



École Polytechnique de l'Université de Tours
64, Avenue Jean Portalis
37200 TOURS, FRANCE
Tél. +33 (0)2 47 36 14 14
www.polytech.univ-tours.fr

Département Informatique
3^e année
2010 - 2011

Rapport Projet Algorithme-C

Tournée d'un véhicule multicritères

Encadrant

Emmanuel Neron
emmanuel.neron@univ-tours.fr

Université François-Rabelais, Tours

Étudiants

Cyrille PICARD
cyrille.picard@etu.univ-tours.fr
Michael PURET
michael.puret@etu.univ-tours.fr

DI3 2010 - 2011

Version du 7 juin 2011

Table des matières

1	Introduction	7
I	Spécification	8
2	Cahier des charges	9
2.1	Besoins	9
3	Modélisation du problème	10
3.1	Variables	10
3.2	Contraintes	10
3.3	Fonctions Objectifs	10
4	Spécification	11
4.1	Délimitation système/environnement	11
4.2	Définition du programme à réaliser	12
4.3	Lien entre les différentes partie	12
II	Algorithmique	13
5	Gestion des données en mémoire	15
5.1	Données à mémoriser	15
5.1.1	Les paramètres	15
5.1.2	Les lieux	15
5.1.3	Les Arcs	16
5.2	Mémorisation des informations	16
5.2.1	Structure de "Donnee"	17
5.2.2	Les paramètres de la recherche	18
5.2.3	La gestion des lieux dans la mémoire	18
5.2.4	La gestion des lieux pour le chemin de base	18
5.2.5	La gestion des arcs	18
5.2.6	Relation entre le lieu de départ et le lieu d'arrivée	20
5.2.7	La gestion des solutions	21
5.2.8	La gestion des résultats	21

6	Algo de tri rapide multicritères	23
6.1	Création de chemin	26
7	Conclusion	27
	Annexes	29
A	Fiche de suivi de projet	29

Table des figures

1.1	Représentation simplifiée de la configuration	7
4.1	Schéma représentant la délimitation système/environnement	11
5.1	Schéma représentant la configuration	17
5.2	Schéma représentant la structure "map"	19
5.3	Schéma représentant la structure	20

Liste des tableaux

1. Introduction

Pour ce projet nous intéressons à réaliser un programme qui permet en fonction d'une liste de lieux de ressortir la liste des différents parcours possible pour réaliser cette tournée entre les différents lieux. Ce problème est un peu similaire à celui du voyageur de commerce. Le principe de l'application qu'on essaye de développer est de permettre à partir d'une Base de données représentant la configuration d'une ville. C'est à dire un ensemble de lieux relié entre par des arcs, de calculer un parcours pour passer par tout les lieux en fonction de leur intérêt pour l'utilisateur. La difficulté majeur est de retourner des solutions dans une période très courte.

