

# TP : GRAPHS ET AUTOMATES

Session	ÉTÉ 2020
Pondération	20 % de la note finale
Taille des équipes	3 étudiants
Date de remise du projet	18 juin 2020 (23h55 au plus tard)
Directives particulières	Soumission du livrable par moodle uniquement ( <a href="https://moodle.polymtl.ca">https://moodle.polymtl.ca</a> ).
	Toute soumission du livrable en retard est pénalisée à raison de 10% par jour de retard.
	Programmation C++, Python ou Java
Les questions sont les bienvenues et peuvent être envoyées à : Aurel Josias Randolph ( <a href="mailto:aurel.randolph@polymtl.ca">aurel.randolph@polymtl.ca</a> ), Saif-eddine Sajid ( <a href="mailto:saif-eddine.sajid@polymtl.ca">saif-eddine.sajid@polymtl.ca</a> ), Mohameth-Alassane Ndiaye ( <a href="mailto:mohameth-alassane.ndiaye@polymtl.ca">mohameth-alassane.ndiaye@polymtl.ca</a> ).	

## 1 Connaissances requises

- Notions d'algorithmique et de programmation C++, Python ou Java.
- Notions de théorie des graphes.
- Notions sur les automates.
- Notions sur les structures de données.

## 2 Objectif

L'objectif de ce travail pratique est de vous permettre d'appliquer les notions théoriques sur les graphes et les automates que nous avons vues en cours, sur des cas concrets, mais hypothétiques, tirés de votre quotidien. À cet effet, il est question dans ce travail de :

a) D'optimiser le parcours d'un colis livré par drone dans Montréal. Ce premier aspect est abordé dans la partie 5. Il est également question d'extraire le diagramme de Hasse à partir d'un graphe. Ce second aspect est abordé dans la partie 6.

b) De vérifier la validité des codes postaux des livraisons et d'optimiser le parcours d'une flotte de drones de livraison dans Montréal. Plus de détails dans la section 7.

### 3 Mise en situation

Un étudiant du département de génie informatique et génie logiciel vient de trouver un stage auprès d'une start-up de drones qui aimerait populariser les livraisons de colis en particulier par la voie des airs afin de désengorger le réseau routier de Montréal. On le met en charge de l'algorithme qui déterminera les chemins qu'emprunteront les drones et de la gestion des requêtes et leur acheminement puisqu'il a indiqué dans son C.V. avoir fait le cours de structures discrètes. Malheureusement, il ne maîtrise pas très bien cette matière. Il a donc désespérément besoin de votre aide.

a) Il décide d'associer à chaque chemin possible entre deux points de la ville un coût en temps, qui dépend bien évidemment de la distance entre les deux points (le coût est proportionnel à celle-ci). L'étudiant a fait beaucoup de recherches sur Internet pour déterminer les voies empruntables par les drones, et voudrait que son algorithme soit capable de proposer aux robots un chemin optimal pour minimiser les coûts d'exploitation. Pour cela, il décide de représenter les voies de livraison par un graphe des distances entre les quartiers de Montréal. Ainsi, Montréal est représentée dans le petit logiciel console qu'il élabore par un graphe dont les sommets correspondent aux points centraux des différents quartiers de Montréal, et les arêtes aux distances entre deux points centraux (sommets). L'étudiant vous fournira bien évidemment ce graphe des distances.

b) Il doit s'assurer que les adresses de livraison soumises par les clients sont valides et sont dans la banque d'adresses postales de Montréal, puis il doit attribuer des colis à un drone disponible sans dépasser les capacités physiques du drone et finalement il doit gérer la répartition des drones dans toute la ville. Afin de vous guider un peu, il fait ses recherches et trouve les codes postaux valides à travers la ville de Montréal. Il vous donne aussi les spécifications des quadricoptères et un court rappel des notions sur les automates.

#### Notes

- Les deux parties a) et b) seront intégrées ensemble dans une future tâche.

### 4 Description

Lors de la séance de présentation du projet, il vous explique les concepts suivants, qui sont des concepts simplifiés de l'application qu'aimerait créer la start-up, mais suffisants pour faire une première ébauche de son travail de stage. Il vous recopie à partir de son manuel un rappel sur certaines notions de la théorie des graphes et de la théorie des langages et vous donne les informations sur certaines particularités des drones qui seront utilisés pour les livraisons.

