



N° d'ordre : .....

**UNIVERSITE DE M'SILA**  
**FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE**  
**Département d'Informatique**

**MEMOIRE de fin d'étude**  
**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER**  
**Domaine : Mathématiques et Informatique**  
**Filière : Informatique**  
**Spécialité : Systèmes d'Informations Avancés / Réseaux**  
**Par: Chouidira Khayra**

**SUJET**

**Un système basé CSP (Constraint satisfaction Problem)  
pour la génération automatique des emplois du temps**

**Soutenu publiquement le //2013 devant le jury composé de :**

.....	<b>Université de M'sila</b>	<b>Président</b>
<b>Dr Brahimi Mahmoud</b>	<b>Université de M'sila</b>	<b>Rapporteur</b>
.....	<b>Université de M'sila</b>	<b>Examineur</b>
.....	<b>Université de M'sila</b>	<b>Examineur</b>

**Promotion : 2013 /20 14**

## TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE .....	1
<b>Chapitre I: La planification : Notions et concepts</b>	
I.1. INTRODUCTION.....	3
I.2. LA PLANIFICATION : .....	3
I.2.1. LE PLANNING : .....	3
I.2.1.1 Planning des horaires de présence .....	3
I.2.1.2. Planning des tâches.....	4
I.2.2 Le but du planning.....	4
I.2.3. L'évaluation d'un planning .....	5
I.2.4. L'élaborateur d'un planning .....	5
I.3. LE PLANNING DANS LE DOMAINE PEDAGOGIQUE.....	5
I.3.1. Les méthodes séquentielles : .....	8
I.3.2. Les méthodes métaheuristiques : .....	8
I.3.3. Les méthodes basées contraintes : .....	9
I.4. CONCLUSION .....	9
<b>Chapitre II: Méthodes de résolution liée aux problèmes de planification</b>	
II.1. INTRODUCTION .....	10
II.2. NOTION DE COMPLEXITE.....	10
II.2.1. Algorithmes polynomiaux et Algorithmes exponentiels.....	10
II.2.1.1. Problèmes combinatoires .....	11
II.2.1.2. Problème de décision .....	11
II.2.1.3. Problème de recherche .....	11
II.2.1.4. Problème d'optimisation .....	11
II.2.2. La réduction polynomiale .....	11
II.2.3. La réduction de Turing.....	11
II.2.4 Les différentes classes de complexité .....	12
II.2.4.1. La classe P .....	12
II.2.4.2 La classe NP .....	12
II.2.4.3. La classe NP-complets .....	12
II.2.4.4. La classe NP-difficiles .....	12
II.3. PROBLEMES DE SATISFACTION DE CONTRAINTES.....	13
II.3.1. Qu'est-ce qu'un CSP ? .....	13
II.3.2. Concepts de base d'un CSP.....	14
II.4. METHODES DE RESOLUTION DES CSPS .....	16
II.4.1. Méthodes exactes .....	16
II.4.1.1. L'énumération (Backtrack) .....	16
II.4.1.2. Amélioration du Backtrack .....	17
II.4.1.2.1. Algorithmes avec retour arrière non chronologique .....	17
II.4.1.2.2. Algorithmes avec filtrage avant .....	18
II.4.1.2.3. Algorithmes avec mémorisation .....	18
II.4.2. Les méthodes approchées.....	19
II.4.3. Emploi du temps et CSP : .....	19
II.5. CONCLUSION .....	20
<b>Chapitre III: Etude fonctionnelle et conceptuelle</b>	
III.1. INTRODUCTION.....	21

III.2. RECUEIL DES BESOINS FONCTIONNELS :	21
III.2.1. Administrateur	21
III.2.2. L'enseignant	21
III.3. ANALYSE ET CONCEPTION	21
III.3.1. Modélisation avec UML	21
III.3.2. Expression des besoins	22
III.3.2.1 Diagramme de cas d'utilisation	22
III.3.2.2. Diagramme de classe	23
III.3.2.2.1. Les classes du système	24
III.3.2.3. Diagramme de séquence	28
III.3.2.3.1. Scénario de génération d'emploi du temps	28
III.4. CONCLUSION	29
<b>Chapitre IV: Implantation et mise en œuvre</b>	
IV. 1. INTRODUCTION	30
IV.2. ENVIRONNEMENT DE DEVELOPPEMENT	30
IV.2.1. Le langage JAVA	30
IV.2.2. NetBeans:	30
IV.2.2.1. Utilisation de java pour la programmation des contraintes	31
IV.2.2.1.1. Le solveur choco	31
IV.2.2.1.1.1. LeModel	31
IV.2.2.1.1.2. Une variable	31
IV.2.2.1.1.3. Une contrainte	32
IV.2.2.1.2. Le solveur	32
CONCLUSION GENERALE	35

