



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

THEME :

Solution de Recommandation pour la Gestion de Covoiturage

Etudiante : « **BENSID AHMED KHEDIDJA** »

Encadreur : « **MIMI ANISSA** »

Année Universitaire 2015/2016

RESUME

Le covoiturage est un mode de transport qui consiste à partager le véhicule d'un particulier pour un trajet commun. Cette pratique n'est pas à but lucratif, puisque l'intérêt du propriétaire du véhicule est seulement de partager les frais d'utilisation de la voiture et d'avoir un peu de compagnie pour son voyage. Mais les avantages du covoiturage ont dépassé ce cadre. En effet, le covoiturage joue un rôle important en termes d'impact environnemental puisqu'il contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre et les émissions polluantes. Il pourrait aussi être "la solution" miraculeuse qui aiderait à mettre fin aux conséquences néfastes des congestions routières et contribuer ainsi à améliorer la qualité de transport, surtout dans les grandes villes et dans les périodes estivales.

La réussite d'une telle pratique est fortement liée à l'adhésion d'un grand nombre d'adeptes. Pour se faire, il est primordial d'instaurer un système de gestion de covoiturage ralliant efficacité et qualité de service en termes de gestion des réponses aux nombreuses demandes provenant des participants. Notre solution que nous inscrivons au domaine de recherche du transport intelligent, permettra de disposer le système de gestion de covoiturage d'une solution de recommandation basée sur un algorithme génétique.

Les mots clé : Covoiturage, Recommandation, algorithme génétique, Système de transport intelligent.

DEDICACE

*Au nom **Dieu** le clément et le miséricordieux louange à Allah le tout puissant qui m'a aidé dans mon travail.*

Je dédie ce modeste travail

*A mon très cher **père** et ma très chère **mère** qui n'ont pas cessé de m'encourager et de se sacrifier pour que je puisse franchir tout obstacle durant toutes mes années d'étude que Dieu me les garde en très bonne santé ; Aucune dédicace ne pourra compenser les sacrifices de mes parents.*

A ma famille, mon cher frère Mohamed et mes chères sœurs Badra et Fatima, Pour leur soutien moral et leurs sacrifices le long de ma formation.

*A tout la famille **Bensid Ahmed***

*Aux petits enfants adorables de ma famille : **Racha, Bouchra, Chaimaa, Imad eldinne, Assai et Amel.***

*A mes meilleures amies : **Hafida, Kheira, Siham, Naima, Noura.***

Enfin je le dédie à tous mes amies que je n'ai pas citées et tous mes professeurs qui m'ont enseigné et à tous ceux qui me connaissent.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté d'achever ce travail et sans lequel il n'aurait jamais été accompli.

Nos remerciements les plus sincères, accompagnés de toute notre gratitude vont tout d'abord à notre encadreur Mme Mimi, pour nous avoir proposé ce sujet, pour les conseils qu'elle n'a cessé de nous prodiguer et surtout pour la confiance qu'elle nous a accordé pour la réalisation de ce projet.

Nos remerciements également tous les membres du jury d'avoir accepté de lire ce manuscrit et d'évaluer ce modeste travail pour la confiance qu'il m'a accordé au début d'année.

Nous tenons aussi, à remercier nos familles, qui ont su nous supporter et encourager tout au long de notre vie, ainsi que pour leur aide inestimable, leur patience et leur soutien indéfectible.

Nous remercions également toute personne ayant contribué à notre éducation et notre formation.

Enfin, nos remerciements vont à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail.

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	i
DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
TABLE DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABREVIATIONS	vii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I.....	3
Système de Transport Intelligent pour le Covoiturage.....	3
I. Introduction.....	4
II. Définition et historique du covoiturage	4
II.1. Définitions	4
II.2. Historique de covoiturage.....	6
III. Types de covoiturage	8
IV. Avantages de pratiquer le covoiturage	9
V. Obstacles au covoiturage	10
VI. Caractéristiques des systèmes de gestion de covoiturage actuels	10
VI.1. Caractéristiques humaines	10
VI.2. Caractéristiques juridiques.....	12
VI.3. Caractéristiques techniques.....	13
VI.3.i. Intégration des STI (Systèmes de Transport Intelligent)	14
VI.3.ii. Intégration des règles de bon fonctionnement.....	15
VII. Classification des systèmes de gestion de covoiturage	16
VIII. Conclusion.....	17
CHAPITRE II.....	18
Etude des solutions de gestion de covoiturage.....	18
I. Introduction.....	19
II. Description générale de système de recommandation	19
III. Solutions de recommandation pour le covoiturage	20
III.1. Etude de la première solution (Algorithme génétique).....	20
III.2. Etude de la deuxième solution (L'algorithme distribué de Dijkstra)	25

IV. Conclusion.....	31
CHAPITRE III	32
Conception, implémentation et expérimentation	32
I. Introduction.....	33
II. Conception	33
II.1. Approche Proposée (algorithme génétique)	33
II.1.1. La création de la population initiale	33
II.1.2. L'évaluation des chromosomes	34
II.1.3. Sélection	35
II.1.4. Croisement.....	36
II.1.5. Mutation.....	38
III. Implémentation.....	39
III.1. Choix du langage de programmation.....	39
III.2. Choix des éditeurs	39
III.3. Choix des outils	40
III.4. Implémentation de notre application	40
III.4.1. Interface principale	40
III.4.2. Charger BD	40
III.4.3. Initialisation de population	42
III.4.4. Sélection.....	43
III.4.5. Croisement	43
III.4.6. Mutation.....	44
III.4.7. Génération.....	44
IV. Expérimentations.....	45
V. Conclusion	46
CONCLUSION GENERALE	47
BIBLIOGRAPHIE	48

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Correspondance entre les offres des covoitureurs et les demandes des covoiturés ...	5
Figure 2. Modèle d'un système de covoiturage	13
Figure 3. Système de gestion de covoiturage, STI et Réseaux de communication	15
Figure 4. Diagramme de classes d'un système de recommandation.....	19
Figure 5. Principe de l'algorithme génétique proposé [15]	20
Figure 6. Couche d'affectation des passagers aux conducteurs pour la représentation d'un chromosome	21
Figure 7. Couche de routage implicite pour la représentation de chromosome	22
Figure 8. Procédure de croisement	24
Figure 9. Procédure de mutation	24
Figure 10. Les étapes principales de L'algorithme distribué de Dijkstra	25
Figure 11. Réception et structuration des requêtes quasi-simultanées [7].	26
Figure 12. Extraction et organisation des offres de covoiturage [7].	27
Figure 13. Construction du modèle représentation du système [16].	28
Figure 14. Décomposition du réseau [16].	30
Figure 15. Génération de solutions optimisées aux requêtes des usagers [7].	31
Figure 16. Déroulement d'un algorithme génétique	33
Figure 17. Interface principale	40
Figure 18. Fenêtre d'identification.....	41
Figure 19. La fenêtre de chargement de la base de données	41
Figure 20. Liste des conducteurs et liste de passagers	42
Figure 21. Initialisation de la population.....	43
Figure 22. Sélection.....	43
Figure 23. Croisement.	44
Figure 24. Mutation	44
Figure 25. Génération des solutions	44

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Types de covoiturage	9
Tableau 2. Table de description des conducteurs et passagers	34
Tableau 3. Exemple de population.....	34
Tableau 4. Exemple sur l'évaluation	35
Tableau 5. Table des chromosomes évalués et triés par ordre décroissant des fitness	36
Tableau 6. Exemple de sélection.....	36
Tableau 7. Exemple de croisement multi-points.....	37
Tableau 8. Résultat après le croisement.....	37
Tableau 9. Résultat final de croisement après correction.....	38
Tableau 10. Exemple de mutation.....	38
Tableau 11. Résultats des expérimentations	45

LISTE DES ABREVIATIONS

STI : Systèmes de Transport Intelligent

GES : Gaz à Effet de Serre

GPRS: General Packet Radio Service

VANET: Vehicular Adhoc Network

RFID: Radio Frequency Identification System

EI: Evolution Initialization.

EG : Evolution Génétique.

AG : Algorithme Génétique.

AOT : Autorités Organisatrices des Transports.

ADEME : l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

NTIC : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication.

SIG: les Systèmes d'information géographique.

ICARO : Increase Car Occupancy.

VOM : Voie réservée aux véhicules Multi-occupants.

INTRODUCTION GENERALE

Le covoiturage est un mode de transport où plusieurs personnes utilisent une seule voiture pour faire le même trajet ou une partie de ce dernier. Cette pratique n'est pas à but lucratif, puisque l'intérêt du propriétaire du véhicule est seulement de partager les frais d'utilisation de la voiture et d'avoir un peu de compagnie pour son voyage. Mais les avantages du covoiturage ont dépassé ce cadre. En effet, le covoiturage joue un rôle important en termes d'impact environnemental puisqu'il contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre et les émissions polluantes. Il pourrait aussi être "la solution" miraculeuse qui aiderait à mettre fin aux conséquences néfastes des congestions routières et contribuer ainsi à améliorer la qualité de transport, surtout dans les grandes villes et dans les périodes estivales.

La principale difficulté du covoiturage est de mettre en contact les participants partageant le même trajet, les mêmes horaires et mieux encore les mêmes affinités. Un zoom sur le déroulement de cette pratique sur les premiers sites internet proposant un service de covoiturage, montre que tout commence par un conducteur qui propose un service de transport contre un prix sans bénéfice. Il publie une offre où il décrit son voyage par quelques informations (date, heure et lieu de départ/d'arrivée, nombre de places disponibles, point d'embarquement, moyens de contact, etc.). Le site internet dispose d'un outil de recherche permettant aux utilisateurs de rechercher l'offre qui les intéresse. Il leur propose ainsi les offres qui s'accordent aux mieux à leurs demandes. Pour se faire, cette proposition doit reposer sur *une solution de recommandation* efficace.

Un système à base de *solution de recommandation* est un système permettant le *filtrage* de l'information dans le but de prédire l'appréciation positive d'un utilisateur pour un objet (film, livre, ...), un élément social (personne, communauté, ..) ou dans notre cas une offre particulière. Il consiste à recueillir des informations d'un utilisateur, de chercher dans sa base les informations qui s'accordent à la demande de cet utilisateur tenant compte des informations recueillies et enfin en déduire une liste de recommandations pour cet utilisateur. Les systèmes de recommandation sont de plus en plus utilisés dans le but de réduire le temps passé sur un outil de recherche.

Notre travail s'inscrit dans le domaine du transport intelligent. Plus précisément dans le traitement et l'exploitation des données capturées par les dispositifs d'acquisitions des données (réseaux de communication, réseaux de capteurs, technologies de géolocalisation, ...etc.). La quantité de données à traiter produite par un nombre élevé des offres et demandes envoyées par les participants constitue un défi non négligeable. C'est cette raison qui explique notre prédilection pour les algorithmes génétiques connus par leur efficacité à proposer des solutions approchées à des problèmes difficiles en un temps raisonnable.

Le présent mémoire décrit les résultats de notre travail, il est organisé en trois chapitres incluant une introduction et une conclusion générales :

Le chapitre1

Nous commençons dans ce chapitre par présenter les définitions nécessaires à la compréhension du concept de covoiturage.

Le chapitre2

Dans ce chapitre nous présentons quelques solutions proposées pour la gestion du covoiturage, après avoir introduit la notion de recommandation.

Le chapitre3

Dans ce chapitre nous décrivons la démarche de réalisation de notre application. Nous commençons par présenter l'algorithme génétique sur lequel se base notre solution de recommandation. Nous décrivons en suite notre application à travers les outils utilisés pour sa réalisation ainsi que ses différentes interfaces graphiques. Nous terminons par présenter une modeste expérimentation faisant varier les paramètres de l'algorithme génétique afin d'obtenir de meilleurs résultats.

CHAPITRE I

Systeme de Transport Intelligent pour le
Covoiturage

I. Introduction

Le covoiturage est une solution de transport alternative à l'autosolisme qui permet d'augmenter les taux d'occupation des véhicules et par conséquent lutter contre la congestion automobile et réduire les émissions de Gaz à Effet de Serre. Le covoiturage a un rôle à jouer en termes d'impact environnemental puisqu'il contribue à réduire les émissions de gaz à effet de serre et les émissions polluantes, mais également en terme économique, grâce au partage des frais liés à l'utilisation de la voiture, et en terme social (création d'un lien social entre les individus qui pratiquent le covoiturage) [1].

Dans ce chapitre nous allons présenter une revue de littérature sur le covoiturage et les systèmes de transport intelligent.

II. Définition et historique du covoiturage

II.1. Définitions

Afin d'avancer dans notre travail, il est nécessaire de cerner certaines notions liées au concept de covoiturage.

➤ **Covoiturage** : Il existe de nombreuses définitions du covoiturage:

Le covoiturage (carpooling en anglais) se définit comme un mode de transport dans lequel des voyageurs individuels partagent un véhicule pour un voyage et partagent les coûts liés au voyage tels que l'essence, les péages et les frais de stationnement avec d'autres personnes ayant un itinéraire et un horaire similaire [2].

Le covoiturage consiste en l'utilisation commune d'un véhicule par un conducteur non professionnel et un (ou plusieurs) passager(s) dans le but d'effectuer tout ou une partie d'un trajet commun [3].

Il existe deux façons d'utiliser le ou les véhicules :

- Plusieurs véhicules sont utilisés à tour de rôle : En effet, les covoitureurs possèdent chacun un véhicule, mais un seul véhicule est utilisé à chaque nouveau voyage. Chaque individu intégrant un groupe de covoiturage est ainsi alternativement une fois conducteur, une fois passager [2].
- Un seul véhicule, propriété de l'un des covoitureurs, est utilisé. Dans ce second cas, les autres passagers doivent contribuer chacun aux frais de déplacement, à savoir le carburant et éventuellement le péage pour effectuer le trajet en question. Une participation forfaitaire est ainsi calculée selon le montant total des charges et le nombre de passagers au total sur le même trajet. Les usagers de ce service s'en voient ainsi réduire les frais de transport grâce à cette tarification avantageuse. Avantage non négligeable vu la cherté de la vie à laquelle les coûts de transport ne sont pas étrangers. Toutefois, il n'est pas envisageable que des voyages organisés dans ce cadre deviennent une source de profit pour l'utilisateur mettant son véhicule personnel à disposition des autres. En effet, le conducteur ne doit en aucun cas faire de bénéfices mais peut accepter une participation financière telle que définie précédemment [2].