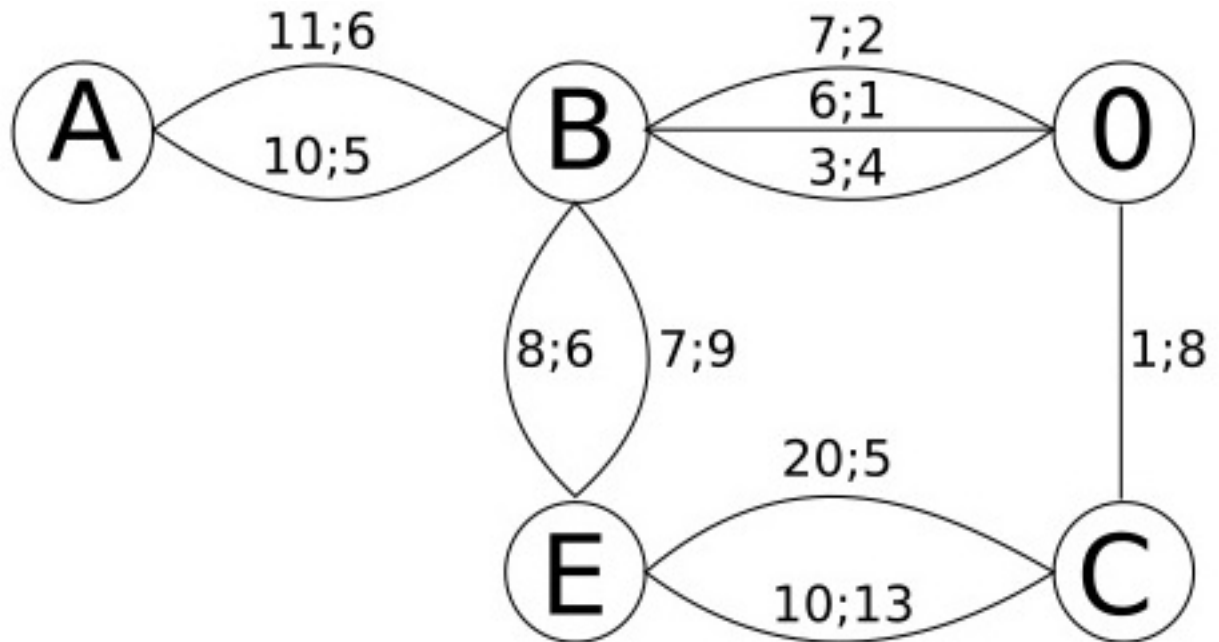


FIGURE 1.1 – Représentation simplifiée de la configuration

Première partie

Spécification

2. Cahier des charges

Suite à la première rencontre avec notre encadrant un premier cahier des charges a été évoquer. Le logiciel doit retourner la liste des différents parcours possible pour visiter une série de lieux dans l'ordre désiré par l'utilisateur. Le but est de calculer un parcours qui minimise l'insécurité et la distance à parcourir tout en maximisant l'intérêt des lieux.

2.1 Besoins

- Le programme devra retourner une solution de parcours viable rapidement,
- Le logiciel permettra de retourner une nouvelle solution si on interverti des lieux ou/et si on change l'ordre des lieux à visiter.
- Le programme doit être simple à utiliser
- Le programme peut retourner un certain nombre de parcours calculé dans le temps d'exécution impartie.

3. Modélisation du problème

3.1 Variables

Il y a des paramètres sur la configuration de la ville qui vont être importants à prendre en compte car ils vont influencer les résultats ce sont les variables. Une variable qui dépend de l'utilisateur c'est l'intérêt des différents lieux de la ville. Par exemple pour un même lieu deux utilisateurs vont pas lui attribuer obligatoirement le même intérêt. Les autres variables dont il faut tenir compte sont les caractéristiques des arcs qui sont la distance et l'insécurité.

3.2 Contraintes

La principale contrainte de ce problème est la liaison entre les différents lieux, c'est à dire si il existe un ou plusieurs arcs entre deux lieux pour pouvoir aller d'un lieu dit source à un lieu dit destination. Si on reprend la configuration présentée dans la figure on voit que pour aller du lieu de départ (0) au lieu A ou E il faut passer par le lieu B. En d'autres termes pour réaliser le parcours on peut se déplacer d'un lieu à un autre si il existe au moins un arc reliant les deux lieux en question.

3.3 Fonctions Objectifs

Pour notre problème on peut considérer plusieurs fonctions objectifs qui sont les suivantes :

1^{re} fonction : Il faut que l'ensemble des lieux soit visités en essayant de maximiser l'intérêt

2^e fonction : Le parcours doit minimiser la distance

3^e fonction : Le parcours doit aussi minimiser l'insécurité

4. Spécification

Maintenant que nous avons réalisé la définition et la modélisation du problème a été effectué, on va chercher à spécifier le programme qui permettra de répondre au problème et à définir de manière concise la structure général de ce programme.