## INTRODUCTION GENERALE

Dans de nombreux domaines de la vie professionnelle, on se trouve confronter au problème de la planification d'horaire de travail. Dans les usines, des pièces doivent être cheminées à travers plusieurs machines, la gestion de ce trafic doit répondre à certaines espérances, tel que la maximisation de la production ou l'exploitation maximale des machines. Dans les hôpitaux, un certain nombre de personnels constitués d'infirmiers et de médecins doivent être attribués aux postes de travail de manière à obéir à certaines règles de gestion des hôpitaux. Donc cela nécessite souvent une élaboration périodique et stratégique de planning de travail de personnel et les raisons de cette élaboration sont multiples. Elles vont de la réduction des coûts de productivité à l'amélioration de la qualité de service aux clients, en passant par l'assurance d'une bonne qualité de vie aux employés.

Fortement combinatoire, les problèmes de gestion du temps, pour les résoudre, revient à résoudre un puzzle complexe, chaque organisation (compagnies aériennes, entreprises de production, hôpitaux, universités,...etc ) possède ses propres normes et critères.

La planification du temps consiste à allouer des ressources données à des objets dans un intervalle de temps, de façon à satisfaire au mieux un ensemble d'objectifs tels que l'amélioration de la qualité de service et l'amélioration des conditions de travail.

Parmi la vaste famille des problèmes de planification d'horaire, on trouve celui de la confection d'emploi du temps dans les établissements éducatifs, notamment dans les universités qui consomment de nombreuses ressources humaines et donc financières. Ce problème est très important. En effet un mauvais emploi du temps influe directement et négativement sur le niveau de l'acquisition des étudiants.

D'une manière générale, le problème de l'emploi du temps consiste à définir un certain nombre d'affectations qui permettent d'assigner plusieurs ressources (humaines, matérielles,...etc) sur une période de temps, tout en respectant les contraintes imposées par les entités citées (disponibilité des ressources humaines, matérielles,...etc).

Les problèmes de l'emploi du temps s'avèrent être difficiles et la taille de leurs instances se caractérisent souvent par leur très grande taille.

Les contraintes considérées peuvent différer d'un problème à un autre suivant la spécificité ainsi que les caractéristiques attendues de l'emploi du temps recherché. Les contraintes sont souvent classées en deux catégories, la première regroupe les contraintes

dures (un emploi du temps qui ne satisfait pas ce genre de contraintes est infaisable ou inacceptable), la seconde catégorie regroupe des contraintes (appelées souvent contraintes molles, souples ou de préférence) dont la satisfaction a différents degrés d'importances mais dont le non respect n'empêche pas une application plus au moins acceptable de l'emploi du temps trouvé. Typiquement ces contraintes (de préférence) sont utilisées pour exprimer ce que doit être un « bon » emploi du temps. Ces contraintes sont plus difficiles à formaliser que les contraintes dures et leur traitement est plus délicat. Ainsi la majorité des approches existantes relaxent les contraintes de préférence et les introduisent comme une fonction objectif dont l'optimisation permet de se rapprocher le plus possible de la satisfaction des contraintes.

Dans cette perspective, nous essayons dans ce travail de proposer un système permettant d'engendrer des emplois du temps en respectant les préférences des gestionnaires et des enseignants. La solution technique de ce travail sera élaborée par l'exploitation des CSP.

Afin d'aboutir à cet objectif, ce mémoire est organisé en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, nous introduisons les notions liées aux problèmes de planification d'horaires de travail et les différents types de plannings dans différents domaines de travail avec un aperçu des méthodes utilisées pour la réalisation de ces plannings.

Dans le deuxième chapitre, nous introduisons les notions liées aux problèmes d'optimisation combinatoire.

Dans le troisième chapitre, on va présenter l'aspect conceptuelle de notre travail par création des diagrammes UML selon un ordre défini par le processus unifié et terminons par la présentation de l'application développée.

