

## Sujet de stage M2 :

### Etude du problème de voyageur de commerce sur un graphe temporel

**Contexte :** L'équipe RI2C du laboratoire LITIS au Havre travaille depuis des années sur les graphes temporels dans une optique algorithmique et optimisation. Les graphes temporels (ou dynamiques) sont des graphes qui évoluent dans le temps (en particulier, les arêtes peuvent apparaître ou disparaître au cours du temps). L'équipe est partenaire d'un projet financé par l'ANR : Temporal Graph Algorithms (acronyme TEMPOGRAL, site <https://www.labri.fr/perso/acasteig/tempogral/>).

Le projet finance en particulier une allocation de thèse et ce stage. Le stagiaire retenu sera donc un candidat naturel à cette allocation.

**Sujet du stage :** Nous nous intéressons à l'adaptation de problèmes classiques dans les graphes au contexte temporel. Le problème du voyageur de commerce (Traveling Salesman Problem, TSP) est l'un des plus connus de ces problèmes. Dans le contexte temporel, on associe à chaque arête des dates de présence (étiquettes). Le TSP temporel consiste à construire une suite d'arêtes permettant de passer par tous les sommets du graphe. La suite d'arêtes forme un cycle, et de plus une solution réalisable associée à chaque arête une de ses étiquettes, de sorte que la suite des étiquettes obtenues est strictement croissante. Dans une version « faible » du problème, il est autorisé de passer plusieurs fois par un même sommet (on parle alors d'exploration temporelle).

On sait que décider si un graphe statique admet un cycle Hamiltonien est déjà un problème NP-Complet. La variante temporelle est également difficile même sous des hypothèses très restrictives.

Nous nous intéresserons durant le stage à la question suivante : quel est la durée minimale d'une exploration temporelle (définie comme la valeur de sa plus grande étiquette) ? Plus précisément, on peut montrer avec quelques hypothèses naturelles sur les étiquettes que cette durée est au maximum de l'ordre de  $n^2$ . Mais peut-on toujours trouver une solution dont la durée est au plus de l'ordre de  $m$ , nombre d'arêtes du graphe ?

Le stagiaire retenu devra se familiariser avec la notion de graphe temporel. Il étudiera ensuite le TSP temporel, avant de chercher à répondre à la question ci-dessus. L'étude pourra être complétée par des expérimentations qui permettront de guider l'analyse théorique.

#### Bibliographie

O. Michail. An introduction to temporal graphs: An algorithmic perspective. *Internet Mathematics*, 12(4):239–280, 2016. (état d'art succinct pour temporal exploration and TSP p 29)

O. Michail and P. G. Spirakis. Traveling salesman problems in temporal graphs. In *39th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS)*, pages 553–564. Springer, 2014.

Erlebach, T., Hoffmann, M., Kammer, F. (2015). On Temporal Graph Exploration. In: Halldórsson, M., Iwama, K., Kobayashi, N., Speckmann, B. (eds) *Automata, Languages, and Programming. ICALP 2015. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 9134. Springer, Berlin, Heidelberg.

P. Flocchini, B. Mans, and N. Santoro. Exploration of periodically varying graphs. In Y. Dong, D.-Z. Du, and O. Ibarra, editors, *Algorithms and Computation*, volume 5878 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 534–543. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

D. Ilcinkas and A.M. Wade(2018). Exploration of the t-interval-connected dynamic graphs: the case of the ring. *Theory of Computing Systems*, 62(5), 1144-1160.

**Prérequis :** diplôme de Master ou d'Ingénieur en informatique ou mathématiques appliquées. Une bonne connaissance des graphes est indispensable. Des acquis solides en Algorithmique et en Recherche Opérationnelle sont un plus.

#### Encadrement, contact :

Stefan Balev, Yoann Pigné, Eric Sanlaville ([prenom.nom@univ-lehavre.fr](mailto:prenom.nom@univ-lehavre.fr))