_a \succ \mathcal{O}_n \succ \mathcal{O}_{ns} \succ \mathcal{O}_r$

# Evolution des théories

- Un **coup** est un tuple $m_i = \langle p_i, a_i, o_i, t_i \rangle$ tq:
  - $p_i \in \{P, C\}$
  - $a_i \in \texttt{Args}(\mathcal{L}) \cup \theta$
  - $o_i \in \mathcal{O} \cup \theta$
  - $t_i \in \mathbb{N}^*$ est la cible du coup tq $t_i < i$
- $\texttt{Player}(m_i) = p_i$, $\texttt{Argument}(m_i) = a_i$, $\texttt{Offer}(m_i) = o_i$, $\texttt{Target}(m_i) = t_i$
- $\mathcal{M}$ = l'ensemble de tous les coups construits à partir de $\langle \{P, C\}, \texttt{Arg}(\mathcal{L}), \mathcal{O} \rangle$.

# Evolution des théories (suite)

- Soit $m_1$, ..., $m_t$, ..., $m_j$ une séquence de coups.
- La théorie de l'agent $i$ à une étape $t > 0$ est : $\langle \mathcal{A}_t^i$, $\mathcal{F}_t^i$, $\mathcal{R}_t^i \rangle$ avec
  - $\mathcal{A}_t^i$ = $\mathcal{A}_0^i \cup \{a_i$, $i = 1, \ldots, t$, $a_i$ = $\mathtt{Argument}(m_i)\} \cup \mathcal{A}'$ avec $\mathcal{A}' \subseteq \mathtt{Args}(\mathcal{L})$
  - $\mathcal{F}_t^i$ = $\mathcal{O} \to 2^{\mathcal{A}_t^i}$
  - $\mathcal{R}_t^i$ = $\mathcal{R}_0^i \cup \{(a_i, a_j) \mid a_i$ = $\mathtt{Argument}(m_i)$, $a_j$ = $\mathtt{Argument}(m_j)$, $i, j \leq t$, et $a_i \; \mathcal{R}_{\mathcal{L}} \; a_j\} \cup \mathcal{R}'$ avec $\mathcal{R}' \subseteq \mathcal{R}_{\mathcal{L}}$

# Solution optimale et compromis

Soit $o \in \mathcal{O}$.

- $o$ est une **solution optimale** à une étape $t \geq 0$ ssi $o \in \mathcal{O}^P_{t,a} \cap \mathcal{O}^C_{t,a}$
- $o$ est une **concession** pour un agent $i$ ssi $o \in \mathcal{O}^i_x$ tq $\exists \mathcal{O}^i_y \neq \emptyset$ et $\mathcal{O}^i_y \succ \mathcal{O}^i_x$.

# Dialogue de négociation

Un coup $m$ est une **continuation légale** de la séquence de coups $m_1, \ldots, m_l$ ssi $\nexists j, k < l$ tq:

- ▷ $\texttt{Offer}(m_j)$ = $\texttt{Offer}(m_k)$, et
- ▷ $\texttt{Player}(m_j) \neq \texttt{Player}(m_k)$

# Dialogue de négociation (suite)

Un **dialogue de négociation basé sur l'argumentation** $d$ entre deux agents $P$ et $C$ est une séquence non vide de coups $m_1, \ldots, m_l$ tq:

- $p_i$ = $P$ ssi $i$ est pair, et $p_i$ = $C$ ssi $i$ est impair
- $\texttt{Player}(m_1)$ = $P$, $\texttt{Argument}(m_1)$ = $\theta$, $\texttt{Offer}(m_1) \neq \theta$, et $\texttt{Target}(m_1)$ = 0
- $\forall\ m_i$, si $\texttt{Offer}(m_i) \neq \theta$, alors $\texttt{Offer}(m_i) \rhd o_j$, $\forall\ o_j \in \mathcal{O} \backslash (\mathcal{O}_{i,r}^{\texttt{Player}(m_i)} \cup ND_i^{\texttt{Player}(m_i)})$
- $\forall i = 1, \ldots, l$, $m_i$ est une continuation légale de $m_1, \ldots, m_{i-1}$
- $\texttt{Target}(m_i)$ = $m_j$ tq $j < i$ et $\texttt{Player}(m_i) \neq \texttt{Player}(m_j)$
- Si $\texttt{Argument}(m_i) \neq \theta$, alors :
  - si $\texttt{Offer}(m_i) \neq \theta$ alors $\texttt{Argument}(m_i) \in \mathcal{F}(\texttt{Offer}(m_i))$
  - si $\texttt{Offer}(m_i)$ = $\theta$ alors $\texttt{Argument}(m_i)\ \mathcal{R}_i^{\texttt{Player}(m_i)}$ $\texttt{Argument}(\texttt{Target}(m_i))$
- $\nexists\ i, j \leq l$ tq $m_i$ = $m_j$
- $\nexists\ m \in \mathcal{M}$ tq $m$ est une continuation légale de $m_1, \ldots, m_l$

# Propriétés

Soit $d$ = $m_1, \ldots, m_l$ un dialogue.