4.1 Délimitation système/environnement

On peu représenter cette délimitation à l'aide du schéma ci-dessous

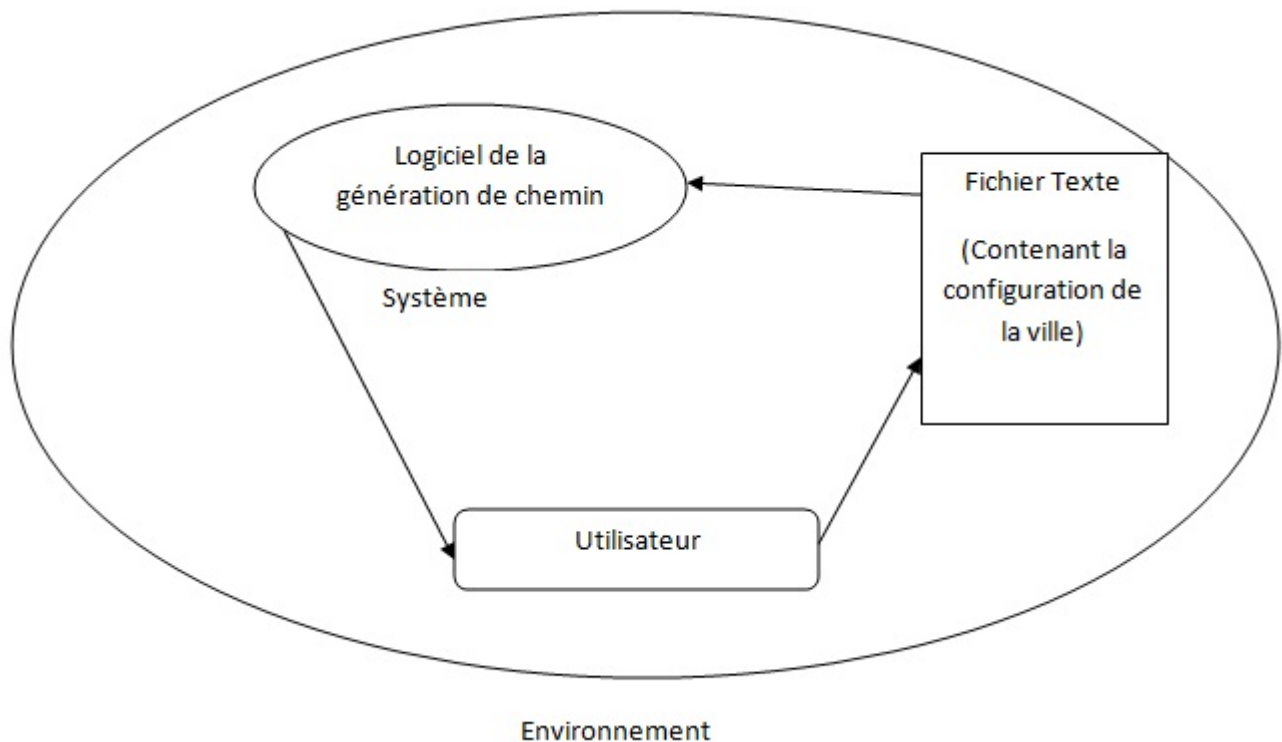


FIGURE 4.1 – Schéma représentant la délimitation système/environnement

En plus de distinguer le système de l'environnement le schéma précédent nous permet de voir en même temps les flux d'informations entre les différentes identités de l'environnement.

- La flèche entre l'utilisateur et le fichier texte représente le processus par lequel l'utilisateur rentre la configuration de la ville, c'est à dire la position des lieux avec leur intérêt pour l'utilisateur et les arcs avec leurs caractéristiques.
- Le fichier texte une fois remplis par l'utilisateur sert d'entré au programme pour créer la structure de données

- Une fois que le programme a finis de tourner il retourne à l'utilisateur la liste des parcours possible par rapport à la ville qui a été rentré dans la fichier texte.

4.2 Définition du programme à réaliser

Pour réaliser un programme qui permet de répondre au mieux au besoins nous avons séparer le problème en 4-5 partie :

1. Pour gérer la configuration des lieux qui provient du fichier texte prévu comme entrée, il faut un ensemble de structure de données qui permet de stocker et d'utiliser les différents paramètre lier à la configuration, c'est à dire : l'intérêt des lieux, l'intercommunication entre les différents lieux, les arcs qui permette cette communication et les caractéristiques de ces arc (Distance, Insécurité).
2. Générer un chemin de base
3. Générer de nouveaux chemin en réalisant des permutations dans le chemin de base en fonction des permutations possible entre les lieux.
4. Avoir un structure permettant de retourner les chemins générer

On peut représenter de manière simplifier la structure générale du programme qui répondra au problème posé :

4.3 Lien entre les différentes partie

[diagramme de classe](#)

Deuxième partie

Algorithmique

Une fois tout l'étape de définition du problème et du contexte, ainsi que de modélisation du programme qui permettra de répondre au problème. Nous avons pu commencer la partie réalisation d'algorithme et structure de données qui permette de répondre au problème. Cette partie a pour but de présenter le principe de fonctionnement du programme. Dans un premier temps, elle traite de la gestion des données fournies par l'utilisateur. Et dans une seconde phase, il sera question de la recherche de résultats. Le but étant toujours de tenir compte des fonctions objectifs :

- L'intérêt des lieux visité doit être maximisé.
- L'insécurité et la distance du trajet sont à minimiser.

Chaque lieu est relié par un ou plusieurs chemins et le retour sur des lieux déjà visités est autorisé. Comme le programme duplique les chemins en mémoire de manière à ce qu'il devienne unidirectionnel, nous ne parlerons plus de chemin pour relier les lieux, mais d'arc. Par abus de langage, nous utiliserons le terme à "chemin" comme équivalent à "trajet". Ils désignent tous deux un résultat.

