

## Planification Stratégique des Employés

Peter Chan, Michael Hiroux, Georges Weil

► **To cite this version:**

Peter Chan, Michael Hiroux, Georges Weil. Planification Stratégique des Employés. Deuxièmes Journées Francophones de Programmation par Contraintes (JFPC06), 2006, Nîmes - Ecole des Mines d'Alès / France, 2006. <inria-00085812>

**HAL Id: inria-00085812**

**<https://hal.inria.fr/inria-00085812>**

Submitted on 14 Jul 2006

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Planification Stratégique des Employés

Article Jeune Chercheur JFPC'06

**Peter Chan Y.C.<sup>1</sup>, Michael Hiroux<sup>1,2</sup>, Georges Weil<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Equitime S.A., 19 Rue du Granier,  
38240 Meylan, France,  
<http://www.equitime.fr>

<sup>2</sup> Laboratoire TIMC-CNRS-IMAG, Université Joseph Fourier,  
38705 La Tronche, France  
{pchan|mhiroux|gweil}@equitime.fr

### Abstract

Aujourd'hui, de nouvelles méthodes de gestion sont nécessaires aujourd'hui pour prospérer dans l'économie hautement compétitive. Des pratiques avancées ont été proposées pour gérer les ressources humaines, souvent acclamées les plus importants actifs de toute organisation. Cependant, des modèles et des applications capables de supporter ces méthodes ne sont pas disponibles au bon moment. Cette note présente plusieurs directions pour améliorer la planification stratégique des employées, ainsi qu'une ébauche de solution.

### Introduction

Il est souvent observé que des modèles et des applications en ressources humaines (RH) prennent du retard par rapport aux *bonnes* pratiques de gestion (management best practices, MBP). La planification des employées homogènes sont encore un sujet de recherche en 2005-2006 (cf. [16, 21]), alors que les employées aux multiples qualifications font partie de MBP depuis les années 1980's. Afin d'accélérer le processus, cette note décrira en § 1, des MBP qui constitueront ce que nous appelons un système de *planification stratégique des employées*. Nous en donnons une définition en § 2, et proposons une approche en § 3.

Ici, nous ne considérons pas les conditions simples où seul les jours de repos doivent être déterminés ou les besoins sont cycliques et se répètent au bout d'une semaine typiquement. En plus, nous ne considérons pas la création des vacances, qui s'appliquent aux besoins cycliques sur une journée de la semaine.

### 1 Management Best Practices

Nous décrivons les concepts que les managers considèrent lors de planification stratégique, i.e. planification avec stratégie. Ces concepts ne sont pas nouveaux, mais des modèles et des applications qui les manipulent ne sont que partiellement disponibles aujourd'hui, ex. [7, 19].

#### 1.1 La création, l'opération et la rétention des équipes souples

L'équipe aux multiples qualifications n'est qu'une des concepts de MBP : ces employées sont plus productifs car ils peuvent changer de poste afin de s'adapter aux besoins fluctuants des clients. Le principe de base est la *souplesse*; i.e. les équipes doivent facilement et rapidement s'adapter aux conditions fluctuantes du marché; cf. [11]. Avec notre expérience, *l'opération* d'une équipe souple entraîne les concepts suivants :

- **Multiple termes** : Le travail aux heures annualisées permet aux gens de travailler plus certaines semaines sans le paiement d'heures supplémentaires. Afin d'éviter toute abuse, cette souplesse est accompagnée par des limites de travail à différents termes (ex. journalier, hebdomadaire, mensuel ou trimestriel) et par des repos minimaux journaliers ou hebdomadaires. La planification des capacités finies deviennent obligatoire afin d'éviter le paiement des amendes quand ces limites sont transgressées. Ce

concept important, similaire à celui de "Planning and Scheduling", est discuté en § 1.2. Depuis 2000, le travail annualisé est devenu légal pour nombreux secteurs de l'économie en Europe (cf. [9], [10]).