➤ **Covoitureurs** : il s'agit des conducteurs d'un véhicule dans le contexte de covoiturage avec un ou plusieurs autres passagers. Ces usagers du service utilisent dans le cas général leur propre véhicule ou parfois des voitures de location. Dans ce dernier cas, les frais de location incombent aussi à tous les passagers du véhicule en question. Par ailleurs, l'initiateur du voyage, à savoir le conducteur, a ses propres besoins de déplacement qu'il définit à travers la soumission d'une offre de covoiturage [4].

➤ **Offre de covoiturage** : elle désigne les paramètres de déplacement du conducteur (généralement propriétaire de la voiture utilisée pour le covoiturage). Ces paramètres définissent les spécificités du trajet à parcourir : origine, destination, date, heure de départ, nombre de places disponibles, etc. [3].

➤ **Covoiturés** : ce terme désigne les passagers d'une voiture de covoiturage. Ce sont des piétons qui sont en quête d'une éventuelle offre de covoiturage pouvant les ramener à un endroit précis. Elles sont ainsi définies comme intervenants du service initiant des demandes pour se faire conduire entre deux points donnés dans le cadre d'un déplacement souhaité [4].

➤ **Demande de covoiturage** : un déplacement en covoiturage ne peut se faire que s'il existe une demande. Il s'agit d'une requête d'utilisateur émettant le souhait de se déplacer en voiture d'un endroit à un autre. Une demande concerne un besoin spécifique de déplacement en fonction duquel l'utilisateur détermine la date et l'heure du voyage, l'endroit où il veut aller, etc. [3].

➤ **Contraintes de correspondance** [3] : Pour pouvoir effectuer un covoiturage, il faut que certaines conditions soient satisfaites. Dans les systèmes de covoiturage classiques, seules des contraintes basiques sont vérifiées (voir figure 1).

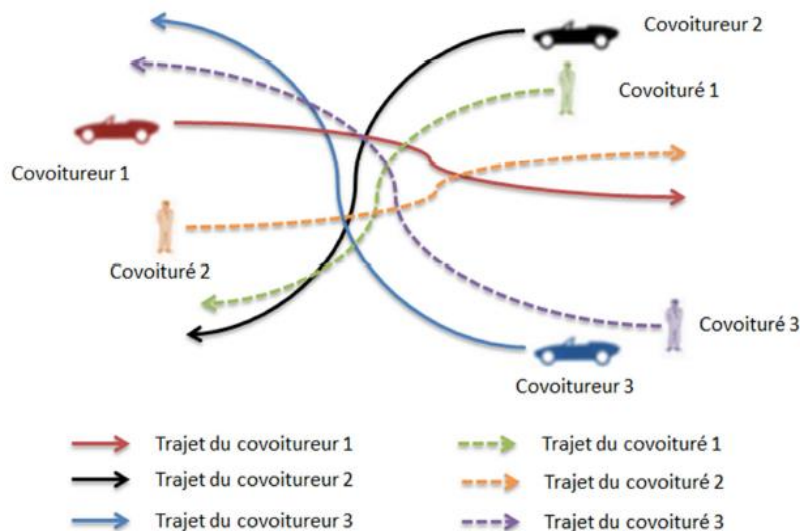


Figure 1. Correspondance entre les offres des covoitureurs et les demandes des covoiturés

Comme le montre la Figure 1, ces contraintes se réfèrent essentiellement à la correspondance entre offre et demande permettant ainsi de vérifier :

- Dates et heures des voyages offert et requis : les dates et heures des covoitureurs et covoiturés doivent se correspondre ou se confondre.
- Coïncidences entre les trajets : le déplacement concernant la requête du covoituré doit de ce fait appartenir à l'itinéraire à parcourir par le covoitureur pour que sa demande puisse être considérée.
- Nombres de places disponibles dans une voiture de covoiturage qui doivent être suffisantes pour pouvoir accueillir les usagers demandeurs du même trajet.

II.2. Historique de covoiturage

Sur la base de l'apport au départ théorique qu'il a prodigué aux responsables concernés par la mise en place d'une mobilité avancée et soutenable dans le cadre de la concrétisation du processus de développement durable ; le covoiturage a été, depuis un petit peu plus de trois décennies, d'un grand intérêt. Particulièrement durant ces dernières années, le concept de covoiturage a brillé de par l'afflux de plus en plus important des individus à de tels services.

En France par exemple, la prise de conscience collective de la nécessité de mettre en place un processus de développement durable a donné une impulsion supplémentaire aux modes de transport alternatifs. C'est dans ce cadre que de nombreuses initiatives localisées ont émergé sous la forme d'associations dans le cas général. Ayant bénéficié d'appui technique et financier de la part de conseils généraux et régionaux, des Autorités Organisatrices des Transports (AOT) ou encore de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), ces initiatives n'ont su que porter leurs fruits. Dans ce sens, le secteur des transports étant en grande partie responsables dans les émissions de GES, accaparant la majeure proportion de rejets de CO₂, ce constat alarmant a donné une impulsion stratégique aux modes alternatifs les propulsant au-devant de la scène.

Des structures formelles de covoiturage ont commencé à se mettre en place dès le milieu des années 70s. Compte tenu des importantes contributions qu'elles ont apportées, des chercheurs et praticiens se sont focalisés sur les services de covoiturage. Plusieurs de ces travaux ont par la suite conduit à la mise en place de systèmes fonctionnels qui ont été déployés et testés. Cependant, il existe aussi des systèmes qui n'ont jamais abouti faute de moyens ou d'autres aspects auxquels les utilisateurs aspirent, tels que la sécurité par exemple.

Des solutions innovantes ont aussi émergé faisant écho avec les innovations technologiques qui jouent un rôle principal dans leur bon fonctionnement. Parmi celles-ci, nous pouvons citer les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (NTIC), Internet, les systèmes embarqués, les systèmes d'information géographique (SIG), les logiciels d'optimisation d'itinéraires ou encore les logiciels de management environnemental, etc. qui contribuent à rendre ces solutions attractives et dynamiques.

Dispersées à travers le monde entier, ces solutions ont commencé à immerger aux États-Unis avec le premier choc pétrolier de 1973 donnant naissance à une multitude d'associations dont une mission principale était d'inciter les individus (étudiants et salariés) à

se partager leurs véhicules sur leurs trajets quotidiens. Une adaptation de l'infrastructure routière (construction de voies réservées aux véhicules à fort taux d'occupation (HOV lanes)) s'inscrit dans une politique incitative servant à encourager les individus à aller vers ce mode. Parallèlement un projet similaire baptisé ICARO pour Increase Car Occupancy a vu le jour en Europe mais qui a débuté assez tardivement par rapport au premier (1997) et s'est achevé en 1999.

Ce dernier a débouché sur un nombre d'initiatives encourageant l'implantation du covoiturage en Europe ; parmi celles-ci des parcs de stationnement aux nœuds routiers en Autriche, un programme de stationnement réservé pour les véhicules à taux d'occupation élevé en Suisse, etc. En France aussi, le covoiturage a eu son lot d'intérêt, qui malgré son arrivée tardive (avec les grèves importantes de 1995 provoquant une paralysie dans les transports en commun) a su porter ses fruits. Les résultats furent d'autant plus importants qu'à partir des années 2000, les collectivités locales ont commencé à fournir leur soutien, essentiellement financier, pour encourager l'implantation du covoiturage comme service à part entière dans le secteur du transport. Parmi les initiatives prises dans ce contexte, nous pouvons citer à titre d'exemple, le projet de l'autoroute A14 devenue gratuite pour les véhicules à fort taux d'occupation.

Ces initiatives ont de ce fait réussi à faire basculer le monde des pratiques de « *covoiturage spontané* » plus connu sous le nom de « *auto-stop* » vers des pratiques beaucoup plus évoluées dans le sens où elles sont bien organisées (« *covoiturage organisé* »). Ce concept a en effet commencé à prendre forme dès les années 50 avec l'émergence de solutions telles que Taxistop en Belgique, Allostop en France (1958) ou bien avant Allo-Stop au Canada et qui consistaient concrètement en une dynamique d'organisation des pratiques de l'auto-stop.

Orientées dans cette direction, des associations, organismes, agences et collectivités publiques sont nées pour donner l'aspect formel que requiert cet aspect organisationnel. En effet, faisant le rôle d'entités intermédiaires, ces organes sont responsables de la mise en relation d'éventuels covoiturés. Ces entités peuvent aussi bien être des centrales de mobilité, ou encore des particuliers et proposent un panel de services plus ou moins complet sur la base de leurs structures, financement et aussi de leurs connaissances de l'outil support à ces services. Dans la majorité des cas, il s'agit de services fournis par téléphonie mobile ou Internet. Il existe de ce fait des réseaux sociaux tels que les forums ou autres accessibles via les canaux virtuels. Par ailleurs, les services les plus en vogue et aussi les plus répandus sont plutôt sous forme de sites Internet. Le nombre de services utilisant de tels supports en France a atteint 78 ou plus en Mars 2007 réalisés entre autre par des opérateurs de covoiturage tels que Green Cove, Ecolutis, LaRoue Verte ou encore covoiturage.fr. Entre *sites de covoiturage grand public* (ouverts à tout individu) et *sites de covoiturage à accès restreint* (nécessitant un code d'accès), ces derniers mettent en place des fonctionnalités plus ou moins évoluées [5].

III. Types de covoiturage

Nous pouvons distinguer plusieurs types de covoiturage selon un aspect fréquentiel (régulier, non-régulier) ou selon un aspect organisationnel (spontané, organisé) de ce dernier.

- a) **Le covoiturage régulier** : Il concerne des trajets réguliers c'est-à-dire les trajets qui se font de manière hebdomadaire (au moins une fois par semaine), les trajets quotidiens (ou journaliers) et font généralement référence aux trajets entre le lieu de résidence et le lieu de travail (également des trajets scolaires) [4].
- b) **Le covoiturage irrégulier**: Il consiste en des trajets occasionnels c'est-à-dire qu'ils n'ont pas (ou peu souvent) vocation à se répéter dans le temps. Ce sont des trajets principalement longue distance très utilisés pour les départs en vacances et les événements à travers le pays (soirées, concert, festival...etc.). [4].
- c) **Le covoiturage spontané** : Il fait référence à toutes les personnes qui covoiturent sans passer par une structure de mise en relation. Il peut bien être l'autostop ou bien le covoiturage informel. Il s'agit de covoitureurs indépendants de tout système, s'étant entendu mutuellement sur les modalités de déplacement (horaire, date, frais de transport...). Ce covoiturage informel correspond à des regroupements volontaires de personnes, qu'ils soient amis, collègues ou voisins, qui décident de s'organiser pour réaliser un trajet [2].
- d) **Le covoiturage organisé** : Dans le cas de covoiturage organisé, il faut passer par une entité intermédiaire de mise en relation pour trouver un covoitureur potentiel. Cette entité peut se décliner sous différentes formes : Centrale de mobilité (structure qui centralise toutes les informations concernant l'offre en transport), associations (un cadre privilégié pour encourager le covoiturage) et collectivités, entreprises/administrations, Particuliers (sites Internet de covoiturage) [2].

Le tableau ci-dessous présente quelques exemples de covoiturage.

Type de déplacement	Type de covoiturage	Destination	Public
Domicile-travail	Régulier	Communes proches	Actifs/salaries
professionnel et de chantier	Irrégulier	Toutes destinations	Tous, intra ou inter-entreprises
proximité : solidarité, loisirs, achats.	Régulier ou Irrégulier	Communes proches	Jeunes, clubs, associations, Cibles sociales
événementiel	Irrégulier	Variables	Tous
Longue distance, vacances	Irrégulier	Destinations lointaines	Tous, mais surtout les jeune pour le moment

Tableau 1. Types de covoiturage

IV. Avantages de pratiquer le covoiturage

Le covoiturage comporte des avantages autant pour la société en général que pour les participants et les entreprises qui mettent en place des programmes de covoiturage.

a) Pour les participants

- Améliorer le confort des déplacements (stress, temps, parking).
- Diminuer les frais occasionnes par les déplacements domicile-travail (partage des frais).
- Créer des liens sociaux.
- Plus de convivialité.
- Plus de ponctualité [1].

b) Pour les entreprises

- Réduction du nombre d'espaces de stationnement nécessaires.
- Amélioration de l'image de l'entreprise.
- Faciliter l'accessibilité
- Diminuer et optimiser les couts imputes au transport.
- Amélioration de l'offre de transport aux employés.
- Réduction du stress liés au transport quotidien et augmentation du bien-être des employés [1].

c) Pour la collectivité

- Réduction du trafic et de la congestion sur les routes.
- Récupérer de l'espace public (stationnement).
- Diminuer les embouteillages, la pollution et les accidents de la route [1].

V. Obstacles au covoiturage

Malgré le fait que le covoiturage comporte plusieurs avantages intéressants, il reste impopulaire comme mode de transport, et ce, pour les raisons suivantes:

- L'horaire ainsi que le trajet des personnes sont souvent rigides.
- Les personnes sont géographiquement distribuées de façon très large, ce qui réduit considérablement les chances de former des combinaisons de personnes permettant de créer des groupes de covoiturage viables;
- Les passagers d'un groupe de covoiturage possédant une voiture perdent la flexibilité d'avoir celle-ci à leur disposition durant la journée pour effectuer par exemple des courses;
- Les conflits potentiels de personnalité entre les membres d'un groupe de covoiturage peuvent rendre le covoiturage repoussant pour certaines personnes.
- Certaines personnes apprécient le temps qu'elles peuvent passer seule dans leur voiture en voyageant.
- Certaines personnes aiment écouter des postes de radio dans leur voiture qu'elles considèrent impopulaires chez les autres [2].
- La crainte de se déplacer avec une personne que vous ne connaissez pas, surtout pour les femmes. Ceci s'accroît dans une société conservatrice telle que la nôtre.