- $d$ se termine
- Si $\exists t \leq l$ tq $\mathcal{O}^P_{t,a} \cap \mathcal{O}^C_{t,a} \neq \emptyset$, alors $\texttt{Outcome}(d) \in \mathcal{O}^P_{t,a} \cap \mathcal{O}^C_{t,a}$
- Si $\texttt{Outcome}(d) = o$, ($o \neq \theta$), alors $\exists t \leq l$ tq $o \in \mathcal{O}^P_{t,x} \cap \mathcal{O}^C_{t,y}$, avec $x, y \in \{a, n, ns\}$
- Si $\texttt{Outcome}(d) = \theta$, alors $\forall t \leq l$, $\mathcal{O}^P_{t,x} \cap \mathcal{O}^C_{t,y}$ = $\emptyset$, $\forall\ x, y \in \{a, n, ns\}$

# Questions ouvertes

- Comment formaliser la stratégie des agents
- Etudier l'impact de ces stratégies sur le résultat des dialogues
- Caractériser les solutions optimales dans ces cas

# Allocation de ressources

# Notions de base

On va supposer les hypothèses suivantes:

- ▷ allocations de $|\mathcal{R}|$ ressources parmi $|\mathcal{A}|$ agents
- ▷ ressources indivisibles et non partageables
- ▷ l'ensemble des options est donc l'ensemble des partitions possibles des ressources aux agents
- ▷ chaque agent a des préférences seulement sur les lots qui le concernent (pas d'externalités):
  - fonctions d'utilité $u_i(\{\heartsuit\}) = 12$
  - relations de préférence $\{\heartsuit\} \preceq_i \{\heartsuit, \diamondsuit\}$
- ▷ Choisir une option socialement optimale = allouer optimalement l'ensemble de ressources à l'ensemble d'agents

# Bien-être Social

Comment évaluer le bien-être de la société?
Diverses mesures dans la littérature (économie du bien-être, choix social)

- Pareto optimalité— aucune allocation ne rendrait un agent plus heureux sans en rendre aucun autre plus pauvre
- Bien-être social utilitaire— $\sum_{i \in \mathcal{A}} u_i(A)$
- égalitarisme— $\min_{i \in \mathcal{A}} u_i(A)$
- absence d'envie—aucun agent ne préfèrerait détenir le lot (et l'argent) d'un autre agent: $u_i(A(i)) \geq u_i(A(j))$

# Perspective distribuée

A la différence des approches centralisées, en particulier des enchères combinatoires (classiques)

- ▷ il n'y a pas d'agent dédié au calcul d'une allocation optimale
- ▷ la négociation débute avec une allocation initiale
- ▷ les agents négocient leurs ressources de manière asynchrone
- ▷ des transactions permettent de passer d'une allocation à une autre, ie $\delta = (A, A')$
- ▷ les agents acceptent ces transactions sur la base de critères de rationalité
- ▷ on a donc un processus itératif de réallocations partielles et locales de ressources.

# Transactions, Concessions, et Compromis

- On peut voir les transactions comme des concessions où l'agent pour lequel le gain marginal induit par la possession d'un lot est plus faible que celui qui serait induit pour son partenaire: l'agent cède alors son lot.
- Principe très coopératif, mais les transactions peuvent être considérées rationnelles du point de vue d'agent égoistes si l'on introduit la possibilité de transferts d'utilité.
- un compromis intervient lorsqu'aucune transaction n'est plus réalisable.