- **Multiple contrats** : Les employés proviennent de différents éléments de la vie avec des disponibilités différentes, ex. des étudiants, des femmes au foyer, des personnes en retraite partiel or non. Pour des raisons économiques, des populations différentes peuvent être embauchées pour traiter les périodes de pointe; ces différences peuvent être exploiter pour adapter la disponibilité de l'équipe aux besoins différents des clients sur la journée, la semaine ou la saison.
- **Multi-site/multi-projet** : Les employés pourraient travailler sur des sites ou projets différents, suivant les besoins du moment. Au lieu d'embaucher et former un nouvel personnel, il peut s'avérer plus souple s'ils voyagent entre les sites, par exemple pendant les pauses repas.

En plus de *l'opération au quotidien*, une équipe doit être *créée* et les membres retenus. La création d'équipe implique l'identification des rôles clés, puis l'affectation des individus disponibles aux rôles et l'embauche des nouveaux aux rôles restants. Cet aspect n'est pas concerné par cette note, comme il s'agit d'une activité non répétitive qu'une automation ne pourra pas être effective, en plus de sa grande envergure.

Nous pensons que la *rétenion* des membres est un aspect qui accompagne *l'opération quotidienne*. L'expérience montre que l'équipe peut être motivée par des heures choisies et équitables, avec des bonnes conditions de travail (ex. sécurité et hygiène), création de l'esprit d'équipe ou via *la mobilité professionnelle* :

- **Mobilité verticale/hierarchique** : la promotion hierarchique est souvent limitée par les opportunités d'affaires.
- **Mobilité géographique** : permettre les employés de transférer entre des départements / ateliers / filiales (une politique managérial non planifiable).

- **Mobilité horizontale** : former le personnel en qualifications spécifiques de l'entreprise peut être planifié sur le temps. Le personnel doit être choisi pour ces formations, et des activités de complexité progressive doivent être identifiées pour compléter la formation.

## 1.2 Relation avec le *Planning and Scheduling*

Récemment, le concept de *Planning and Scheduling* a été introduit dans le domaine de systèmes autonomes où des actions doivent être planifiées en utilisant des méthodes d'intelligence artificielle (I.A.) et puis ordonnancés pour l'exécution; ex. cf. [20]. Les domaines de base ont été étudiés séparément; les deux problèmes sont hautement combinatoires et les méthodes de résolution ne sont pas différentes. Leur intégration et exécution simultanée dans une même application sont motivées par l'obtention de plans de très haute qualité, par une rapidité de résolution, ou par la résolution de plus grandes instances.

Contraire aux vues comme [2] et [3], nous pensons que la planification à base de l'I.A. s'appliquant aux buts à atteindre, permet de déduire les moyens pour y parvenir. Cela n'a aucun lien avec les bonnes pratiques de gestion. Dans les domaines classiques de l'ordonnancement, la planification est typiquement basée sur un raisonnement de capacité finie. Afin que les ordonnancements d'activités soient réalisables, il est nécessaire que toutes les ressources et composants nécessaires aux activités soient disponibles en nombre adéquat dans l'espace et dans le temps.

Par exemple, dans le domaine manufacturier où les machines doivent être ordonnancées (au niveau de l'atelier), des logiciels *Manufacturing Resource Planning* sont utilisés pour organiser les activités pour que les composants soient disponibles en nombre et dans l'espace-temps. Des contraintes de capacité finies au niveau des ressources sont prises en compte dans un deuxième type de logiciel *Manufacturing Resource Planning* (MRP2). Actuellement ces logiciels sont lancés indépendamment par des services différents de l'entreprise ; on peut créer des plans qui ne pourront pas être ordonnancés.

Nous voyons que la planification à capacité finie comme une extension naturelle à l'ordonnancement détaillé, afin d'assurer la faisabilité de l'ordonnancement. La planification pourra établir plusieurs constantes de l'ordonnancement tel la taille de l'équipe et sa composition.

La planification à capacité finie et l'ordonnancement pourraient s'exécuter par itération. Quand la planification montre une surcapacité non utilisée, elle pourrait lancer des activités nouvelles.

