

$$W(\alpha, x, \xi) \Rightarrow \max$$

## ***Séminaire Mathématique de Béjaïa (LaMOS)***

**Revue Spécialisée de Mathématiques et Applications**

*Compte rendu des séances  
2017-2018*



*Pr. Célestin Kokonendji (Centre Afrique et Besançon) et Pr. Zahir Mohdeb (Constantine).*

Sous la direction de Pr. Djamil Aïssani et Dr. Kamal Kabyl



Publication et Edition

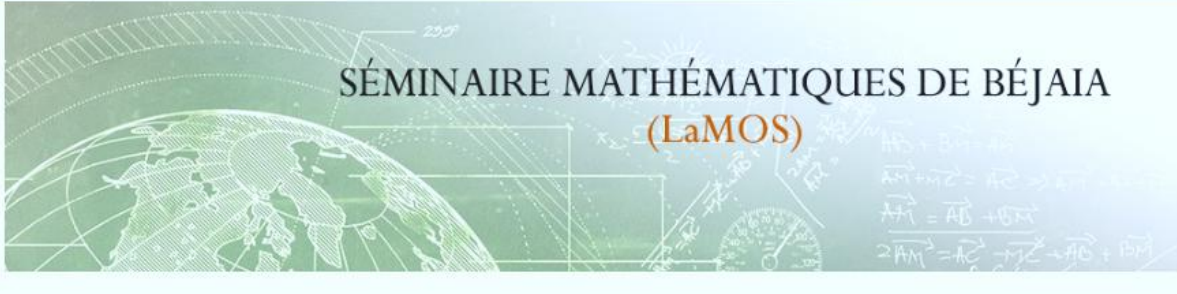
LaMOS Research Unit  
University of Béjaïa

<http://www.lamos.org>

Volume 17  
Béjaïa 2017

ISSN : 1112 - 9433  
E – ISSN : 2800 - 1214





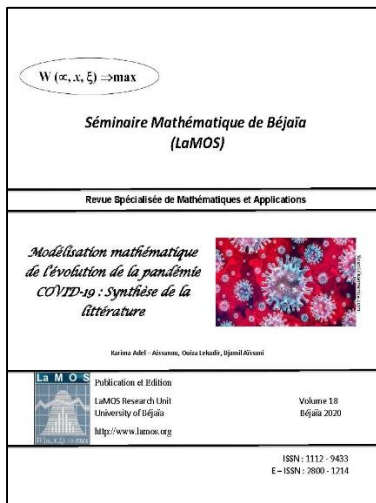
## Revue spécialisée de Mathématiques et Applications

ISSN : 1112 – 9433. E – ISSN : 2800 - 1214

La revue «*Séminaire Mathématique de Béjaïa (LaMOS)*» est éditée par l'Unité de Recherche LaMOS – Université de Béjaïa.

University of Bejaia, Targua Ouzamour, 06000, Algeria

E-Mail: [lamos\\_bejaia@hotmail.com](mailto:lamos_bejaia@hotmail.com)



### Editor (Directeur de la publication) :

Pr Djamil Aïssani, Director of the Research Unit **LaMOS**

### Editorial Board :

Pr Mohamed Saïd Radjef, Chef de la Division, ADRO

Pr Smail Adjabi, Chef de la Division, MS2P

Pr Bibi Mohand Ouamer, Chef de l'équipe OCO

Pr Louiza Bouallouche, Chef de l'équipe EPSIRT

Pr Redouane Laggoune, Chef de l'équipe MSF

Dr Rabah Medjoudj, Chef de l'équipe FSE2

Pr Mohamed Boualem, Chef de l'équipe SR2

Pr Karim Abbas, Chef de l'équipe MAPPS

Dr Fazia Rahmoune, Chef du Département RO

Dr Kamal Kabyl, Responsable du Séminaire SMB

Fondation : année 2002. Dépôt légal : 934 - 2003

### Présentation :

La revue «*Séminaire Mathématiques de Béjaïa (LaMOS)*» est une revue spécialisée de mathématiques et applications. Fondée en 2002, elle paraît une fois par an.

Elle édite les Comptes Rendus annuels du Séminaire Hebdomadaire de l'Unité de Recherche **LaMOS**. Elle peut également éditer des Actes de congrès, ou bien des monographies.

Depuis sa parution, près de 200 textes ont été édités. Ainsi, cette année 2020, sont parus un numéro spécial sur les «*modèles mathématiques et évolution de la pandémie COVID-19*» (Volume 18), ainsi que la monographie «*Approximations dans les Modèles Stochastiques*» (245 pages). Les textes sont reviewés par les membres du comité éditorial.

ISSN : 1112 – 9433. E – ISSN : 2800 - 1214

Copyright : Séminaire Mathématique de Béjaïa (LaMOS)

Date : 2018



**Séminaire Mathématique de Béjaïa.****Responsable :** Dr KAMAL KABYL.**Adresse :** Unité de Recherche LaMOS (Modélisation et Optimisation des Systèmes).

Université de Béjaïa, Route Targa Ouzamour, 06000 (Algérie).

Tel/Fax : (213) 34 81 37 09.

E-mail : lamos \_ Bejaia@hotmail.com

©Publications de l'Unité de Recherche LaMOS, 2017.

Tous droits de traduction, de reproduction  
et d'adaptation réservés pour tous les pays.**ISSN :** 1112 - 9433**E - ISSN :** 2800 - 1214**Dépôt légal :** 934 - 2003

---

# Table des matières

---

## partie I Méthodes Cybernétiques et Optimisation

---

### 1 Analyse par les jeux des comportements stratégiques dans les systèmes d'attente non fiables

*K. MEZIANI et M.S. RADJEF* ..... 3

### 2 Méthodes de Résolution des Modèles Linéaires Mixtes en Nombres Entiers

*S. KENDI et M.S. RADJEF* ..... 7

---

## partie II Evaluation des performances

---

### 3 Clustering, Jeux et Contraintes

*K. BOUCHAMA et M.S. RADJEF* ..... 13

### 4 Sur les nouvelles versions de la norme IEEE 802.15.4 dans les réseaux de capteurs sans fil

*L. ALKAMA et L. BOUALLOUCHE* ..... 17

---

## partie III Processus Aléatoires et Applications

---

### 5 Sur l'approche de Stabilité forte des Modèles Stochastiques

*O. LEKADIR* ..... 23

---

## partie IV Contrôle Statistique de la Qualité

---

### 6 Les Modèles Mathématiques dans la radio cognitive

*K. ADEL-AISSANOU* ..... 31

---

## partie V Index des Auteurs

---

**Index** ..... 37



**Première partie**

---

**Méthodes Cybernétiques et Optimisation**





# 1

---

## **Analyse par les jeux des comportements stratégiques dans les systèmes d'attente non fiables**

K. MEZIANI et M.S. RADJEF

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

### **1.1 Introduction**

Aujourd'hui, la littérature sur le comportement des clients et serveurs dans les systèmes de files d'attente est très riche, notamment il y a un nombre croissant d'article qui traitent l'analyse du comportement des clients et des serveurs d'un point de vue économique. En générale, dans les modèles de files d'attente Markoviennes étudiées via la théorie des jeux, on peut distinguer deux type de travaux, des travaux qui considèrent que les clients sont les joueurs, et d'autres travaux qui considèrent que les joueurs sont les serveurs.

L'étude des systèmes de files d'attente Markoviennes sous une perspective " théorie des jeux " a été lancée par Naor en 1969 [8] qui a étudié une file d'attente M/M/1 avec une structure récompense-coût où l'état du système est totalement observable. Son travail a été complété par Edelson et Hildebrand en 1975 [3] qui ont considéré le même système de file d'attente mais supposé que les clients prennent leurs décisions sans être informées au sujet de l'état du système. Depuis, il y a un nombre de plus en plus important de papiers qui traitent l'analyse économique du comportement des clients ou des serveurs dans les variantes des files d'attente Markoviennes.