# Transactions et Rationalité

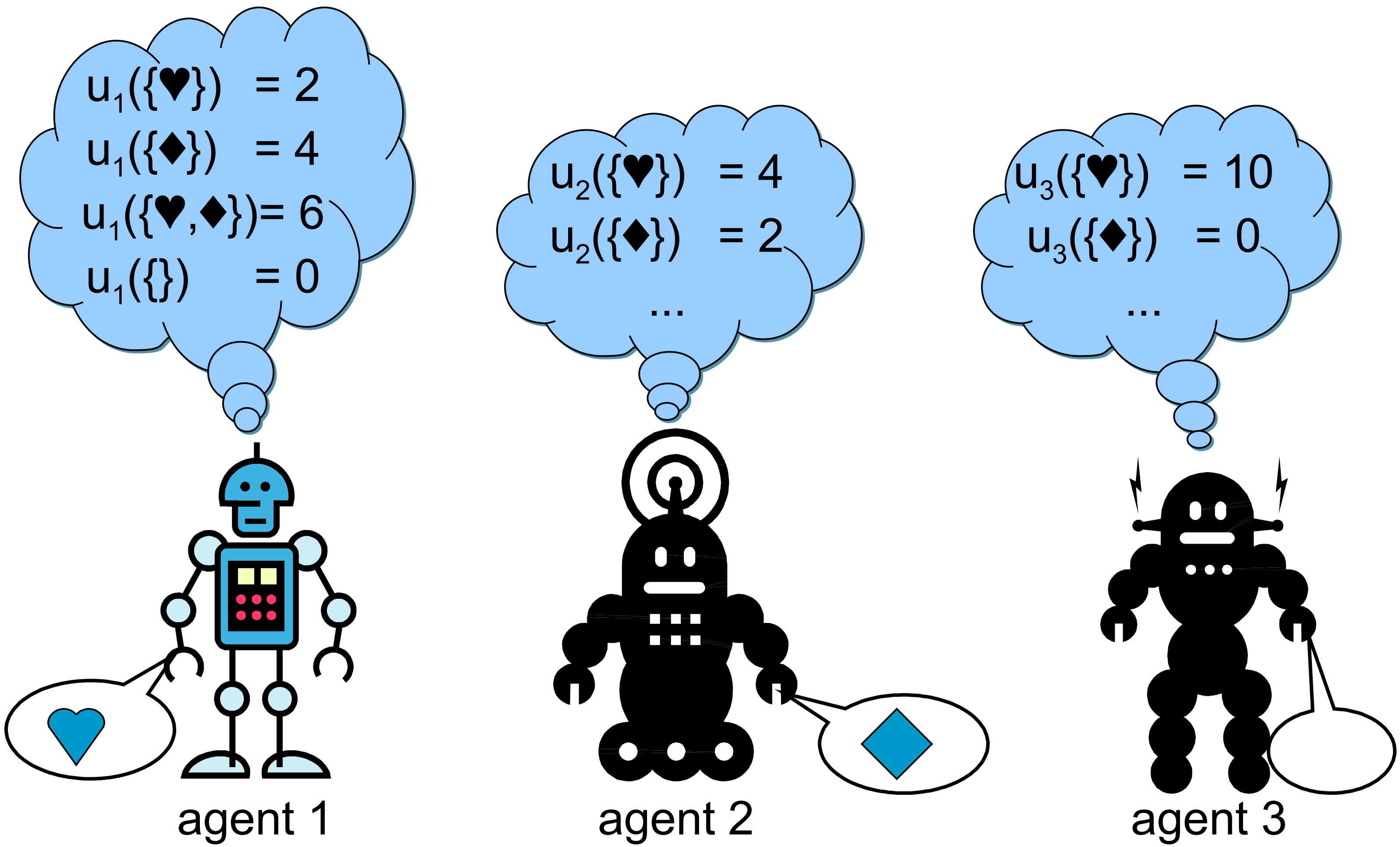
Les transactions peuvent être augmentées de paiements compensatoires