Dans le contexte généralisé des équipes souples tel celles décrits au §1.1, nous appelons le concept de la planification à capacité finie et l'ordonnancement *la planification stratégique des employés (PSE)*, afin d'éviter la confusion avec *Planning and Scheduling*.

### 1.3 Bénéfice = Revenu - Coûts

Le principe des équipes souples est de s'adapter aux fluctuations en besoins afin de ne pas perdre des opportunités en affaires. L'idée est basée sur l'occupation des employés pleinement et effectivement et éviter des moments perdus.

Quand le personnel est disponible mais lorsqu'il n'y a pas assez de travail, les managers lancent des activités ou projets supplémentaires. Pour le même coût fixe, augmenter le revenu revient à augmenter les bénéfices, une formule bien connue des managers.

- Détecter s'il y a assez de marge pour lancer une activité additionnelle.
- Choix d'une mission/activité/projet à lancer, dépendant des seuils de disponibilité des ressources
- Créer un *planning compacte* donc avec le nombre minimal de repos légal. L'objectif est de laisser partir ces personnes poursuivre d'autres activités ou projets éventuellement sur un autre site.

## 2. Planification stratégique des employés : une définition

Ce paragraphe présente une définition de la PSE et le contraste avec des modèles existant des systèmes d'ordonnancement.

La planification stratégique des employés est le processus de création des plannings quotidiens détaillés pour chaque employé en tenant compte des buts stratégiques de l'entreprise à des échelles de temps différents (ex. mensuel, trimestriel ou annuel).

Cette définition vient du terme *Strategic Scheduling* par exemple en production où les délais varient de 3 mois à plusieurs années. *Strategic Scheduling* est une méthodologie de gestion en considérant les buts stratégiques de l'établissement et d'ordonner en conséquence toutes les ressources. Avec un scope plus grand, il peut atteindre des gains plus importants que l'ordonnancement habituel. Des modèles et des applications ont été proposés mais ils sont *nécessairement* spécifiques au domaine ou aux caractéristiques des ressources gérées (la production, le transport, production agricole, etc.).

En certains cas, il serait possible de combiner deux modèles existants afin de couvrir les termes stratégiques (les long et moyen termes) et le court terme. Ici, il faut que ces modèles se complètent bien car nous avons besoin à la fois des stratégies qui peuvent être planifiées et des plannings qui ne sont pas *myopes*. Et nous avons besoin de les obtenir sans ajuster continuellement à la main les résultats de l'un pour garnir l'autre.

Dans la suite, nous proposons une définition plus précise en termes d'objets et de concepts manipulés.

### 2.1 Planifier des équipes, infirmières ou des employés

*La planification des équipes* est considérée comme l'affectation court terme des tâches ou activités aux ressources, avec les usuelles contraintes de séquence et de précédence. Les équipes sont souvent considérées homogènes et les qualifications individuelles ne sont pas prises en compte. Cette approche est rendue nécessaire car beaucoup de personnes doivent être traitées. Les premiers travaux ont été [12], mais la planification des équipes homogènes est encore un sujet de recherche, cf. [16, 21].

La planification des employés, un terme utilisé en [14], prend en compte les qualifications individuelles et distingue des employés en plein-temps et en temps partiel, un début vers les équipes souples.

La planification des infirmières est généralement plus complexe, en générant des plannings "équitables" pour chaque employé suivant leurs préférences. Voir [1].

Les employés sont modélisés individuellement avec les propriétés suivantes :

- Les qualifications et le niveau d'efficacité de chaque qualification atteint par l'employé.
- L'historique de planification : on a besoin de connaître les affectations précédentes de chaque employé afin de respecter les limites de travail et de repos par jour, semaine ou mois. Cet historique nous permettra de générer des plannings équitables par rapport aux compteurs (tel le nombre de nuits ou week-ends).
- Les périodes de travail contractuelles et préférées (suivant le jour de la semaine) et la durée
- Calculer l'affectation minimale par qualification pour chaque employé, ainsi on prend en compte l'ensemble d'affectations passées.