VI. Caractéristiques des systèmes de gestion de covoiturage actuels

Ayant plus ou moins réussi, les systèmes existants ont au moins le mérite d'avoir fait découvrir au grand public l'existence des opportunités de partager son véhicule.

VI.1. Caractéristiques humaines

Plusieurs études dans le domaine du transport tentent de comprendre les caractéristiques des covoitureurs afin de mieux cibler les interventions visant à encourager le covoiturage. Le questionnaire est la méthode de recueil de données privilégiée dans ce type d'étude. Les questionnaires sont souvent administrés via Internet et peuvent être destinés soit à un public large, comme la population d'une ville entière, ou encore ils peuvent être destinés à un public plus ciblé comme les utilisateurs d'un système informatique de support au covoiturage. Les résultats concernant les caractéristiques des covoitureurs varient parfois, ce qui peut dépendre de plusieurs facteurs dont notamment le fait que les études sont effectuées sur des populations différentes, par exemple sur le plan culturel, vivant dans des environnements différents et dont la qualité des infrastructures en place varie. Un résumé des différentes conclusions touchant certaines caractéristiques des covoitureurs est présenté dans le reste de cette section.

1) *Caractéristiques démographiques* : La littérature révèle que les caractéristiques démographiques sont généralement faiblement corrélées à la formation de groupes de

covoiturage. Par exemple, le sexe semble avoir peu d'importance sur la formation de groupes de covoiturage comparativement à d'autres caractéristiques. Cela dit, il semble que les femmes participant à un système de soutien au covoiturage en ligne établissent plus de groupes de covoiturage réussis que les hommes et que ces dernières sont également prêtes à attendre plus de temps pour trouver un/des partenaire(s) de covoiturage. L'âge a une signification statistique dans la formation de groupes de covoiturage réussis. En fait, la plupart des utilisateurs d'un outil logiciel de support au covoiturage en ligne ont entre 24 et 35 ans. Il y a également peu de différence dans les probabilités de former un groupe de covoiturage à travers les différents groupes d'âge [2] [4].

2) Caractéristiques géographiques : La présence d'un bassin suffisamment grand de voyageurs journaliers vivant à proximité de l'extrémité du trajet où se trouve le lieu de résidence est une des caractéristiques les plus importantes dans la formation de groupes de covoiturage réussis chez les utilisateurs d'un système de support au covoiturage en ligne. De plus, il a été démontré que les participants vivant en banlieue et dans la grande banlieue ont un plus haut taux de succès pour la formation de groupe de covoiturage réussis grâce à un outil de support au covoiturage[2][4].

3) Caractéristiques liées aux attitudes et motivations : Une étude canadienne indique que la formation de groupes de covoiturage réussis parmi les utilisateurs d'un outil de support au covoiturage en ligne n'est pas affectée de façon statistiquement significative par les motivations suivantes : les préoccupations par rapport à l'environnement, l'absence de permis de conduire ou d'accès à un véhicule, les économies sur les coûts de déplacement et finalement l'utilisation d'une voie réservée aux véhicules multi-occupants (VOM). De plus, la préoccupation par rapport à l'environnement semblait avoir autant d'importance dans la création d'un groupe de covoiturage réussi que les motifs liés à l'économie de coûts et l'accès à une voie réservée aux VOM. Toujours selon cette étude, la seule catégorie de motivation ayant eu une importance statistiquement significative par rapport à la création d'un groupe de covoiturage réussi a été la catégorie « autres » qui venaient s'ajouter à la liste précédemment mentionnée de motivations proposées pour l'adoption du covoiturage. Ce type de résultats, comme le mentionne l'étude, semble indiquer qu'il pourrait y avoir d'autres motivations à la base de la formation de groupe de covoiturage dont peut-être la possibilité de socialiser avec d'autres voyageurs ou encore la possibilité de réduire l'effort lié à la conduite [2] [4].

4) Caractéristiques liées à l'organisation : Il a été démontré qu'un horaire de travail typique, dont le commencement et la fin se situent respectivement près de 8h00 et de 17h00, chez les utilisateurs d'un outil logiciel de support au covoiturage était un facteur déterminant puisque ces derniers avaient 1,7 fois plus de chance de commencer à covoiturer . Ces résultats rejoignent ceux de Cervero et Griensenbeck (1988) mentionnant qu'il y avait plus de probabilité que les employés ayant un horaire de travail flexible voyagent seul plutôt que de covoiturer [2] [4].

5) Caractéristiques liées au rôle dans le groupe de covoiturage : Le partage des rôles de conducteur et de passager entre les membres d'un groupe de covoiturage semble être l'option

préférée des covoitureurs chez les utilisateurs d'un outil logiciel de support au covoiturage en ligne. Cette préférence pourrait être liée au désir des covoitureurs de profiter des avantages économiques ainsi que des avantages d'être passager qui sont liés au covoiturage. De plus, cette importance du partage des rôles semble augmenter en fonction de la distance entre la résidence des covoitureurs. Il est également intéressant de mentionner que les personnes ayant une préférence pour un seul rôle (conducteur ou passager) avait environ 50% moins de chance de former un groupe de covoiturage réussi que les personnes prêtes à partager les rôles. Cette importance des rôles pourrait impliquer que les voyageurs journaliers qui vivent près les uns des autres pourraient décider de ne pas covoiturer ensemble si leur rôle de préférence ne peut pas être négocié au sein d'un potentiel groupe de covoiturage [2] [4].

VI.2. Caractéristiques juridiques

1) **Rémunération** : Le covoiturage entre personnes privées ne doit pas donner lieu à une rémunération du conducteur (différence majeure avec les taxis ou les transports en commun). Mais il peut comporter le partage des frais d'utilisation du véhicule par exemple en se référant aux barèmes de frais kilométriques indiqués dans le bulletin officiel des impôts. Dans la pratique, deux modes de calcul sont couramment utilisés :

- l'un ne prenant en compte que les frais variables c'est-à-dire essence et péages;
- l'autre intégrant les coûts fixes (amortissement, assurance) et d'entretien du véhicule.

2) **Responsabilités** :

• **Responsabilité du tiers organisateur** : Au regard des services de covoiturage existants, la responsabilité du tiers organisateur du service à l'égard des incidents qui pourraient se produire à l'occasion du transport est inexistante. En effet, le tiers ne fait que mettre en relation des individus [1].

• **Responsabilité du conducteur** : En cas d'accident de la circulation, on appliquera la loi Badinter du 5 juillet 1985. Contrairement à une idée fausse assez répandue, le conducteur du véhicule n'est pas de plein droit responsable des dommages qui peuvent survenir à l'occasion d'un co-voiturage. Pour les incidents hors des accidents de circulation et qui causeraient un préjudice au passager, il faudra le passager pourra la responsabilité civile ou pénale du conducteur selon les termes du droit commun. On pense par exemple à un comportement du conducteur contraire aux bonnes mœurs, ou encore à l'endommagement des bagages du passager. Pour obtenir réparation des préjudices ainsi causés le passager devra prouver la faute du conducteur, le préjudice, et le lien de causalité entre les deux [1].

• **Responsabilité du passager** : Elle n'est pas engagée pour ce qui concerne les accidents de circulation puisque le passager n'a pas la maîtrise du véhicule, sauf si le passager commet une faute inexcusable, cause exclusive de l'accident.

Concernant les autres situations (comportement déplacé, etc.), le conducteur pourra éventuellement mettre en cause la responsabilité civile ou pénale du passager selon les règles du droit commun [1].

3) **Assurances** : Les dommages subis par les passagers d'un véhicule sont couverts par une garantie obligatoire. Les covoitureurs peuvent naturellement se rapprocher de leur assureur pour vérifier qu'aucune circonstance ne s'oppose à leur projet de covoiturage [1].

VI.3. Caractéristiques techniques

Malgré le progrès important réalisé dans le domaine du covoiturage, les systèmes existants demeurent quelque peu défaillants. Défaillance technique, informationnelle, technologique ou autre, celle-ci va à l'encontre de leur succès absolu puisque imposant des limites grotesques dans la libre utilisation de tels services. En effet, les systèmes les plus réussis jusqu'à ce jour étant ceux qui se présentent sous forme de sites Internet dynamiques, ils présentent un modèle commun lourds d'handicapes en termes de fonctionnalités et surtout d'automatisation de celles-ci. Ce modèle présenté à la Figure 2, fournit aux usagers des services qui répondent à celui-ci, l'opportunité unique de pouvoir insérer ou consulter des spécificités de déplacements pour (ou sur) des trajets de covoiturage. Répondant à la qualification de concept statique, la majorité des services de covoiturage aujourd'hui dominants imposent des limites d'utilisation. Les restrictions induites de par ce concept touchent principalement aux possibilités d'extension de ces services inhibant leur aptitude à pouvoir intégrer l'instantanéité des accès et donc la gestion de ceux-ci en temps réel. Les usagers de ces systèmes se voient ainsi obligés de planifier leurs voyages plus ou moins longtemps à l'avance afin de pouvoir augmenter leurs chances de réussite à dénicher des offres ou demandes de covoiturage qui correspondent aux leurs [7].

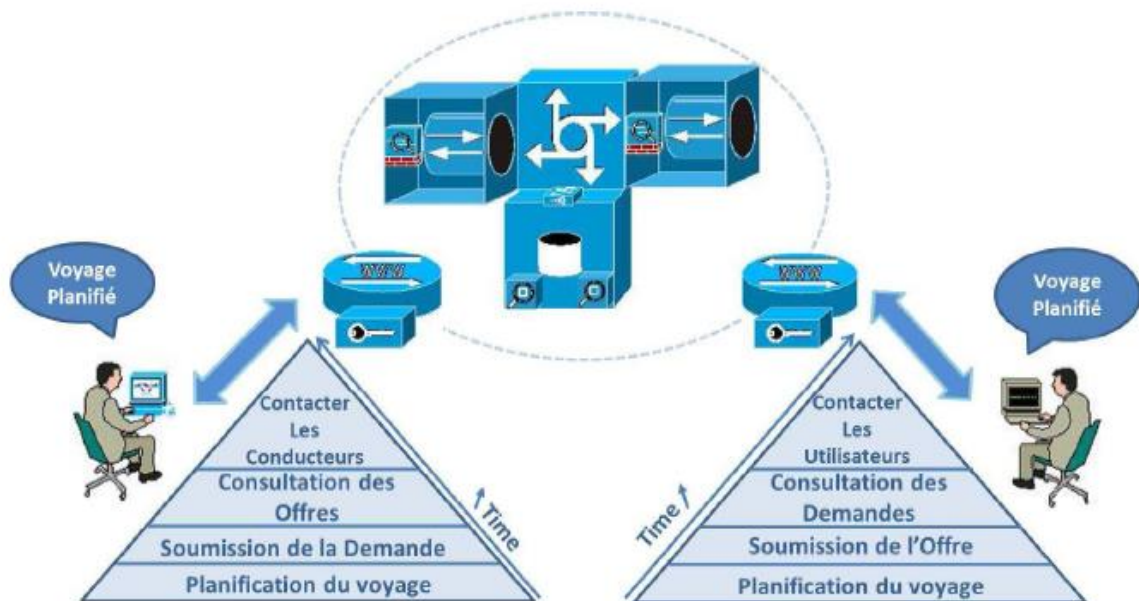


Figure 2. Modèle d'un système de covoiturage

Par ailleurs, outre la dominance du concept de gestion statique dans les systèmes de covoiturage existants, de grandes questions notamment par rapport à l'automatisation des tâches demeurent sans réponse. Même si quelques systèmes dynamiques de covoiturage ont par la suite existé (e.g. eNotions en Allemagne, EasyRider à Amsterdam, RideNow à Los Angeles, T.écovoiturage en France, etc.), ils n'apportent pas non plus les réponses nécessaires à ces controverses. Si ce n'est la question du temps réel, ce sont les questions de sécurité et de

traçabilité qui continuent de faire obstacle à la réussite absolue des systèmes existants et entraver leur ascension à l'échelle [7].

VI.3.i. Intégration des STI (Systèmes de Transport Intelligent)

Définition des STI [8]

Les systèmes de transport intelligents (STI) sont des applications ou services avancés associant les nouvelles technologies de l'information et de la communication ainsi que les techniques de géolocalisation, à l'ingénierie des transports. Ils recouvrent de très nombreux domaines d'application. La gestion de covoiturage en fait partie.

Technologies des STI

Les STI reposent sur un nombre de technologies permettant entre autres l'acquisition, la communication, le traitement et la gestion des données émanant de réseaux humains et/ou véhiculaires dans le but d'assurer une activité liée au transport. La figure 3 schématise un système de covoiturage intégrant ces différentes technologies (De plus amples définitions des acronymes illustrés dans la figure sont présentées dans [7]).