#### **Drones - Partie 1**

- Comme dit précédemment, chaque déplacement vers un autre quartier de Montréal via la voie des airs possède un coût en temps proportionnel à la distance parcourue.
- La carte du lieu dans lequel progressera un drone de livraison repose sur une matrice de distances entre les différents points centraux des quartiers, et est donc représentable par un graphe non orienté, puisque les quadricoptères savent respecter leur couloir de circulation à droite de la rue. Les sommets sont les points centraux des quartiers et les arêtes les distances entre ces points. Un tel graphe sera connexe, à savoir que l'on connaîtra la distance entre un quartier et tous les autres de Montréal.
- Les drones de livraison peuvent faire le transport de plusieurs colis dans la journée, mais ont un besoin de rechargement à prendre en compte. En effet, les quadricoptères ont en général une piètre autonomie et on doit les recharger fréquemment. Certains points centraux des quartiers sont pourvus de stations de recharge où les drones pourront se poser et faire le plein d'énergie dans leurs batteries.
- Les drones utilisés sont de deux types en ce qui concerne les batteries : les drones à haute autonomie, qui possèdent des batteries à 5.0 Ampères et que la start-up a pu se procurer de

peine et de misère car ils sont onéreux, et les drones à moyenne autonomie, qui possèdent des batteries à 3.3 Ampères mais qui sont beaucoup plus accessibles. Ces deux types de robots parcourent les distances en un même temps.

- Les colis transportés doivent respecter des normes de poids et de taille. La start-up permet trois types de colis qui sont classés en trois catégories selon leur poids et taille. La première catégorie contient les « poids plumes », soit les colis petits et légers. La seconde catégorie contient les « poids moyens », soit les colis de poids et de taille raisonnables. La dernière catégorie contient les « poids lourds », soit les colis qui sont légèrement surdimensionnés ou plus pesants.
- Ainsi, la catégorie des poids plumes gaspille moins l'énergie des batteries des drones que celle des poids moyens, qui quant à elle gaspille moins l'énergie des batteries des drones que celle des poids lourds. Le coût d'énergie lorsqu'un quadricoptère parcourt une distance entre deux points centraux des quartiers varie donc selon la catégorie d'appartenance du paquet envoyé.
- Les catégories de colis se divisent comme suit :
  - Poids faible : jusqu'à 1kg (inclusivement)
  - Poids moyen : de 1kg (exclusivement) jusqu'à 2 kg (inclusivement)
  - Poids lourd : plus de 2 kg (exclusivement)
- Les livraisons des colis avec les drones 5.0 Ampères sont à éviter, puisqu'ils sont chers et plus difficiles à réparer. La start-up souhaite donc réserver ces derniers lorsque les drones 3.3 Ampères ne suffiront pas à la tâche. L'algorithme doit conséquemment être capable de détecter les situations où les drones 3.3 Ampères ne disposent pas d'assez d'autonomie et ne pourront pas passer par suffisamment de stations de recharge pour achever la livraison.
- Dans les cas où les drones 3.3 Ampères ne suffisent pas, l'algorithme devra également vérifier que les drones 5.0 Ampères pourront quant à eux achever le trajet. Si ce n'est pas le cas, alors l'envoi du colis par la start-up devra être refusé.
- Les sommets du graphe représentant la carte devront contenir un paramètre de recharge si ce point central de quartier est pourvu d'une station de recharge. Lorsqu'un drone se pose sur une station, il attend que ses batteries récupèrent leur plein potentiel. Le potentiel d'une batterie est exprimé sur 100. À 100% d'énergie, les batteries du drone sont pleines. **À 0% d'énergie, le drone tombe sur la voie publique, ce qu'il faut de toute évidence éviter à tout prix.**
- À cet effet, **l'algorithme doit éviter de donner à un drone une chemin qui fait passer ses batteries au-dessous de 20%.** Si c'est le cas, on préférera une autre chemin plus coûteux en termes de temps mais plus sécuritaire pour les citoyens. Si une telle trajectoire n'existe pas, c'est seulement à ce moment-là qu'on utilisera un drone 5.0 Ampères. Si les mêmes conditions ne sont pas respectées non plus pour le drone 5.0 Ampères, on refusera la livraison.
- Chaque arrêt dans une station de recharge représente un coût en temps dont on doit tenir compte pour calculer le plus court chemin. Le temps nécessaire pour la recharge des batteries d'un drone est de 20 minutes, quel que soit le type de drone ainsi que son niveau de décharge. Le drone s'arrête pour recharger ses batteries dès qu'il passe par une station de recharge, peu importe le niveau de ses batteries. En quittant la station, ses batteries sont à 100% d'énergie.
- Au départ de chaque trajet, on considère que les drones ont 100% d'énergie dans leurs batteries. On considère également que les drones ne peuvent transporter qu'un seul colis à la fois.
- La perte d'autonomie d'un drone 3.3 Ampères va comme suit : pour un colis de catégorie poids plumes, le quadricoptère perd 10% d'autonomie par 10 minutes de vol. Pour un colis de catégorie poids moyens, le quadricoptère perd 20% d'autonomie par 10 minutes de vol. Pour les colis de catégorie poids lourds, le quadricoptère perd 40% d'autonomie par 10 minutes de vol.