Les premiers travaux sur la concurrence entre les serveurs dans les modèles de files d'attente reviennent à Luski (1976) [7] et Levhari et Luski (1978) [5]. Les auteurs de ces deux travaux ont considéré un modèle de concurrence en prix entre deux serveurs avec des systèmes d'attente Markoviens non observables. Dans ce modèles les clients ont trois alternatives, choisir le serveur 1, choisir le serveur 2 ou choisir à ne pas entrer à l'un des serveurs.

La fiabilité des serveurs dans les files d'attente a une influence abondante sur les caractéristiques du système, donc l'étude de tels systèmes est indubitablement très importante pour des applications pratiques. Pour cela, Il est intéressant de préciser qu'il y a certaines recherches récentes qui étudient les modèle de files d'attente Markoviennes non fiable d'un point de vue économique (dans l'aspect de la théorie de jeux).

Parmi ces travaux, on trouve le travail de Economou et Kanta (2008) [4] qui ont résolu une extension du modèle de Naor (1969) [8] qui est une file d'attente alternant entre deux périodes ON et OFF, où ils tenaient compte que de deux type d'information (Totalement observable et Presque observable). Par la suite Li et al. (2014) [6] complètent l'étude du problème non résolue par Economou et Kanta (2008) [4] dans les cas totalement non-observable et presque non-observable. Wang et Zhang (2011) [10] généralisent le modèle [8] en supposant que le temps de réparation se compose de deux phases, ie : les auteurs supposent que le serveur défaillant connaîtra un temps retardé distribué exponentiellement avant qu'il commence le processus de réparation.

Dans le contexte de la concurrence entre les serveurs non fiables dans les systèmes des files d'attente, on trouve qu'il y a que deux travaux. Tran et al. (2013) [8] étudient le contrôle d'accès au spectre des réseaux de radio cognitive fondé sur les stratégies de prix, et Do et al. (2014) [3] étudient l'effet de prix sur les comportements des utilisateurs secondaires (clients) à l'équilibre qui sont desservies par une station de base de Radio Cognitive (serveur) où ils ont présenté cette situation de concurrence des prix entre deux stations de base comme un jeu de prix. Par la suite, le comportement coopératif entre les stations de base est modélisé comme un jeu de négociation.

## 1.2 Modèle

Nous avons présenté une étude sur les comportements stratégiques dans un système d'attente non fiable qui modélise une situation de concurrence entre deux stations de bases dans un réseaux radio cognitive [2]. Do et al. (2014) [2] étudient l'effet de prix sur les comportements des utilisateurs secondaires (clients) qui sont desservies par une station de base de Radio Cognitive (serveur). Du point de vue de la Station de base, les auteurs considèrent deux marchés de duopole sur la bases de deux paradigme : l'accès dynamique du spectre opportuniste (O-DSA) et l'accès dynamique du spectre dédié (D-DSA), avec les effets de coopération et non-coopération.

Le modèle d'utilisation du spectre est basé sur le modèle M/G/1 avec serveur non fiable, où les arrivées se font par un processus de Poisson et les temps de service indépendants et identiquement distribués selon une loi de probabilités quelconque.

## 1.3 Objectif

L'objectif est de construire un modèle de jeu correspondant aux différentes hypothèses du système d'attente considéré, et l'analyse des interactions et des comportements stratégiques des clients et des serveurs en tenant compte de leurs objectifs dans ce système où chacun des serveurs fixent un prix d'admission afin de maximiser leurs revenus. l'objectif final sera de trouver les équilibres de Nash qui repond à cette situation.

## Références

1. Do, Cuong T., Nguyen H. Tran, Zhu Han, Long Bao Le, Sungwon Lee, and Choong Seon Hong, "Optimal pricing for duopoly in cognitive radio networks : cooperate or not cooperate ?" *IEEE Transactions on Wireless Communications* 13(5) (2014) 2574-2587.
2. Edelson, N.M. and D.K. Hildebrand "Congestion tolls for Poisson queueing processes," *Econometrica* 43, (1975) 81-92.
3. Economou, Antonis and Spyridoula Kanta, "Equilibrium balking strategies in the observable single-server queue with breakdowns and repairs," *Operations Research Letters* 36 (2008) 696-699.
4. Levhari, D. and I. Luski "Duopoly pricing and waiting lines," *European Economic Review* 11, (1978) 17-35.
5. Li, Xiangyu, Jinting Wang, and Feng Zhang, "New results on equilibrium balking strategies in the single-server queue with breakdowns and repairs," *Applied Mathematics and Computation* 241 (2014) 380-388.
6. Luski, I. "On partial equilibrium in a queueing system with two servers," *The Review of Economic Studies* 43, (1976) 519-525.
7. Naor, P. "The regulation of queue size by levying tolls," *Econometrica* 37, (1969) 15-24.
8. Tran, Nguyen H., Choong Seon Hong, Zhu Han, and Sungwon Lee, "Optimal pricing effect on equilibrium behaviors of delay-sensitive users in cognitive radio networks," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications* 31(11) (2013) 2566-2579.
9. Wang, Jinting and Feng Zhang, "Equilibrium analysis of the observable queues with balking and delayed repairs," *Applied Mathematics and Computation* 218 (2011) 2716-2729.



## 2

---

# Méthodes de Résolution des Modèles Linéaires Mixtes en Nombres Entiers

S. KENDI et M.S. RADJEF

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

## Introduction

L'optimisation combinatoire définit un cadre formel pour de nombreux problèmes de de l'industrie, de la finance ou de la vie quotidienne. On qualifie généralement de "combinatoires" les problèmes dont la résolution se heurte à une explosion du nombre de combinaisons à explorer. C'est le cas par exemple lorsque l'on cherche à concevoir un emploi du temps.

Les problèmes d'optimisation combinatoire peuvent s'avérer très difficiles à résoudre bien qu'ils soient généralement faciles à formaliser.

## 2.1 Problèmes combinatoires et complexité

Les problèmes d'optimisation combinatoire sont des problèmes où toutes (ou une partie) des variables appartiennent à l'ensemble des entiers (problème en nombres entiers ou problèmes d'optimisation mixtes en nombres entiers). Ce sont donc des problèmes d'optimisation dont les ensembles réalisables sont infini ou finis mais combinatoires.

Cette notion de "combinatoire" est formellement caractérisée par la théorie de la complexité qui propose une classification des problèmes en fonction de la complexité de leur résolution. Cette complexité est basée sur les travaux d'Edmonds (1962) [2] et de Cook (1971) [1]. Elle permet de classer un problème donné parmi les problèmes faciles ou difficiles.

### 2.1.1 Exemples issus de l'optimisation combinatoire

- Des problèmes combinatoires formulés grâce à des variables de décision (Stable dans un graphe, coloration de graphes, voyageur de commerce, ...).
- Des problèmes de consistance en logique propositionnelle ou en logique du premier ordre (Détection de pannes, puzzles, ...).
- Des problèmes mixtes (ordonnancements disjonctifs, Flow Shop, localisation, multiflots, gestion de production, ...).

## 2.2 Résolution des PL mixtes en nombres entiers

### 2.2.1 Méthodes exactes : Branch and Bound

- Vu la complexité des problèmes d'optimisation combinatoire, les approches de résolution proposées dans la littérature pour les résoudre utilisent la technique de relaxation.
- L'approche la plus connue faisant appel à la relaxation est certainement la méthode par séparation et évaluation, dite aussi "Branch and Bound".