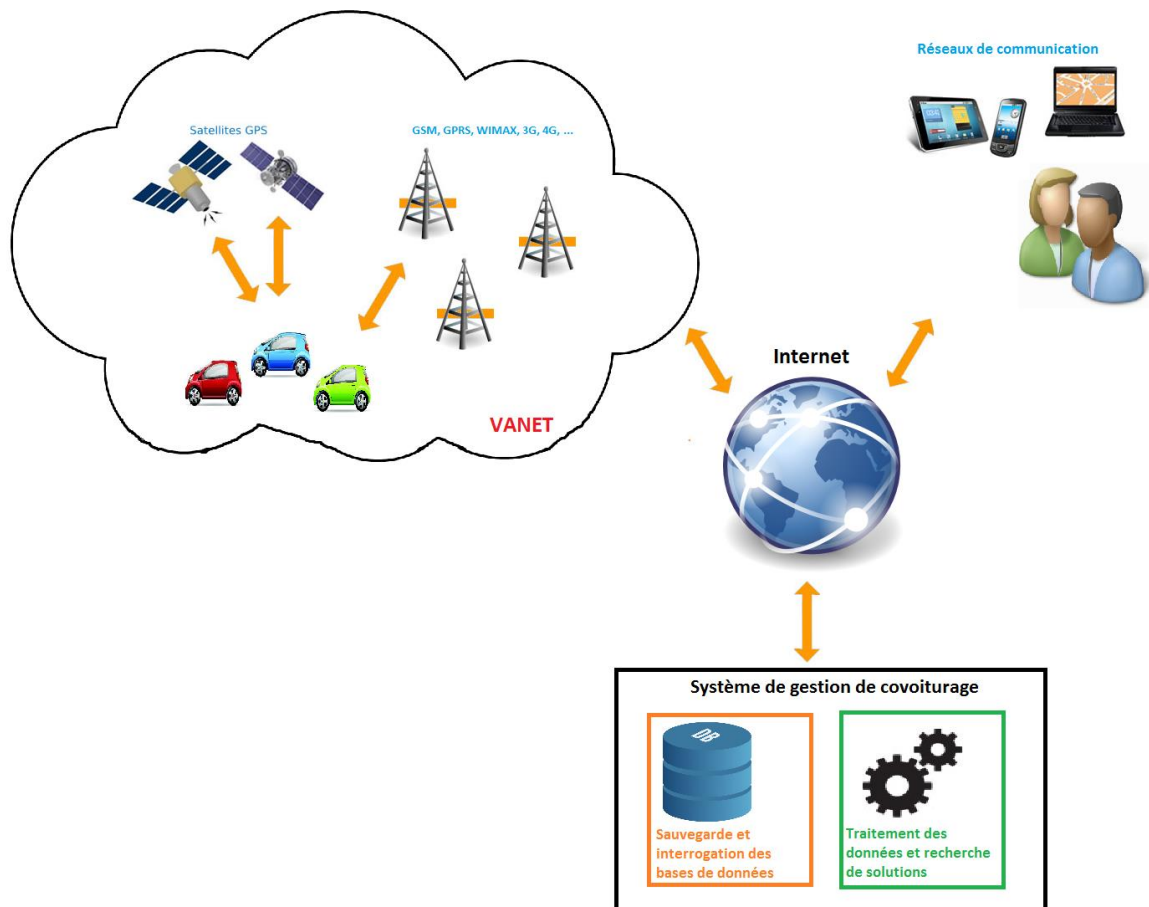


Figure 3. Système de gestion de covoiturage, STI et Réseaux de communication

VI.3.ii. Intégration des règles de bon fonctionnement

On distingue plusieurs facteurs qui permettent de garantir le bon fonctionnement du covoiturage :

1) **La charte de bonne conduite**: elle est quasi-systématique. En signant cette charte, l'utilisateur reconnaît que l'organisateur de la mise en relation n'est pas organisateur de transports (responsabilité limitée), l'utilisateur accepte également un engagement moral et des règles de bonne conduite (ponctualité, respect). La charte explique enfin le fonctionnement global du système de covoiturage (animaux ou pas, fumeur, participation financière...). Identification des covoitureurs (conducteurs et passagers) : le système de mise en relation doit permettre le contact entre deux covoitureurs potentiels, mais pas l'accès aux coordonnées personnelles des usagers à n'importe qui sans contrôle. Par exemple, un site Internet permet souvent de voir les trajets qui nous intéressent, mais il est obligatoire de s'y inscrire pour avoir accès aux coordonnées du covoitureur potentiel. L'anonymat, source de peur et de réticence parfois, est alors rompu car chacun est enregistré sur le site [7] [2].

Dans le cas d'un auto-stop organisé, l'anonymat peut être écarté par des signes distinctifs d'appartenance à un même dispositif d'autostop : contre adhésion au dispositif de stop-organisé (nom, prénom, permis de conduire) le conducteur se voit remettre un autocollant à mettre sur son pare-brise de façon visible et le passager placé en bord de route dispose d'un panneau aux mêmes couleurs indiquant sa destination. Ainsi, conducteur et passager se reconnaissent comme appartenant au même dispositif, l'anonymat n'existe donc pas.

2) **Assurance retour** : Certains organisateurs proposent une assurance « retour ». En effet, si pour une raison quelconque, le conducteur ne peut pas ramener son passager chez lui le soir, l'organisateur trouve alors un autre conducteur. Si cette solution n'est pas possible, il s'engage à payer le trajet-retour au passager en difficulté, en taxi par exemple. Pour des raisons évidentes de coût, cette assurance n'est valable que deux ou trois fois dans l'année, avec un nombre de kilomètres à ne pas dépasser et un plafond financier [7] [2].

3) **Indicateurs de préférence à bord** : pour savoir à l'avance quelles sont les préférences du conducteur et du passager, certains sites Internet proposent des indicateurs astucieux: fumeur/non-fumeur, animaux ou non, écoute de la musique, aime parler [2].

4) **La participation aux frais**: Elle peut être liée au nombre de kilomètres ou laissée au libre-choix du conducteur. La seule règle est que ces tarifs ne doivent pas permettre au conducteur de gagner de l'argent, le covoiturage n'étant pas une activité commerciale [7] [2].

VII. Classification des systèmes de gestion de covoiturage

Les systèmes offrant un service de covoiturage se divisent en trois catégories :

a) **Automatique** : Cette classe permet la gestion de quasiment toutes les phases de covoiturage. Depuis l'inscription du participant, jusqu'à l'évaluation postérieure d'un trajet en passant par une importante tâche qui est la recherche de trajet répondant au mieux aux exigences du participant. De nombreuses entreprises proposent des solutions intéressantes, nous citons à titre d'exemple :

BlaBlaCar : c'est le Numéro un sur le marché européen du covoiturage, il connaît un véritable succès en France. Le site mise sur un système d'inscription ultra simple et un moteur de recherche bien pensé. Conducteurs et "co-voitureurs" sont évalués pour effectuer le choix qui vous correspond le plus. La communauté grandissante des utilisateurs permet de trouver rapidement une solution à vos nécessités de déplacements [11].



iCarPool.com : est une application mobile qui vous aide à trouver, connecter et faites du covoiturage avec d'autres qu'ils vont votre chemin instantanément [12].



Zimride : est une plate-forme de la promenade de partage sécurisé pour les entreprises et les universités c'est à dire est un covoiturage de type régulier [13].



b) **Semi- automatique** : dans cette classe l'intervention du participant est souvent suscitée dans la mesure où le système ne propose pas de recommandation. Comme exemple nous citons : carpoolworld.com.



c) **manuel** : Cette classe de covoiturage est la plus ancienne puisqu'elle met en relation directe des participants se connaissant. Cela implique généralement des membres de la famille, des voisins, des amis et des collègues de travail. La prise de rendez-vous ne se fait de personne à personne sans passer par un système automatique.

VIII. Conclusion

Le covoiturage est un moyen de transport intéressant. De plus en plus de gens l'utilisent, et de nombreux chercheurs s'intéressent à l'élaboration de solutions de gestion de covoiturage. Dans le chapitre suivant nous étudions quelques-unes de ces solutions.

CHAPITRE II

Etude des solutions de gestion de
covoiturage

I. Introduction

Le phénomène de covoiturage a pris ces dernières années de l'ampleur, et beaucoup de chercheurs ont proposé des solutions. Dans ce chapitre nous avons étudié deux d'entre elles.

II. Description générale de système de recommandation

Pour un ensemble d'offres O et un ensemble de demandes D , un système de recommandation fait correspondre à une demande $d_j \in D$, une ou plusieurs offres $o_i \in O' / O' \subset O$. La figure 4 illustre un diagramme de classes représentant un tel système.

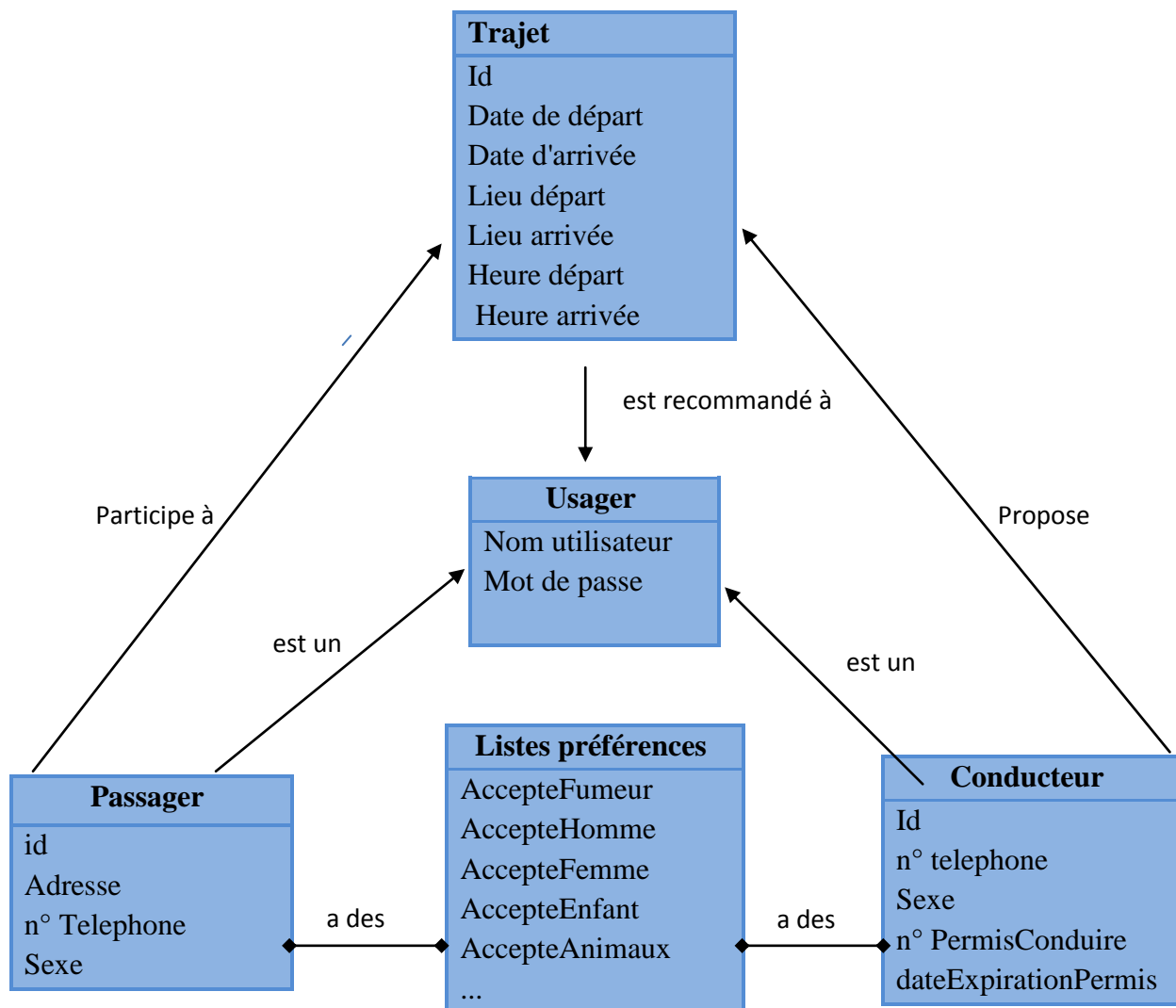


Figure 4. Diagramme de classes d'un système de recommandation

III. Solutions de recommandation pour le covoiturage

Parmi les travaux réalisés dans le domaine du covoiturage pour une meilleure solution de recommandation sont les algorithmes génétiques et l'algorithme distribué de Dijkstra.

III.1. Etude de la première solution (Algorithme génétique)

En 2013 « Ming-Kai Jiau, Shih-Chia Huang, Chih-Hsiang Lin » ont proposé une solution de recommandation pour le covoiturage en se basant sur l'algorithme génétique. La figure suivante représente le principe de leur solution.

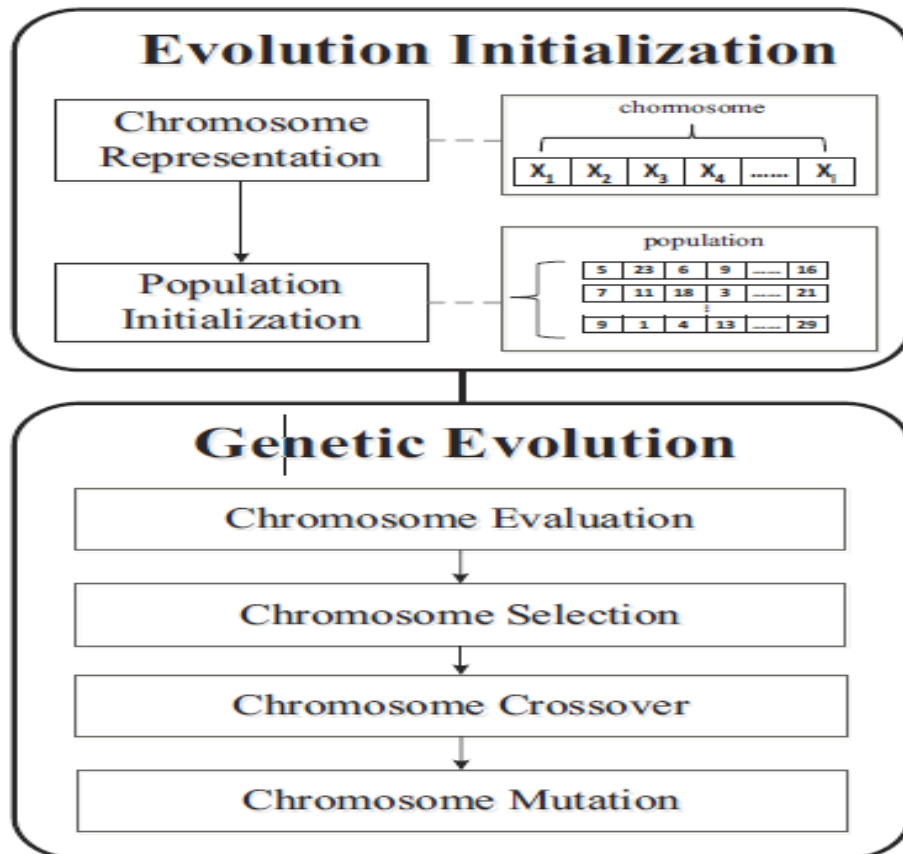


Figure 5. Principe de l'algorithme génétique proposé [15]

Cette méthode est composée deux modules principaux :

A. Evolution Initialisation (EI)

Ce module est utilisé pour initialiser les chromosomes afin de générer des solutions efficaces de problème au service de covoiturage en utilisant deux procédures :

a. Procédure de représentation de chromosome

Les demandes de covoiturage doivent figurer avec des paramètres spécifiques, tels que :

- le numéro d'identification R_{ID} .
- le numéro de demande R_N .