- La perte d'autonomie d'un drone 5.0 Ampères va comme suit : pour un colis de catégorie poids plumes, le quadricoptère perd 10% d'autonomie par 10 minutes de vol. Pour un colis de catégorie poids moyens, le quadricoptère perd 15% d'autonomie par 10 minutes de vol. Pour les colis de catégorie poids lourds, le quadricoptère perd 25% d'autonomie par 10 minutes de vol.

## Drones - Partie 2

- Chaque quartier de Montréal possède un centre de dépôt.
- Chaque centre de dépôt de colis pour les livraisons correspond à un code postal de départ qui sera adjoint à une requête faite à partir de ce point. Une erreur pourrait se produire dans l'adresse de départ (colis mal étiqueté), et il faut donc la valider. De plus, le client qui fait une requête de livraison indique un code postal de destination qui n'est pas nécessairement valide (il n'existe peut-être pas dans la banque d'adresses).
- Chaque colis à livrer a un poids qui lui est associé.
- Les drones transportent un poids maximum. Ils se partagent en deux catégories en ce qui concerne les poids qu'ils peuvent transporter. Les drones de catégorie 1 (faible capacité) peuvent transporter jusqu'à **3kg (MODIFICATION)**. Les drones de catégorie 2 (forte capacité) peuvent transporter jusqu'à 5kg.
- Il faut toujours vérifier si le poids des colis transportés en groupe respecte la capacité maximale des drones.
- La startup possède dix drones de catégorie 1 et cinq drones de catégorie 2.
- Un cycle de requêtes permet au nombre de drones souhaité, dans la limite des drones disponibles, de se rendre à une zone de livraison. Dans une optique d'optimisation, on essaie toutefois de limiter le nombre de drones qui se déplacent à chaque cycle.
- Les drones de livraison peuvent faire le transport de plusieurs colis dans un cycle, mais il faut prendre en compte le nombre d'objets transportés et la destination de ces objets. En effet, pour chaque colis supplémentaire transporté par le drone, il restera indisponible pendant un cycle de requêtes supplémentaire. Également, les colis groupés lors d'une livraison doivent aboutir dans le même quartier.
- Un cycle de requêtes correspond à la lecture d'un fichier contenant des requêtes puis à l'exécution de ces dernières. Après chaque cycle de requêtes, il est nécessaire d'effectuer le rééquilibrage de la flotte de drones entre les différents centre de dépôt.
- Une fois toutes ses livraisons effectuées, le drone réapparaît avec un statut disponible dans le centre de dépôt du quartier où se trouve le code postal de sa dernière livraison. Les drones ayant fini leurs livraisons retournent à un centre de dépôt juste avant le rééquilibrage.
- Advenant qu'aucun drone ne soit disponible dans un centre de dépôt pour effectuer la livraison d'un ou de plusieurs colis, ces requêtes doivent être reportées au cycle suivant et les colis doivent être livrés en toute priorité selon le principe FIFO (first in first out).

