

# Un protocole de concessions monotones pour la formation distribuée de coalitions

Josselin Guéron & Grégory Bonnet

Université de Caen Normandie

28 Juin 2022

30ème Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents

## Exemple : gestion portuaire (ONE4YOU)

- Buts :
  - ▷ Fluidifier le trafic du port
  - ▷ Recommander des actions
  - ▷ Former des groupes (coalitions) pour certaines tâches
- Plusieurs problèmes :
  - ▷ Grand nombre d'agents et d'actions : brute-force impossible
  - ▷ Environnement stochastique et dynamique
  - ▷ Difficultés à modéliser les utilités

## Problématiques

- Réduire le nombre de structures de coalitions explorées
  - ▷ Le treillis des structures croît exponentiellement
- S'affranchir de la centralisation
  - ▷ Résolution distribuée plus adéquate
  - ▷ Ouvre la porte à la décentralisation totale

## Définition

Un jeu de coalitions est un couple  $(N, v)$

- Soit  $N = \{\text{blue}, \text{red}, \text{green}\}$  un ensemble d'agents. Nous appelons une **coalition**  $C$  tout sous-ensemble de  $N$  :

$(\text{blue}, \text{red}, \text{green}), (\text{blue}, \text{green})$  et  $(\text{red})$  sont des coalitions possibles.

- Soit  $v$  la **fonction caractéristique** qui est une fonction associant à toute coalition son utilité réelle :

$$v = \{(\text{blue}) = 0.83; (\text{red}) = 0.74; (\text{green}) = 0.04$$
$$(\text{blue}, \text{red}) = 5.02; (\text{blue}, \text{green}) = 0.81; (\text{red}, \text{green}) = 2.51$$
$$(\text{blue}, \text{red}, \text{green}) = 2.65; (\emptyset) = 0\}$$

## Définition

Une solution à un jeu de coalitions est un couple  $(\mathcal{C}, \vec{x})$

- Soit  $\mathcal{C}$  une **structure de coalitions**, c'est-à-dire un ensemble de coalitions tel que l'union des coalitions contienne tous les agents et leur intersection est vide.

$$\mathcal{C} = \left[ \left( \begin{array}{c} \text{●} \\ \text{●} \\ \text{●} \end{array} \right); \left( \begin{array}{c} \text{●} \\ \text{●} \end{array} \right), \left( \begin{array}{c} \text{●} \\ \text{●} \end{array} \right) \right] \text{ est une structure possible.}$$

- Soit  $\vec{x} = (x_{\text{blue}}, x_{\text{red}}, x_{\text{green}})$  est un **vecteur de gain** où  $x_{\text{col}}$  représente le gain de l'agent de couleur  $\text{col}$ , c'est-à-dire le partage de l'utilité de la coalition dont il est membre.

$$\vec{x} = (0.83, 2.01, 0.50)$$

Tous les couples  $(\mathcal{C}, \vec{x})$  sont-ils acceptables par tous les agents ?

## Définition

Un **concept de solutions** est l'ensemble des solutions possibles à un jeu de coalitions satisfaisant une contrainte de **stabilité** et d'**optimalité**

## Exemples (très informels)

- Cœur : aucune déviation gloutonne possible

$$\triangleright \mathcal{C} = \left[ \begin{array}{c} (\text{blue}, \text{red}); (\text{green}) \end{array} \right]$$

$$\triangleright \vec{x} = (1.00, 4.02, 0.04)$$

- Noyau : aucune exigence possible entre agents

$$\triangleright \mathcal{C} = \left[ \begin{array}{c} (\text{blue}); (\text{red}); (\text{green}) \end{array} \right]$$

$$\triangleright \vec{x} = (0.83, 0.74, 0.04)$$

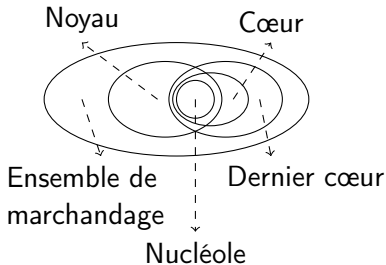
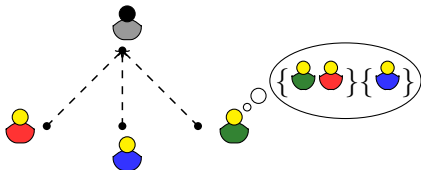


Figure – Inclusions entre concepts

# Approches par négociations

- Estimation des utilités
  - ▷ Communication ciblée entre agents
  - ▷ Approches heuristiques
  - ▷ Minimisation des erreurs d'attribution de ressources
- Établissement des préférences
- Négociations (souvent avec commissaire-priseur)



## Quelle approche choisir ?

- ▷ La moins contextuelle possible
- ▷ La moins centralisée possible (sans commissaire-priseur par ex.)