- l'emplacement actuel R_L .
- l'emplacement de destination R_D .
- le type de demande noté par R_C tel que :

$$R_C = \begin{cases} 1, & \text{si la demande provient d'un conducteur} \\ 0, & \text{si la demande provient d'un passager} \end{cases}$$

- la destination de la demande par Req.

Les demandes de conducteur et de passager peuvent être notées comme suit:

$$\begin{aligned} \text{Driver} &: \text{Req}(R_{ID}, R_N, R_L, R_D = D_i, \text{ si } R_C = 1 \\ \text{Passager} &: \text{Req}(R_{ID}, R_N, R_L, R_D = P_j, \text{ si } R_C = 0 \end{aligned}$$

La création adaptative d'un chromosome est essentielle, et permet l'expression d'importantes propriétés de la demande de covoiturage et la réduction de la complexité de calcul de la détermination des correspondances. Ils proposent une représentation procédure pour atteindre cet objectif qui consiste deux couches :

- **La couche d'affectation (assignment layer)**

Un chromosome est divisé en plusieurs parties (segments) et chaque partie peuvent être subdivisée en gènes.

La valeur de chaque gène représenté par L'identifiant(ID) de chaque passager, et ces identifiants des passagers dans les gènes de chaque segment sont affectés à un conducteur. Donc le chromosome représente le nombre des conducteurs et leurs passagers affectés, comme illustré dans le schéma suivant :

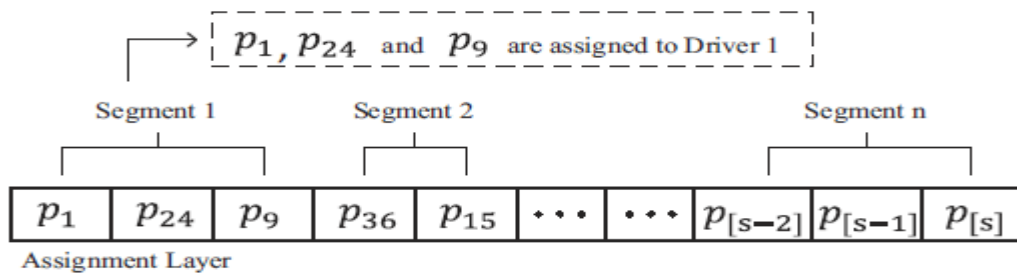


Figure 6. Couche d'affectation des passagers aux conducteurs pour la représentation d'un chromosome

La quantité des segments peut être modifiée de façon dynamique afin de s'adapter au nombre de conducteurs. Le schéma de codage à une longueur variable afin d'ajuster le nombre de gènes dans chaque segment au nombre de sièges proposés par chaque conducteur. Par

conséquent, la longueur de chromosome (C_L) correspondant sera adaptée à la somme des sièges par l'équation suivante:

$$C_L = \sum_{S_i \in S}^m S_i,$$

m étant le nombre des conducteurs.

Où m est le nombre des conducteurs, et S l'ensemble de S_i avec S_i le nombre des sièges offerts par le driver correspondant (D_i) [15].

- **La couche de routage implicite (implicit routing layer) :** exprime l'ordre dans lequel les conducteurs devraient embarquer et déposer les passagers, et elle est mise en œuvre après chaque segment est réalisée par la couche d'affectation. Le schéma en dessous présente un exemple dans lequel Segment1 dispose de trois gènes. Ces gènes comprennent Driver1 qui auquel sont affectés Passenger1, Passenger24, et Passenger 9. Le routage implicite de Segment1 montre que Driver1 va embarquer les passagers en conformité avec l'ordre mentionné précédemment et les déposer dans l'ordre suivant: Passager 24, passager 1, et Passager 9 [15].

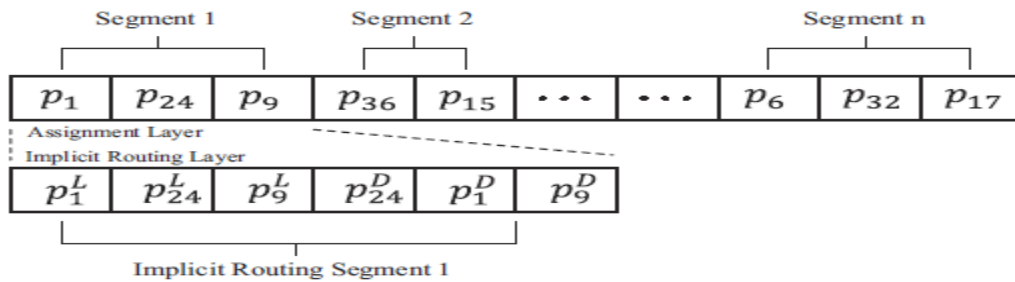


Figure 7. Couche de routage implicite pour la représentation de chromosome

b. Procédure d'initialisation de population

Après la procédure de représentation de chromosome a été accompli, les solutions initiales sont codées dans un chromosome (C) qui représente les routes et les résultats correspondants. Afin de rendre la première population diffusée dans tout l'espace de solution, les individus de première génération sont assignés au hasard à souligner la diversité de la population. La population de chaque génération est définie comme suit:

$$Population^g = \{C_1, C_2, \dots, C_{ps}\}$$

Où g est le numéro de générations, et ps la taille de la population.

Dans la procédure d'initialisation, chaque passager (P_j) est choisi au hasard et affecté à un entraîneur (D_i) dans la couche d'affectation d'un chromosome. Après avoir répété l'affectation pour chacun des chromosomes, les chromosomes de la population initiale sont générés de façon aléatoire [15].

B. Evolution Génétique (EG) : Il est utilisé pour exactement trouver les solutions optimales à la voie de covoiturage, Il comprend généralement quatre opérateurs :

a. Evaluation des chromosomes : L'évaluation des chromosomes se basant sur La fonction fitness de chaque chromosome notée par F_k et c'est la somme des valeurs de fitness f_i de chaque segment (driver), cette dernière utilisée pour déterminer le coût de voyage pour chaque driver.

F_k est calculé par l'équation suivante :

$$F_k = \sum_{i=1}^m f_i,$$

Pour calculer la fonction f_i , nous devons trouver le chemin le plus efficace pour le ramassage et déposer des passagers pour chaque Driver correspondant. Le problème de couche dans un segment peut être considéré comme un problème du graphe [15]:

$$G = (L, A),$$

Avec $L = 1, 2, \dots, 2Si$ c'est l'ensemble de nœuds d'index qui représente les emplacements des passagers dans le segment.

$A = (1, 2) \dots, (w, x)$: est l'ensemble des arcs dans le segment où $w \neq x, \forall w \in L, \forall x \in L$.

C_{wx} : est défini comme le coût des déplacements arc (w, x) entre le nœud w et le nœud x .

D_L et D_D : est L'emplacement et destination de nœuds initiale du Driver [15].

La fonction de fitness f_i de chaque segment peut être modélisée comme suit:

$$f_i = 1/ \sum_{j=1}^{(2Si-1)} (C_{(j,j+1)}) + C_{(D_L,1)} + C_{(2Si,D_D)}$$

Avec $C(w, x)$ est le coût d'un voyage de l'arc (w, x) .

La procédure d'évaluation sera de trouver l'itinéraire le plus court de chaque segment, puis enregistrer le résultat dans la couche de routage implicite du chromosome.

b. Sélection des chromosomes : cet opérateur consiste à trier les chromosomes dans un ordre décroissant en fonction de leurs valeurs de fitness, et sélectionner ceux qui ont les valeurs les plus élevées dans la population.

c. **Croisement des chromosomes** : un opérateur de croisement est un opérateur N-aire qui génère un ou plusieurs individus (chromosomes) enfants à partir de plusieurs individus parents (deux en général).

Exemple : ils sont choisis le chromosome parent initial (**parent 1**) aléatoire parmi les chromosomes de haut niveau, et la deuxième parent (**parent 2**) est choisi parmi les chromosomes de palier inférieur à introduire la diversité de l'accouplement. On obtient ainsi la progéniture chromosome (**Offspring**) produite par recombinaison de **parent 1** et **parent 2**, avec m représentant le nombre de segments génétiques; pour $i = 1, \dots, m$, le i ème segment de **Offspring** hérite de **parent 1** ou **parent 2** selon la valeur de fitness de ce segment. La figure 8 schématise les étapes de la méthode croisement :

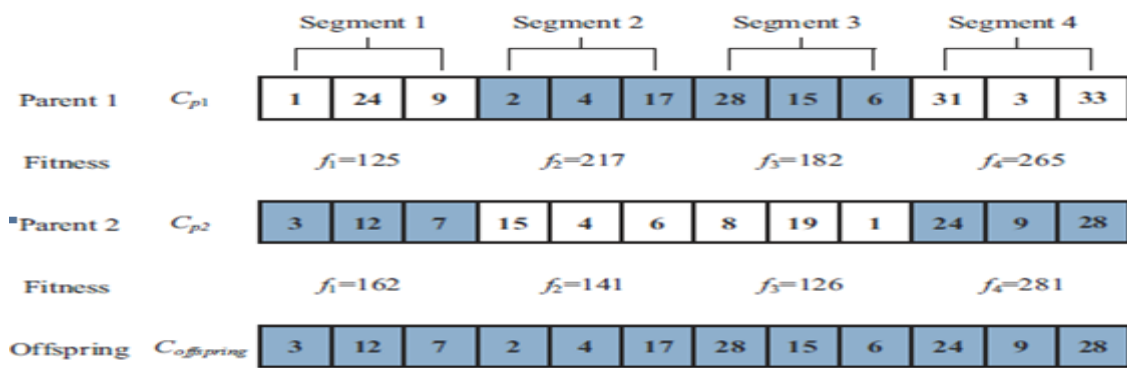


Figure 8. Procédure de croisement

d. **Mutation de chromosome** : Est effectuée après l'opération de croisement et est utilisé pour modifier la répartition des passagers dans même chromosome. La figure suivante représente un exemple sur cet opérateur.

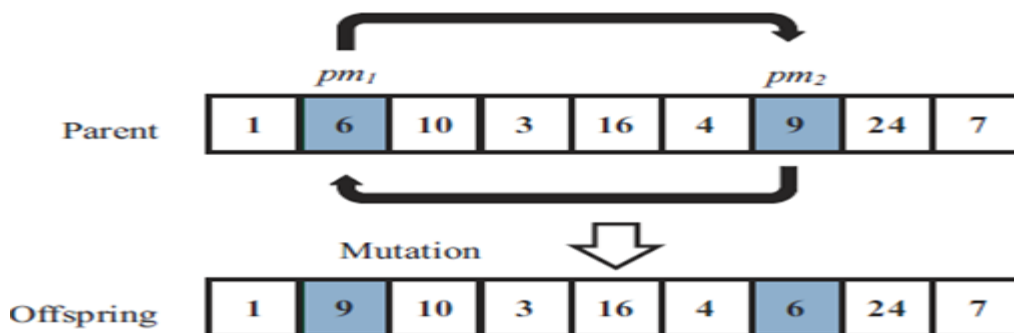


Figure 9. Procédure de mutation

Tout d'abord, les passagers ($pm1$) et ($pm2$) pour la mutation sont choisis au hasard,

Enfin, les positions de ses passagers sont échangées dans le chromosome, ainsi générant un nouveau chromosome muté.

III.2. Etude de la deuxième solution (L'algorithme distribué de Dijkstra)

En 2010 « Manel Sghaier, Hayfa Zgaya, Slim Hammadi et Fourth Christian Tahon » ont proposé une approche en se basant sur l'algorithme de Dijkstra pour la mise en œuvre d'un système de covoiturage en temps réel.

La Figure suivante montre les différentes étapes du processus optimisé de traitement des requêtes des covoiturés débutent par une acquisition et assemblage de celles-ci. Le traitement réalisé par la suite a pour but de parvenir aux différentes possibilités d'affectation de véhicules pour chacun des utilisateurs concernés et le choix d'une solution optimisée parmi celles générées.