## Rappels

- Un sous-graphe est un graphe contenu dans un autre. Plus formellement,  $H$  est un sous-graphe d'un graphe  $G$  si c'est un graphe, si l'ensemble des sommets de  $H$  est un sous-ensemble de l'ensemble des sommets de  $G$ , et si l'ensemble des arêtes de  $H$  est un sous-ensemble de l'ensemble des arêtes de  $G$ .
- Un chemin reliant un sommet  $a$  à un sommet  $b$  est l'ensemble des arêtes consécutives reliant  $a$  à  $b$ . La séquence des arêtes parcourues définit le chemin entre  $a$  et  $b$ .

- Un graphe est connexe s’il existe toujours un chemin entre chaque paire de sommets distincts du graphe. Dans le cas contraire, un graphe est constitué de l’union de plusieurs sous-graphes disjoints, lesquels représentent les composantes connexes du graphe.
- Un graphe valué (ou pondéré) est un graphe dans lequel chacune des arêtes présente une valeur. Cette valeur peut symboliser une distance, un coût, une durée, etc.
- La longueur d’un chemin, dans un graphe pondéré, est la somme des poids des arêtes parcourues.

#### Clarifications additionnelles

##### **Drones - Partie 1**

- Le fichier **arrondissements.txt** contient les informations nécessaires pour l’algorithme de distances minimales.
- Les premières lignes contiennent la liste des sommets. Chaque ligne contient le numéro d’un arrondissement et si cet arrondissement contient une borne de recharge (1) ou non (0). Ces deux nombres sont séparés par une virgule.
- Il y a une ligne vide entre les lignes sur les sommets et celles sur les arêtes.
- Les lignes suivantes contiennent la liste des arêtes. Chaque ligne contient le numéro du premier sommet, le numéro du deuxième sommet, et le temps de parcours entre les deux (en minutes). Les arêtes ne sont pas orientées.

##### **Drones - Partie 2**

- Le fichier **CodesPostaux.txt** contient les codes postaux considérés comme valides. Un automate qui reconnaît ce langage doit être construit. L’automate ne doit reconnaître que les codes postaux se trouvant dans ce fichier. Un **code postal** est une chaîne de six caractères alphanumériques, qui utilise le format A1B2C3, alternant lettres et chiffres.
- Un automate reconnaît un code postal lorsqu’il existe une suite de transitions allant du départ de l’automate à une sortie qui permet de former le code postal. Ordre : la première partie du code postal doit correspondre à la première transition, et ainsi de suite.
- Les fichiers de requêtes sont du type **requeteX.txt** et leur format est expliqué en annexe. Un fichier contient toutes les requêtes données pour un cycle de requêtes. Il n’y a pas d’ordre particulier pour la lecture de ces fichiers ; l’ordre sera déterminé au cours de l’exécution du programme par l’utilisateur.

## **5 Composants à implémenter - Drones - partie 1**

- C1. Écrire une fonction récursive “creerGraphe()” qui permet de créer le graphe représentant les routes et les points centraux des quartiers (sommets) à partir d’un fichier dont le nom est passé en paramètre.
- C2. Écrire une fonction “lireGraphe()” qui permet d’afficher le graphe (cf. annexe a. pour un exemple d’affichage de la carte sous forme de graphe).
- C3. Écrire la fonction “plusCourtChemin()” qui permet de déterminer, en vous inspirant de l’algorithme de Dijkstra, le plus court chemin sécuritaire pour livrer un colis dont la catégorie est passée en paramètre. L’origine (point de départ) et la destination (sommet d’arrivée) doivent aussi être passés en paramètres. La fonction affiche le type de drone utilisé (5.0 Ampères ou 3.3 Ampères), le pourcentage final d’énergie dans les batteries du drone, le plus court chemin utilisé (d’après la liste de ses sommets, selon le format de l’annexe) et la longueur de ce dernier en temps (minutes). Si la livraison est refusée, rien de tout cela ne doit être affiché ; on doit plutôt recevoir un message d’excuses justifiant le refus de la livraison.

C4. Faire une interface qui affiche le menu suivant :

- (a) Mettre à jour la carte.
- (b) Déterminer le plus court chemin sécuritaire.
- (c) Quitter.