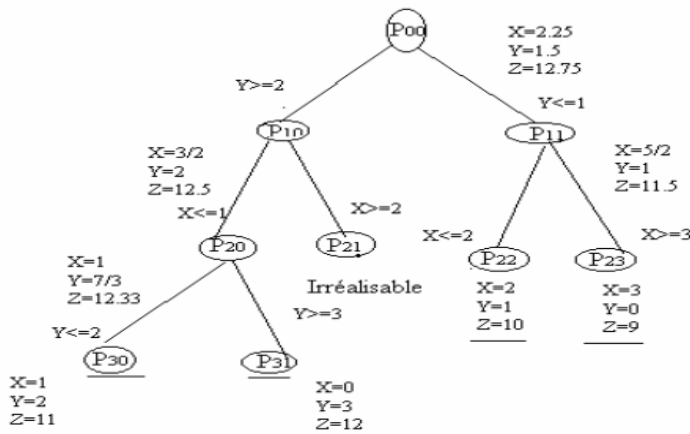


FIGURE 2.1. Méthode de Branch and Bound

### 2.2.2 Méthodes exactes : étude polyédrale

L'approche est initiée par Jack Edmonds en 1965 pour le problème du couplage.

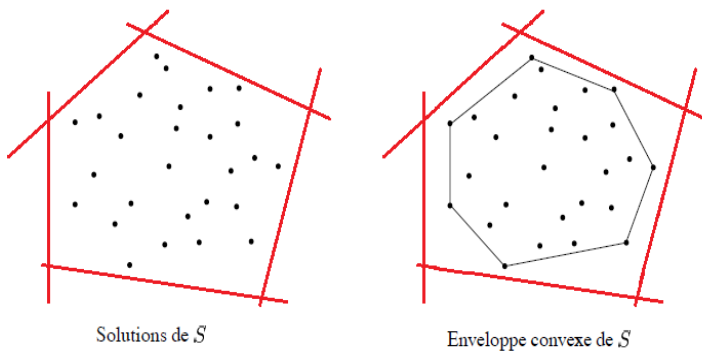


FIGURE 2.2. Enveloppe convexe des solution

### 2.2.3 Méthodes exactes : étude polyédrale

Difficulté : Le nombre de contraintes (facettes) du polyèdre des solutions peut être exponentiel.

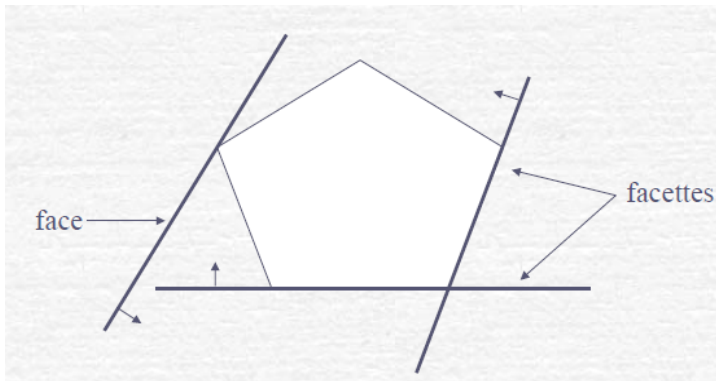


FIGURE 2.3. Polyèdres, faces et facettes

### 2.3 Etude d'un problème de localisation : position du problème

La programmation linéaire mixte prédomine dans la formulation des problèmes de planification de la production et de la distribution.

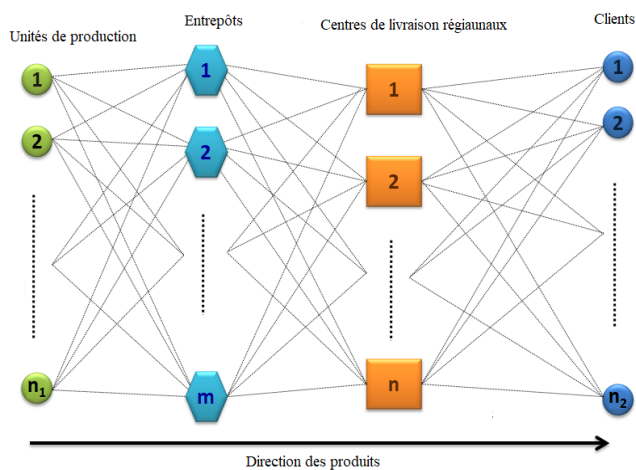


FIGURE 2.4. Réseaux de Production-Distribution

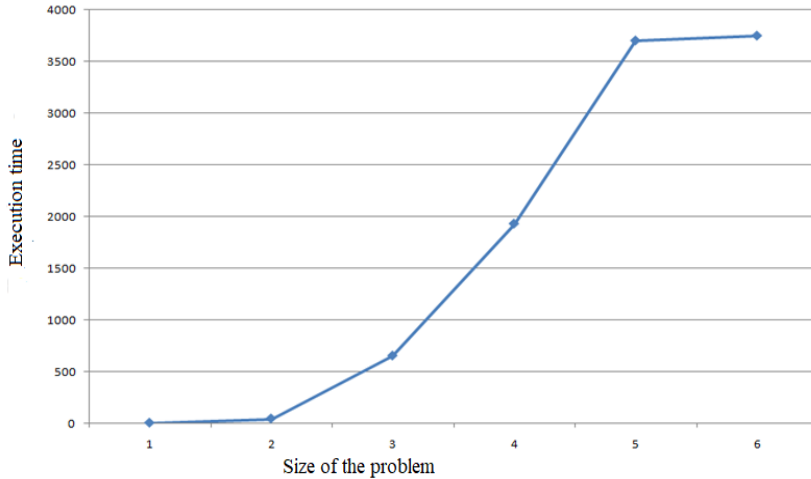


FIGURE 2.5. Le temps d'exécution en fonction de la taille du problème

### 2.3.1 Résolution du PL mixte

Nous constatons qu'une légère augmentation dans la taille du problème augmente considérablement le nombre de combinaisons à explorer de sorte que le temps de résolution devient excessivement long.

## Conclusion et perspectives

- Adaptation d'une méta-heuristique, à savoir les algorithmes de colonies d'abeilles, pour la résolution.
- Résolution avec la méthode exacte avec l'utilisation de techniques de réduction du temps de calcul (reformulation du problème initial, intervention au niveau de l'arbre de résolution, association d'heuristiques, etc).
- Résolution des sous problèmes résultant de l'application de la méthode de branch and bound avec les algorithmes de flot max à coût min, à la place du simplex pourrait peut être réduire le temps de calcul.

## Références

1. S.A. Cook. The complexity of theorem-proving procedures. In Proceedings 3rd Annual ACM Symposium on Theory of Computing, pages 151–158, New York, 1971. Association for Computing Machinery.
2. J. Edmonds. Covers and packings in a family of sets. Bull. American Mathematical Society, 68(5) :494–499, 1962.
3. M.R. Garey and D.S. Johnson. Computers and Intractability : A Guide to the Theory of NP-Completeness. W. H. Freeman and Company, New-York, 1979



## **Deuxième partie**

---

### **Evaluation des performances**



## 3

---

# Clustering, Jeux et Contraintes

K. BOUCHAMA et M.S. RADJEF

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

## 3.1 Introduction

Le travail que nous allons présenter dans ce rapport se trouve au carrefour de trois domaines : Le clustering, la théorie des jeux et la programmation par contraintes. La particularité de ces domaines est qu'ils sont liés deux à deux. Nous nous intéressons alors à la question suivante : comment exploiter au mieux ces liens pour définir une nouvelle méthodologie efficace de clustering, basée sur des éléments de la théorie des jeux, et dont la résolution se fera moyennant les outils de la programmation par contraintes ?

## 3.2 Clustering et Jeux

Le problème de clustering consiste à partitionner un ensemble de données (objets) en groupes (clusters) de façon à ce que les éléments appartenant à un même cluster soient similaires mais différentes des membres des autres clusters.