#### Politique de l'établissement

- Les qualifications à développer, par ordre de priorité

- Employés désignés pour une formation dans des qualifications nouvelles

- Identifier et quantifier les activités qui peuvent être lancées

#### Activités

- La qualification nécessaire et le niveau d'efficacité requis pour chaque activité.

### 2.2 Planning model

Le modèle de la planification à capacité finie est un modèle utilisant des périodes d'un jour, semaine, ou mois, sur un horizon annuel par exemple. La quantité de travail nécessaire (en personne/heures) par qualification par période est prévue, basé par exemple sur les statistiques.

Les autres entrées sont les demandes d'absences des employés (i.e. congés). Au début de l'année, ces demandes ne sont pas complètes; mais elles seront autorisées dans la mesure du possible.

L'ensemble des employés est dénoté **Employees**; les qualifications de l'employé e est dénoté **Skills(e)**; les périodes en jour d (ou semaine w) est noté **Periods(d)** or **Periods(w)**. Chaque activité a implique-ment une notion du lieu où l'activité est exercée.

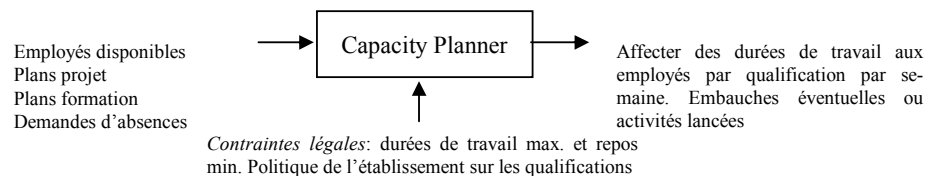


Figure 1: Planning à Capacité finie

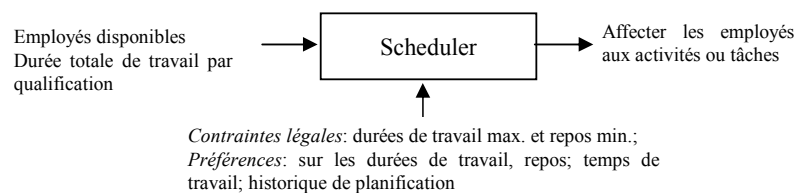


Figure 2: Ordonnancement

#### 2.2.1 Objective

L'objectif de la planification à capacité finie est de déterminer la durée de travail par employé, par période et par qualification. Soit  $Y(e, s, w)$  le nombre d'heures travail-

lés par l'employé e dans la qualification s à la semaine w.

#### 2.2.2 Contraintes

Les contraintes à respecter à ce niveau pour chaque employée e :

- La durée totale de travail en semaine  $w$  est définie par

$$W(e, w) = \sum_{s \in \text{Skills}(e)} Y(e, s, w)$$

Cette variable est dite semi continue, ses bornes étant le minimum et maximum de la durée contractuelle hebdomadaire de travail de  $e$  et elle est nulle si  $e$  est en congé :

$$CW_{\text{Min}}(e) \leq W(e, w) \leq CW_{\text{Max}}(e) \quad (1)$$

La moyenne hebdomadaire sur tout horizon glissant de  $CH=16$  semaines consécutives ne doit pas dépasser la limite légale de  $CH_{\text{Max}} = 38$  heures.

$$\forall a = 1 \dots 52 - CH :$$

$$\sum_{w = 0 \dots CH-1} W(e, a + w) \leq CH_{\text{Max}}/CH \quad (2)$$

- La limite légale annuelle de travail :

$$\sum_{w = 1 \dots 52} W(e, w) \leq CA_{\text{Max}} \quad (3)$$

- La contrainte de couvremment est  $\forall s, w$ .

$$\sum_{e \in \text{Employees}} Y(e, s, w) \geq N_w(s, w) \quad (4)$$

Le travail de chaque employé est distribué sur l'horizon afin de couvrir les demandes prévues  $N_w(s, w)$  en nombre d'heures de travail par qualification  $s$  et par semaine  $w$ .