#### Notes

- Le programme doit toujours réafficher le menu, tant que l’option (c), ou « Quitter », n’a pas été choisie.
- L’utilisateur doit entrer un index valide, sinon le programme le signale et affiche le menu de nouveau.
- L’option (a) permet de lire une nouvelle carte afin de créer le graphe correspondant. La génération d’une nouvelle carte pourrait être importante dans les cas où des travaux importants seraient en cours ou des changements dans les voies aériennes autorisées de la ville de Montréal seraient autorisés. Pour lire une nouvelle carte, le nom du fichier contenant les informations de la carte doit être demandé. Il est demandé d’afficher le graphe obtenu à la lecture d’un fichier. Le format du fichier est décrit en annexe.
- L’option (b) permet de déterminer le plus court chemin sécuritaire d’après les points de départ et d’arrivée ainsi que la catégorie du colis. Pour ce faire, les paramètres doivent être demandés par la console.
- Si une nouvelle carte est lue, les options (b) et (c) doivent être réinitialisées.

Prenez note que selon votre convenance, le mot “fonction” peut être remplacé par “méthode” et vice-versa, et que plusieurs autres fonctions/méthodes peuvent être ajoutées pour vous faciliter la tâche.

## 6 Composants à implémenter - Déjeuner et desserts

Notre jeune stagiaire hyperactif a déjà son prochain stage en vue. Cette fois-ci, il s’agit d’un stage dans une grosse compagnie et on lui demande en entrevue d’écrire un court programme à remettre dans quelques semaines. Le court programme est sur le sujet de son choix, mais doit permettre de déterminer un ordre (total ou partiel) et de tracer un diagramme de Hasse valide d’après une liste de sommets et d’arêtes orientées entre ces sommets dont il aura généré le graphe. Comme il s’agit encore de notions de structures discrètes, l’étudiant vient vous voir de nouveau avec la description du graphe qu’il veut utiliser (qu’il a tiré du livre de cuisine de ses parents).

Description du graphe :

V : {Déjeuner, Desserts, Confiture de rhubarbes, Pâte brisée, Rhubarbes, Fraises, Zeste de citron, Kombucha, Citron, Gélatine, Mousse au citron, OEufs, crème, OEufs brouillés, Tarte fraises-rhubarbes, Tarte au Citron, Lait, Sucre, Yoghurt, Farine, Poivre, Sel}.

E : {(Confiture de rhubarbes, Déjeuner), (lait, yoghurt), (yoghurt, déjeuner), (gélatine, mousse au citron), (citron, zeste de citron), (zeste de citron, mousse au citron), (mousse au citron, tarte au citron), (tarte au citron, desserts), (farine, pâte brisée), (pâte brisée, tarte au citron), (poivre, oeufs brouillés), (sel, oeufs brouillés), (oeufs, oeufs brouillés), (sucre, confiture de rhubarbes), (sucre, mousse au citron), (sucre, kombucha), (kombucha, déjeuner), (kombucha, kombucha), (rhubarbes, kombucha), (rhubarbes, confiture de rhubarbes), (rhubarbes, tarte fraises-rhubarbes), (tarte fraises-rhubarbes, desserts), (tarte au citron, desserts), (oeufs brouillés, déjeuner), (lait, oeufs brouillés), (lait, crème), (pâte brisée, tarte fraises-rhubarbes), (crème, tarte fraises-rhubarbes), (yoghurt, déjeuner), (yoghurt, mousse au citron)}.

Le fichier manger.txt contient les informations nécessaires pour l’algorithme.

- Les premières lignes contiennent la liste des sommets. Chaque ligne contient le numéro du sommet et son étiquette (nom du plat ou de l'ingrédient). Ces deux éléments sont séparés par une virgule.
- Il y a une ligne vide entre les lignes sur les sommets et celles sur les arêtes.
- Les lignes suivantes contiennent la liste des arêtes. Ces arêtes sont orientées. Chaque ligne contient le numéro du premier sommet et le numéro du deuxième sommet.

Voici les requis pour le devoir qu'on lui a donné en entrevue.

