

# TD d'Algorithmique Avancée pour L'Intelligence Artificielle et les Graphes

Dans ce TD, nous allons nous intéresser à une application qui calcule des itinéraires et estime l'heure d'arrivée en fonction de l'heure de départ et des conditions de trafic. Nous proposons tout d'abord d'étudier les algorithmes permettant de faire cela. Ensuite, nous discuterons des enjeux environnementaux et sociétaux de ce genre d'application.

## 1 Calcul d'itinéraires en tenant compte des conditions de trafic

Les itinéraires sont calculés dans un graphe  $G$  dont les arcs correspondent à des tronçons de routes, et dont les coûts des arcs correspondent aux durées de trajet. Pour tenir compte des conditions de circulation, ces coûts ne sont pas constants mais dépendent de l'heure du trajet. Plus précisément, notons  $c(i, j, t)$  le coût de l'arc  $(i, j)$  à l'instant  $t$ , correspondant à la durée pour aller de  $i$  à  $j$  quand on part de  $i$  à l'instant  $t$ . La durée d'un chemin  $\pi$  dépend de l'heure de départ  $t_0$  et est définie récursivement par :

- $d(\pi, t_0) = 0$  si le chemin  $\pi$  contient un seul sommet;
- $d(\pi, t_0) = c(i, j, t_0) + d(\pi', t_0 + c(i, j, t_0))$  si  $\pi$  est un chemin commençant par les deux sommets  $i$  et  $j$ , et  $\pi'$  est égal au chemin  $\pi$  sans le premier sommet  $i$ .

**Question 1 :** Peut-on utiliser les algorithmes de Dijkstra ou de Bellman-Ford pour calculer le chemin le plus rapide pour une heure de départ donnée? Pour répondre à cette question, vous vous rappellerez que ces algorithmes ne peuvent être utilisés que si la propriété d'optimalité des sous-chemins est vérifiée, *i.e.*, tout sous chemin d'un chemin optimal est optimal. Cette propriété est-elle vérifiée dans le cas où les coûts des arcs dépendent du temps? Si oui, démontrez le; si non proposez un contre-exemple.

**Question 2 :** Définissez un graphe d'états  $G_E$  permettant de calculer le chemin le plus rapide pour aller d'un sommet  $s_0$  à un sommet destination  $s_f$  en partant de  $s_0$  à l'instant  $t_0$ . A quoi correspondent les états et les transitions? Quel est l'état initial? Quels sont les états finaux? Montrez que le chemin le plus rapide dans  $G$  correspond à un meilleur chemin dans  $G_E$ ? Peut-on utiliser l'algorithme de Dijkstra pour chercher ce meilleur chemin dans  $G_E$ ? Quelle serait la complexité de cette recherche de meilleur chemin dans  $G_E$  avec Dijkstra?

**Question 3 :** Une fonction de coût  $c(i, j, t)$  satisfait la propriété FIFO (*First In First Out*) si pour tout couple d'heures de départ  $t_1, t_2$  telles que  $t_1 < t_2$ , on a  $t_1 + c(i, j, t_1) < t_2 + c(i, j, t_2)$ . Autrement dit, il n'est pas possible d'arriver plus tôt sur  $j$  si on part plus tard de  $i$ . Cette propriété est-elle réaliste dans le contexte où  $c(i, j, t)$  correspond à la durée pour traverser le tronçon de route allant de  $i$  à  $j$  quand on part de  $i$  à l'instant  $t$ ? Montrez comment exploiter cette propriété pour simplifier le graphe d'états défini à la question 2. En déduire un algorithme polynomial permettant de calculer le chemin le plus rapide dans le cas où toutes les fonctions de coût satisfont la propriété FIFO.

## 2 Enjeux environnementaux et sociétaux

### Comment définir les fonctions de coût ?

- Quelles sont les données nécessaires pour définir les fonctions de coût ?
- D'où proviennent ces données ?
- Quels sont les mécanismes utilisés par l'application afin d'inciter l'utilisateur à générer des données ?
- Existe-t-il d'autres données exploitables que celles générées par les utilisateurs du service ?
- Quels sont les risques liés aux données ?
- En quoi la façon de collecter les données peut-elle créer des situations de monopole ?
- Peut-on imaginer de manipuler l'application en fabriquant de fausses données ?

### Étude des impacts

Identifiez les différentes parties prenantes du service.

- Quels sont leurs intérêts ? Certains de ces intérêts sont-ils en conflit ?
- Comment sont-elles impactées par l'application ?

Listez le matériel nécessaire pour déployer un tel service.

- Quels sont les impacts sur l'environnement pour chaque étape du cycle de vie ?
- Peut-on imaginer des effets rebond ?

### Alors, qu'est-ce qu'on fait ?

Quelles alternatives proposez-vous afin de répondre au besoin initial en limitant les impacts sur les autres parties prenantes et sur l'environnement ? Pour chaque alternative proposée, évaluez sa *convivialité* (dans le sens défini par Illich) :

- La solution que vous proposez élargit-elle le rayon d'action personnel ?
- Dégrade-t-elle l'autonomie personnelle en se rendant indispensable ?
- Crée-t-elle des relations de pouvoir ?

### Pour alimenter votre réflexion...

Vous pourrez lire, par exemple, D. Cardon et M. Crépel : Algorithmes et régulation des territoires, 2019

*En termes de politique publique, il est frappant de constater que les enjeux tenant aux calculs de la ville font apparaître un changement de paradigme qui voit la régulation de la ville se déplacer d'une logique de choix collectifs orientant les usages de la ville à une optimisation utilitariste de la satisfaction des usagers des plateformes.*