**Recherche d’itinéraire dans un réseau dynamique de transports en commun**

**Inscription dans le thème de l’année**

Le déplacement des individus est un enjeu majeur, tant dans les zones rurales mal desservies que dans les zones urbaines densément peuplées. Pour faciliter les mobilités, les villes ont développé des réseaux de transports en commun. Dès lors, il a été nécessaire d’optimiser l’itinéraire des utilisateurs.

46 mots (50 max)

**Motivation**

Les méthodes de recherche de plus court chemin ont donné une réponse mathématique à ce problème. Son adaptation concrète a donné lieu à des applications telles que Google Maps ou Citymapper. Nous nous sommes donc intéressés à la recherche d’itinéraires optimisés dans un réseau de transports en commun.

48 mots (50 max)

**Problématique:**

Comment trouver, en temps réel, un itinéraire optimal dans un réseau de transport en commun ?

**Professeur encadrant**

Hervé Gianella

Ce TIPE fait l’objet d’un travail de groupe.

**Liste des membres du groupe :**

Jolan DU BOIS

Pierre-Emmanuel BAVIERE

**Positionnement thématique**

Informatique (informatique pratique)

Informatique (Informatique théorique)

**Mots-clés (5)**

**Français**

Assistant de navigation (GPS)

Recherche de plus court chemin (Dijkstra / A\*)

Modélisation réseau de transport publics

Simulation numérique de l’évolution du trafic ferroviaire

Complexité algorithmique

**Anglais**

Personal navigation assistant (PNA)

Shortest path search (Dijkstra / A\*)

Public Transport Network Modeling

Computer simulation of railway traffic

Computational complexity

**Bibliographie commentée (650 mots)**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

L’optimisation de ses trajets a toujours été un enjeu pour l’humanité. Par exemple, dès l’Empire Romain, des routes ont été construites pour quadriller le territoire dans une volonté de réduire les trajets militaires et postaux. La distance, le temps, le coût, le confort sont autant de critères rentrant en compte dans l’optimisation d’un itinéraire. Ainsi, l’arrivée de l’informatique a fait naître l’idée d’algorithmes permettant d’optimiser des itinéraires selon différents critères. Dès lors, toute méthode exhaustive n’étant pas envisageable - dans un réseau de seulement 10 points, il existe plus de 120 000 itinéraires non redondants différents - Edsger Dijkstra propose en 1959 un algorithme donnant la solution exacte du plus court chemin dans un graphe orienté et pondéré par des réels positifs et ce sans tester toutes les combinaisons. En 1968, Peter E. Hart, Nils John Nilsson et Bertram Raphael en proposent une modification : l’algorithme A\*, un algorithme orienté, dit heuristique, plus rapide que l’algorithme de Dijkstra [1]. Dans une thèse publiée en 1969, I. Pohl propose quant à lui une autre amélioration s’appuyant sur un parcours du graphe en partant à la fois du départ et de l’arrivée : le principe d’algorithme bidirectionnel [2].

En parallèle, à la fin du XXe siècle, dans un contexte de guerre froide, les Etats-Unis mettent au point un système de positionnement par satellite (GPS – *Global Positioning System*) à des fins militaires. Dans les années 90, l’entreprise américaine Garmin décide d’utiliser cette technologie avec les algorithmes de recherche de plus court chemin et met au point les assistants de navigation à présent utilisés au quotidien et appelés, par abus, GPS.

De nos jours, ce sont les smartphones qui ont intégré cette fonctionnalité de géolocalisation et les assistants de navigation ont pris la forme de simples applications. Ces dernières guident les usagers dans tout type de réseau de transports, tels que les réseaux routiers – avec Waze par exemple – et les réseaux de transports en commun – avec notamment Google Map ou l’application de la RATP.

Pour rechercher un itinéraire dans un réseau de transport en commun, ces applications ont dû commencer par modéliser ce réseau. Cela s’est fait avec une base de données qui regroupe la topologie du graphe (nœuds et position géographique), ses connexions (vitesse autorisées, nombre de voies, capacités des trains) ainsi que la demande (horaires de passages, flux de voyageurs) [3][4]. De plus, pour fournir des itinéraires plus pertinents ces assistants de navigation doivent mettre à jour ces données en temps réel pour rendre compte de la dynamique du réseau et de son trafic [5]. En effet, la perturbation d’une ligne ou la congestion du réseau sont susceptibles de modifier les itinéraires optimaux pour les usagers. Néanmoins, il est souvent impossible de connaître l’état du réseau en temps réel. C’est pourquoi, lorsqu'une perturbation survient, il est nécessaire de prévoir l’évolution du réseau - du moins à l’échelle d’une heure - à partir de la connaissance de  son état théorique.. Cette évolution dépend notamment des flux de populations trop importants devant le service proposé et de la gestion de la perturbation par l’exploitant de la ligne. Pour affiner la description du réseau, les assistants de navigation doivent donc modéliser les flux de déplacements humains [6] afin de prévoir les effets des perturbations [7]. Enfin, la modélisation du réseau prenant en compte de nombreux paramètres, elle doit se terminer par une étape de calage consistant à valider et ajuster ces facteurs [8][9].

