



Ecole Graduée 631 MADIS

Sujet de thèse en Mathématique proposé en 2023

Titre : Optimisation stochastique pour les calendriers sportifs

Directeur de thèse : David Coupier

E-mail : david.coupier@imt-nord-europe.fr

Co-directeur de thèse : Nicolas Wicker

E-mail : nicolas.wicker@univ-lille.fr

Laboratoire : Institut Mines Télécome Nord Europe

Equipe : Département fondamentaux scientifiques

Descriptif :

Élaborer un calendrier sportif consiste à déterminer quels sont les matchs composant les différentes journées d'un championnat. Si on considère la ligue de football professionnel (L1), il y a 10 matchs à placer sur chacun des 38 journées du championnat français. Pour rappel, 20 équipes sont en compétition dans le championnat de L1. Chaque équipe doit affronter deux fois les 19 autres, une fois à domicile et une fois à l'extérieur (d'où les 38 journées). Ce type de tournoi est appelé round-robin. Les dates de ces 38 journées sont déjà fixées dans le calendrier ; il s'agit uniquement de déterminer les matchs les composant ainsi que leurs sens (domicile ou extérieur). Mais tous les calendriers ne se valent pas. Le calendrier idéal doit satisfaire de nombreuses contraintes dont la plupart sont inconnues du grand public. Voici quelques exemples :

- Les vœux des diffuseurs. Certains médias (Canal+, Bein ou plus récemment Mediapro) achètent au prix fort le droit de diffuser les matchs de L1. Il est normal qu'ils puissent imposer leurs desiderata et en particulier les dates des matchs les plus attendus de la saison. Par exemple, le classico OM - PSG doit se jouer en J8 (i.e. lors de la 8e journée de championnat), le derby OL - St.-Étienne doit se jouer en J16 etc.
- Les vœux des clubs. Chaque équipe dispose de 100 points pour formuler diverses demandes, d'ordre sportif ou organisationnel. Par exemple, de nombreuses équipes souhaitent jouer le dernier match à domicile, le LOSC ne veut pas jouer à domicile lors du week-end de la grande braderie etc.
- Les contraintes collectives. La Ligue de Football Professionnel (LFP) en tant qu'organisateur du championnat de L1 émet elle aussi des contraintes qui ont trait au bon équilibre global du championnat. En particulier, minimiser le nombre de pivots pour chaque club (un pivot est un enchaînement de deux matchs se jouant tous les deux à domicile ou à l'extérieur).



Objectifs scientifiques/hypothèses/problématiques.

L'ensemble de tous les calendriers est gigantesque et en trouver un bon, i.e. satisfaisant de nombreuses contraintes, est une question difficile qui suscite une recherche active [1, 2, 3]. L'objectif est d'explorer de manière optimale l'espace des calendriers possibles pour identifier le meilleur calendrier étant donné un ensemble de d'objectifs, qui peuvent être par exemple ceux de la ligue de football professionnel. Le calendrier en soi se présente comme un carré latin symétrique et une manière de l'explorer [2] consiste à effectuer des opérations qui perturbent de manière locale un calendrier.

Verrous scientifiques à lever/enjeux/challenge.

La difficulté principale outre la complexité du problème d'optimisation réside dans ce que nous avons mis à jour dans un article en préparation [4] : avec les mouvements utilisés classiquement [2,3] il est impossible d'explorer l'espace de tous les calendriers rendant ainsi de fait impossible dans certains cas la découverte du meilleur calendrier.

Les verrous scientifiques sont ainsi les suivants :

- identification de nouveaux mouvements.
- prouver que ces mouvements permettent de connecter tous les calendriers.
- un problème proche plus simple est l'étude de la vitesse de convergence de chaînes de Markov sur les carrés latins, mieux comprendre les carrés latins permettrait de mieux comprendre aussi les carrés latins symétriques.

Grandes lignes de la méthodologie qui sera mise en œuvre.

Pour identifier de nouveaux mouvements, nous avons deux pistes :

- Ribeiro et Urratia [3] ont introduit de nouveaux mouvements de manière heuristique, ils consistent en effet à effacer des parties entières du calendrier pour les reconstituer ensuite. Cependant, ces mouvements sont très généraux et n'offrent à priori aucune garantie de succès. On pourrait donc dans un premier temps les étudier ou du moins en préciser le sens pour éventuellement ensuite en montrer des propriétés.
- les connaissances les plus avancées dont on dispose sur des sujets proches portent sur les carrés latins, on pourrait donc essayer de généraliser les mouvements connus sur les carrés latins aux carrés latins symétriques.

Enfin, on cherchera évidemment aussi des mouvements de novo.

Par ailleurs, d'une manière pratique on explorera aussi la possibilité de partir d'un ensemble de solutions initiales données par des approches alternatives comme la formulation SAT (problème de satisfaisabilité booléenne).

Résultats attendus.

On souhaite à la fois démontrer de nouveaux résultats théoriques sur le problème des tournois round-robin et en particulier sur la simulation de carrés latins et développer une méthode fiable d'optimisation



stochastique basée sur des mouvements appropriés. Finalement, un code sera produit avec comme finalité de valoriser nos résultats auprès de la ligue de football professionnel ainsi qu'auprès d'autres ligues.

- [1] J. Dinitz, E. Lamken, and W.D. Wallis. Scheduling a tournament. CRC Press, 1995.
- [2] A.C.B Guedes and C.C Ribeiro. A heuristic for minimizing weighted carry-over effects in round robin tournaments. *Journal of Scheduling*, 14:655-667, 2011.
- [3] C.C Ribeiro and S. Urratia. Heuristics for the mirrored traveling tournament problem. *European Journal of Operational Research*, 179(3):775-787.
- [4] Misconnection in single round-robin tournament. D. Coupier et N. Wicker (manuscript in preparation)