### 2.2.3 Résultats

Les résultats de la planification sont :

- Planification des semaines hors pointe où les employés peuvent prendre congés  $W(e, w) = 0$
- Détermination de la taille et composition de l'équipe, lorsque les besoins ne peuvent pas être satisfaite avec les employés disponibles. On inclut des employés fictifs pendant la planification : les bornes inférieures sur la durée de travail hebdomadaire se traduisent par des employés sans travail sur une partie de l'année. On peut alors réduire le nombre d'employés.
- Lancement des activités additionnelles lorsque le potentiel de travail disponible dépasse les besoins par une marge suffisante. Actuellement, cette fonction peut être réalisée par des simulations *what-if*.
- Les *plannings compacts* présentés au § 1.3, peuvent être créés à ce niveau avec des conditions logiques telles que :

$$\text{Si } W(e, w) > 0 \text{ et } W(e, w+2) > 0$$

$$\text{Alors } W(e, w+1) > 0. \quad \forall e, w \quad (5)$$

Cette condition peut être traduite en équation linéaire.

Nous remarquerons que ce composant donne au système sa dimension stratégique par rapport aux systèmes d'ordonnement pur.

### 2.3 L'ordonnement

A ce niveau, on réalise l'affectation détaillée des activités aux employés suivant leur qualification pour chaque jour de la semaine. Le planning doit respecter les différentes contraintes journalier/hebdomadaire sur les durées de travail et de repos, ainsi que la durée totale disponible par qualification.

Dans le secteur de la distribution, suivant les jours fériés dans la semaine, une courbe de charge hebdomadaire peut être décomposée en plusieurs courbes journalières, basée sur des statistiques.

#### 2.3.1 Objective

A chaque période, ce modèle affecte des employés à une qualification ou au repos. Plusieurs modèles d'ordonnement sont possibles. Par exemple, on peut utiliser des variables Booléennes  $X(e, s, p) = 1$  si l'employé  $e$  est affecté à la qualification  $s$  à la période  $p$ , sinon 0. Par définition,  $s=0$  est l'affectation au repos :  $X(e, 0, p) = 1$ . Ainsi, l'employé  $e$  est toujours affecté à la période  $p$  :  $\sum_{s \in \text{Skills}(e)} X(e, s, p) = 1$ . On définit les variables auxiliaires  $U(e, p) = \sum_{s \in \text{Skills}(e) \setminus 0} X(e, s, p)$ . Elles valent 1 si  $e$  travaille la période  $p$ , sinon 0. On peut relier les variables  $X$  aux variables de la planification à capacité finie :  $\forall e, s, w$

$$Y(e, s, w) = \sum_{p \in \text{Periods}(w)} X(e, s, p) \quad (6)$$

Les besoins en qualification  $s$  à la période  $p$  à l'horizon journalier sont désignés par  $N_d(s, p)$ . Ils sont couverts si  $\forall s, p$  :

$$\sum_{e \in \text{Employees}} X(e, s, p) \geq N_d(s, p) \quad (7)$$

L'avantage de ce modèle est que les variables des deux niveaux sont reliées par des équations explicites. Le désavantage est que nous avons besoins de contraintes additionnelles pour assurer que la journée est compacte (avec le nombre minimal de périodes de repos). Le nombre de variables Booléenne étant le produit du nombre d'employés et de qualifications, le problème est très complexe à résoudre.

Un autre type de modèle dit implicite (cf. [18] et [4]), dont la taille est très réduite par rapport au premier. Son désavantage

est qu'il n'y a pas de relation qui relie directement les variables des deux niveaux. Enfin, il existe de modèles en programmation par contraintes avec les contraintes cumulatives.

Pour les besoins de cette présentation, on retient le modèle avec les variables  $X$ .

### 2.3.2 Contraintes

Les contraintes à ce niveau sont :

- Les bornes inférieures et supérieures journalière et hebdomadaires de la durée de travail :
 
$$CD_{\text{Min}} \leq \sum_{p \in \text{Periods (d)}} X(e, s, p) \leq CD_{\text{Max}} \quad \forall e, s, \text{ jour } d \quad (8)$$
- Amplitude journalière. On obtient une relation similaire à (8) pour tout horizon glissant de 12 heures, tout employé ne doit pas travailler plus de  $CD_{\text{Max}}$  heures.
- Repos minimum entre 2 jours consécutifs de travail.