5. Gestion des données en mémoire

5.1 Données à mémoriser

L'utilisateur fournit les informations aux programmes par l'intermédiaire d'un fichier texte. Ce document répond à une structure particulière :

- Il est constitué de trois parties : Paramètres, Lieux, Arcs.
- Le nom des parties commence par un dièse et se termine par un saut de ligne.
- Les commentaires sont précédés du symbole pourcent et sont placés avant que commence l'une des trois parties.

5.1.1 Les paramètres

Toutes les informations sont contenues sur une seule ligne et séparées par des points virgule. On retrouve :

- Temps de recherche en seconds (entier)
- Nombres de lieux totaux (entier)
- Nombres d'arcs totaux (entier)
- {d|c} caractère qui indique si, lors de la réalisation du chemin de référence, les lieux doivent suivre un intérêt croissant ou décroissant (caractère)

Exemple :

```
#Parametres  
60;5;11;d
```

Indique un temps de recherche de 60s dans un graphe constitué de 5 lieux, 11 chemins. Le chemin de base doit être constitué suivant un intérêt décroissant.

5.1.2 Les lieux

Les lieux sont caractérisés par trois valeurs et espérés par un retour à la ligne. Le premier lieu est celui de départ de la recherche, il est numéroté zéro et possède un intérêt nul.

Paramètres des lieux :

- Numéro : commence à partir de zéro et s'incrémente d'un à chaque lieu. (entier)
- Intérêt : indique la valeur d'intérêt du lieu. (entier)
- Nom du lieu : le nom du lieu (chaîne de caractères)

Exemple :

```
# Lieux
0;0;Départ
1;6;L1
2;2;L2
3;12;L3
4;1;L4
```

Il y a 5 lieux numérotés de zéro à quatre possédant chacun un intérêt est un nom.

5.1.3 Les Arcs

Les arcs sont séparés par des retours à la lignes, ils sont constitués de quatre paramètres :

- Le numéro de lieu de départ (entier)
- Le numéro du lieu d'arrivée (entier)
- Sa distance (entier)
- Son insécurité (entier)

Exemple :

```
# Arcs
0;3;10;1
0;3;7;2
0;3;8;3
0;3;1;2
0;2;7;9
0;1;6;3
0;1;2;5
2;3;2;2
2;1;7;1
2;1;6;2
2;1;5;3
2;4;8;8
2;4;9;9
4;1;1;9
```

On retrouve ici 11 arcs, tous reliant des lieux et possédant une distance et une insécurité.

Les exemples précédents permettent de créer une ville de cette forme :

5.2 Mémorisation des informations

Toutes les informations utiles au programme sont contenues dans une structure principale nommée "Donnee", cela permet d'avoir un programme ordonné, avec une seule variable à passer en paramètre aux fonctions