La première application des outils de la théorie des jeux au problème de clustering fait proposée par *S.R. Buló et al* dans [1], où les auteurs ont proposé un jeu noncoopératif évolutionnaire pour la représentation du problème de clustering avec similarités asymétriques entre les éléments à regrouper. Par la suite, ils ont prouvé que les clusters formés correspondent à des stratégies évolutionnairement stables.

Il a été établi dans [2] que l'approche des problèmes de clustering par la théorie des jeux a pour intérêt principale le surpassement de quelques limitations des approches par partitionnement, tels que le chevauchement de clusters, la connaissance au préalable du nombre de clusters à former, la détection des bruits, la symétrie des matrices de similarités, etc.

Toujours dans cette dynamique d'étude des liens entre la théorie des jeux et les problèmes de clustering, nous nous sommes fixé pour objectif dans ce travail, de ramener la résolution du

problème de clustering de données à la résolution d'un jeu de potentiel, dont l'existence d'au moins un équilibre de Nash pure est garantie, puis démontrer que cet équilibre correspondant à un clustering stable. Pour répondre à cet objectif, nous proposons le modèle suivant :

### 3.2.1 Un Jeu de Potentiel pour le Clustering de Données

Considérons les éléments suivants :

- $\mathcal{O} = \{o_1, \dots, o_n\}$ ,  $o_i \in \mathbb{R}^r$ ,  $i = \overline{1, n}$  un ensemble de  $n$  objets ;
- $\{C_1, \dots, C_k\}$ , l'ensemble des clusters à former à partir de  $\mathcal{O}$  ;
- $\{c_1, \dots, c_k\}$ , leurs centroids.

En se basant sur ces éléments, nous construisons le jeu non coopératif associé, comme suit :

- Associons à chaque objet  $o_i \in \mathcal{O}$ , un joueur  $i \in P$ .  $P = \{1, \dots, n\}$  est l'ensemble des joueurs.
- Considérons que l'ensemble des stratégies d'un joueur  $i \in P$  coïncide avec l'ensemble des clusters i.e  $S_i = \{C_1, \dots, C_k\}$ ,  $\forall i \in P$ .
- La fonction d'utilité que chaque joueur vise à minimiser est donnée par :

$$U_i^p(s_i, s_{-i}) = d(o_i, c_{s_i})^2 \times \alpha \quad (3.1)$$

Avec  $\alpha$  est un paramètre qui dépend des éléments de  $C_{s_i}$ .

Le jeu correspondant au problème de clustering est alors défini par :

$$G^p = \langle P, \{S_i\}_{i \in P}, \{U_i^p\}_{i \in P} \rangle. \quad (3.2)$$

### 3.2.2 Quelques Résultats Théoriques

- Le jeu de clustering  $G^p$  (3.2) est un jeu de potentiel ;
- Tout jeu de potentiel fini admet au moins un équilibre de Nash en stratégies pures (PNE) ;
- Le jeu de clustering  $G^p$  admet au moins un PNE ;
- Tout équilibre de Nash pure  $s^* \in S$  du jeu  $G^p$  correspond à une solution de clustering stable.

### 3.2.3 Résolution du Jeu de Clustering

Pour résoudre le jeu de clustering proposé, nous avons développé une nouvelle approche qui permet de rechercher un équilibre de Nash pure, en s'appuyant sur le concept de stratégies de meilleures réponses. La recherche d'une  $k$ -partition stable au sens de Nash de  $n$  objets est lancée à partir d'une solution de départ, obtenues en générant aléatoirement des centroids, puis en affectant les objets vers les centres de clusters les plus proches. Par la suite, une recherche des stratégies de meilleures réponses pour chacun des joueurs participant au jeu est faite. Si une telle stratégie existe pour un joueur et que celui-ci ne l'a pas encore choisie, ce dernier bascule vers cette stratégie, ce processus est répété jusqu'à ce qu'aucun joueur ne soit incité à modifier son choix. à ce moment là, nous aurons obtenu une issue qui correspond à un clustering stable.

### 3.2.4 Etude expérimentale

L'algorithme proposé a été implémenté puis testé sur une série de bases de données, et les résultats obtenus ont été comparés à ceux fournis par l'algorithme classique du k-means. Ces solutions ont été évaluées sur plusieurs critères. Il a été constaté que l'algorithme proposé est le plus performant sur la plupart des tests effectués. Cependant, il présente une complexité computationnelle exponentielle. Une de nos principales perspectives est de remédier à cette insuffisance en intégrant l'aspect programmation par contraintes à notre processus de résolution.

## 3.3 Jeux et Contraintes

La programmation par contraintes est une discipline qui permet de modéliser des problèmes combinatoires, en le réécrivant sous forme de contraintes à satisfaire. La résolution d'un problème de PPC est prise en charge par un solveur CSP adéquat.

Un CSP ( $\mathbf{P}$ ) défini par le triplet  $(X, D, C)$ , où

- $X = \{X_i, i = \overline{1, n}\}$  est l'ensemble des variables du CSP( $\mathcal{P}$ ).
- $D = \{D_i, i = \overline{1, n}\}$ ,  $D_i$  est le domaine associé à la variable  $X_i$  représentant l'ensemble de ses valeurs possibles.
- $C = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$  est l'ensemble des  $m$  contraintes du problème ( $\mathbf{P}$ ).

### 3.3.1 Exemple de Représentation d'un CSP par un Jeu Noncoopératif

La modélisation du CSP( $\mathcal{P}$ ) par un jeu noncoopératif à  $n$  joueurs se fera comme suit :

- Associons à chaque variable  $X_i$  un joueur  $i$ . Ainsi, on aura autant de joueurs que de variables. Notons alors par  $I = \{1, \dots, n\}$  l'ensemble de ces joueurs.
- L'ensemble  $S_i$  des stratégies pures du joueur  $i \in I$  est identifié à l'ensemble  $D_i$  des valeurs possibles de la variable  $X_i$ ,  $i \in I$ . Ainsi,  $S_i = D_i$ ,  $i \in I$ .
- Notons par  $R(i)$ , l'ensemble des contraintes de  $C$  liées à la variable  $X_i$ ,  $i \in I$ .  $r$ , désigne une contrainte du CSP( $\mathcal{P}$ ) et  $k(r)$ , son arité.  $x = (x_1, \dots, x_n) \in S = \prod_{i=1}^n S_i$ , une instantiation complète des  $n$ -variables du CSP( $\mathcal{P}$ ).

Soit la fonction indicatrice :

$$\chi_r(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}) = \begin{cases} 1, & \text{si } (x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}) \in r, \\ 0, & \text{sinon.} \end{cases} \quad (3.3)$$

où  $(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}) \in r$  signifie que la contrainte  $r$  est vérifiée par l'instanciation  $x = (x_1, \dots, x_n)$  et  $(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}})$  correspondent aux valeurs des variables intervenants dans la contrainte  $r$ .

Pour une instanciation  $x = (x_1, \dots, x_n) \in S$ , on associe une utilité pour chaque joueur  $i \in I$ , défini par :

$$U_i(x_1, \dots, x_n) = \sum_{r \in R(i)} k(r) \chi_r(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}), \quad \forall i \in I, \quad (3.4)$$

– On définit le jeu noncoopératif  $\mathcal{G}(\mathcal{P})$  associé au problème de satisfaction de contraintes  $(\mathcal{P})$  comme suit :

$$\mathcal{G}(\mathcal{P}) = \langle I, \{S_i\}_{i \in I}, \{U_i\}_{i \in I} \rangle, \quad (3.5)$$

L'utilité  $U_i(x_1, \dots, x_n)$  d'un joueur  $i$  est une mesure croissante en fonction du nombre de contraintes satisfaites par la situation du jeu, sachant que les contraintes sont pondérées par leurs arités.