- D1. Écrire une fonction "creerGrapheOriente()" qui permet de créer le graphe représentant les recettes à partir d'un fichier dont le nom est passé en paramètre et qui permet d'afficher le graphe (cf. annexe a. pour un exemple d'affichage sous forme de graphe).
- D2. Écrire la fonction "genererHasse()" qui permet de déterminer, en vous inspirant des principes de la génération des diagrammes de Hasse, un ordre valide entre les ingrédients et les recettes compris dans la description du graphe. La fonction doit afficher le diagramme de Hasse.
- D3. Faire une interface qui affiche le menu suivant :
  - (a) Créer et afficher le graphe des recettes.
  - (b) Générer et afficher le diagramme de Hasse.
  - (c) Quitter.

#### Notes

- Le programme doit toujours réafficher le menu, tant que l'option (c), ou « Quitter », n'a pas été choisie.
- L'utilisateur doit entrer un index valide, sinon le programme le signale et affiche le menu de nouveau.
- L'option (a) permet de lire le fichier des recettes afin de créer le graphe correspondant. Il est demandé d'afficher le graphe obtenu à la lecture du fichier. Le format du fichier est décrit en annexe. Le format d'affichage d'un graphe est en annexe.
- L'option (b) permet de déterminer le plus court chemin sécuritaire d'après les points de départ et d'arrivée ainsi que la catégorie du colis. Pour ce faire, les paramètres doivent être demandés par la console.
- L'option (b) permet de déterminer un ordre et de l'afficher parmi les éléments du graphe précédent. Le format d'affichage d'un diagramme de Hasse est en annexe.

## 7 Composants à implémenter - Drones - partie 2

- C5. Écrire une fonction « creerArbreAdresses() » qui lit le fichier texte contenant des adresses postales et qui crée l'automate responsable de valider les codes postaux soumis par les clients pour la livraison d'un colis. Cette fonction prend en paramètre le nom du fichier à lire.
- C6. Écrire une fonction « equilibrerFlotte() » qui permet d'équilibrer le nombre de quadricoptères présents dans chaque quartier de la ville.
- C7. Écrire une fonction « assignerLesColis() » qui permet d'assigner des colis à un drone en respectant les limitations physiques du drone et en s'assurant que tous les colis d'un drone vont vers le même quartier.

- C8. Écrire une fonction « `traiterLesRequetes()` » qui lit le fichier texte contenant des requêtes d'utilisateurs qui souhaitent envoyer des colis, qui valide les requêtes, qui assigne les colis à des drones et qui envoie les drones vers d'autres stations d'autres quartiers. Cette fonction prend comme paramètre le nom du fichier contenant les requêtes à traiter.
- C9. (Requis Optionnel) Écrire une fonction « `imprimerLesStatistiques()` » qui indique les items suivants dans le format précisé à l'annexe :
- Le nombre de requêtes traitées depuis le lancement du programme ;
  - Le nombre de requêtes invalides depuis le lancement du programme ;
  - Le nombre de drones dans chaque quartier suite au rééquilibrage ;
  - Le nombre moyen de colis transportés par un drone à petite capacité depuis le lancement du programme ;
  - Le nombre moyen de colis transportés par un drone à grande capacité depuis le lancement du programme ;
- C10. Rajouter à l'interface de la partie 1 les éléments suivants :
- (d) Créer l'automate.
  - (e) Traiter des requêtes.
  - (f) Afficher les statistiques.

#### Notes

- L'option (d) permet de lire un nouveau fichier de codes postaux afin de créer l'automate correspondant. Il est possible que de nouveaux codes postaux s'ajoutent ou s'enlèvent à la banque des adresses, alors le mécanisme conséquent doit être disponible dans votre code. Pour lire un nouveau fichier de codes postaux, le nom du fichier doit être demandé à l'utilisateur.
- L'option (e) permet de lire un fichier contenant des requêtes, de traiter les requêtes et de déplacer les drones vers de nouveaux quartiers où ils doivent effectuer leur livraison. À la fin de l'exécution de cette option, les drones seront redistribués dans la ville pour rééquilibrer la flotte et s'assurer d'avoir toujours des machines prêtes à opérer dans chaque secteur.
- (Requis Optionnel) L'option (f) permet d'afficher les statistiques sur l'état du système de livraison.
- Mettez l'option "Quitter" comme dernière option.

## 8 Main

La fonction principale de votre programme doit contenir un petit menu dirigeant l'utilisateur vers le numéro sur les drones ou le numéro sur les recettes.