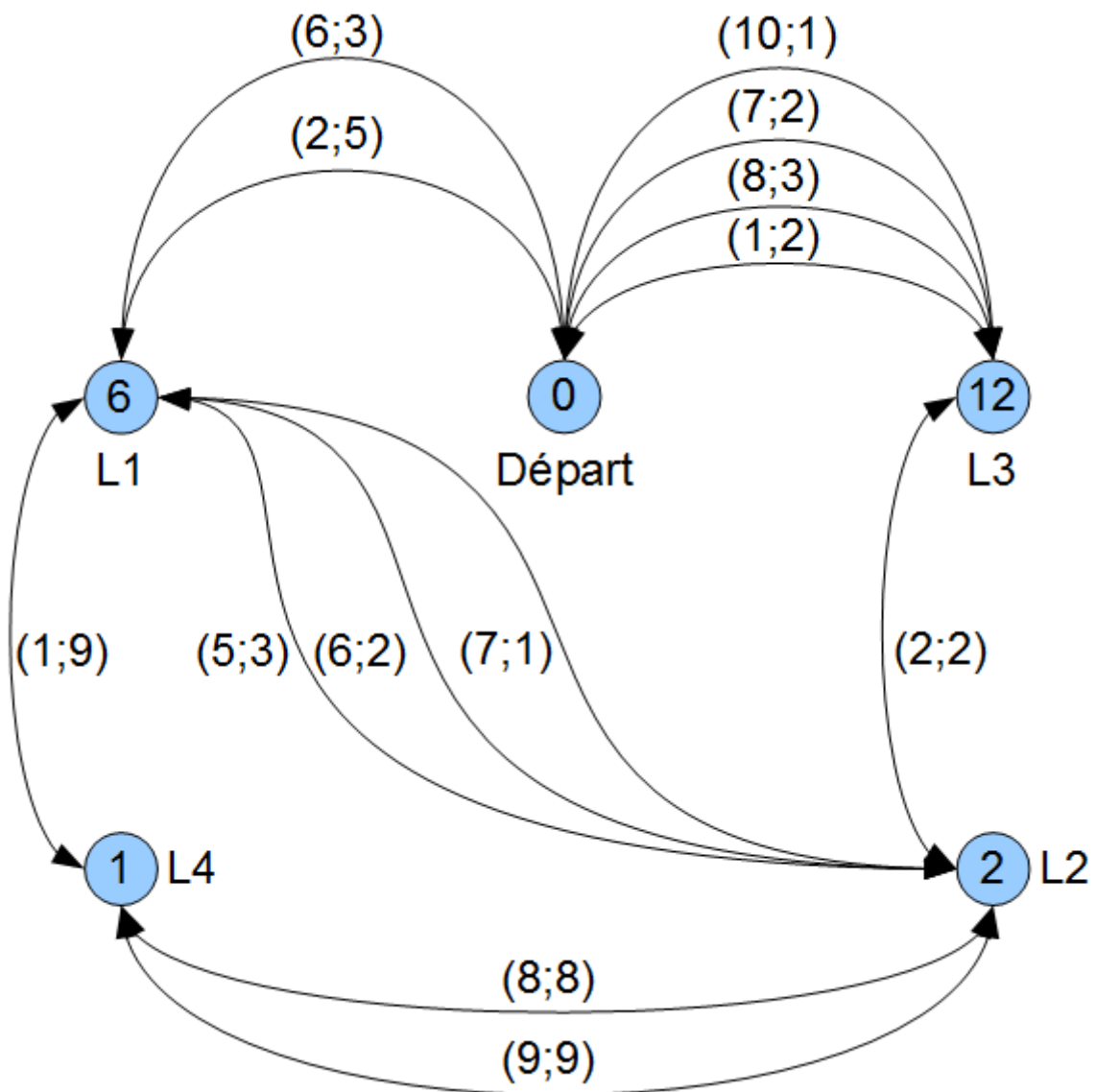


FIGURE 5.1 – Schéma représentant la configuration

5.2.1 Structure de "Donnee"

- parametres (Parametres)
- liste_lieu (Coef_lieu)
- lieu (Lieu)
- index_lieu (Index_arc)
- map (Arc)
- resultat (Resultats)
- solution (Solution)

On va détailler les informations contenues dans cette structure dans les parties suivant.

5.2.2 Les paramètres de la recherche

La structure "Parametre" contient les informations sur la recherche, voir la partie correspondante pour plus d'information.

Structure Parametres :

- temps_execution (entier)
- nb_lieux (entier)
- nb_arcs (entier)
- ordre_lieu (caractère)

5.2.3 La gestion des lieux dans la mémoire

Les lieux sont contenus dans un tableau "lieux" de type "lieu" qui est accessible de puis la structure générale. Il y a sont stockés en fonction de leur apparition dans le fichier de données. Le tableau est donc ordonné en fonction de leur numéro.

La structure "lieu" est utilisée pour contenir toutes les informations relatives à un lieu, ref section correspondante.

Structure Lieu :

- id (entier)
- interet (entier)
- nom (chaîne de caractères)
- nb_arc (entier)

On détaille cette structure de cette manière :

- id : fait référence au numéro du lieu du fichier de donnée.
- interet : valeur
- nom : celui du lieu
- nb_arc : nombre d'arc sortant de ce lieu

5.2.4 La gestion des lieux pour le chemin de base

Comme le solver doit fournir des solutions comportant les chemins intermédiaires, il est nécessaire de pouvoir rajouter rapidement un lieu au chemin de référence dès que la recherche pour n lieux est terminée.

Pour éviter d'avoir à parcourir la liste des lieux à chaque ajout, le tableau liste_lieu de paramètre ordre_lieu renseigné par l'utilisateur.

5.2.5 La gestion des arcs

Tous les chemins décrits dans le fichier sont dupliqués de manière à devenir unidirectionnelle, c'est pourquoi l'on parle d'arc.

Ils sont contenus dans un tableau à trois dimensions nommé "map", de type "Arc" et est accessible depuis la structure générale. La première dimensions permet de pointer les arcs stockés en mémoire. La troisième dimension est l'arc lui-même. Cette table est ainsi construite afin de permettre les tris et la suppression des arcs dominés.

La structure "Arc" est utilisé pour contenir toutes les informations définissant un arc. Voir partie sur

arc pour plus d'information.

Structure Arc :

- distance (entier)
- insecurite (entier)
- depart (entier)
- destination (pointeur lieu)

Le départ et la destination sont des pointeurs sur les structure de type "lieu" détenues par lieux de la structure data. Faire cette référence évite de surcharger la mémoire d'informations redondantes.