On peut aussi associer des poids différents  $w_i(r)$  pour chaque contrainte, qui peuvent varier d'un joueur à un autre. On pourrait même introduire un facteur *perte* pour les contraintes non satisfaites. La fonction utilité s'écrira alors :

$$U_i(x_1, \dots, x_n) = \sum_{r \in R(i)} w_i(r) \chi_r^{a,b}(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}), \quad (3.6)$$

où

$$\chi_r^{a,b}(x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}) = \begin{cases} a \geq 0, & \text{si } (x_{j_1}, \dots, x_{j_{k(r)}}) \in r, \\ b \leq 0, & \text{sinon.} \end{cases} \quad (3.7)$$

"a" est le gain engendré par la satisfaction d'une contrainte et "b" est la perte engendrée par sa violation.

### 3.4 Perspective

- Définir un modèle CSP pour la résolution des jeux de potentiels s'appuyant sur la notion de stratégies de meilleures réponses ;
- Dédire les propriétés de ce modèles (consistence,..) à partir des caractéristiques des jeux de potentiel ;
- Intégrer les contraintes de ce modèles dans un solveur CSP pour la résolution.

### Références

1. Andrea Torsello, S Rota Bulā, and Marcello Pelillo. Grouping with asymmetric affinities : A game-theoretic perspective. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on, volume 1, pages 292-299. IEEE, 2006.
2. Pelillo Marcello. (2009). What is a cluster ? Perspectives from game theory. In Proc. of the NIPS Workshop on Clustering Theory.
3. Ricci Francesco. Equilibrium theory and constraint networks, International Conference on Game Theory, Florence, Italy, 1991.

## 4

---

# Sur les nouvelles versions de la norme IEEE 802.15.4 dans les réseaux de capteurs sans fil

L. ALKAMA et L. BOUALLOUCHE

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

## 4.1 Introduction

Aujourd'hui, de nouvelles avancées technologiques permettent d'imaginer une nouvelle révolution, dans laquelle non seulement les hommes, mais aussi les machines communiqueront entre elles. En poussant toujours plus loin, la notion d'environnement intelligent (smart environnement) est apparue. Les réseaux de capteurs WSN(Wireless Sensors Network) incluant les réseaux de capteur sans fil WPAN(Wireless Personnel Area Network) seront amenés à jouer un rôle important dans l'environnement de demain.

Plusieurs standards ont été proposés pour supporter les exigences des réseaux sans fil, nous pouvons citer les standards IEEE 802.15.1(Bluetooth), IEEE 802.11 (WiFi), et IEEE 802.15.4 (ZigBee). Cependant, le standard IEEE 802.15.4 (2003) [1] est la technologie la plus utilisée pour les WSNs.

Ce standard ne traite que les deux premières couches du modèle OSI dans les WPANs (couche physique et sous-couche MAC); La couche physique a pour rôle de gérer le support physique sur lequel seront faites les transmissions et la sous-couche MAC aura pour rôle de gérer l'accès au canal avec le mécanisme CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) slotted (en mode beacon) ou non slotted (mode non beacon) [1].

## 4.2 Les versions du standard IEEE 802.15.4

La première version du standard est apparue en 2003 [1], en 2006 quelques petites modifications au niveau physique ont été apportées [2], en 2007 la version IEEE 802.15.4a qui spécifie deux nouvelles options pour la couche PHY [3] puis en 2009 deux autres versions qui sont la IEEE 802.15.4c(a été mise à jour pour la nouvelle bande de fréquences Chinoise) [4] et IEEE 802.15.4d qui supporte la bande de fréquence japonaise de 950 MHz et pour la sous couche MAC les changements sont CW=1 au lieu de 2 et un seul CCA au lieu de 2 CCA [5].

En 2011 la mise à jour regroupe les 3 amendements a,c et d, elle a été conçue pour étendre le marché d'application du standard [6].

En 2012 trois nouvelles versions ont vu le jour, IEEE 802.15.4e qui a défini deux nouveaux mécanismes pour la sous couche MAC qui sont le LLDN et le TSCH [7] ; la IEEE 802.15.4f où les modifications apportées sont sur les bandes de fréquences [8] et la IEEE 802.15.4g conçue pour éviter les interférences [9].

En 2013, les nouvelles versions sont la IEEE 802.15.4j spécialisée pour les réseaux corps (BAN) [10] et la IEEE 802.15.4k afin de prendre en charge la priorité des messages dans les réseaux LECIM [11].

En 2014 les deux dernières versions ont été apparues sous les noms de IEEE 802.15.4m conçue pour les TVWS (TV White Space) [12] et IEEE 802.15.4p utilisée dans des équipements qui répondent aux besoins de l'industrie du transport ferroviaire [13].

### 4.3 Problématique

La priorité des messages ou des données est un élément très important non seulement dans les domaines informatiques mais dans des domaines plus vastes. La norme IEEE 802.15.4k [11] a vu le jour en 2013 pour les réseaux LECIM (Low Energy Critical Infrastructure Monitoring) qui opère en topologie en étoile et qui prend en charge les messages prioritaires.

Un nouveau mécanisme d'accès au canal a été développé pour ce type de données qui consiste à minimiser le temps backoff et de performer des CCA réguliers afin d'accéder directement au canal une fois il est détecté libre [11].

### 4.4 Objectifs

Les données qui arrivent peuvent être prioritaires ou non, ce qui nous donne deux files d'attente différentes avec des taux d'arrivées et des taux de services différents, la modélisation de ce type de problème va être un modèle de file d'attente de type M<sub>2</sub>/G<sub>2</sub>/1 avec priorité non-préemptive [14] et une modélisation par une chaîne de Markov [15] et au final comparer nos résultats avec ceux de la simulation.

## Références

1. IEEE Std 802.15.4<sup>TM</sup>-2003, Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) (2003).
2. IEEE Std 802.15.4<sup>TM</sup>-2006, Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) (2006).
3. IEEE Std 802.15.4a<sup>TM</sup>-2007, Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)
4. IEEE Std 802.15.4c<sup>TM</sup>-2009, Alternative Physical Layer Extension to support one or more of the Chinese 314 - 316 MHz, 430 - 434 MHz, and 779 - 787 MHz bands", (2009) Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs).



5. IEEE Std 802.15.4d<sup>TM</sup>-2009 , "Amendment 3 : Alternative Physical Layer Extension to support the Japanese 950 MHz bands" , (2009) Part 15.4 : Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)
6. IEEE Std 802.15.4<sup>TM</sup>-2011 , IEEE Standard for Local and metropolitan area networks (2011) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
7. IEEE Std 802.15.4e<sup>TM</sup>-2012 , "Amendment 1 : MAC sublayer" (2012) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
8. IEEE Std 802.15.4f<sup>TM</sup>-2012 , "Amendment 2 : Active Radio Frequency Identification (RFID) System Physical Layer (PHY)",(2012) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
9. IEEE Std 802.15.4g<sup>TM</sup>-2012 , "Amendment 3 : Physical Layer (PHY) Specifications for Low- Data-Rate, Wireless, Smart Metering Utility Networks" , (2012) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
10. IEEE Std 802.15.4j<sup>TM</sup>-2013 , "Amendment 4 : Alternative Physical Layer Extension to Support Medical Body Area Network (MBAN) Services Operating in the 2360 MHz à 2400 MHz Band", (2013) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
11. IEEE Std 802.15.4k<sup>TM</sup>-2013, "Amendment 5 : Physical Layer Specifications for Low Energy, Critical Infrastructure Monitoring Networks" IEEE Computer Society , (2013) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
12. IEEE Std 802.15.4m<sup>TM</sup>-2014 , "Amendment 6 : TV White Space Between 54 MHz and 862 MHz Physical Layer", (2014) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
13. IEEE Std 802.15.4p<sup>TM</sup>-2014 , "Amendment 7 : Physical Layer for Rail Communications and Control (RCC)" ,(2014) Part 15.4 : Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).
14. Louiza Bouallouche-medjkoune and Djamil Aissani , "Quantitative Estimates in an M2/G2/1 Priority Queue with Non-Preemptive Priority : The Method of Strong Stability,"Stochastic Models (2008).
15. Giuseppe Bianchi , "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function,"IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS,"VOL. 18, NO. 3, MARCH 2000.



