

Optimisation des plans de tests des charges utiles de télécommunications

Caroline Maillet^{1,2}, Gérard Verfaillie¹, Bertrand Cabon²

¹ ONERA, 2 avenue Edouard Belin, BP 4025, 31055 Toulouse Cedex, France
{Caroline.Maillet, Gerard.Verfaillie}@onera.fr

² EADS ASTRIUM, 31 rue des Cosmonautes, Z.I. des Palays, 31402 Toulouse Cedex 4, France
{Caroline.Maillet, Bertrand.Cabon}@astrium.eads.net

Mots-Clés : *programmation par contraintes, programmation linéaire en nombres entiers.*

1 Le problème des plans de tests des charges utiles

Pour répondre à la demande sans cesse croissante en capacité et débit pour la télévision haute définition et les télécommunications haut débit, les opérateurs satellites doivent accroître de façon importante la capacité de leurs nouveaux satellites. Ces nouvelles capacités sont obtenues au prix d'une complexité accrue. La maîtrise de cette complexité impose la définition de nouvelles méthodes d'organisation des tests à réaliser sur les charges utiles de télécommunication.

Les tests physiques des charges utiles en chambre vide durent plusieurs semaines voire plusieurs mois selon les satellites et mobilisent des équipes importantes. Ces tests sont organisés en phases ascendantes et descendantes en température. Chaque phase permet de tester un sous ensemble d'équipements (voir Figure 1) et dure quelques dizaines d'heures. Les équipements qu'il est possible de tester au cours d'une phase sont soumis à des contraintes de compatibilité entre équipements, à des contraintes de fréquence des signaux de test, à des contraintes thermiques et à des limitations du nombre de mesures possibles. L'ensemble des phases doit permettre de tester l'ensemble des équipements. L'objectif de limitation du nombre de phases est donc un enjeu crucial pour EADS Astrium.

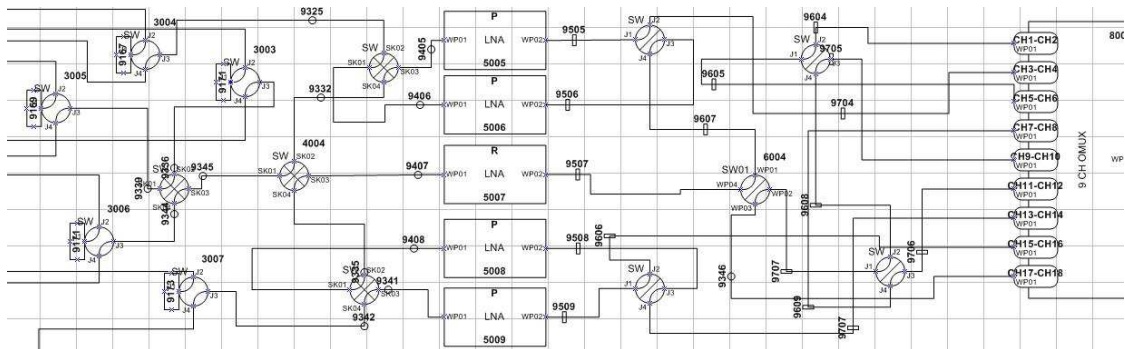


FIGURE 1 – Extrait d'une charge utile de télécommunication.

Dans le cadre de cette thèse, nous avons élaboré des modèles mathématiques du problème en

Programmation Par Contraintes (PPC) [1] et en Programmation Linéaire en Nombre Entiers (PLNE) [2]. Nous avons utilisé Ilog OPL pour résoudre des instances correspondantes aux satellites en cours de conception. L'analyse des résultats des expérimentations a permis d'identifier les modèles et les paramètres d'algorithmes les plus prometteurs pour ce problème d'optimisation.

2 Modèles mathématiques

Le problème peut être envisagé selon deux objectifs différents, à savoir :

- la maximisation de la couverture des équipements à nombre de phases fixé,
- la minimisation du nombre de phases sous satisfaction de la couverture totale des équipements.

Pour chacun de ces cas, un modèle en PPC et un modèle en PLNE ont été étudiés. La PPC présente une grande flexibilité d'écriture des contraintes au contraire de la PLNE. Le modèle en PPC compte des milliers de variables ayant une taille de domaine égale au nombre de phases noté P . Cependant les variables du modèle en PLNE sont P fois plus nombreuses que celles du modèle non-linéaire, mais présentent l'avantage d'être binaires.

3 Algorithmes

Les différents modèles présentés ci-avant ont été testés via ILOG OPL soit en mode CPLEX pour la PLNE, soit en mode CPOptimizer pour la PPC. En mode CPOptimizer, nous avons comparé plusieurs types de recherche tels que Depth First ou Restart, ainsi que différentes heuristiques d'ordonnements de variables et de valeurs.

4 Expérimentations

Les premières expérimentations ont d'abord été réalisées sur des cas d'école d'une centaine de variables, permettant ainsi de corriger nos modèles mais aussi d'explorer les premières pistes du point de vue du type de recherche ou encore de l'ordonnement des variables et de leurs valeurs. Déjà sur ces cas simples il n'est pas évident de prouver l'optimalité d'une solution dans un temps raisonnable pour les modèles minimisant le nombre de phases sous contrainte de la couverture totale des équipements. Il est cependant possible d'obtenir rapidement une solution avec un nombre de phases proche de l'optimum. Les résultats des différents modèles et algorithmes mis en place pour une instance donnée du problème sont analysés en comparant les indices de temps, de noeuds explorés ou encore du nombre d'échecs. Cette méthode est également appliquée sur des cas de tests plus représentatifs de la réalité des charges utiles actuelles, comptant plusieurs milliers de variables. Ces dernières comportent des milliers d'équipements à couvrir sur un minimum de phases thermiques (<10). Les résultats de ces expérimentations devraient pouvoir être utilisés pour l'amélioration des algorithmes spécifiquement développés par Astrium pour résoudre ce problème.

Références

- [1] R. Dechter, *Constraint Processing*, Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2003.
- [2] C.Guéret, C. Prins, M. Sevaux, *Programmation Linéaire*, Eyrolles, 2000.