Par rapport aux ordonnancements habituels, ce modèle traite la multiple qualification et niveau d'efficacité. Il pourra aussi prendre en considération des contraintes de planification tel que les marges entre le main d'œuvre disponible et les besoins réels. Si dépassé, il devra s'arrêter et procéder au lancement d'activités supplémentaires.

## 3. Une approche à la planification stratégique des employés

Afin de traiter le grand système de contraintes qui résulte de la modélisation de plannings sur l'horizon annuel, nous utilisons la méthode de décomposition Bender's [4] dans le contexte de la Programmation par Contrainte (PPC), dont le pionnier est Hooker [17]. D'autres travaux récents incluent [13] qui décrit une implantation de l'approche au sein de l'outil ECLIPSe. [6] décrit une application de planification des employés multi-qualifiés, qui est uniquement au niveau de l'ordonnement. Une autre approche en PPC explicative est présentée en [8].

### 3.1 Méthode de décomposition générale

La méthode de décomposition classique Benders exploite la possibilité de fixer des valeurs de certaines variables *clés* dans le problème principal, qui le décompose en plusieurs sous problèmes. En énumérant ces valeurs en un *problème maître*, puis résolvant chaque *sous problème* et sélectionnant la meilleure solution au *sous problème*, le problème original peut être résolu. Chaque solution de sous problème génère une contrainte (Bender's cut) qui pourrait s'ajouter au problème maître de telle sorte que la recherche des espaces similaires est évitée.

Plus formellement, la décomposition à la Benders s'applique si le problème peut être écrit comme suit :

$$x \in R^n, y \in D^m, y \geq 0 \\ \text{Min } fx + cy \mid Ay + Gx \geq b \quad (9)$$

Si  $x^*$  dénote la solution au problème maître et si le sous problème est un LP, alors

$$\text{Min } fx^* + cy \mid Ay \geq b - Gx^* \quad (10)$$

Ceci peut être résolu via une procédure itérative, imbriquant le calcul du problème maître et la résolution du sous problème. En appliquant la théorie de la dualité à la solution du sous problème, des contraintes peuvent être générées et ajoutées au problème maître :

$$\text{Min } z \mid z \geq u^*_q(b - Gx) + fx, q \in Q$$

Où  $u^*_q$  est la solution duale au sous problème lorsque ceci est faisable lors de l'itération  $q$ .

Si le sous problème n'est pas faisable, une contrainte de type *no-good* est ajoutée afin d'éviter cette solution et ses semblables lors de la recherche.

### 3.2 Décomposition fonctionnelle

Suivant les pratiques courants, nous avons décomposé le problème en deux étapes (a) la planification à capacité finie et (b) ordonnancement détaillé. C'est une application de la décomposition de Benders où la planification est le problème maître et l'ordonnement des ressources sur chaque période constitue les sous problèmes. Puisque les périodes représentent des co-

lonnes dans la matrice des besoins, nous l'appelons une décomposition *verticale*.

Un deuxième décomposition est possible où les sous problèmes représentent des ressources et produisent des plannings valides par rapport à la réglementation de travail; le problème maître est assuré que les affectations proposées par tous les sous problèmes couvrent bien les besoins totaux

en nombre et en qualification. Puisque les ressources représentent des lignes dans la matrice des besoins, nous appelons ceci la décomposition *horizontale*.

Notre approche est de combiner et utiliser les **deux** décompositions pour réduire le calcul à chaque étape, comme le montre la figure 3, et ainsi réduire la somme totale des calculs.