## **Troisième partie**

---

### **Processus Aléatoires et Applications**



## Sur l'approche de Stabilité forte des Modèles Stochastiques

O. LEKADIR

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LAMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

### 5.1 Introduction

Le concept de stabilité a été largement et longtemps utilisé dans divers sciences. Cependant, il n'existe pas une définition universelle pour la stabilité qui a été souvent adaptée aux besoins spécifiques d'une science particulière ou d'un problème particulier sous la main. Ainsi, la stabilité est peut être l'un des terme scientifique ayant le plus de significations possibles.

Le sens large de la stabilité peut se comprendre comme l'aptitude d'un système à maintenir son fonctionnement sans changement de sa structure interne malgré les perturbations externes.

Le concept de stabilité a été défini sous forme mathématique par Lyapunov (1892) dans sa thèse intitulée "The general problem of the stability of motion", dans laquelle il décrit le comportement de l'équilibre du système solaire.

La stabilité de Lyapunov considère le comportement d'une solution d'un système si son état initial est au voisinage d'un point d'équilibre.

Suite à sa définition et son fondement en tant que technique mathématique, la méthode de stabilité de Lyapunov a trouvé vaste champs d'application en dehors de son contexte original, particulièrement pour analyser les solutions des modèles mathématiques des communautés biologiques pour déterminer les conditions qu'elles doivent satisfaire pour devenir stable.

Le domaine de stabilité, même dans les systèmes dynamiques classiques, a été en grande partie conduit par des phénomènes découverts dans des modèles spécifiques (par exemple, équations différentielles spécifiques).

Les tentatives d'unifier les observations ont créé les théories de stabilité pour les quelles ont a trouvé des applications dans des systèmes autres que ceux pour lesquels elles ont été conçues à l'origine.

Nous constatons la même tendance dans le domaine de stabilité des systèmes stochastiques.

Plusieurs notions de stabilité et d'instabilité existent dans la théorie des modèles stochastiques, comme c'est le cas dans les systèmes déterministes classiques. Ainsi, par exemple au niveau des chaînes de Markov, la stabilité peut signifier :

- la convergence faible à une distribution stationnaire, à partir d'un état spécifique, ou à partir de tout état.

- Elle pourrait également signifier la convergence "forte", due au couplage.

Il est vrai que, dans des situations concrètes, ce qui précède peut coïncider, mais il y a les classes importantes de systèmes pour lesquels les notions sont et doivent être distinctes.

## 5.2 Modèles stochastiques

Les modèles mathématiques sur lesquels agissent des influences aléatoires sont dits modèles stochastiques. Ces outils mathématiques sont assez répandus dans les diverses activités humaines. Les modèles stochastiques tendent de plus en plus à remplacer les modèles déterministes dans lesquels les aléas sont ignorés ou négligés.

En effet, les exigences actuelles de la pratique ont donné à la modélisation stochastique une place prépondérante dans divers domaines tels que la théorie des files d'attente, la théorie de la fiabilité, la théorie de gestion des stocks, la programmation stochastique, la théorie des jeux, etc.

Un modèle stochastique est un outil décrivant l'état d'un système stochastique. Il peut être perçu comme une transformation ou une application :

$$\mathbf{F} : \mathcal{X} \longrightarrow \mathcal{Y}$$

où  $\mathcal{X}$  : Paramètres d'entrées et  $\mathcal{Y}$  : Caractéristiques.

On munira les deux espaces  $\mathcal{X}$  et  $\mathcal{Y}$  de topologies pour définir des convergences et de métriques pour estimer ces convergences.

Les valeurs prises par les paramètres et les caractéristiques sont de nature aléatoire. Elles peuvent être des processus aléatoires, des distributions de probabilités, des noyaux stochastiques, etc.

Un point  $\mathbf{X} \in \mathcal{X}$  (resp.  $\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{X}) \in \mathcal{Y}$ ) est un ensemble de valeurs possibles des paramètres (resp. des caractéristiques).

## 5.3 Principe général de stabilité d'un modèle stochastique

Un modèle stochastique est dit stable en un point  $\mathbf{X} \in \mathcal{X}$ , si la proximité de tout point  $\mathbf{X}^*$  de  $\mathbf{X}$  implique la proximité de leurs images. C'est à dire, l'étude de la stabilité s'intéresse à la vérification de l'implication suivante :

$$\left\{ \mathbf{X}^* \xrightarrow{\mathcal{L}} \mathbf{X} \right\} \implies \left\{ \mathbf{F}(\mathbf{X}^*) \xrightarrow{\tilde{\mathcal{L}}} \mathbf{F}(\mathbf{X}) \right\}, \quad (5.1)$$

où  $\mathcal{L}$  et  $\tilde{\mathcal{L}}$  sont les types de convergences associées aux topologies définies sur l'ensemble  $\mathcal{X}$  et  $\mathcal{Y}$  respectivement.

On voit bien que la notion de stabilité renvoie à la continuité de  $\mathbf{F}$  relativement aux variations des paramètres et elle dépend de la nature des espaces  $\mathcal{X}$  et  $\mathcal{Y}$ , des topologies induites sur eux et des types de convergence  $\mathcal{L}$  et  $\tilde{\mathcal{L}}$ . Ceci explique la diversité des notions et méthodes de stabilité existantes dans la littérature.

Le point  $\mathbf{X} \subset \mathcal{X}$  est le plus souvent multi-dimensionnel, i.e.  $\mathbf{X} = (\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_n)$ .

Comme il est possible de parler de continuité par rapport à une variable, alors il est possible de parler de stabilité relativement à la variation d'un paramètre.

Ainsi, un modèle est dit stable par rapport aux  $i^{ieme}$  paramètre si :

$$\left\{ \mathbf{X}_i \xrightarrow{\mathcal{L}} \mathbf{X}_i^* \right\} \implies \left\{ \mathbf{F}(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_i, \dots, \mathbf{X}_n) \xrightarrow{\tilde{\mathcal{L}}} \mathbf{F}(\mathbf{X}_1, \dots, \mathbf{X}_i^*, \dots, \mathbf{X}_n) \right\}.$$

De manière équivalente, l'étude de stabilité peut se présenter comme l'introduction d'une suite de "perturbés"  $\{\mathbf{X}^{(r)}, r \geq 0\}$  du paramètre  $\mathbf{X}$  telle que  $\lim_{r \rightarrow +\infty} \mathbf{X}^{(r)} = \mathbf{X}$ ; on dira alors que le modèle stochastique  $\mathbf{F}$  est stable si la relation suivante est vérifiée :

$$\lim_{r \rightarrow +\infty} \mathbf{F}(\mathbf{X}^{(r)}) = \mathbf{F}(\mathbf{X}).$$

Cette étude de stabilité est de type qualitative. Elle permet seulement de statuer sur la stabilité ou non du modèle. Les domaines pratiques actuels exigent à ce que des études quantitatives en plus de ces études qualitatives soient faites, ce qui a donné naissance aux méthodes de stabilité quantitatives. Le principe de ces dernières se base sur le fait d'introduire des mesures de comparabilité, telles que des métriques, afin d'obtenir des estimations quantitatives.