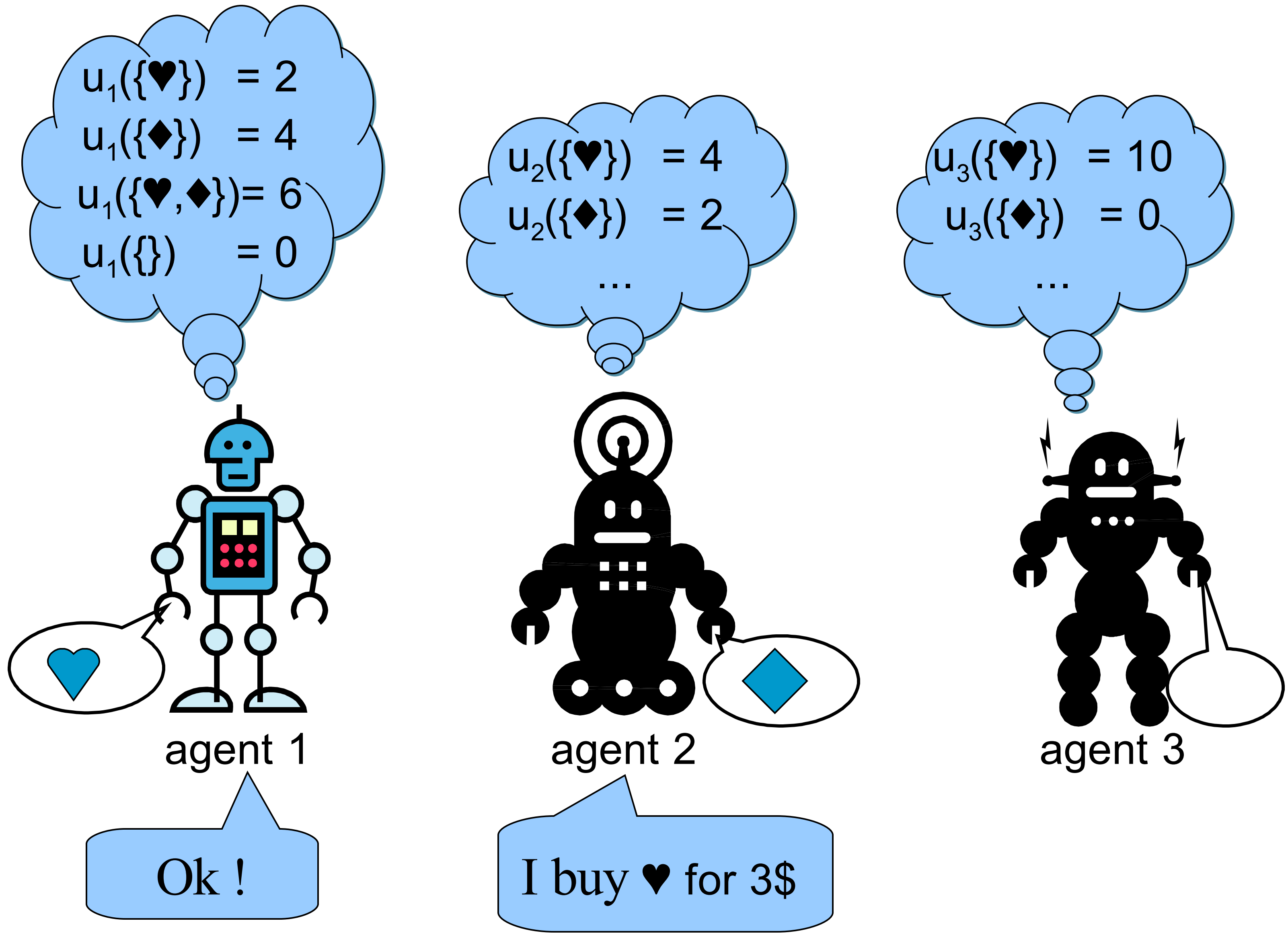
- Une transaction $\delta = (A, A')$ avec paiements compensatoires est rationnelle ssi il existe une fonction de paiement $p$ tq. $u_i(A') - u_i(A) > p(i)$ pour tous les agents impliqués dans la transaction

| | | | |
|---|---|---|---|
| $u_1(\emptyset) =$ | 0 | $u_2(\emptyset) =$ | 0 |
| $u_1(\{\spadesuit\}) =$ | 1 | $u_2(\{\spadesuit\}) =$ | 9 |