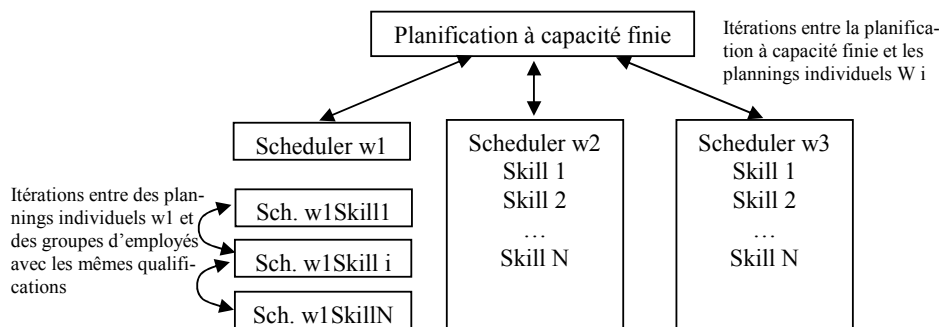


Figure: 3. Décomposition double: horizontale et verticale.

### 3.3 Décomposer la PSE

Afin de produire le planning pour le mois courant, le problème original est résolu pour la distribution hebdomadaire des qualifications pour tous les employés, en présence des contraintes annuelles.

$$\text{Min } fx + \sum_w c_w y_w \mid A_w y_w + G_w x \geq b_w, \forall w, x \in \mathbb{R}^n, y_w \in \mathbb{D}^m, y_w \geq 0$$

Plus formellement dans l'équation (9), la variable  $x$  représente le plan annuel avec les charges par qualification et  $y$  est le planning détaillé pour la semaine  $w$ . Lorsque  $x^*$  est déterminé qui minimise le coût à l'horizon annuel tout en respectant les contraintes (1) - (4), alors le sous problème obtenu pour chaque semaine  $w$  est décrit par :

$$\text{Min } fx^* + \sum_w c_w y_w \mid A_w y_w \geq b_w - G_w x^*$$

En sous problème  $w$ , on produira un ordonnancement détaillé pour chaque jour de la semaine  $w$ , en satisfaisant le planning  $x^*$  et compatible avec la réglementation du travail pour les employés. Si un ordonnancement faisable n'est pas possible pour certains employés, on recalcule leur planning annuel; en particulier, on vérifie le plan pour les semaines suivantes et éventuellement recalcule l'ordonnancement des semaines voisines.

Le sous problème  $w$  décrit en (10) n'a pas besoin d'être résolu entièrement pour tous les employés à chaque itération. Si un ordonnancement faisable est impossible pour l'employé  $e$ , alors on ne recalcule l'ordonnancement que pour les employés avec les mêmes qualifications. Ainsi la décomposition horizontale est appliqué au sous problème  $w$ .

En général, ce processus peut exiger nombreuses itérations avant de parvenir à un état stable et que des ordonnancements faisables sont obtenu pour tous les employés.

### 3.4 Implémentation

En pratique, on pourra utiliser MIP pour résoudre la planification à capacité finie pour obtenir la quantité de travail par qualification par employé par semaine. L'ordonnancement peut être résolu avec la PPC.

## 4 Conclusion

La contribution de cette note est le concept de la planification stratégique des employés, sa définition et ses composants. Planifier l'emploi des employés avec une



stratégie, elle diffère des concepts existants de planification des ressources humaines par la capacité à traiter des paramètres hors ordonnancement comme la taille de l'équipe ou sa composition, la possibilité de lancer des activités additionnelles, ou la prise en compte des considérations en dehors de l'horizon d'ordonnancement tel que le nombre d'heures de travail trimestriel.

Nous encourageons des chercheurs à explorer ce concept et à proposer d'autres solutions à ce problème complexe qui émane des bonnes pratiques de gestion des ressources humaines.