Un dernier point essentiel au bon fonctionnement de ces assistants de navigation réside dans la précision et la rapidité de leur service. Une étude comparative de la correction et de la complexité des différents algorithmes est donc nécessaire avant la mise en place d’une application d'assistance à la navigation [10].

**Références bibliographiques : (NUMEROTATION A FAIRE)**

[1] Wikipedia contributors. (2020, 19 octobre). Algorithme de Dijkstra. Wikipédia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_Dijkstra>

[2] Université de Californie San Diego. Bidirectional Dijkstra [Vidéo]. Coursera. <https://www.coursera.org/lecture/algorithms-on-graphs/bidirectional-dijkstra-7ml18>

[3] Nayma BELAYACHI. *Etude et fonctionnement d'un réseau de transports modèle (RTM)*. Informatique. Université d’Oran, 2011. Français

[4] Juliette POCHET. *Evaluation de performance d'une ligne ferroviaire suburbaine partiellement équipée d'un automatisme CBTC.* Automatique / Robotique. Université Paris Saclay, 2018. Français.

[5] Alexandre Iglesias. Calcul d’itinéraire multicritère en transport multimodal. Autre. Université de Lyon, 2017. Français.

[6] SOCIETE D’ETUDES TECHNIQUES ET ECONOMIQUES (SETEC). (2003, mars). *Modélisation des déplacements urbains*. Centre d’etudes sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques (Certu).

[7] Asma MELKI. S*ysteme d’aide à la régulation et évaluation des transports multimodaux intégrant les cybercars*. Sciences de l’ingénieur. Physique. Ecole Centrale de Lille, 2008. Français.

[8] Sébastien CHARNOZ & Adrian DAERR. *Algorithmes de minimisation*. Université Paris 7 Denis Diderot,<http://irfu.cea.fr/Projets/COAST/methodes_numeriques_MINI.pdf>

[9] Florence BERTHAULT. *Modélisation et restructuration du réseau de transports en commun de l’agglomération d’Annemasse*. Gestion et management. 2004.

[10]  Hugo Larochelle et Froduald Kabanza. (2013, 30 mars). Intelligence Artificielle [2.4] : Recherche heuristique - exemple [Vidéo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5RcAYMzT6jY>

**Objectifs du candidat :**

PE :

* Construction d’une base de donnée complète modélisant le réseau de transport en commun d’Ile-de-France
* Simulation numérique discrète de l’évolution libre du trafic sur un réseau ferroviaire
* Choix et étude d’une stratégie de régulation pour déterminer le trafic en situation perturbée

Jolan :

1. Codage de différents algorithmes de recherche d’itinéraire (Dijkstra et A\*, unidirectionnels et bidirectionnels)
2. Etude et la comparaison du temps de calcul et de la précision de ces algorithmes
3. Adaptation des algorithmes pour optimiser le temps de trajet d’un utilisateur du réseau de transport en commun / Prise en compte des horaires de passage des transports dans le calcul du trajet optimal

L’objectif commun est d’obtenir un programme qui, prenant en compte les perturbations, modifie en temps réel le modèle du réseau et qui, en s’appuyant sur ces données, renvoie l’itinéraire optimal pour aller d’un point A à un point B du réseau de transports publics. Nous souhaitons également que ces calculs puissent être faits en une durée raisonnable.

**DOT**

[1] Janvier - février 2020 - Récupération des données sur le réseau de transports en commun de l'île-de-France. Codage de Dijkstra unidirectionnel et bidirectionnel

[2] Mars - Mai 2020 : simulation python, sur un réseau de transports réduit, de l’évolution du trafic en temps réel. Codage de l’algorithme A\* (unidirectionnel puis bidirectionnel) et d’un algorithme de triangulation (de Delaunay) et de création de diagramme de Voronoï.

[3] Septembre - octobre 2020 : Lecture de thèses afin d’affiner nos différents travaux. Algorithmes de minimisation de type descente de gradient. Comparaison des complexités temporelle dans la recherche d’itinéraire

[4] Novembre - janvier 2021 : Production de résultats graphiques.Identification d’un problème dans l’algorithme Dijkstra Bidirectionnel et correction de ce dernier.

[5] Février - avril 2021 : Modélisation des flux de population sur le réseau de transport parisien. Calage du modèle modifié d’évolution libre du trafic.