Voici a quoi doit ressembler la table "map" après suppression des arcs dominés dans l'exemple du chapitre précédent.

Map :		0	1	2	3	4
		@	@	@	@	@
		↓	↓	↓	↓	↓
0	départ	0	1	2	3	4
	destination	3	0	0	0	1
	distance	1	6	7	1	1
	insécurité	2	3	9	2	9
1	départ	0	1	2	3	4
	destination	2	0	3	2	2
	distance	7	2	2	2	8
	insécurité	9	5	2	2	8
2	départ	0	1	2		
	destination	3	2	1		
	distance	6	7	7		
	insécurité	3	1	2		
3	départ	0	1	2		
	destination	3	2	1		
	distance	2	6	6		
	insécurité	5	2	2		
4	départ		1	2		
	destination		2	1		
	distance		5	5		
	insécurité		3	3		
5	départ			2		
	destination			4		
	distance			8		
	insécurité			8		

FIGURE 5.2 – Schéma représentant la structure "map"

5.2.6 Relation entre le lieu de départ et le lieu d'arrivée

Le tableau "map" indique déjà le lieu de départ, mais comme le nombre d'arcs entre les lieux est variables, seul le parcours des dimensions deux et trois permet de connaître le lieu de destination. C'est pour éviter cette recherche que l'on crée une table d'index nommé "index_lieu" de type "index_arc" et accessible depuis la structure "Donnee". Il s'agit d'un tableau carré, utilisé comme un tableau à deux entrées (le lieu de départ et le lieu d'arrivée). La structure "index_arc" permet de savoir combien d'arcs ces lieux ont en commun et contient l'identifiant du premier arc utile dans le tableau map[lieu_depart].

Structure index_arc :

- itemize id_arc (entier)
- itemize nb_arc (entier)

Voici une représentation possible de la table index_lieu et des structures Index_arc. Les adresses en mémoire sont fictives.