## Protocole de concessions monotones<sup>a</sup>

a. Ulle Endriss. Monotonic concession protocols for multilateral negotiation.  
*Proc. of 5th AAMAS*, p. 392-399, 2006

- 1 Chaque agent fait une proposition initiale
- 2 À chaque tour suivant, chaque agent doit soit *concéder* soit *garder sa proposition*
- 3 Ceci est répété jusqu'à ce qu'un *conflit* émerge ou qu'un *accord* soit trouvé

## Exemple

	$x_{\text{blue}}$	$x_{\text{red}}$	$x_{\text{green}}$
$p_{\text{blue}}$	2.51	2.51	0.04
$p_{\text{red}}$	1.00	4.02	0.04
$p_{\text{green}}$	0.83	2.01	0.50

- ▷  $p_i$  : proposition de l'agent  $i$
- ▷  $x_j$  : gain de l'agent  $j$

# Comment choisir le concédant ?

## Stratégie de concession

- Volonté à la prise de risque (WRC)

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{if } x_i(p_i) = 0 \\ \frac{x_i(p_i) - \min\{x_i(p_k) \mid k \in N\}}{x_i(p_i)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

- Intuition :
  - ▷ Évaluer les propositions des autres pour soi
  - ▷ Moins il y a de différence, moins il y a de risques
  - ▷ Si ce risque est minimal parmi tous, concéder







	$x_{\text{blue}}$	$x_{\text{red}}$	$x_{\text{green}}$	WRC
$p_{\text{blue}}$	2.51	2.51	0.04	0.67
$p_{\text{red}}$	1.00	4.02	0.04	<u>0.5</u>
$p_{\text{green}}$	0.83	2.01	0.50	0.92



## Types de concession

- **Fort** : le gain de tous les autres agents croît,
- **Faible** : le gain d'un autre agent croît,
- **Pareto** : le gain des autres agents reste au moins égal, et croît pour au moins un,
- **Égalitaire** : le gain minimal des autres croît,
- **Utilitaire** : la somme des gains des autres croît,
- **Nash** : le produit des gains des autres croît,
- **Égoцентриque** : le gain du concédant décroît.

# Exemple de concessions typées

	$x$ 	$x$ 	$x$ 
$p$ 	2.51	2.51	0.04
$p$ 	1.00	4.02	0.04
$p$ 	0.83	2.01	0.50

$p_i \rightarrow p_j$	Fort	Fai.	Par.	Éga.	Uti.	Nash	Égo.
$p$  $\rightarrow$ $p$ 	<b>X</b>	✓	✓	<b>X</b>	✓	✓	✓
$p$  $\rightarrow$ $p$ 	<b>X</b>	✓	<b>X</b>	✓	<b>X</b>	✓	✓
$p$  $\rightarrow$ $p$ 	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## Ce qui change

- Les propositions
    - ▷ Ajout d'une structure de coalitions (équivalent à une Solution)
- ex. :  $p_{\text{yellow}} = \left( \left[ (\text{blue}, \text{red}); (\text{green}) \right], (2.51, 2.51, 0.04) \right)$
- Règle de distribution des gains (absente chez Endriss)
    - ▷ Égalitaire (part égale, valeur de solidarité)
    - ▷ Équitable (Shapley, Banzhaf)
  - Les stratégies
    - ▷ Ajout de stratégies adaptées aux structures de coalitions

## Ce qui ne change pas

- Les types de concessions
  - ▷ Indépendants des structures de coalitions
- Les stratégies
  - ▷ Peuvent ne pas prendre en compte les structures de coalitions

