Stratégie de régulation du trafic à une intersection signalisée basée sur la théorie des jeux

H. MAHIOUT M.S. RADJEF

Journées des Doctoriales, le 12 et 13 Décembre 2018

Introduction

La congestion routière est devenue un problème majeur dans les zones urbaines, en particulier au niveau des intersections. Le contrôle des feux de signalisation est une composante majeure pour réduire la congestion et améliorer les conditions de circulation au niveau de ces zones.

Objectif : Proposer une stratégie de régulation du trafic urbain afin d'améliorer les conditions de circulation au niveau des intersections signalisées, en utilisant la théorie des jeux.

Problématique et Modélisation

Comme le montre la Figure 1, l'intersection est composée de deux mouvements m_1 et m_2 (Intersection à deux phases). Chaque mouvement a un feu de signalisation, qui peut être vert ou rouge. Il y a un conflit de circulation dans la zone d'intersection entre les deux mouvements, donc ils ne peuvent pas traverser l'intersection simultanément et les deux feux de signalisation de m_1 et m_2 ne peuvent être vert en même temps.

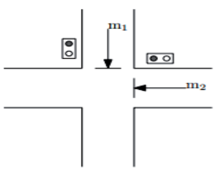


Figure 1 – Illustration d'une intersection à deux mouvements.

Chacune des deux phases définie ci-avant cherche à augmenter sa durée de feu vert afin de minimiser le nombre de véhicules en attente à la fin du cycle. Dans le cadre de cette étude, cette situation est modélisée sous forme d'un jeu G = < I, $\{X_i\}_{i\in I}$, $\{\Pi_i\}_{i\in I}$ > :

- I ={1,2} est l'ensemble des joueurs qui représentent les deux phases.
- X_i est un ensemble de stratégies du joueur i $\in I$, la variable de décision d'un joueur i $\in I$ consiste à choisir une durée de feu vert $t_i \in X_i$.
- $\Pi_i : (t_i , t_{-i}) \longrightarrow$ R est la fonction utilité d'un joueur i qui représente le nombre de véhicules en attente à la fin du cycle, Avec :

$$\Pi_i\ (t_i\ , t_{-i}) = \gamma_i + \mu_i t_{-i} + (\mu_i - \omega_i)t_i$$

où

- γ_i : est le nombre de véhicules en attente au début d'un cycle;
- μ_i : est le taux d'arrivées des véhicules sur la phase i ;
- ω_i : est le taux de départ des véhicules sur la phase i.

De plus , la variable de decision t_i d'un joueur i doit vérifiée les deux contraintes suivantes:

$$t_i \in X_i \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{2} t_i = \mathrm{T} \quad (2)$$

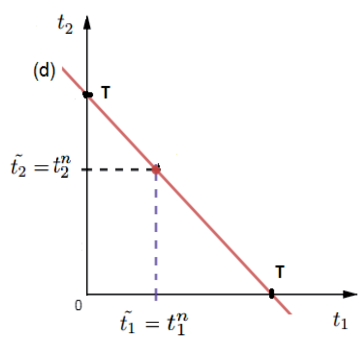
Résolution

Concernant la résolution du jeu proposé, nous avons procédé en trois étapes :

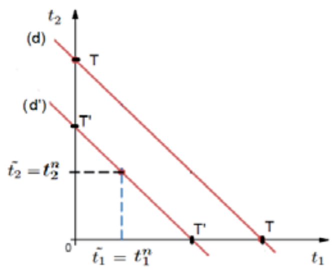
- Déterminer l'équilibre de Nash du jeu sans contraintes, donné par $t^* = (t_1^*, t_2^*)$.
- Exprimer l'équilibre du jeu qui vérifie la contrainte (1) $t^n = (t_1^n, t_2^n)$ en fonction de $t^* = (t_1^*, t_2^*)$ et la durée de cycle T.
- Exprimer l'équilibre du jeu $t^{\sim} = (t_1^{\sim}, t_2^{\sim})$ qui vérifie les deux contraintes (1) et (2) simultanément en fonction de $t^n = (t_1^n, t_2^n)$

On distingue trois cas :

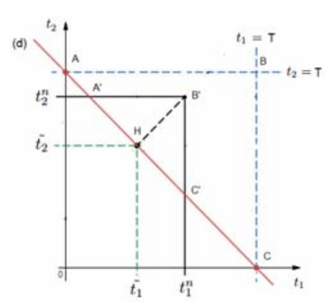
Cas1 : $t_1^n + t_2^n = T$



Cas2 : $t_1^{\sim} + t_2^{\sim} = T' < T$



Cas 3: $t_1^n + t_2^n > T$



Conclusion

La résolution du modèle proposé, permet de calculer la durée du feu vert pour chacune des routes d'une intersection de telle sorte à minimiser le nombre de véhicules en attente sur chaque phase. En d'autres termes, ce modèle permet de réduire la congestion au niveau d'une intersection à deux phases.
Comme perspective, dans un premier temps, nous allons simuler et analyser les résultats pour le cas d'une intersection simple. Par la suite, notre objectif est de généraliser et d'appliquer ce modèle sur une intersection à quatre directions (North, South, East, West) (Figure 2).

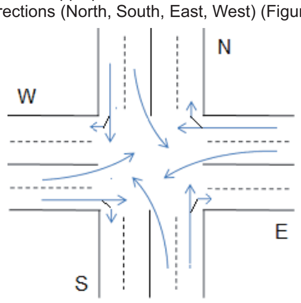


Figure 2 – Intersection à quatre directions (N,S,E,W)