Et dans le dernier chapitre nous allons présenter l'environnement technique utilisé dans le travail en utilisant l'environnement NetBeans et JAVA comme un langage de résolution.

## CONCLUSION GENERALE

Dans ce projet, nous avons exploité nos efforts et nos connaissances pour pouvoir bien analyser le sujet de la génération des emplois du temps. Nous avons opté pour les CSP comme modèle mathématique de résolution, UML comme outil de conception et JAVA comme outil de réalisation.

Afin d'améliorer ce travail dans le futur, nous suggérons de :

- Utiliser les méthodes d'optimisations pour résoudre les problèmes de génération d'EDT comme AG, Tabou, RS...etc.
- Injecter un mécanisme qui permet le traitement automatique et intelligent pour la génération de l'emploi du temps;
- Améliorer l'interface du système;

Finalement, nous espérons que ce travail aidera dans le futur les gestionnaires et les chefs de département dans leurs tâches administratives liées à la planification.

## Bibliographie

- [BUR97] : Burke E., Kingston J., Jackson K., Weare R., "Automated university Timetabling : the state of the art", the Computer Journal 40 (9) 565-571, 1997.
- [CHA02] : Chan Yew Chéong, Peter, « La planification du personnel : acteurs, actions et termes multiples pour une planification opérationnelle des personnes », Thèse de doctorat, Institut IMAG, Université Joseph Fourier-Grenoble, 1 octobre 2002.
- [FRA04] : Francillette Remy, « Optimisation combinatoire », Université des Antilles et Guyane, Faculté des sciences exactes et naturelles, Rapport de T.E.R. , 2004.
- [REM03] : Remy-Robert, Alexandre Joseph, « Systèmes interactifs d'aide à l'élaboration de plannings de travail de personnel », Thèse de doctorat, Laboratoire TIMC, Institut IMAG , Université Joseph Fourier-Grenoble, 07 novembre 2003.
- [SAN01] : Sandhu K., "Automating class schedule generation in the context of university timetabling information system" , School of Management, Nathan Campus, Griffith University, 21 september 2001.
- [SCH95] : Schaerf A., et Schaerf M. "Local search techniques for large high school timetabling" , in proceeding of the 1st international conference on the practice and theory of automated timetabling, pp. 313-323, 1995.
- [WEI94] : Georges Weil, Kamel Heus, Patrice François, « Gymnaste : Aide à l'élaboration des roulements infirmiers. Du traitement des absences au management participatif », Laboratoire TIMC, SILM , CHU de Grenoble , Université Joseph Fourier-Grenoble, 1994.
- [WER85] : De Werra D., "An Introduction to Timetabling", European Journal of Operational research 19, 151-162. 1985

## الملخص

تعتبر جدولة التواقيت داخل أي هيئة من أهم تطبيقات البرمجة في الإعلام الآلي , خاصة إذا كانت الهيئة تتميز بكثرة الأحداث وتنوعها مثل الجامعة . ويتمحور هذا البحث على معالجة جدول تواقيت الجامعة المختلفة , وهذا باعتبار هذه العملية كعملية تخصيص الموارد ( الأساتذة , الطلبة , الوقت , القاعات ) للأحداث والتي هي الدروس مع التقيد بمجموعة من القيود.

الأهداف الرئيسية التي حققها النظام الذي أدرناها هي : إنشاء أو تعديل التوليد التلقائي لجداول التواقيت , و إدارة التناقضات المختلفة في إستخدام الموارد.

الكلمات المفتاحية : تخصيص الموارد , القيود , التحسين الإندماجي , الأحداث.

## Abstract

Automatic generation of timetables is to allocate university resources (teachers, students, time slots, rooms) to events (courses sessions, TD and TP), while trying to satisfy as many constraints. The main objectives achieved by the system that we realized are: the automatic generation of timetables, and management of various conflicts of resource use.

**Key words:** timetables, constraints, CSP, combinatorial optimization, meta-heuristics.

## Résumé

La génération automatique des emplois du temps universitaires consiste à allouer les ressources (enseignants, étudiants, créneaux horaires, salles) aux événements (séances de cours, TD et TP), tout en essayant de satisfaire le maximum de contraintes.

Les objectifs principaux atteints par le système que nous avons réalisé sont : la génération automatique des emplois du temps, et la gestion des différents conflits d'utilisation de ressources.

**Mots Clés :** emploi du temps, constraints, CSP, optimisation combinatoire, méta-heuristique.