Agent 1 détient le pique, agent 2 pourrait payer 4 pour l'obtenir

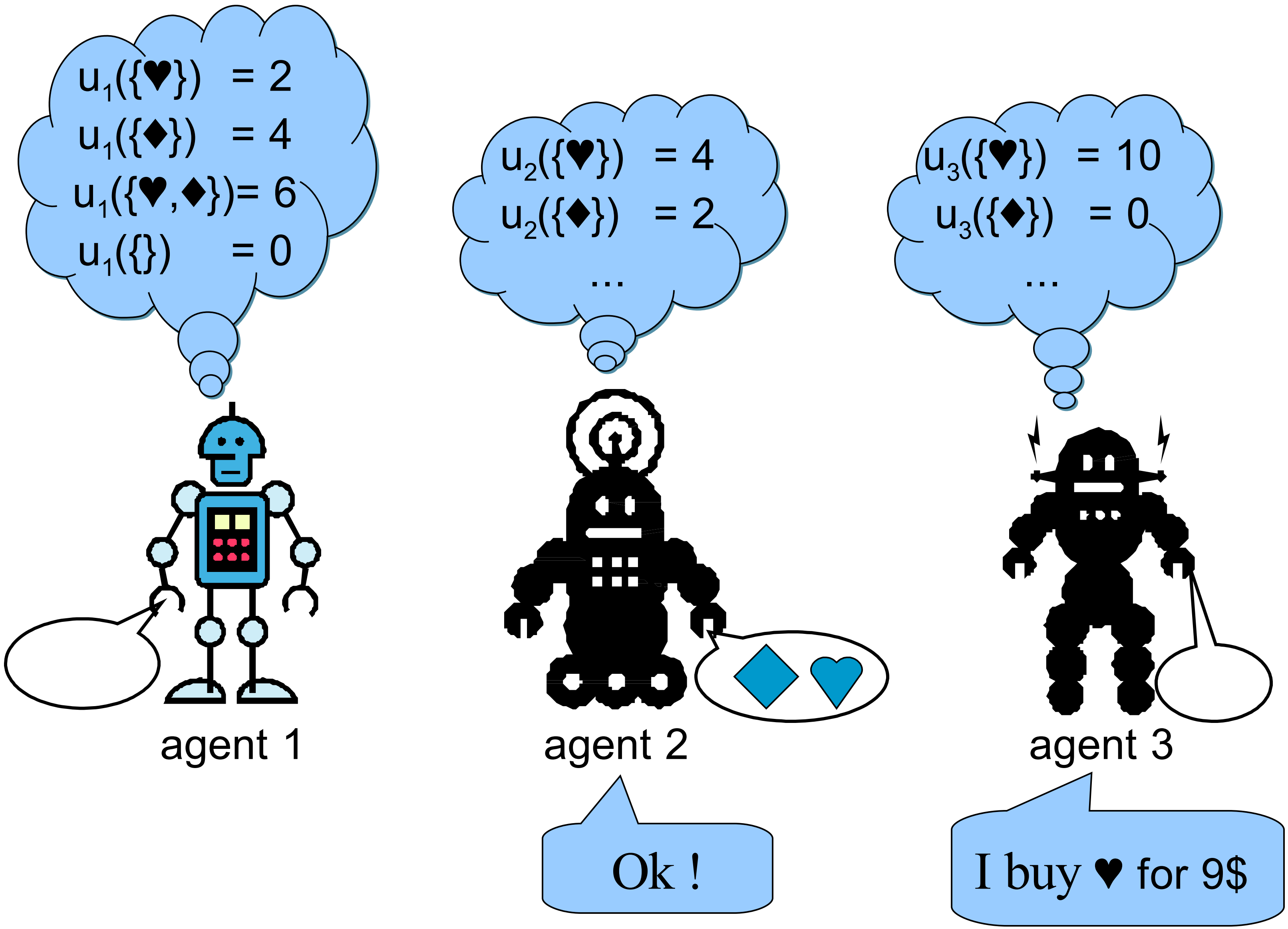
- 3 agents, 2 resources. sw=4.
- Non socialement optimal