On sait que plusieurs métriques peuvent être associées à un type de convergence. Considérons  $\mu$  et  $\tilde{\mu}$  des métriques associées aux types de convergence  $\mathcal{L}$  et  $\tilde{\mathcal{L}}$ , ainsi, la condition de stabilité (5.1) peut être reformulée comme suit :

Un modèle stochastique sera dit stable en un point  $\mathbf{X}$  si pour toute perturbation  $\mathbf{X}^*$  de ce point, on a :

$$\left\{ \mu(\mathbf{X}, \mathbf{X}^*) \rightarrow 0 \right\} \implies \left\{ \tilde{\mu}(\mathbf{F}(\mathbf{X}), \mathbf{F}(\mathbf{X}^*)) \rightarrow 0 \right\}.$$

Lorsque l'estimation qualitative de la stabilité d'un modèle stochastique est établie, l'estimation quantitative de cette stabilité revient à obtenir une évaluation de la déviation des caractéristiques du modèle.

Ainsi, On dira qu'une estimation quantitative de la stabilité d'un modèle stochastique est a été effectuée, lorsqu'on aurait borné supérieurement la déviation des caractéristiques, i.e. établit une relation du type :

$$\tilde{\mu}(\mathbf{F}(\mathbf{X}), \mathbf{F}(\mathbf{X}^*)) \leq \Phi(\mu(\mathbf{X}, \mathbf{X}^*)),$$

où  $\Phi$  est une fonction positive, croissante s'annulant à l'origine.

## 5.4 Les différentes méthodes de stabilité des Systèmes de files d'attente

Dans la littérature différentes méthodes de stabilité appliquées aux SFA ont été établies, pour une revue globale de ces différentes méthodes le lecteur veut voir le chapitre deux de notre thèse de doctorat [2]. Le lecteur peut trouver les fondements théoriques de la méthode de stabilité forte qui fait l'objet de cet exposé dans notre mémoire de magister [1] ainsi que dans le chapitre deux de notre thèse [2].

### 5.4.1 Stabilité des RdP

Les premiers travaux sur la stabilité de SFA modélisés par des RdP ont utilisé la méthode de Lyapunov. La théorie de la stabilité de Lyapunov fournit les outils nécessaires pour aborder le problème de stabilité pour les Systèmes à événements Discrets (SED) modélisés par les RdP temporisés, dont le modèle mathématique est donné en termes d'équations différentielles.

- En utilisant des méthodes de Lyapunov, une condition suffisante pour le problème de stabilisation des SFA est également obtenue. Il a été démontré qu'il est possible de restreindre l'espace d'état des SFA de telle sorte que la bornitude du RdP qui lui est associé soit garantie. Toutefois, cette restriction est vague, difficile à expliciter.

- Cet inconvénient est surmonté par l'examen d'une équation récurrence spécifique, dans l'algèbre max-plus, qui est affectée au modèle graphique du RdP temporisé associé.

## 5.5 Application de la stabilité forte aux réseaux de Petri stochastiques

Les modèles des RdP associés aux SFA dont la SF est établie :

- $RdPSG - MMPP/M/1 \rightarrow RdPSGI - M/M/1$  ;
- $RdPSG - MMPP/M/1 \rightarrow RdPSG - M/M/1$  ;
- $RdPSGI - M/G/1 \rightarrow RdPSGI - M/M/1$ .

## 5.6 Difficultés rencontrées lors de l'application de la SF

- L'identification du paramètre à perturber,
- L'écriture des noyaux de transition,
- Le choix des normes poids appropriées.
- L'obtention des inégalités de stabilité par rapport à la norme à laquelle la stabilité forte du réseau étudié est établie.

## 5.7 Conclusion

Les méthodes de stabilité des modèles stochastiques sont classées en deux catégories principales, celles dites qualitatives et celles dites quantitatives.



C'est par le biais des propriétés qualitatives que des estimations quantitatives (bornes) peuvent être obtenues mathématiquement et que des approximations peuvent être faites rigoureusement. Il serait judicieux dans un premier temps d'orienter des études qui consistent à comparer les différentes approches de stabilité des modèles stochastiques. Il serait intéressant que cette comparaison aboutisse à établir un lien entre ces différentes méthodes et arriver à unifier les notions de stabilité stochastiques ou du moins à justifier la divergence entre les différentes notions existantes.

- Appliquer la méthode de stabilité forte à l'établissement de la stabilité de systèmes réels.
- Appliquer la stabilité forte à des modèles de réseaux de Petri stochastiques bornés associés aux systèmes de files d'attente et dont la stabilité forte a été établie via la théorie des files d'attente afin de comparer les deux approches stabilité forte des files d'attente et la stabilité des modèles de réseaux de Petri qui leurs sont associés.
- Appliquer la stabilité forte à d'autres modèles de réseaux de Petri stochastiques.
- utiliser la méthode de stabilité forte pour stabiliser des systèmes.

**Références :**

- [1] Lekadir Ouiza, Stabilité forte d'un réseau de Jackson à deux stations en tandem. Mémoire de magister, Département de Recherche Opérationnelle, Université A/Mira de Béjaia, 2001.
- [2] Lekadir Ouiza, Stabilité forte dans les réseaux de files d'attente, Thèse de doctorat, Département de Recherche Opérationnelle, Université A/Mira de Béjaia, 2016.



## **Quatrième partie**

---

### **Contrôle Statistique de la Qualité**



## 6

---

# Les Modèles Mathématiques dans la radio cognitive

K. ADEL-AISSANOU

Laboratoire de Modélisation et d'Optimisation des Systèmes (LaMOS)  
Université de Béjaïa, Béjaïa 06000, Algérie  
Tél. (213) 34 81 37 08

## 6.1 Introduction

La radio cognitive est une forme de communication sans fil dans laquelle un émetteur/récepteur peut détecter intelligemment les canaux de communication qui sont en cours d'utilisation et ceux qui ne le sont pas, et peut se déplacer dans les canaux inutilisés. Ceci permet d'optimiser l'utilisation des fréquences radio disponibles (RF) du spectre tout en minimisant les interférences avec d'autres utilisateurs.

- L'idée de la radio cognitive a été présentée officiellement par Joseph Mitola III à un séminaire à KTH, l'Institut royal de technologie, en 1998, publié plus tard dans un article de Mitola et Gerald Q. Maguire, Jr en 1999.
- Mitola combine son expérience de la radio logicielle ainsi que sa passion pour l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle pour mettre en place la technologie de la radio cognitive. D'après lui **Une radio cognitive peut connaître, percevoir et apprendre de son environnement puis agir pour simplifier la vie de l'utilisateur.**
- La radio cognitive est une forme de communication sans fil dans laquelle un émetteur/récepteur peut détecter intelligemment les canaux de communication qui sont en cours d'utilisation et ceux qui ne le sont pas, et peut se déplacer dans les canaux inutilisés. Ceci permet d'optimiser l'utilisation des fréquences radio disponibles (RF) du spectre tout en minimisant les interférences avec d'autres utilisateurs.
- Le principe de la radio cognitive, repris dans la norme **IEEE 802.22**, nécessite une gestion alternative du spectre qui est la suivante : un mobile dit secondaire pourra à tout moment accéder à des bandes de fréquence qu'il juge libre, c'est-à-dire, non occupées par l'utilisateur dit primaire possédant une licence sur cette bande. L'utilisateur secondaire devra les céder une fois le service terminé ou une fois qu'un utilisateur primaire aura montré des velléités de connexion.
- On entreprend actuellement de modifier la norme **IEEE 802.16 (WiMAX)** par le biais de la norme **IEEE 802.16h** afin de prendre en charge la coexistence et la collaboration dans le même canal. La norme **IEEE 802.22**, qui vise la coexistence avec les microphones et les

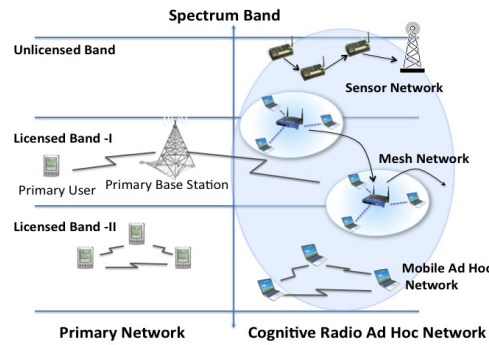


FIGURE 6.1. Exemple

systèmes de télévision, présente des caractéristiques semblables. Les deux normes mettent en application les techniques de la radio cognitive.