Faire une interface qui affiche le menu suivant :

- (a) Drones.
- (b) Recettes.
- (c) Quitter.

Les options « Quitter » du numéro sur les drones et du numéro sur les recettes ramènent vers ce menu. L'option « Quitter » de cette fonction principale termine l'exécution de votre programme.

#### Notes



- Le programme doit toujours réafficher le menu, tant que l’option (c), ou « Quitter », n’a pas été choisie.
- L’utilisateur doit entrer un index valide, sinon le programme le signale et affiche le menu de nouveau.
- L’option (a) redirige l’utilisateur vers l’interface console du numéro des drones.
- L’option (b) redirige l’utilisateur vers l’interface console du numéro des recettes.

## 9 Livrable

Le livrable attendu est constitué du code source et du rapport de laboratoire. Le livrable est une archive (ZIP ou RAR ou tar.gz) dont le nom est formé des numéros de matricule des membres de l’équipe, séparés par un trait de soulignement (  ). L’archive contiendra les fichiers suivants :

- les fichiers .cpp ou .py ou .java ;
- les fichiers .h le cas échéant ;
- le rapport au format PDF ;
- le fichier .txt passé en argument (option (a)), s’il est différent de celui fourni par l’instructeur du laboratoire (vous pouvez en effet modifier le format des informations contenues dans le fichier fourni sur Moodle, mais vous devez à ce moment-là le remettre avec vos travaux).

L’archive ne doit pas contenir de programme exécutable, de fichier de projet ou solution de Visual Studio, de répertoire Debug ou Release, etc. Les fichiers .cpp et .h, ou .py, ou .java suffiront pour l’évaluation du travail.

### 9.1 Rapport

Un rapport de laboratoire rédigé avec soin est requis à la soumission (format .pdf, maximum 8 pages). Sinon, votre travail ne sera pas corrigé. Le rapport doit obligatoirement inclure les éléments ou sections suivantes :

1. Page de présentation : elle doit contenir le libellé du cours, le numéro et l’identification du TP, la date de remise, les matricules et noms des membres de l’équipe. Vous pouvez compléter la page présentation qui vous est fournie.
2. Introduction avec vos propres mots pour mettre en évidence le contexte et les objectifs du TP.
3. Présentation de vos travaux : une explication de votre solution. Ajoutez le diagramme de classes complet, contenant tous les attributs et toutes les méthodes ajoutées.
4. Difficultés rencontrées lors de l’élaboration du TP et les éventuelles solutions apportées.
5. Conclusion : expliquez en quoi ce laboratoire vous a été utile, ce que vous avez appris, vos attentes par rapport au prochain laboratoire, etc. Vous pouvez également indiquer le temps passé sur ce TP à des fins d’ajustement pour le prochain qui aura lieu vers la fin de la session.

**Notez que vous ne devez pas mettre de code source dans le rapport.**

### 9.2 Soumission du livrable

La soumission doit se faire uniquement par Moodle.

## 10 évaluation

éléments évalués	Points
<b>Qualité du rapport</b> : respect des exigences du rapport, qualité de la présentation des solutions	1.5
<b>Qualité du programme</b> : compilation, structures de données, gestion adéquate des variables et de toute ressource (création, utilisation, libération), passage d'arguments, gestion des erreurs, documentation du code, etc.	2
<b>Composants implémentés</b> : respect des requis, logique de développement, etc.	
C1	1.5
C2	1.5
C3 Divisé comme suit	3
C3.1 Implémentation correcte de Dijkstra	1
C3.2 Choix de chemin selon le colis	1
C3.3 Choix du véhicule médicalisé/du refus selon le cas	1
C4 & C10	1.5
D1	1
D2	2
D3	1
C5	1.5
C6	1
C7	1
C8	1.5
C9	1
Total de points	20

### Notes

- Le requis C9 est optionnel.
- La note maximale pour le TP est de 20/20 (c'est-à-dire que même avec la note du requis C9, la note du TP ne peut dépasser 20).