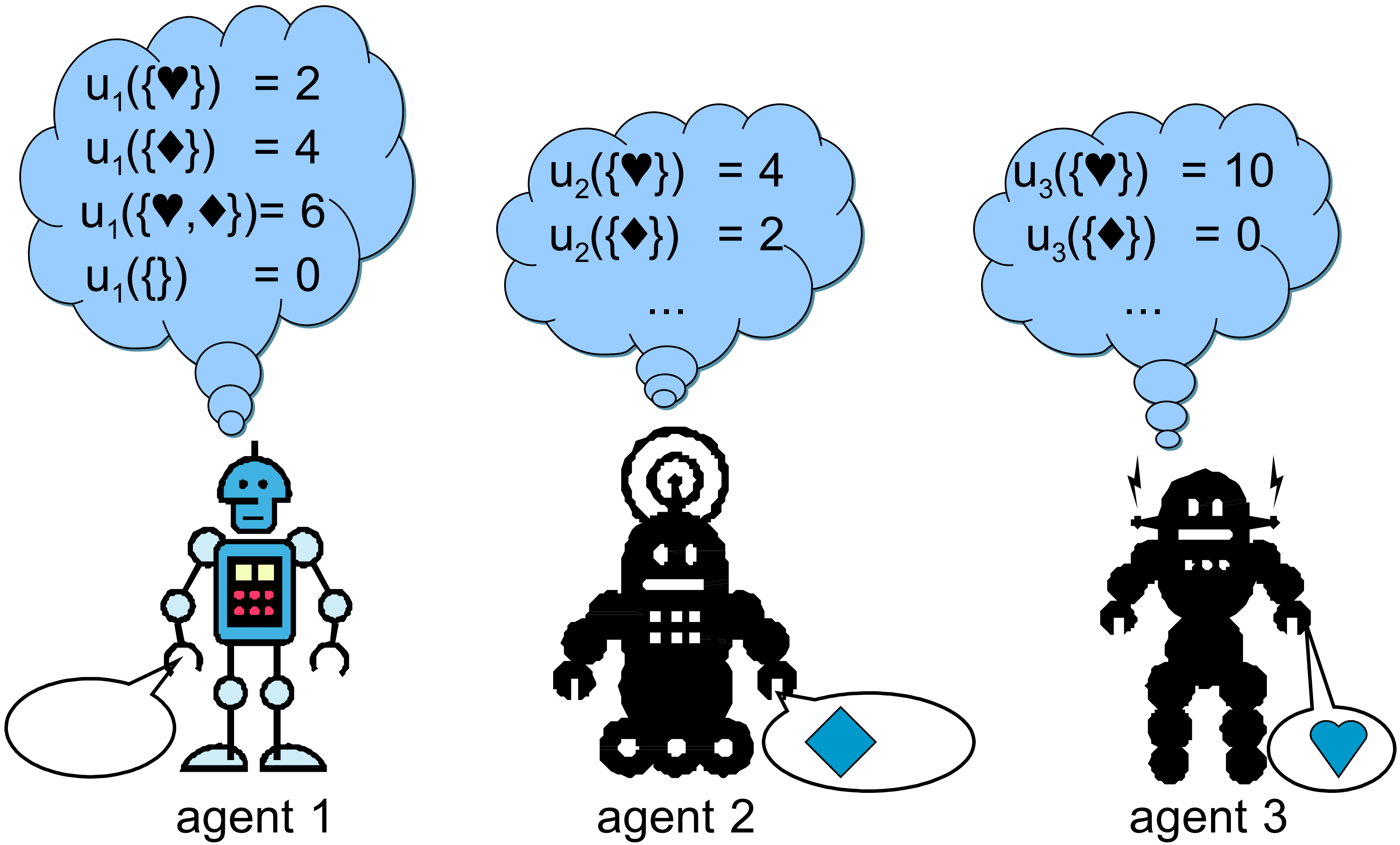


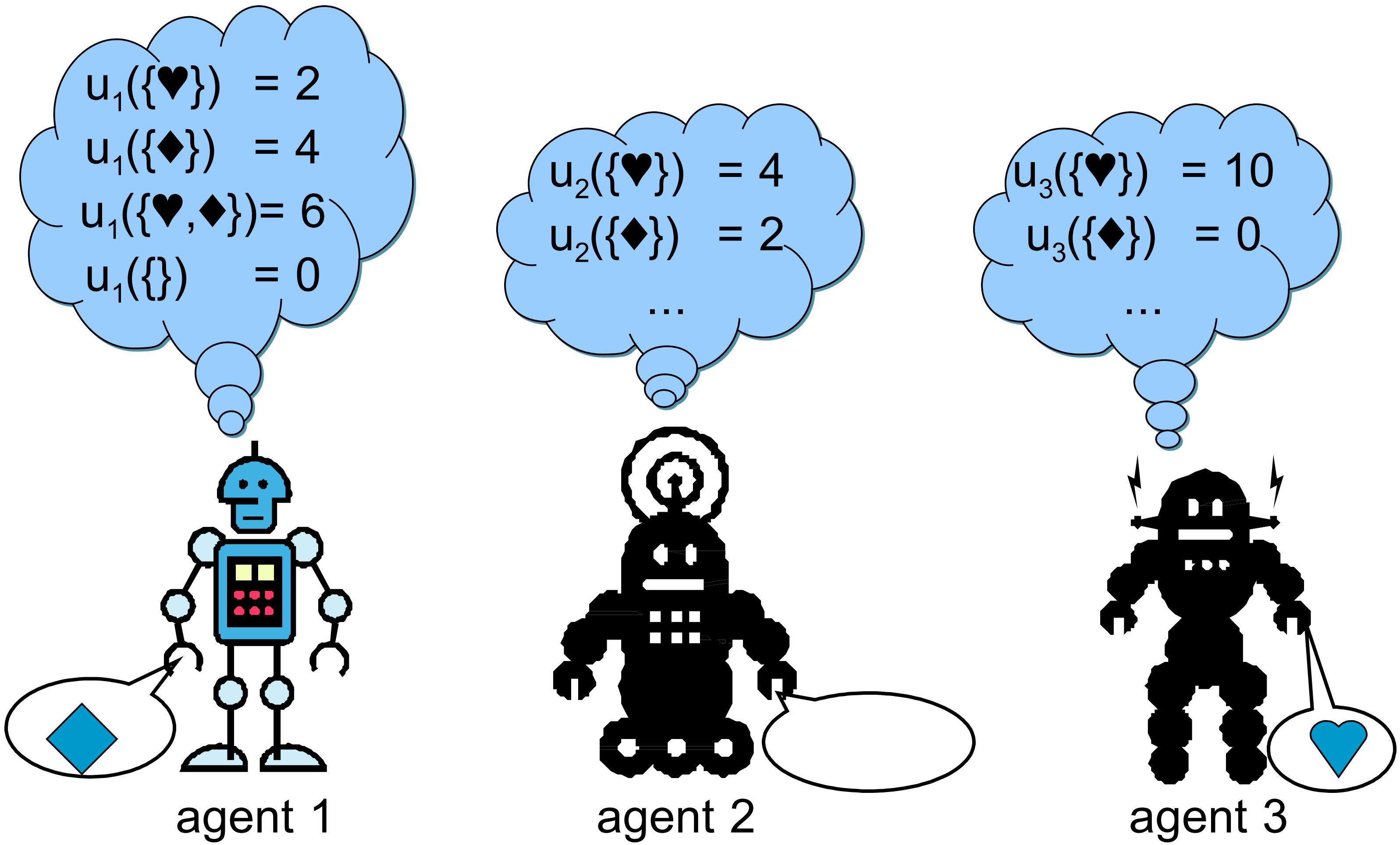



$u_1(\{\}) - u_1(\{♥\}) = 0-2 > -3$

$u_2(\{♥,♦\}) - u_2(\{♦\}) = 6-2 > 3$


u1({♥}) = 2
u1({♦}) = 4
u1({♥,♦})= 6
u1({}) = 0
u2({♥}) = 4
u2({♦}) = 2
...
u3({♥}) = 10
u3({♦}) = 0
...
agent 1
agent 2
agent 3
Ok !
I buy ♥ for 9$


$u_1(\{\heartsuit\}) = 2$
$u_1(\{\diamondsuit\}) = 4$
$u_1(\{\heartsuit,\diamondsuit\}) = 6$
$u_1(\{\}) = 0$
$u_2(\{\heartsuit\}) = 4$
$u_2(\{\diamondsuit\}) = 2$
...
$u_3(\{\heartsuit\}) = 10$
$u_3(\{\diamondsuit\}) = 0$
...
agent 1
agent 2
agent 3


$u_1(\{\heartsuit\}) = 2$
$u_1(\{\diamondsuit\}) = 4$
$u_1(\{\heartsuit,\diamondsuit\}) = 6$
$u_1(\{\}) = 0$
$u_2(\{\heartsuit\}) = 4$
$u_2(\{\diamondsuit\}) = 2$
...
$u_3(\{\heartsuit\}) = 10$
$u_3(\{\diamondsuit\}) = 0$
...
agent 1
agent 2
agent 3

# Problèmes de Convergence

On cherche à déterminer les conditions sous lesquelles on peut garantir une issue (un compromis) optimale à n'importe quelle négociation. On étudie:

- ▷ différents types de conditions
- ▷ différents types de négociation

# Négociation avec argent

Quel est le lien entre le critère de rationalité (local) et les mesures de bien-être (globales)?