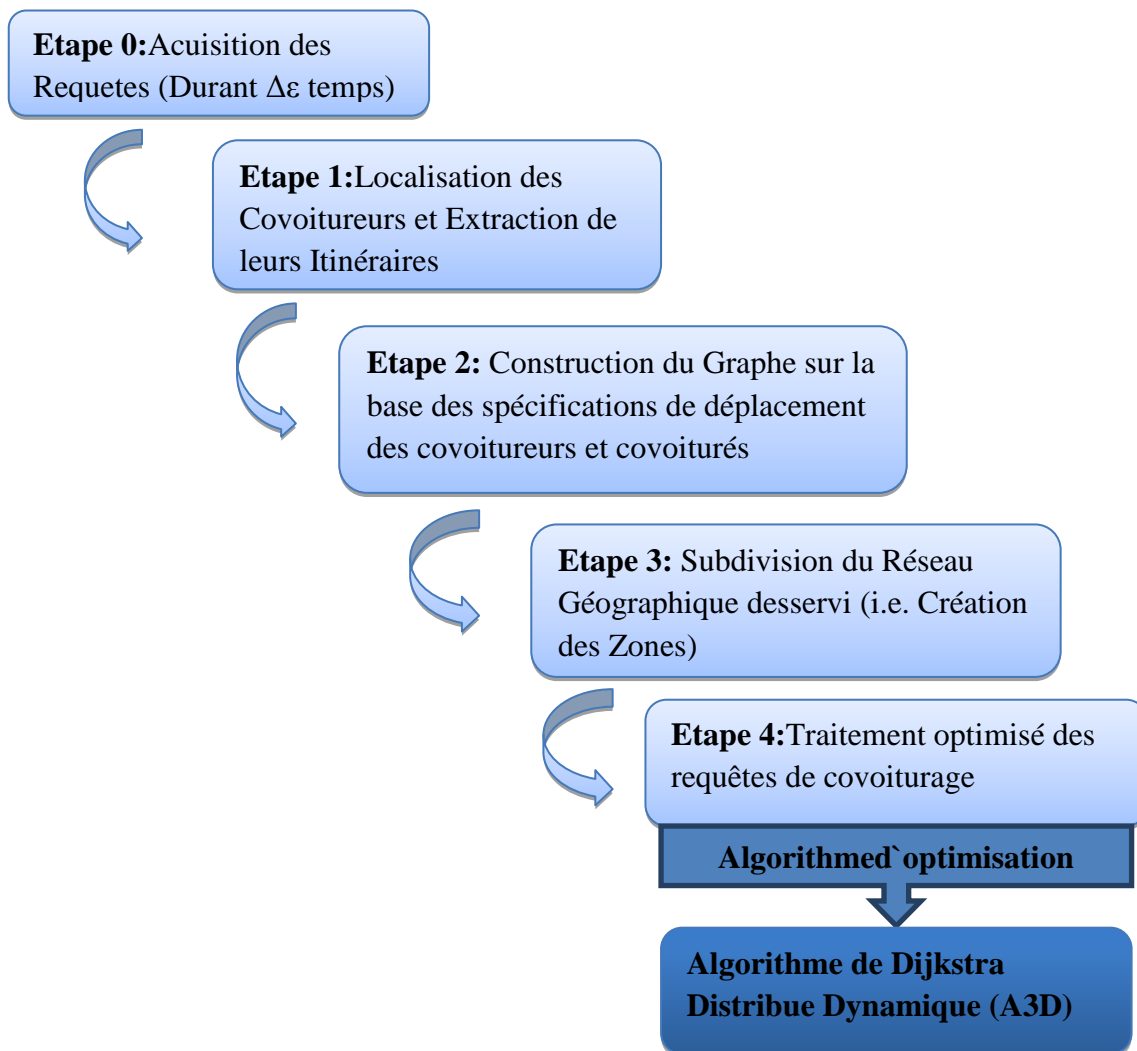


Figure 10. Les étapes principales de L'algorithme distribué de Dijkstra

Dans ce qui suit une description de ces étapes.

Étape 0 : Acquisition des requêtes

Il s'agit de la première étape du processus de traitement à appliquer au niveau de cette approche. En effet, c'est la toute première phase qui s'exécute lors de l'arrivée d'une requête utilisateur provoquant le déclenchement du système. Le but essentiel qu'ils visent en premier

lieu est de pouvoir traiter les requêtes des usagers en parallèle. Pour cela, il s'agit de pouvoir faire l'acquisition, en même temps ou presque, des spécifications des covoiturés émettant un ensemble de requêtes instantanées et simultanées ou quasi-simultanées. Ils ont introduit à cet effet un paramètre nommé $\Delta\epsilon$, de par lequel l'administrateur peut indiquer un laps de temps négligeable durant lequel le système se mettra en attente d'éventuelles demandes de covoiturage. Le système est ainsi réceptif durant ce temps et se met à l'écoute du réseau pour la détection de nouveaux événements externes pouvant se produire, et ce avant de pouvoir enclencher le traitement de recherche d'affectations sur la base des données acquises. La valeur fixée pour ce paramètre doit pouvoir garantir l'acquisition des requêtes arrivant en parallèle ou en pseudo-parallèle tout en étant des plus négligeables (e.g. $\Delta\epsilon = 3$ secondes) de sorte à ne pas affecter les temps de traitement et demeurer dans le cadre des performances d'un système dynamique et instantanément réactif.

Comme la montre la **figure ci-dessous**, deux fonctions pivots régissent le traitement parallèle des données sur les piétons et leurs besoins en matière de déplacement :

- La première concerne l'acquisition des requêtes émises durant le laps de temps indiqué (i.e. $\Delta\epsilon$).
- La seconde est relative à l'organisation de l'ensemble des requêtes reçues et leur structuration suivant une représentation adéquate afin d'en ressortir les similitudes et ainsi favoriser leur traitement parallèle. Il s'agit ici de pouvoir mettre en place la structure de données évoquée, où une représentation matricielle ne peut que convenir à l'organisation visée et ainsi mettre en exergue la composition des demandes des usagers [16].

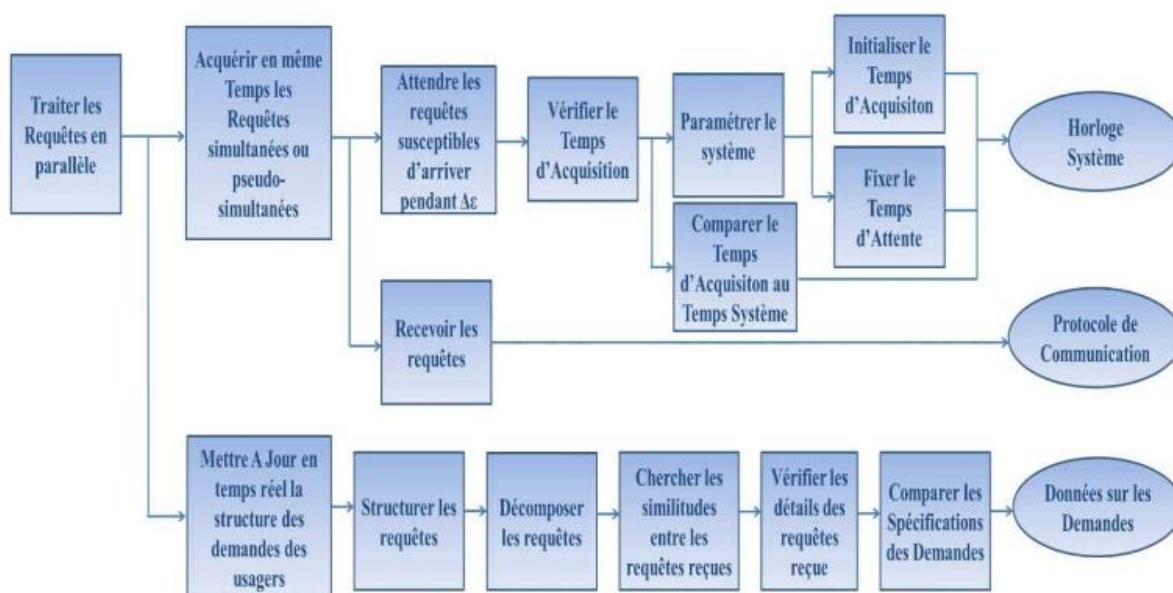


Figure 11. Réception et structuration des requêtes quasi-simultanées [7].

Étape 1 : Extraction des offres de covoiturage

Le processus de traitement ayant été enclenché par l'arrivée d'une ou plusieurs requêtes usagers, le système doit pouvoir assurer l'affectation de voitures aux piétons demandeurs de trajets en covoiturage. Pour cela, le système doit disposer des informations nécessaires sur

toutes les offres disponibles, relatives aux voitures en circulation sur le réseau. La Figure II. 12 illustre le fonctionnement du système pour l'identification des offres de covoiturage. Outre le fait d'établir une structure de données pour organiser les offres de covoiturage, le système doit être capable de récupérer toute nouvelle offre parvenant alors que le processus est déjà en cours d'exécution et l'intégrer dans les traitements. Il est de ce fait impératif de prendre en considération toute information susceptible d'aider dans le traitement des requêtes des covoiturés. Par conséquent, toute offre de trajet prenant effet lors de la réalisation des traitements doit être reçue instantanément et automatiquement prise en compte au niveau de ces traitements. Le système proposé se doit donc de traiter en temps réel les offres de trajets en mettant continuellement à jour l'espace de recherche pour y inclure les spécificités nouvelles sur l'offre considérée. Une mise à jour continue et dynamique a pour but principal d'intégrer toute offre nouvellement perçue afin de pouvoir la prendre en considération dans le processus d'affectation et éventuellement la proposer comme solution possible si c'est le cas[16].

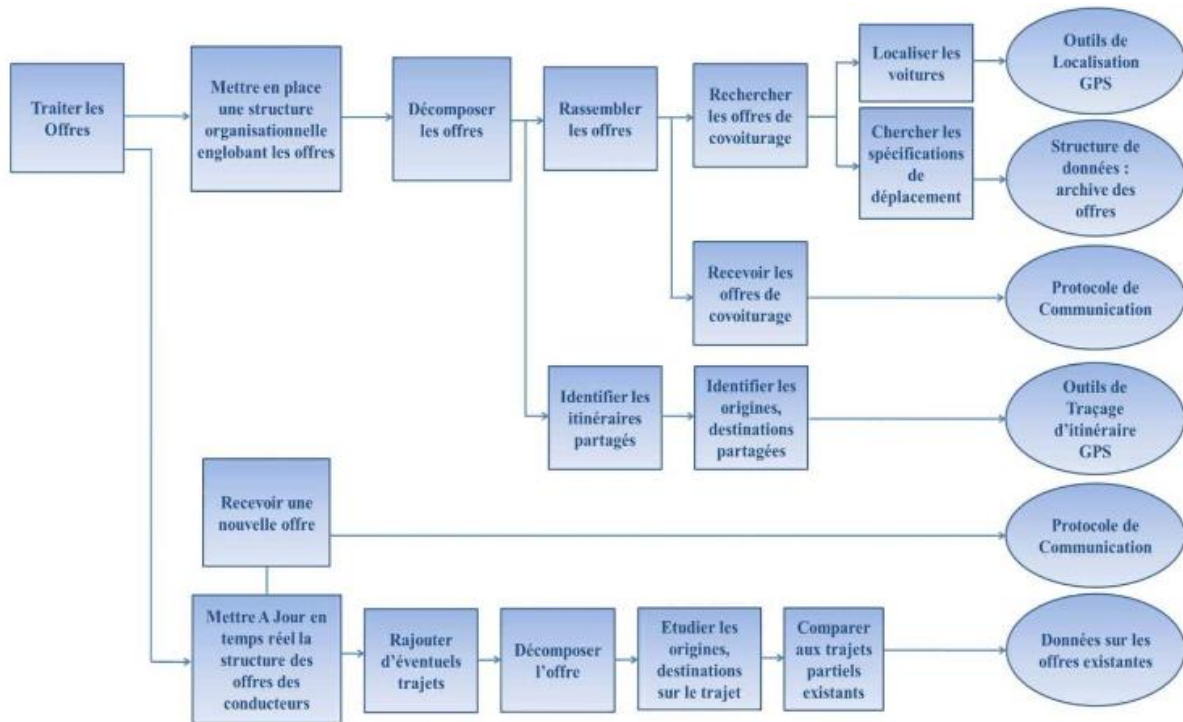


Figure 12. Extraction et organisation des offres de covoiturage [7].

La Figure 12, où est illustré le fonctionnement du module relatif à l'extraction des offres, présente la mise à jour dynamique comme fonction principale faisant partie intégrante de ce module. Par ailleurs, une première ébauche de la structure de données proposée est préalablement mise en place dès le lancement du système, et ce sur la base des offres déjà reçues. Ces offres sont relatives à des véhicules ayant déjà entamé leurs trajets respectifs (i.e. voitures en cours de circulation) ou pas encore. Il s'agit dans cette fonctionnalité première de mettre en place une organisation appropriée où les données sur les offres y sont structurées de sorte à en montrer les spécificités communes, notamment et essentiellement les trajets

communs. Les tâches relatives au traitement des correspondances entre les offres et les demandes pour la recherche des possibilités d'affectation en sont ainsi facilitées [16].

Étape 2 : Construction du Graphe

Compte tenu de la modélisation proposée pour la représentation des données du système, le module ici présenté concerne l'établissement de la structure graphique relative à cette modélisation, Tel qu'illustré au niveau de la **Figure 13**. Ces informations vont donner lieu aux différents paramètres du graphe à construire, notamment les nœuds représentant les origines, destinations et points de passage aussi bien des véhicules (i.e. covoitureurs) que des passagers (i.e. covoiturés) ainsi que les arcs relatifs aux routes empruntées par les véhicules reliant ainsi les nœuds concernés entre eux.

A partir des deux étapes précédentes, des représentations matricielles ont été établies pour rassembler l'ensemble des demandes des covoiturés ainsi que l'ensemble des offres de covoitureurs. Ces demandes et offres constituent les données transitant au niveau de leur système et dont l'extraction a été réalisée à travers les deux premières étapes décrites au niveau des diagrammes FAST fournis dans les **Figures 11** et **12**. Les deux matrices ainsi établies ont donné lieu à l'émergence du concept de graphisme basé sur la théorie des graphes puisque celle-ci se trouve être la plus en adéquation avec le problème de covoiturage dynamique. Ils font donc usage de ce concept afin d'illustrer une vue réelle du réseau de desserte. Cette troisième phase en est donc la concrétisation et est responsable de la construction d'un graphe dynamique qui concerne l'illustration graphique des structures organisationnelles résultant des deux premières étapes [16].