## Références

- [1] Bard J.F., Purnomo H.W., *Preference Scheduling for Nurses using Column Generation*, European Journal of Operational Research **164**: 510 – 534, 2005.
- [2] Barták R., Rudová H., *Integrated Modelling for Planning, Scheduling and Timetabling Problems*. 20th Workshop of UK Planning and Scheduling SIG, Edinburgh, UK : 19 – 31, 2001. <http://planning.cis.strath.ac.uk/plansig>
- [3] Barták R., *Integrating Planning into Production Scheduling, a Formal View*, ICAPS-04 Workshop on Integrating Planning into Scheduling, B. Columbia, Canada June 3-7 2004.
- [4] Bechtold S.E., Jacobs L.W. *The equivalence of general set-covering and implicit integer programming formulations for shifts scheduling*, Naval Research Logistics **43**:233-249 1996.
- [5] Benders J. F., Partitioning procedures for solving mixed-variables programming problems. *Numerische Mathematik*, 4:238-252, 1962.
- [6] Benoist T., Gaudin E., Rottembourg B., Constraint Programming Contribution to Benders Decomposition: A Case Study. In Proceedings CP'02, LNCS 2470 : 603-617, 2002.
- [7] Cai X., Li K.N. *A genetic algorithm for timetabling staff of mixed skills under multi-criteria*, European Journal of Operational Research **125**: 359 – 369, 2000.
- [8] Cambazard H., Jussien N., Integrating Benders decomposition within Constraint Programming. Principles and Practice of Constraint Programming (CP 2005), Lecture Notes in Computer Science 3709: 752-756, Springer-Verlag, Short paper, 2005.
- [9] Chan P., Zemmouri T., Hiroux M., Weil G., *Multiple-level Models: an application to employee timetabling*, 5<sup>th</sup> International Conference on Practice and Theory of Automated Timetabling PATAT 2004 at Pittsburgh, USA. <http://www.asap.cs.nott.ac.uk/patat/patat04/patat04-full-papers.shtml>
- [10] Chan P., Zemmouri T., Hiroux M., Weil G., *Modelling Multi-skilled Workforces*, International Conf. OR2005 University of Bremen, Germany, Section on Scheduling and Project Management, Program Booklet Pg.173. 7-9 Sept. 2005 <http://www.or2005.uni-bremen.de/download/finalschedule/program.pdf>
- [11] Cox T., Jr. *Towards the measurement of manufacturing flexibility*, Production Inventory Management Journal, First Quarter: 68 – 72, 1989.
- [12] Dantzig G.B. *A Comment on Edie's Traffic Delays at Toll Booths*. Operational Research **2**: 339 – 341, 1954.
- [13] Eremin A., Wallace M. Hybrid benders decomposition algorithms in constraint logic programming. In T. Walsh, editor, Principles and Practice of Constraint Programming - CP 2001, Lecture Notes in Computer Science : 1-15. Springer, 2001
- [14] Glover F., McMillan C., *The General Employee Scheduling Problem: An integration of MS and AI*. In: Computational and Operations Research. **13** (5): 563 – 573, 1986.
- [16] Haselünne J.H. *Models and Algorithms for Ground Staff Scheduling on Airports*. Thesis defended at Technical University of Aachen, in collaboration with Dash Optimization, 2005.
- [17] Hooker J.N., Ottosson G., Thorsteinsson E.S., Kim H.J., A Scheme for Unifying Optimization and Constraint Satisfaction Methods, in Knowledge Engineering Review, special issue on AI/OR, **15** (1): 11-30, 2000.
- [18] Moondra S.L., *LP model for work force timetabling in banks*, Journal of Bank Resources, **7**: 299 – 301, 1976.
- [19] Mooney E., Davidson T., *Tour Scheduling with Skill Based Costs*, 5<sup>th</sup> International Conference on Practice and Theory of Automated Timetabling PATAT, Pittsburgh, USA, 2004. <http://mat.gsia.cmu.edu/PATAT04/>
- [20] Muscettola N, Pollack M.E., Tutorial on Temporal and Resource Reasoning for Planning, Scheduling and Execution, ICAPS 2005. <http://icaps05.icaps-conference.org>
- [21] Rekik M., Cordeau J.F., Soumis F., *Implicit Shift Scheduling with Multiple Breaks and Pre and post Break Restrictions*, Les Cahiers du GERAD, G-2002-32 and G-2005-15. <http://www.gerad.ca/fr/publications/>
- [22] Thorsteinsson E.S. Branch and Check: a Hybrid Framework integrating Mixed Integer Programming and Constraint Logic Programming. Conférence CP 2001, Lecture Notes in Computer Science 2239:16-30, 2001.