- $\delta = (A, A')$ rationnel ssi $sw(A) < sw(A')$

[Sandholm98] établit le résultat suivant:

- N'importe quelle séquence de transactions rationnelles avec paiements compensatoires converge vers une allocation avec un bes utilitaire maximal

# Négociations Restreintes

- Les résultats précédents tiennent si n'importe quel type de transaction est autorisé
- Dans la pratique, des restrictions sur le type de transactions sont nécessaires (trop complexe de s'accorder sur une transaction sinon...)
- Pour continuer à garantir la convergence, nous devons alors identifier des domaines (conditions sur la structure des préférences des agents)

# Exemple

Les transactions bilatérales impliquant une seule ressource ne sont pas suff-isantes...

| | |
|---|---|
| $u_1(\emptyset) = 0$ | $u_2(\emptyset) = 0$ |
| $u_1(\{r_1\}) = 2$ | $u_2(\{r_1\}) = 3$ |
| $u_1(\{r_2\}) = 3$ | $u_2(\{r_2\}) = 3$ |
| $u_1(\{r_1, r_2\}) = 7$ | $u_2(\{r_1, r_2\}) = 8$ |

- ▷ Initialement, l'agent 1 possède $r_1, r_2$, et le bes$= 7$
- ▷ si l'agent 1 donne $r_1$, bes$= 6$
- ▷ si l'agent 1 donne $r_2$, bes$= 5$

# Types de Transactions [Sandholm98]

- simples (1-deals) —une ressource unique est passée d'un agent à un autre
- groupées ($k$-deals) —un agent passe un ensemble de resources d'un agent à un autre
- échange —un agent donne une ressource unique en échange d'une autre ressource
- multiagent —n'importe quel nombre d'agents, chacun passant au plus une ressource
- combinées —n'importe quelle combinaison

# Restrictions sur les Préférences

- ▷ dichotomiques —les lots sont classés bon/mauvais
- ▷ monotones —un sur-ensemble d'un lot est toujours au moins aussi bon
- ▷ additives —pas de synergie entre les ressources
  - ▶ superadditive: synergies positive (complémentarité)
  - ▶ subadditive: synergie négative (subsidiarité)
- ▷ additive séparables —synergies restreinte à des sous-ensembles donnés resources
- ▷ $k$-additive —synergies restreinte à des lots de taille max $k$

# Transactions simples

- ▷ Dans les domaines monotones ou dichotomiques, la classe la plus générale de transaction reste nécessaire pour pouvoir garantir la convergence.
- ▷ Dans les domaines additifs, n'importe quelle séquence de transactions simples individuellement rationnelles avec paiements converge vers une allocation avec max sw.
- ▷ Le domaine modulaire est maximal pour les négociations simples avec paiements. (il suffit qu'il y ait un agent doté d'une fonction non-modulaire pour que nous ne soyons plus en mesure de garantir la convergence!)

# Paiements compensatoires

Définir un paiement compensatoire, c'est définir une manière de répartir le surplus de bien-être induit par la transaction ($\longrightarrow$ "surplus sharing problem" dans le cas des coalitions). Ici, surplus$= 1$.

$$\begin{array}{ll} u_1(A) = 3 & u_1(A') = 2 \\ u_2(A) = 1 & u_2(A') = 3 \\ sw(A) = 4 & sw(A') = 5 \end{array}$$

- localement uniforme: chaque agent de la transaction recoit la meme part du surplus.
  $u_1(A') - p_1 = 3.5$, $u_2(A') - p_2 = 1.5$, donc $p_1 = -p_2 = 1.5$
- localement équitable: on rééquilibre parfaitement l'utilité des agents (non compatible rationnel!)
  $u_1(A') - p_1 = 2.5$, $u_2(A') - p_2 = 2.5$, donc $p_1 = -p_2 = -0.5$
- rationnellement équitable: on rééquilibre du mieux possible en respectant les contraintes de rationalité
  $u_1(A') - p_1 = 3 + \epsilon$, $u_2(A') - p_2 = 2 - \epsilon$, donc $p_1 = -p_2 = -1 - \epsilon$

# Conclusion

# Conclusion

La négociation est un problème riche et complexe qui implique de nombreuses thématiques du thème IAF:

- ▷ représentation des connaissances, des préférences;
- ▷ problèmes stratégiques, de manipulation (liens avec la théorie des jeux);
- ▷ gestion de l'incertain et de l'ignorance (par ex. connaissance incertaine/partielle sur les lots détenus par les autres agents dans le cadre de l'allocation de ressource);
- ▷ gestion des croyances mutuelles (logiques modales), des engagements des agents;
- ▷ traitement de données inconsistantes ou incomplètes (connaissances contradictoires des agents);
- ▷ problèmes algorithmiques complexes (par ex. maxmin dans le cadre de ressources indivisibles);
- ▷ problèmes de complexité (des problèmes de décision, mais aussi complexité de communication);
- ▷ ... et aussi contexte général (langage naturel, problème de confiance, etc.)