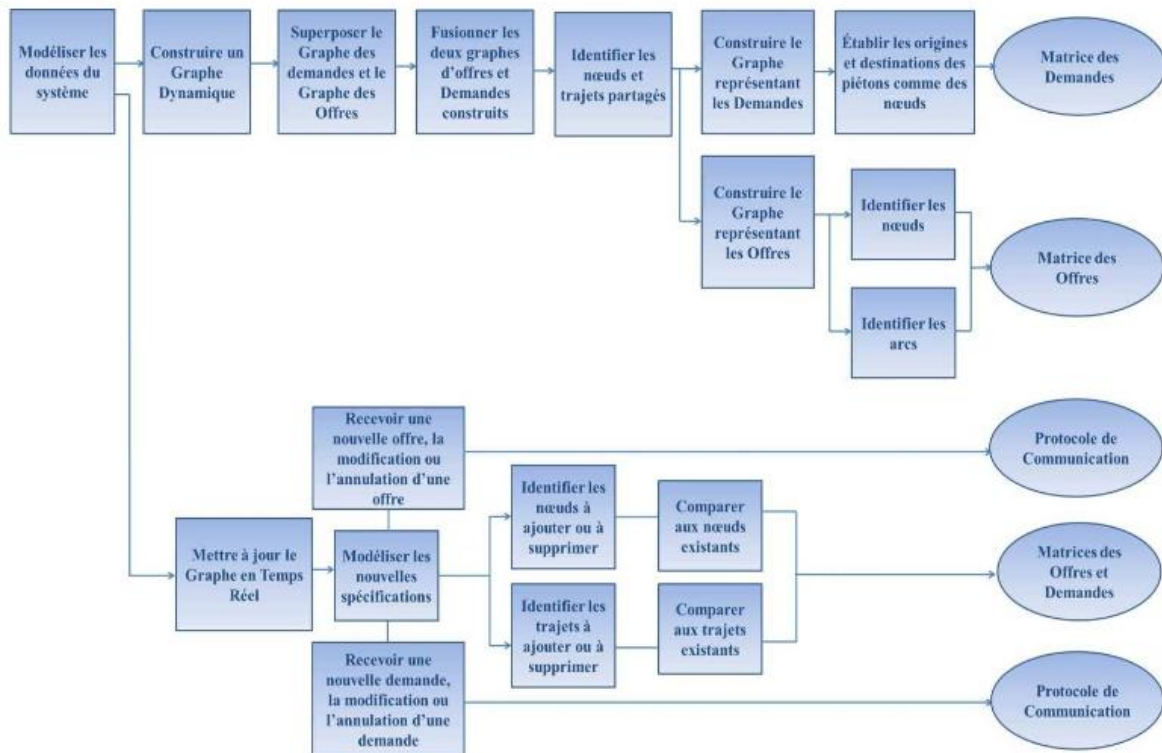


Figure 13. Construction du modèle représentation du système [7].

Pareillement aux deux étapes précédentes, deux fonctions principales sont à l'origine de la modélisation du système informationnel sous forme de graphe dynamique :

- La mise en place de la structure graphique sur la base des informations détenues à priori. Cette étape concerne la construction d'un graphe global intégrant toutes les données du système. Ce processus se résume en l'établissement d'un graphe de fusion où est réalisée une superposition de deux plans de l'espace, le premier représentant les demandes des piétons et le second les offres des conducteurs.

- La continuelle mise à jour en temps réel du graphe ainsi établi. D'éventuelles modifications peuvent donc prendre effet dès lors que le système détecte un évènement quelconque parvenant à travers les canaux de communication établis avec ses différents abonnés. L'évènement en question peut être relatif à la réception d'une ou plusieurs demandes aussi bien que d'offre(s) de covoiturage ou encore l'annulation ou la modification d'une donnée existante sur un trajet spécifique. Ces évènements, reprenant l'ensemble des actions pouvant être entreprises par les usagers du système, constituent les principaux facteurs aboutissant à la réalisation du graphe à mettre en place. Si, par ailleurs, l'on se positionne dans une étape ultérieure à celle initiale ; le graphe ayant déjà été établi dans un premier temps subit les modifications nécessaires pour pouvoir inclure l'information nouvellement perçue. En effet, le diagramme FAST illustré au niveau de la **figure 14** montre le processus de déploiement des différentes données d'entrée du système sous forme de graphe. Des modifications prennent effet sur ce dernier dès lors qu'un évènement externe survient, à savoir une annulation ou modification d'une offre ou demande déjà reçue et modélisée ou bien l'arrivée d'une nouvelle requête ou offre de covoiturage. Le système se doit alors de vérifier les paramètres nouvellement identifiés et de les comparer à ceux déjà inclus et représentés au préalable afin de pouvoir décider de l'action à entreprendre :

- Rajouter de nouveaux paramètres (e.g. nouvelles demandes ou offres) engendrant entre autre une modification des propriétés du graphe (e.g. nouveaux nœuds, arcs, etc.),

- Supprimer des paramètres existants devenus inutiles et portant à conflit (annulation, modification, etc.),

- Ou bien ne rien faire dans le cas où les paramètres concernés impliquent d'autres demandes et/ou offres existantes et déjà représentées (e.g. nouvelle demande sur un trajet préalablement sollicité, etc.) [16].

Étape 3 : « Diviser pour régner »

Le principe même de l'optimisation au niveau de leur approche se base sur la notion de décomposition introduite à des fins d'amélioration du processus d'exécution et ainsi garantir une qualité de service satisfaisante si ce n'est optimale. Ils se proposent alors de subdiviser le réseau géographique de desserte afin de montrer les zones de densité plus ou moins forte. En effet, l'identification des aires géographiques de concentration d'individus se trouve derrière une décentralisation des traitements globaux par rapport à celles-ci. Le processus de recherche d'affectations optimisées est par conséquent décomposé et délocalisé au niveau des zones extraites et est donc mené à l'image du réseau après sa subdivision. La **figure 15** présente les différentes étapes ou méthodes à accomplir afin de mener à bien le procédé de décomposition

du réseau de desserte, toutefois limité géographiquement pour ne prendre en compte que l'aire incluant les emplacements d'individus dans l'espace ainsi que la totalité de leurs trajets [16].

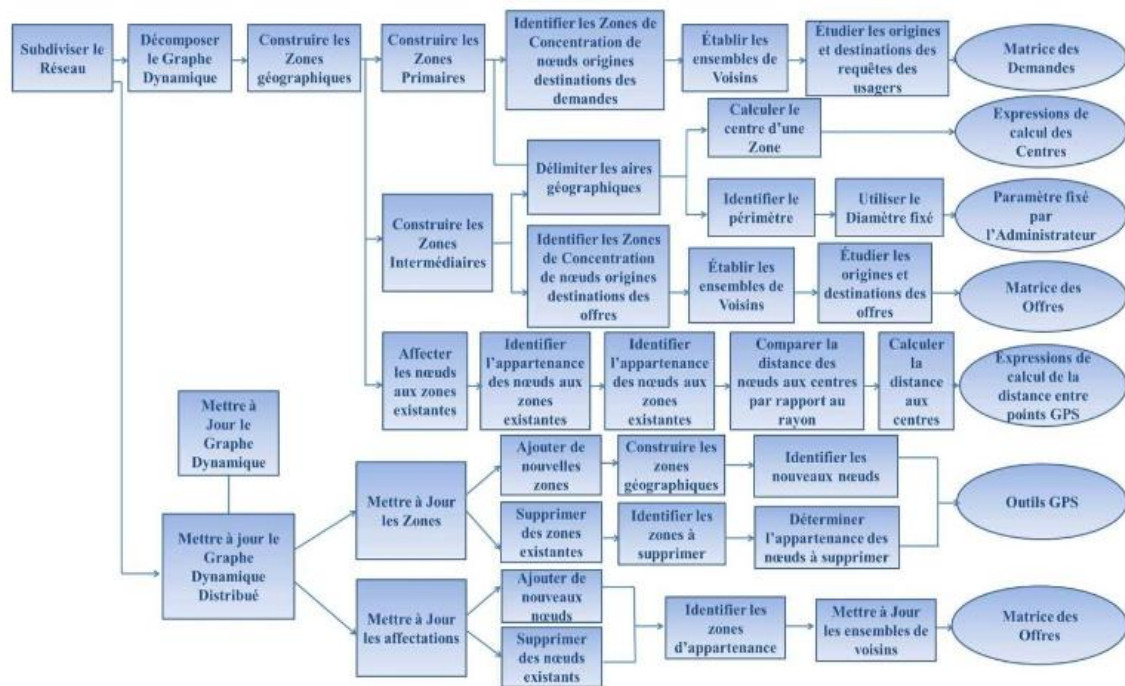


Figure 14. Décomposition du réseau [7].

Il s'agit dans cette figure d'une reprise schématique du principe de décomposition détaillé dans une étape antérieure de l'élaboration de nos travaux. Dans ces spécifications formelles, il s'agissait de pouvoir mettre en place une architecture « physique » distribuée pour modéliser le réseau de covoiturage. L'architecture en question est établie sur la base du graphe dynamique existant a priori et est affinée par la suite au fur et à mesure de l'élaboration des traitements et dès qu'une mise à jour quelconque du réseau est détectée. Le graphe représentant le système évolue, effectivement, dans le temps ainsi que l'image décomposée exhibée.

Étape 4 : Traitement optimisé des requêtes utilisateurs

Outre la mise en place d'un traitement décentralisé, l'optimisation au niveau de leur système réside en plus dans le fait de considérer des critères d'optimisation. Ces critères sont pris en compte pour l'évaluation, sur la base d'une fonction Fitness, des solutions générées par le processus d'optimisation en premier lieu (i.e. solutions répondant aux contraintes de correspondance). L'évaluation d'une solution sur une même route avec un même véhicule peut ne pas être la même pour deux usagers différents puisque la fonction Fitness utilisée peut différer d'une requête à une autre. Elle est en effet établie en fonction des besoins et préférences des usagers. Leurs indications concernant leurs préférences de déplacement sont à même d'être utilisées comme paramètres de pondération pour l'agrégation des fonctions élémentaires à optimiser ; à savoir le temps de parcours et le temps d'attente des véhicules. Chaque utilisateur se verra donc attribuer un trajet optimisant une fonction Fitness établie sur la base de ses propres préférences en matière de déplacement. La Figure 15 illustre le procédé d'optimisation utilisé au niveau de cette approche [16].

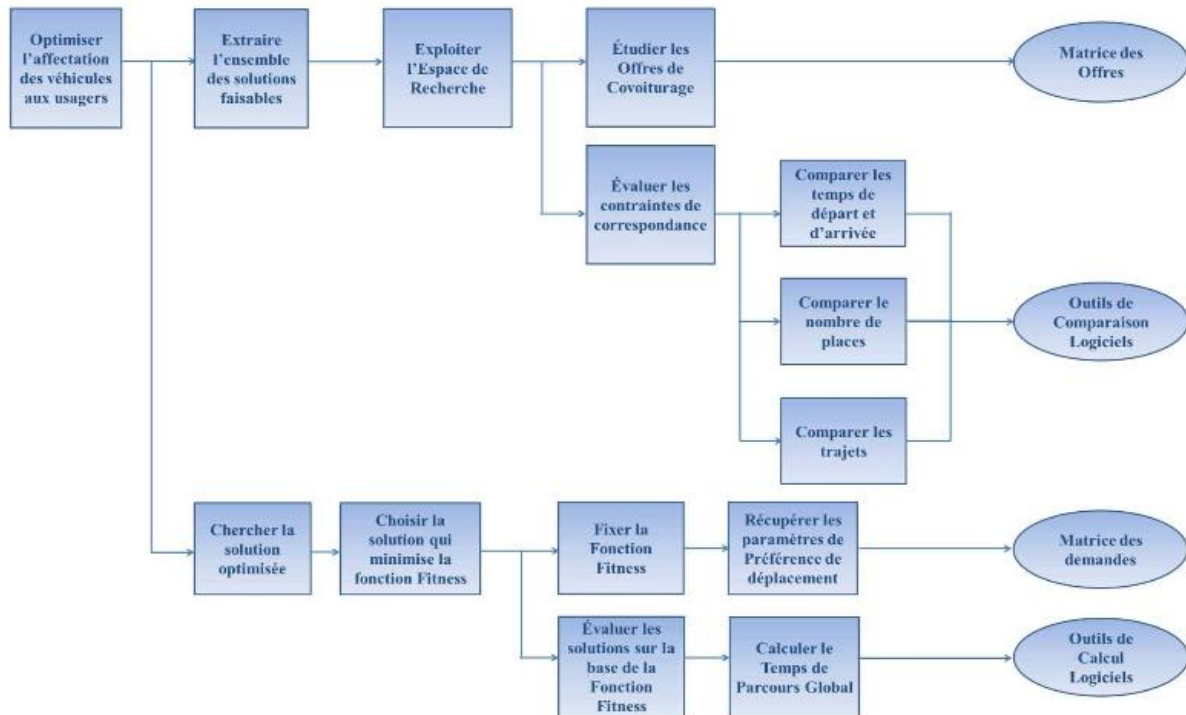


Figure 15. Génération de solutions optimisées aux requêtes des usagers [7].

Dans le diagramme FAST présenté au niveau de cette figure, ils définissent les concepts de base liés au traitement optimisé des requêtes des usagers avec un plus ou moins haut degré d'abstraction. Il est de ce fait élaboré de manière à n'en montrer que le procédé adopté pour la génération de solutions optimisées, passant par une première étape où les solutions faisables sont extraites et une seconde pour la recherche de celle optimisant la fonction Fitness. Aucune indication sur les méthodes et algorithmes mis en place n'est ici donnée.

Leurs travaux se subdivisent essentiellement en deux approches basées sur des concepts distincts. Deux procédés sont ainsi proposés pour approcher le problème de covoiturage dynamique d'une manière assez différente, les approches proposées ne convergent que dans le sens où les solutions générées sont des solutions faisables minimisant la fonction Fitness fixée. La faisabilité des solutions considérées étant déterminée en fonction de la satisfaction des contraintes de correspondance établies en fonction des exigences des utilisateurs en matière de déplacement [16].