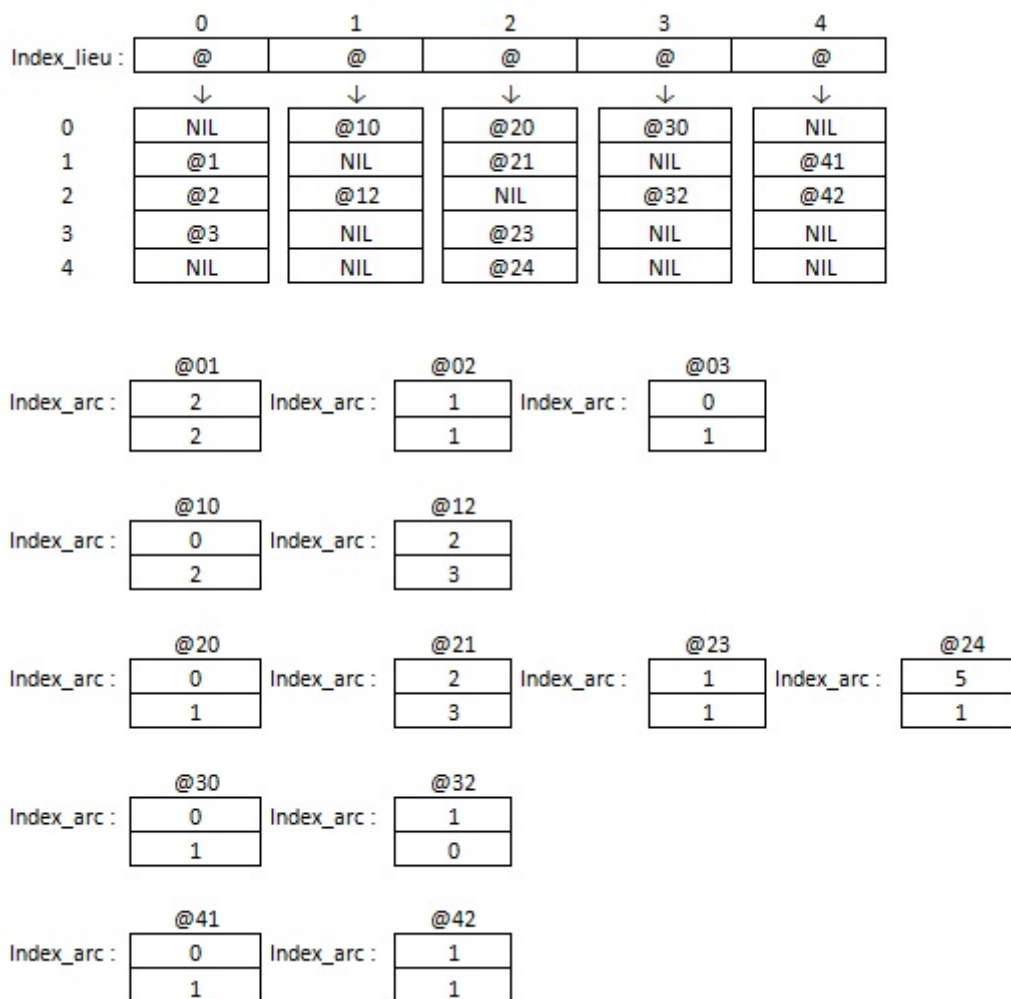


FIGURE 5.3 – Schéma représentant la structure

5.2.7 La gestion des solutions

Le tableau des solutions était prévu pour contenir les solutions obtenus après la recherche. Mais cela posait des problèmes avec l'algorithme permettant de générer tous les chemins avec les différents arcs.

C'est pour cela que cette table est maintenant utilisée comme une pile de résultats intermédiaires, nommés "solution", pour qui tous les chemins non pas encore étaient générés.

Cette table nommée "solution", de type "solutions" et accessible dans la structure "Donnee"

La structure "solution" permet de contenir tous les chemins obtenus grâce aux algorithmes de recherche. Elle contient le nombre de solutions disponibles dans cette table est un tableau nommé "solutions" de type "Parcourt".

La structure "parcourt" définit un résultat, une partie "carac" de type "caractéristique" contient les informations générales sur la solution, un tableau "trajet" contient tous les arcs utilisés dans l'ordre de parcourt. "Itinéraire" est l'équivalent de trajet, mais pour les lieux, quant à la table "visite", elle n'est utilisée que par l'algorithme de génération du chemin de base pour savoir quel lieu est déjà présent sur le chemin.

La structure "caractéristique" contient les informations globales de la solution. C'est à dire, l'intérêt, la distance, l'insécurité, le nombre de lieux total, le nombre de lieux utile et le nombre d'arcs du chemin.

Structure Solutions :

- nb_solution (entier)
- solution (pointeur Parcourt)

Structure Parcourt :

- Carac (Caractéristique)
- Trajet (pointeur Arc)
- Itinéraire (pointeur Lieu)
- visite (entier)

Structure Caractéristique :

- interet (entier)
- distance (entier)
- insecurite (entier)
- nb_lieux_utile (entier)
- nb_lieux_total (entier)
- nb_arc (entier)

5.2.8 La gestion des résultats

L'entrer "resultat" de type "resultat" est disponible dans la structure "Donnee" elle contient, dans le tableau "résultats", les chemins non dominés et dont toutes les possibilités au niveau de la permutation des arcs ont été testées.

Afin de disposer de résultat ordonnés et pour faciliter l'algorithme de suppression des chemins dominés et identiques, le tableau "résultats" de type "parcourt" est à trois dimensions. Une première dimension permet de classer les chemins en fonction du nombre de lieux total, la deuxième dimension est un pointeur sur le résultat.

Comme cette structure est entièrement dynamique, la structure "résultats" dispose d'un entier nommé

"nb_lieu" qui indique le nombre de lieux constituant un chemin qui est géré par la table "resultat" mais aussi un tableau nommé "nb_resultat" qui indique le nombre de chemins alloués et le nombre de chemins utilisés en fonction du nombre de lieux.

Structure resultat :

- nb_lieux (entier)
- nb_resultats (entier)
- resultats (pointeur Parcours)

6. Algo de tri rapide multicritères

Algorithme 1 Swap

Précondition:

Entrée : X, Y pointeur sur des Arcs
 X et Y sont des pointeurs valides

Postcondition:

Sortie : \emptyset
 $X = Y'$ et $Y = X'$

- 1: Allouer(tmp)
 - 2: $\text{tmp} \leftarrow \uparrow X$
 - 3: $\uparrow X \leftarrow \uparrow Y$
 - 4: $\uparrow Y \leftarrow \text{tmp}$
-

Algorithme 2 Quicksort_map

Précondition:

Entrée :

- data pointeur sur la structure Donner
- id_Lieu entier, identifiant du lieu a trier
- m entier borne droit du tri
- n entier borne gauche du tri

Toutes les données sont valides

Postcondition:

Sortie : \emptyset

Postcondition : $\text{data} \rightarrow \text{map}[\text{id_lieu}]$ est trier par :