## Surplus d'une coalition $C$

$$S_C = v(C) - \sum_{a \in C} v(a)$$

## Part de surplus d'un agent

La *part de surplus*  $S_C^{a_i}$  d'un agent  $a_i$  dans sa coalition  $C$ , est le surplus de  $C$  divisé par son nombre d'agents :

$$S_C^{a_i} = \frac{S_C}{|C|}$$

## Règle de distribution

Le gain de l'agent  $a_i$  appartenant à la coalition  $C$  avec un surplus  $S_C > 0$  est défini comme :

$$x_{a_i}^C = v(\{a_i\}) + S_C^{a_i}$$

# Adaptation du protocole au cadre distribué

- 1 Calcul du surplus des coalitions
  - ▷ Différence entre l'utilité de la coalition et la somme des utilités des coalitions singleton des agents la composant
- 2 Élagage des structures
  - ▷ Si une structure possède une coalition dont le surplus est négatif, elle est alors placée sur *liste noire*, et ne pourra plus être choisie
- 3 Choix d'une coalition : exploitation gloutonne individuelle
- 4 Choix d'une structure : exploitation gloutonne collective
- 5 Calcul du vecteur de gain : répartition **égalitaire** du surplus
- 6 Concession ou persistance : déterminé par la stratégie
  - ▷ un agent qui concède place la structure sur liste noire
  - ▷ si une coalition ne peut être formée que par des structures sur liste noire, alors la coalition est elle-même placée sur liste noire
- 7 Répéter jusqu'à un accord, un conflit ou aucun choix restant <sup>1</sup>

---

1. A priori impossible du fait de la structure composée de singletons

## Deux adaptations

- WRC-Coalitions

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{si } x_{C_i}(p_i) = v(\{x_i\}) \\ \frac{x_{C_i}(p_i) - \min_{\forall j \in N} x_{C_i}(p_j)}{x_{C_i}(p_i)} & \text{sinon} \end{cases}$$

- WRC-Surplus

$$Z_i = \begin{cases} 1 & \text{si } S_{C_i}(p_i) = 0 \\ \frac{S_{C_i}(p_i) - \min_{\forall j \in N} S_{C_i}(p_j)}{S_{C_i}(p_i)} & \text{sinon} \end{cases}$$

## Paramètres

- 100 fonctions caractéristiques différentes (structure NDCS)
- 8 agents
- Tout couple (Type, Stratégie) pour :
  - ▷ Les 7 types de concession
  - ▷ Les 3 stratégies : WRC-Classic, WRC-Coalitions, WRC-Surplus

## Métriques

- Ratio au dernier cœur : comparaison à l'optimal du jeu
- Ratio à l'optimal-protocole : comparaison à l'optimal selon notre règle de distribution
- Prix de la stabilité : pertes de bien-être social dans la recherche de stabilité
- Ratio de Bell : taux de structures de coalitions explorées

# Résultats : exemple de lecture

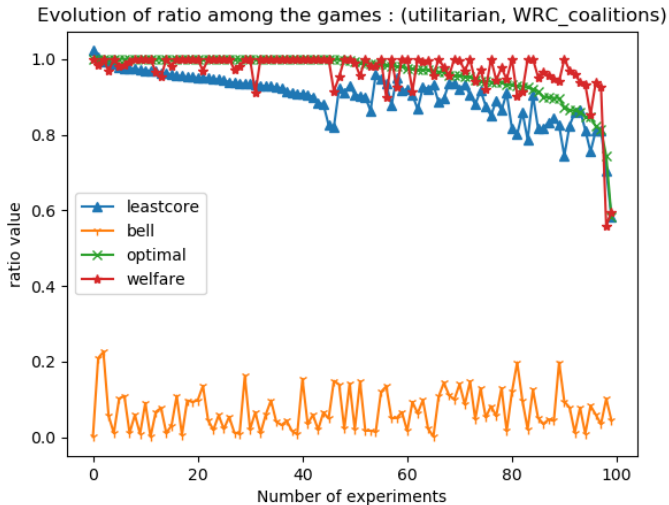
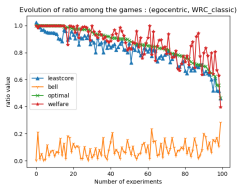


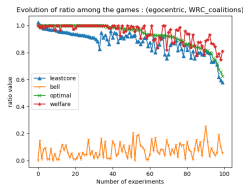
Figure – Résultats pour (Utilitaire / WRC-Coalitions)



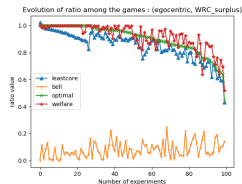
# Résultats (1)



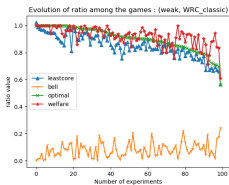
(a) Égo. / WRC-Class.



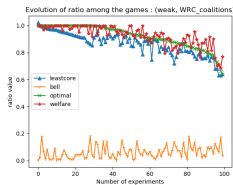
(b) Égo. / WRC-Coal.