## 11 Documentation.txt

- <http://www.cplusplus.com/doc/tutorial/>
- [http://public.enst-bretagne.fr/\\$\sim\\$brunet/tutcpp/Tutoriel%20de%20C++.pdf](http://public.enst-bretagne.fr/$\sim$brunet/tutcpp/Tutoriel%20de%20C++.pdf)
- <http://fr.openclassrooms.com/informatique/cours/programmez-avec-le-langage-c>
- Algorithme de Dijkstra illustré : <https://www.youtube.com/watch?v=0nVYi3o161A>
- [learnxinyminutes.com](http://learnxinyminutes.com)

---

# Annexe

---

## 1 Plus court chemin

Soient un graphe valué (ou pondéré)  $G$  et deux sommets  $a$  et  $b$  de  $G$ . Pour calculer le plus court chemin entre  $a$  et  $b$ , utilisons l'algorithme de Dijkstra. Soit  $d(x)$ , la distance du sommet  $x$  par rapport au sommet de départ  $a$ ,  $w(u,v)$ , la longueur d'une arête  $\{u,v\}$  et  $ch(a,x)$ , le chemin (liste des arêtes traversées) du sommet  $a$  au sommet  $x$ .

- Au début de l'algorithme, les distances de chaque sommet  $x$  au sommet de départ  $a$  sont fixées à la valeur infinie ( $d(x) = \infty$ ), à l'exception du sommet de départ,  $a$ , dont la distance (par rapport à lui-même) est 0. Pour chaque sommet, on associe également la liste des sommets traversés (le chemin emprunté) du sommet initial  $a$  jusqu'au sommet en question. À cette étape de l'algorithme, cette liste est vide pour tous les sommets, sauf pour le sommet  $a$ , dont la liste se résume à lui-même. En d'autres termes, pour tous les autres sommets  $x$  de  $G$ , on associe une étiquette " $x, \infty, ()$ ", et pour le sommet  $a$ , on a " $a, 0, (a)$ ". On considère également un sous-graphe vide  $S$ .
- À chaque itération, on sélectionne le sommet  $x$  de  $G$ , qui n'apparaît pas dans  $S$ , de distance minimale (par rapport au sommet  $a$ ). Ce sommet  $x$  est ajouté au sous-graphe  $S$ . Par la suite, si nécessaire, l'algorithme met à jour les étiquettes des voisins  $x_v$  du sommet  $x$  ajouté. Cette mise à jour s'effectue si  $d(x_v) > d(x) + w(x, x_v)$ . Dans ce cas, l'étiquette du sommet  $x_v$  est modifiée comme suit :  
 $\{x_v, d(x) + w(x, x_v), (ch(a, x), x_v)\}$ .
- On répète l'opération précédente jusqu'à la sélection du sommet d'arrivée  $b$ , ou jusqu'à épuisement des sommets. L'étiquette associée à  $b$  donne alors le plus court chemin de  $a$  à  $b$ , de même que la longueur de ce dernier.

## 2 Informations utiles

### (a) Affichage du graphe

Pour afficher le graphe, il faut indiquer, pour chaque sommet, quel est son numéro, et la liste des sommets voisins avec les temps associés, comme illustré ci-dessous :

$(objet1, numéro1, ((objet\_voisin_{1\_1}, durée_{1\_1}), (objet\_voisin_{2\_1}, durée_{2\_1}), \dots, (objet\_voisin_{n\_1}, durée_{n\_1})))$   
 $(objet2, numéro2, ((objet\_voisin_{1\_2}, durée_{1\_2}), (objet\_voisin_{2\_2}, durée_{2\_2}), \dots, (objet\_voisin_{n\_2}, durée_{n\_2})))$   
...

### (b) Affichage du parcours

Pour afficher le plus court chemin, la liste des sommets (ou objets) définissant le trajet doit être présentée comme suit :

$point_{départ} \rightarrow point_1 \rightarrow point_2 \rightarrow \dots \rightarrow point_n \rightarrow point_{arrivée}$

### (c) Structure des fichiers

1. Les cartes sont présentées sous forme de fichier textes (cf. le fichier texte fourni sur Moodle).  
Un tel fichier contient deux listes.
2. Chaque fichier requeteN.txt comporte plusieurs lignes (le nombre de lignes varie). Sur chaque ligne, il y a trois éléments séparés par des espaces :
  - Code postal de la zone de départ, au format A1B2C3 (donc sans espace au milieu du code postal)
  - Code postal de la zone d'arrivée, au même format
  - Poids (en g) du colis