

# Smart Grid : théorie des jeux

## Jeux stratégiques et réseaux de jeux

G. Guérard<sup>1</sup>

<sup>1</sup>PRiSM  
UVSQ

28 novembre 2011

# Sommaire

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
  
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

## Modularité et Localité.

- Basic Building Blocks : sous-systèmes et comportements locaux.
- Localité : interaction entre les modules.
- Théorie des jeux : interaction entre chaque composante.

# Notions de jeux stratégiques

- Jeux stratégiques : joueurs rationnels avec stratégies.
- Résultat : obtenu par une configuration, en calculant les gains.
- Modélisation : décision simultanée en connaissance des informations du jeu.

## Equilibre de Nash pur

$R/J$	$T_J$	$O_J$
$T_R$	◀ (3, 2) ▶	(1, 1)
$O_R$	(0, 0)	◀ (2, 3) ▶

- Meilleure réponse.
- Stratégies fortement dominées.

## Equilibre de Nash mixte

$R/J$	$\sigma_J[T_J] = \frac{5}{6}$	$\sigma_J[O_J] = \frac{1}{6}$
$\sigma_R[T_R] = \frac{1}{3}$	$\frac{5}{18} \times (3, 2) = \boxed{\left(\frac{5}{6}, \frac{5}{9}\right)}$	$\frac{1}{18} \times (2, 1) = \boxed{\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{18}\right)}$
$\sigma_R[O_R] = \frac{2}{3}$	$\frac{5}{9} \times (0, 0) = \boxed{(0, 0)}$	$\frac{1}{9} \times (1, 3) = \boxed{\left(\frac{1}{9}, \frac{1}{3}\right)}$

- Coefficients de probabilités : système d'équations.
- Problème NP-Complet.

# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids



## Interactions locales

- Localité interne : réorganiser un jeu en fonction des interactions locales.
- ① Analyse : propriétés locales et modularité du système.
- ② Taille du modèle : éviter les redondances et réduire la taille du modèle.
- ③ Equilibres : diminuer la complexité du système.

# Dépendance

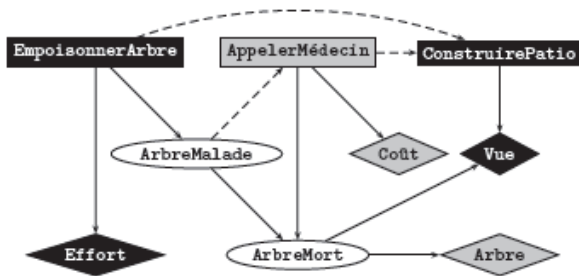
- Critère de cible : éléments reliés par la notion de dépendance.
  - ① Dépendance d'actions : choix local d'après l'arbre de décision.
  - ② Dépendance d'agents : influence d'un agent sur les autres joueurs.
- Critère de calcul : méthode pour calculer la dépendance.
  - ① Dépendance par stratégies : stratégie dominante et meilleure réponse en fonction des autres joueurs.
  - ② Dépendance par gains : gains d'un agent en fonction des autres joueurs.

# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - **Exemples**
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

## Actions par stratégies : MAIDs

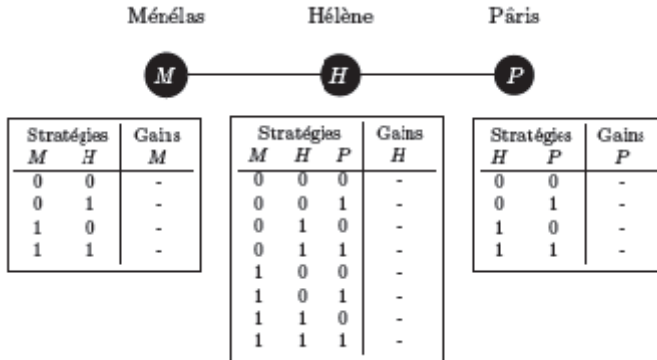
Alice, son patio et l'arbre de Bob



Ovales : variable de chance ; Rectangles : variables de décision ;  
Losanges : variables de gain ; Trait : dépendance d'action ;  
Pointillé : axe d'observation.

# Agents par gains : GGs

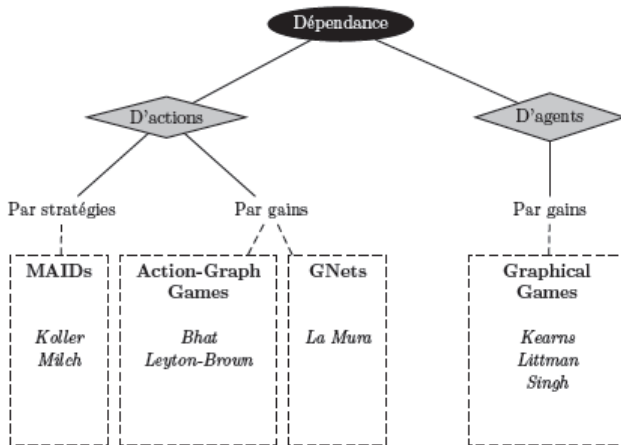
La guerre de Troie : Hélène, l'épouse du roi Ménélas, a été enlevée par Pâris, le Troyen. Ménélas recherche sa femme. Pâris veut la garder captive.



# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

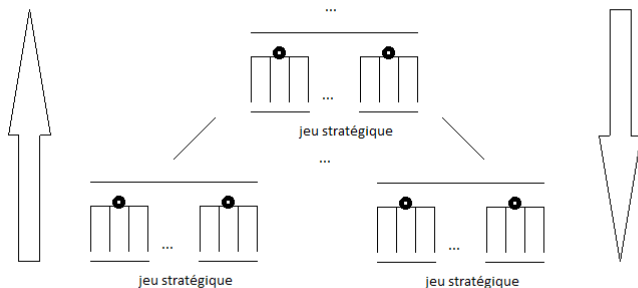
# Vue d'ensemble



# Modélisation Smart Grids

Remonté de données vers un équilibre globale

Ajustement de l'offre et de la demande



Voisinage restreint par la structure du réseaux : un jeu stratégique par agent



# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

# Introduction

- Jeux stratégiques : les joueurs peuvent participer à plusieurs jeux simultanément.
- Interactions locales : modélisées par un jeu.
  - Groupe d'interactions : interactions locales entre un joueur et des groupes de joueurs.
  - Localité : déduite directement de la structure du réseau.
  - Pas de jeu = pas d'interaction locale.

## Gain

- Joueur : autant de gain que de jeux.
- Configuration d'équilibre : maximiser les gains dans chacun des jeux.
  - Conflit : incompatibilité des stratégies d'un joueur dans les différents jeux.
  - Equilibre local : équilibre de Nash des jeux du réseau.
  - Equilibre globale : équilibre pour tous les joueurs, dans tous les jeux.

## Equilibres globaux à partir des locaux

- Règle de la stratégie unique :

  - 1 Extension : configuration locale considérée comme une configuration globale.
  - 2 Compatibilité : même stratégie des joueurs communs entre deux jeux.
  - 3 Composition : réunion des équilibres locaux compatibles.

## Localité et dépendance

- Localité : structure du réseau.
- Dépendance : les agents influençant un joueur donné.
- Théorie des réseaux de jeux :
  - Dépendance s'il existe un jeu où les agents sont dépendants.
  - Deux réseaux de même dépendance n'incluent pas de même jeu.
  - L'équilibre découle des dépendances.
  - Agents auto-indépendants : équilibre de Nash mixte.

## Réseau équivalent

- Les réseaux doivent faire intervenir les mêmes joueurs
- Chaque joueur doit avoir les mêmes stratégies dans les deux réseaux,
- Les équilibres globaux des deux réseaux doivent être identiques.
- Un réseau peut être modifié tout en restant équivalent

# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - **Normalisation**
  - Applications aux Smart Grids

## Modification de la structure

- 1 Opérateurs structuraux : nouvelle table de gains
  - 1 Ajout : réduction du nombre d'équilibres.
  - 2 Suppression : augmentation du nombre d'équilibres.
  - 3 Substitution : recherche d'équilibre évident.
- 2 Opérateurs d'observation : gain à partir des anciens jeux
  - 1 Jointure : deux jeux réunis en un.
  - 2 Séparation : un jeu séparé en deux.



## Forme normal : principe

- Structure = forme normale, capturer les interactions locales élémentaires du réseau.
- Jeu = module élémentaire, un des joueurs dépend des autres joueurs du jeu.
- Normaliser un réseau :
  - Recherche d'une forme normale équivalente conservant les dépendances.
  - La forme normale est non unique.

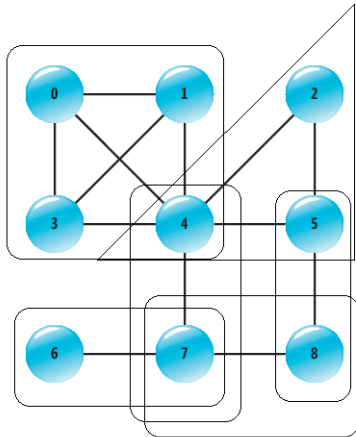
# Algorithme de normalisation

- 1 Calcul de la structure, création des modules élémentaires.
- 2 Attribution des gains.
- 3 Reconstruction du réseau initial.

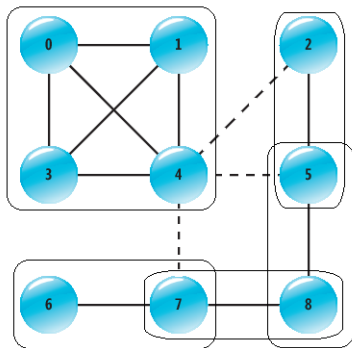
# Lignes directrices

- 1 Théorie des jeux
  - Définitions et propriétés
  - Modélisation des systèmes complexes
  - Exemples
  - Vue d'ensemble et Smart Grids
- 2 Théorie des réseaux de jeux
  - Définitions et propriétés
  - Normalisation
  - Applications aux Smart Grids

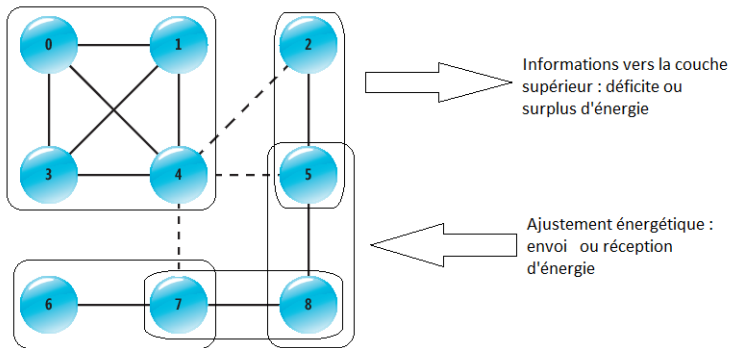
## Réseaux de jeu à l'échelle locale



# Attribution des gains et microgrids



## Bottom Up



# Résumé

- Les réseaux de jeux permettent de modéliser les systèmes complexes.
- La normalisation est une étape importante dans l'optimisation d'un réseau.
- Les outils présentés permettent au réseau d'évoluer sans devoir créer une nouvelle simulation.
- Perspectives
  - Développer la théorie des réseaux de jeux afin de modéliser un Smart Grid.
  - Modéliser une structure existante et ajuster la théorie à la pratique.