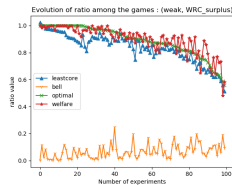
(c) Égo. / WRC-Surp.



(d) Faible / WRC-Class.

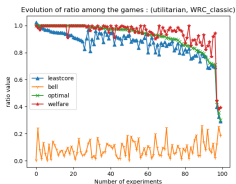


(e) Faible / WRC-Coal.

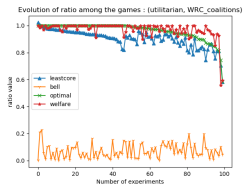


(f) Faible / WRC-Surp.

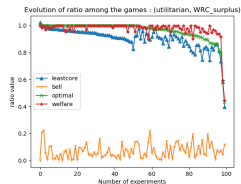
# Résultats (2)



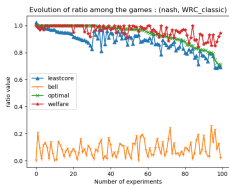
(a) Util. / WRC-Class.



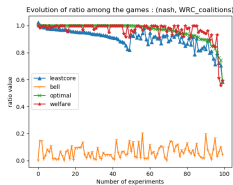
(b) Util. / WRC-Coal.



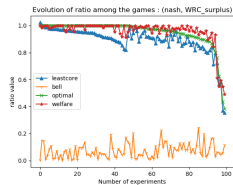
(c) Util. / WRC-Surp.



(d) Nash / WRC-Class.

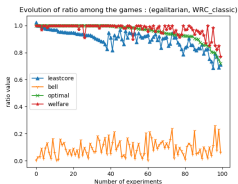


(e) Nash / WRC-Coal.

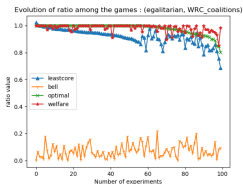


(f) Nash / WRC-Surp.

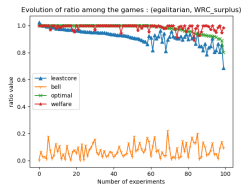
# Résultats (3)



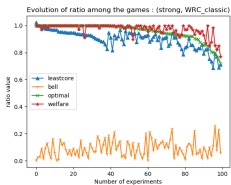
(a) Éga. / WRC-Class.



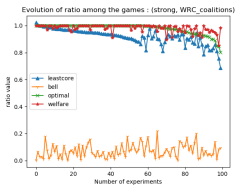
(b) Éga. / WRC-Coal.



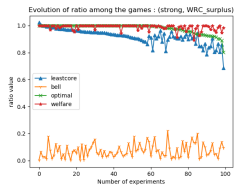
(c) Éga. / WRC-Surp.



(d) Fort / WRC-Class.

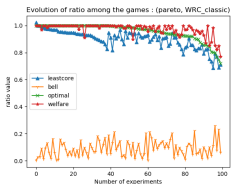


(e) Fort / WRC-Coal.

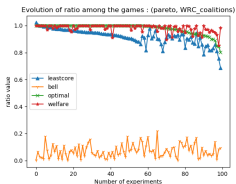


(f) Fort / WRC-Surp.

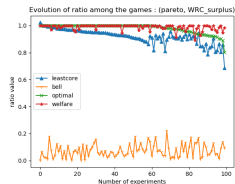
# Résultats (4)



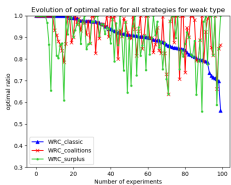
(a) Pareto / WRC-Class.



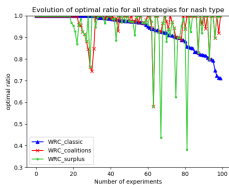
(b) Pareto / WRC-Coal.



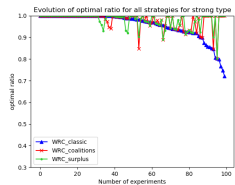
(c) Pareto / WRC-Surp.



(d) Faible



(e) Nash



(f) Fort

## Conclusions

- Comme attendu, la distribution entraîne des pertes sur certains aspects de la formation de coalitions
- Les stratégies adaptées sont plus performantes (pertes de 30%)
- Léger avantage à WRC-Coalitions
- Types *fort*, *pareto* et *égalitaire* meilleurs

## Perspectives

- Tester une autre règle de distribution (Shapley par ex.)
- Décentraliser le protocole (confidentialité requise)
- Augmenter le nombre d'agents