- Un Réseau Cognitif coordonne les transmissions suivant différentes bandes de fréquences et différentes technologies en exploitant les bandes disponibles à un instant donné et à un endroit donné. Il a besoin d’une station de base capable de travailler sur une large gamme de fréquences afin de reconnaître différents signaux présents dans le réseau et se reconfigurer intelligemment.

## 6.2 Architecture de la RC

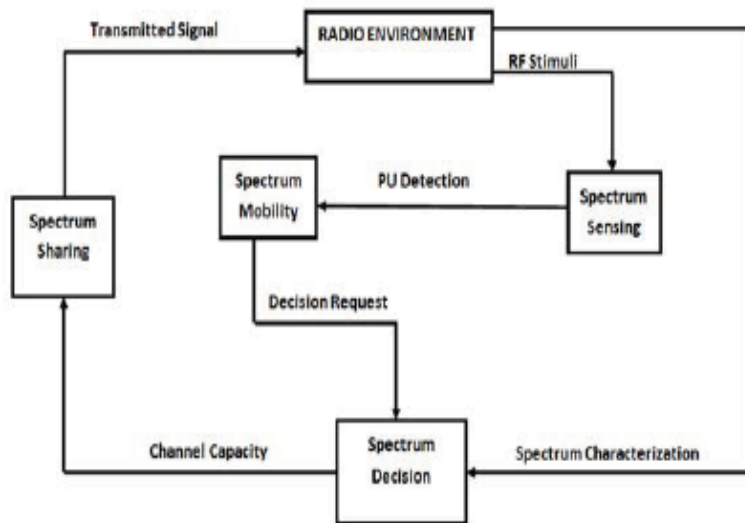


FIGURE 6.2. Gestion intelligente du Spectre

### 6.3 Cycle de cognition

La composante cognitive de l'architecture de la radio cognitive comprend une organisation temporelle, des flux d'inférences et des états de contrôle.

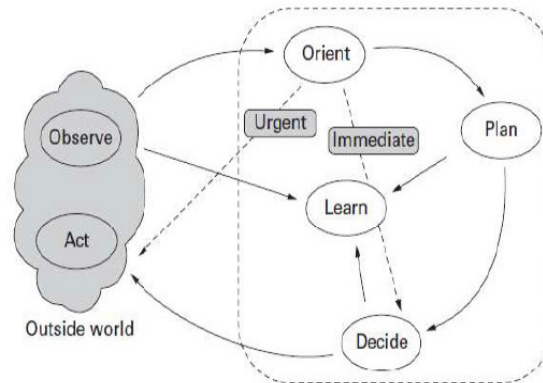


FIGURE 6.3. Cycle de cognition de Mitola

1. Phase d'observation (détecter et percevoir) ;
2. Phase d'orientation ;
3. Phase de planification ;
4. Phase de décision ;
5. Phase d'action ;
6. Phase d'apprentissage ;

### 6.4 Modèles mathématiques dans la RC

#### – Modèles d'attente dans la RC

systèmes de communication permettant une utilisation plus efficace du spectre radio-électrique. Afin d'exploiter tout le potentiel que les réseaux de recherche nucléaire peuvent offrir, de nombreux défis et problèmes doivent être surmontés et résolus. L'une des questions cruciales concerne les performances des réseaux secondaires sous des contraintes d'activité de l'utilisateur principal. A cet égard, la mise en file d'attente joue un rôle primordial dans la caractérisation du délai, du débit et d'autres mesures de performance pour les utilisateurs secondaires, ce qui a des conséquences sur l'allocation des ressources, le contrôle de l'accès aux supports et la fourniture de services de qualité.

#### – La théorie des jeux dans la RC (La négociation

#### – Les méthodes d'apprentissage

=====

## Références

1. J. Mitola. *Cognitive radio : An integrated agent architecture for software defined radio*, PhD Dissertation, Royal Inst. Technol. (KTH), Stockholm, Sweden, 2000.
2. J. Mitola & G.Q Maguire. *Cognitive radio : making software radios more personal*, IEEE Personal Communications, Volume 6, Issue 4, Aug 1999 pp. 13 - 18.
3. S. Chen, A. M. Wyglinski, S. Pagadarai, R. Vuyyuru & O. Altintas,. *Feasibility analysis of vehicular dynamic spectrum access via queueing theory model*, IEEE Commun. Mag., vol. 49, no. 11, pp. 156 - 163, Nov. 2011.



## **Cinquième partie**

---

### **Index des Auteurs**



---

# Index

Adel-Aissanou K., 31  
Alkama L., 17

Bouallouche L., 17  
Bouchama K., 13

Kendi S., 7

Lekadir O., 23

Meziani K., 3

Radjef M.S., 3, 7, 13



**Lamos Edition, 2017.**

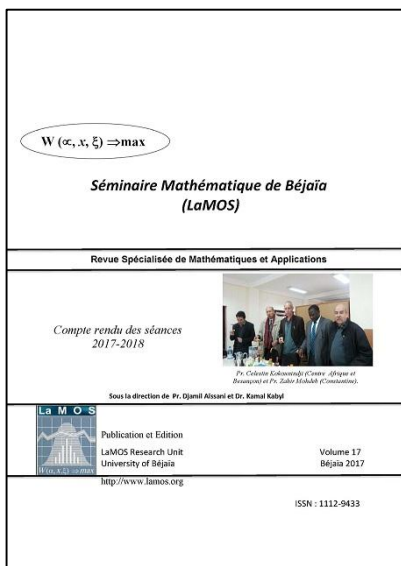




## L'ouvrage :

Ce volume contient la plupart des exposés faits en 2017/2018 au Séminaire Mathématique de Béjaïa. Ils sont centrés autour des domaines d'intérêt des chercheurs de l'Unité de Recherche LaMOS (Modèles déterministes et stochastiques de la Recherche Opérationnelle, Probabilités et statistiques, Optimisation, Evaluation de Performances, ...) avec une attrayante dispersion vers des domaines lointains.

**Séminaire Mathématique de Bejaia (LaMOS). ISSN : 1112 – 9433. E – ISSN : 2800 – 1214**



Le premier exposé à Bejaia a été présenté en 1987 par Rachid Senoussi (alors enseignant à l'Université de Constantine), à l'époque du projet de création de l'Unité de Recherche en Statistiques Appliquées (1985). Le Séminaire a atteint son rythme de croisière en 1991/1992, après la création du Département des Sciences Exactes (22 exposés programmés). Depuis 1995, il est lié à la Post-Graduation "Modélisation Mathématique et Techniques de Décision" (cf. Bulletin de la S.M.A.I. Société Française de Mathématiques Appliquées et Industrielles N°49, 1997, pp. 50).

Parmi les conférenciers de l'années 2017 – 2018 : Célestin Kokonendji, Zahir Mohdeb, Kamel Meziani, Salima Kendi, Kahina Bouchama , Lynda Alkama, Karima Adel – Aïssanou, ....

**Pour citer ce volume :** Revue « *Séminaire Mathématique de Béjaïa (LaMOS)* », Volume 17, 2017, 44 pages. ISSN : 1112 – 9433. E – ISSN : 2800 – 1214.

**ISSN : 1112 - 9433**  
**E – ISSN : 2800 - 1214**  
**Dépôt légal : 934 - 2003**