- Intérôt décroissant
- Distance croissant
- Insécurité croissant

```

1: si ( $m < n$ ) alors
2:    $k \leftarrow (m+n)/2$ 
3:   swap (map[m],map[n])
4:    $i \leftarrow m + 1$ 
5:    $j \leftarrow n$ 
6:   tantque  $i \leq j$  faire
7:     tantque ( $(i \leq n) \ \& \ \text{position}(\text{data}, \text{id\_lieu}, i, m)$ ) faire
8:        $i \leftarrow i + 1$ 
9:     fin tantque
10:    tantque ( $(j \leq n) \ \& \ \text{position}(\text{data}, \text{id\_lieu}, j, m)$ ) faire
11:       $j \leftarrow j + 1$ 
12:    fin tantque
13:    si ( $i < j$ ) alors
14:      swap (map[i],map[j])
15:    fin si
16:  fin tantque
17:  swap(map[m],map[j])
18:  quicksort_map(data,id_lieu,m,j-1)
19:  quicksort_map(data,id_lieu,j+1,n)
20: fin si

```

Algorithme 3 Position

Précondition:

Entrée :

- data pointeur sur la structure donnée
- id_lieu entier, identifiant du lieu à trier
- id_arc entier, identifiant de l'arc
- id_key entier, identifiant de la clef

Toutes les données doivent être valides

Postcondition:

Sortie : posi est un booléen

- posi = 0 : id_arc avant id_key
- posi = 1 : id_arc après id_key

```
1: Key_interet ← interet_destination (data,id_lieu,id_key)
2: Key_distance ← distance_arc (data,id_lieu,id_key)
3: Key_insecurite ← insecurite_arc (data,id_lieu,id_key)
4: arc_interet ← insecurite_arc (data,id_lieu,id_arc)
5: arc_distance ← insecurite_arc (data,id_lieu,id_arc)
6: arc_insecurite ← insecurite_arc (data,id_lieu,id_arc)
7: posi = 1
8: si (arc_interet > key_interet) alors
9:     posi = 0
10: fin si
11: si (posi ≠ 0) et (arc_interet = key_interet) alors
12:     si (arc_distance < key_distance) alors
13:         posi = 0
14:     fin si
15:     si (posi ≠ 0) et (arc_distance = key_distance) alors
16:         si (arc_insecurite ≤ key_insecurite) alors
17:             posi = 0
18:         fin si
19:     fin si
20: fin si
21: retourner(posi)
```

6.1 Création de chemin

Algorithme 4 Permutation

Précondition:**Postcondition:**

```
1: Cpy_Solution(data,Id_Solution_base,Id_Solution_New);
2: pour  $i$  du 1er lieu au dernier lieu faire
3:     si  $Permutation\_Possible(i + 2, i + 1) = 1$  alors
4:          $tmp \leftarrow lieu[i + 2];$ 
5:          $lieu[i + 2] \leftarrow lieu[i + 1];$ 
6:          $lieu[i + 1] \leftarrow tmp;$ 
7:         Sortie de la boucle
8:     sinon
9:         Retourner("Il n'y a pas de permutation possible")
10:    fin si
11: fin pour
12: Retourner(Le nouveau chemin)
```

7. Conclusion

Annexes

A. Fiche de suivi de projet

17/01/2011		1ère rencontre avec Emmanuel Néron pour prendre une explication approfondi du sujet ainsi que le premier objectif à réaliser qui est le choix d'une structure de donnée pour gérer les villes.
20/02/2011 04/03/2011	au	Réflexion sur les méthodes possible pour la structure de donnée à mettre en place, ainsi que les algorithmes à utiliser pour parcourir les différentes structures de données
04/03/2011 29/03/2011	au	Réalisation de la structure de données pour gérer la configuration de la ville, mise en place d'algorithme de tri pour les arcs.
07/04/2011		Finalisation de la structure de données, vérification des fonctions permettant d'interroger la structure de données pour les algorithmes permettant de créer les trajets, première réalisation d'un algorithme pour générer le trajet de référence.
11/04/2011		Réunion avec notre encadrant pour lui présenter la structure de données et l'esquisse de l'algorithme pour générer le trajets de référence.
11/04/2011 05/05/2011	au	Réalisation et implémentation de l'algorithme pour générer un chemin de base et résolution d'un problème par rapport au tri des arc entre les lieux.
05/05/2011 01/06/2011	au	

Tournée d'un véhicule multicritères

Département Informatique

3^e année

2010 - 2011

Rapport Projet Algorithme-C

Résumé : Description en français

Mots clefs : Mots clés français

Abstract: Description en anglais

Keywords: Mots clés en anglais

Encadrant

Emmanuel Neron

emmanuel.neron@univ-tours.fr

Université François-Rabelais, Tours

Étudiants

Cyrille PICARD

cyrille.picard@etu.univ-tours.fr

Michael PURET

michael.puret@etu.univ-tours.fr

DI3 2010 - 2011