IV. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre l'étude de deux solutions de recommandation adaptant chacune un algorithme différent. L'une d'elle est basée sur un algorithme génétique et l'autre sur l'algorithme de djikstra. Pour la suite de notre travail nous avons choisi de concevoir et d'implémenter une application qui recherche des solutions de recommandation basée sur l'algorithme génétique.

CHAPITRE III

Conception, implémentation et
expérimentation

I. Introduction

Après avoir étudié les différents algorithmes pour les solutions de recommandation. Dans ce chapitre nous allons présenter toutes les étapes de réalisation de notre système de recommandation basé sur l'algorithme génétique.

II. Conception

II.1. Approche Proposée (algorithme génétique)

L'algorithme génétique peut s'accorder à n'importe quel type de problème. L'exploration parallèle de l'espace de recherche, basée sur des paramètres aléatoires et la disponibilité des meilleures solutions à un moment donné, dans ce projet nous utilisons cet algorithme pour le problème de covoiturage.

On peut détailler le déroulement d'un algorithme génétique dans la figure suivant :

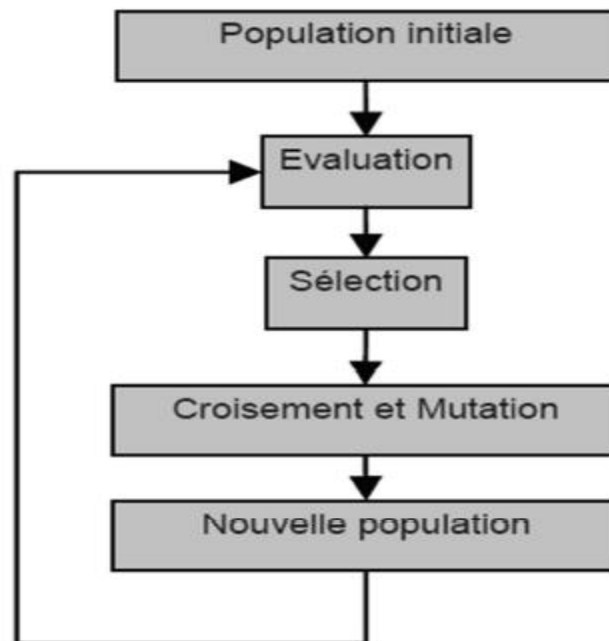


Figure 16. Déroulement d'un algorithme génétique

II.1.1. La création de la population initiale

Nous allons commencer par la création de la population initiale, il s'agit du premier opérateur de l'algorithme génétique. Cette opération consiste à créer un ensemble des chromosomes générés depuis la table des conducteurs et passagers (à partir de la base de données), tel que chaque conducteur et passager impliquent les champs, l'adresse (lieu départ), heure départ, listes préférences (musique, fumeur, ...) et les siège libre de conducteur (voir le tableau 2). Cette base de données pour un covoiturage organisé, régulier, domicile-travail.

Exemple

id	Adresse	Mode_transport	fumer	musique	Siege_Libre	Heure_depart
1		C/P	Oui /non	Oui /non		
2						
3						
...						

Tableau 2. Table de description des conducteurs et passagers

Où C : Conducteur et P: Passager

La population c'est un ensemble des chromosomes et chaque chromosome est un ensemble des conducteurs, et le conducteur ensemble des passagers selon le nombre de place disponibles.

Exemple : On prend par exemple une population de 4 chromosomes et 6 conducteurs et 12 passagers comme montre dans le tableau suivant :

	C1	C2	C3	C5	C6
Ch1	[p2, p3]	[p1, p5, p9]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p11, p8]
Ch2	[p1, p5]	[p8, p10, p6]	[p11, p9]	[p2, p3, p9]	[p4, p7]
Ch3	[p11, p6]	[p5, p7, p12]	[p1, p10]	[p8, p4, p3]	[p2, p9]
Ch4	[p4, p7]	[p2, p9, p3]	[p5, p8,]	[p1, p11, p6]	[p10, p12]

Tableau 3. Exemple de population

II.1.2. L'évaluation des chromosomes

Une fois que la population initiale a été créée, nous allons calculer la fonction fitness de chaque chromosome en calculant d'abord la fonction fitness de chaque segment (conducteur). cette dernière dépend de la correspondance entre l'adresse du conducteur et celle des passagers qui lui ont été affectés. Cette fonction est notée fi et est calculée comme suit :

$fi = \sum_{i=1}^{(m)}(a_{(i,j)})$ telle que m est le nombre de conducteurs. j dénombre les passagers affectés au conducteur i et $a_{(i,j)} = 1$ si le conducteur i habite la même région que le passager j . Dans le cas contraire $a_{(i,j)}$ vaut 0.

Une fois les f_i de chaque segment calculée, on calcul la valeur de fitness de chromosome notée par F_k qui constitue la somme des f_i de tous les segments d'un même chromosome. Le tableau suivant représente un exemple sur le déroulement de l'évaluation :

	C1	C2	C3	C5	C6	F_k
Ch1	[p2, p3]	[p1, p5, p9]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p11, p8]	$F_1 = 10$
	$f_i=2$	$f_i=2$	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=1$	
Ch2	[p1, p5]	[p8, p10, p6]	[p11, p9]	[p2, p3, p9]	[p4, p7]	$F_1 = 7$
	$f_i=2$	$f_i=1$	$f_i=1$	$f_i=3$	$f_i=0$	
Ch3	[p11, p6]	[p5, p7, p12]	[p1, p10]	[p8, p4, p3]	[p2, p9]	$F_1 = 12$
	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=2$	
Ch4	[p4, p7]	[p2, p9, p3]	[p5, p8,]	[p1, p11, p6]	[p10, p12]	$F_1 = 8$
	$f_i=1$	$f_i=2$	$f_i=1$	$f_i=2$	$f_i=2$	

Tableau 4. Exemple sur l'évaluation

II.1.3. Sélection

La sélection consiste à choisir les chromosomes de la population courante qui vont survivre et se reproduire. Elle est réalisée en fonction de la valeur de fitness. L'opérateur de sélection joue ainsi un rôle primordial dans la détermination de la performance des nouvelles générations et donc dans l'amélioration de la qualité des solutions.

Plusieurs techniques de sélection sont utilisées par les chercheurs, dans notre travail nous utilisons la technique de « La sélection déterministe consiste».

La sélection déterministe consiste : à garder les meilleurs individus (chromosomes) au sens de leurs valeurs de fitness et à rejeter le reste.

L'opération de sélection opère avec un taux, fixée par l'utilisateur.

Avant la sélection il faut trie les chromosomes en ordre croissant, donc après le trier des chromosomes de l'exemple précédant donne.

	C1	C2	C3	C5	C6	F_k
Ch3	[p11, p6]	[p5, p7, p12]	[p1, p10]	[p8, p4, p3]	[p2, p9]	$F_1 = 12$
	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=2$	
Ch1	[p2, p3]	[p1, p5, p9]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p11, p8]	$F_2 = 10$
	$f_i=2$	$f_i=2$	$f_i=2$	$f_i=3$	$f_i=1$	
Ch4	[p4, p7]	[p2, p9, p3]	[p5, p8,]	[p1, p11, p6]	[p10, p12]	$F_3 = 8$
	$f_i=1$	$f_i=2$	$f_i=1$	$f_i=2$	$f_i=2$	
Ch2	[p1, p5]	[p8, p10, p6]	[p11, p9]	[p2, p3, p9]	[p4, p7]	$F_4 = 7$
	$f_i=2$	$f_i=1$	$f_i=1$	$f_i=3$	$f_i=0$	

Tableau 5. Table des chromosomes évalués et triés par ordre décroissant des fitness

On suppose le taux de sélection est : 50%, alors le résultat:

	C1	C2	C3	C5	C6	F_k
Ch3	[p11, p6]	[p5, p7, p12]	[p1, p10]	[p8, p4, p3]	[p2, p9]	$F_k = 12$
Ch1	[p2, p3]	[p1, p5, p9]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p11, p8]	$F_k = 10$

Tableau 6. Exemple de sélection.

II.1.4. Croisement

Le croisement est une étape de recombinaison essentielle de l'algorithme génétique car il permet l'exploration de l'espace de recherche. Une fois la population intermédiaire déterminée, les individus (les chromosomes) sont aléatoirement répartis en couples. Les chromosomes sont alors copiés et recombinaison de façon à former, en général, deux descendants possédant des caractéristiques issues des deux parents. On forme ainsi la génération suivante.

Parmi les méthodes de croisement les plus utilisées comme (le croisement à un point, le croisement multi-points et le croisement uniforme) nous utilisons la méthode « le croisement multi-points » dans notre travail.

Le croisement multi-points : plusieurs points de croisement sont sélectionnés et il y a un échange des différentes parties d'allèles cernées par ces points, entre les parents.

Les tableaux suivants représentent l'opération de croisement :

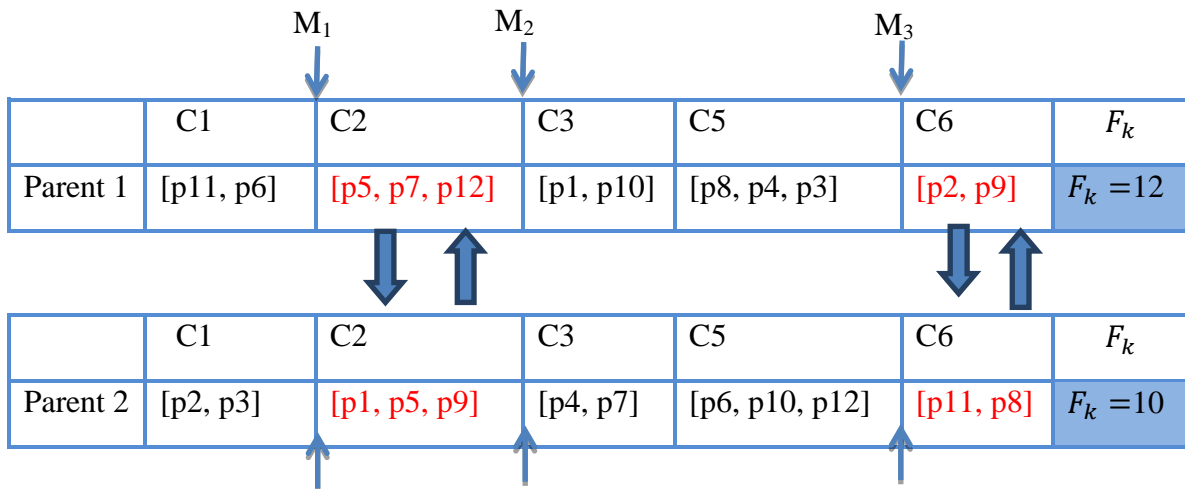


Tableau 7. Exemple de croisement multi-points

Après le croisement :

	C1	C2	C3	C5	C6
Enfant 1	[p11, p6]	[p1, p5, p9]	[p1, p10]	[p8, p4, p3]	[p11, p8]

	C1	C2	C3	C5	C6
Enfant 2	[p2, p3]	[p5, p7, p12]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p2, p9]

Tableau 8. Résultat après le croisement.

Après l'application de l'opération de croisement, nous devons vérifier si le chromosome obtenu est viable. Un chromosome est viable s'il n'existe pas la duplication des passages dans un chromosome.

Dans notre exemple, Enfant1 et Enfant2 n'ont pas de passages dupliqués.

Il faut alors remédier à ce problème et trouver une solution pour rendre ce chromosome viable.

Correction des résultats du croisement :

La correction est nécessaire pour transformer une solution non viable en une solution viable. Le principe de cet opérateur cherche les passages manquants et remplace dans les passages dupliqués au hasard.

Dans l'exemple suivant Les passages manquants sont :

p7, p12, p2 dans l'enfant 1 et p1, p11 et p8 dans l'enfant 2.

Après le remplacement le résultat est décrit dans le tableau suivant :

	C1	C2	C3	C5	C6
Enfant 1	[p11, p6]	[p2, p5, p12]	[p1, p10]	[p7, p4, p3]	[p11, p8]

	C1	C2	C3	C5	C6
Enfant 2	[p1, p3]	[p5, p8, p11]	[p4, p7]	[p6, p10, p12]	[p2, p9]

Tableau 9. Résultat final de croisement après correction

II.1.5. Mutation

La mutation est définie comme étant la permutation aléatoire de la valeur d'un gène dans un chromosome. Elle n'apporte pas forcément d'améliorations néanmoins, elle permet de faire évoluer les générations des individus.

Après l'application de l'opérateur de mutation sur l'exemple précédent il donne le résultat suivant :

	C1	C2	C3	C5	C6
Parent	[p11, p6]	[p2, p5, p12]	[p1, p10]	[p7, p4, p3]	[p11, p8]

Après la mutation :

	C1	C2	C3	C5	C6
enfant	[p11, p8]	[p2, p5, p12]	[p1, p10]	[p7, p4, p3]	[p11, p6]

Tableau 10. Exemple de mutation

La génération suivante

Une fois les opérations de croisement et mutation terminées, les enfants obtenus représentent la génération suivante et entreront dans une nouvelle itération de l'algorithme génétique depuis l'évaluation jusqu'à de nouveaux croisement et mutation et ainsi de suite, jusqu'à obtenir un seul chromosome ou 0.

III. Implémentation

III.1. Choix du langage de programmation

Pour développer l`algorithme utilisé dans notre travail, nous avons utilisé le langage de programmation orienté objet JAVA. Ce langage reprend en grande partie la syntaxe du langage C++, très utilisé par les informaticiens. Néanmoins, Java a été épurée des concepts les plus subtiles et à la fois les plus déroutants du C++, tels que l`héritage multiple.

Les concepteurs ont privilégié l`approche orientée objet, de sorte qu`en Java, tout est objet à l`exception des types primitifs (nombres entiers, nombres à virgule flottante, etc.)[16].

Notre choix est basé sur les caractéristiques suivantes de ce langage:

- Les applications Java peuvent être exécutées sur tous les systèmes d`exploitation pour lesquels a été développée une plate-forme Java, dont le nom technique est JRE (Java Runtime Environment – Environnement d`exécution Java). Cette dernière est constituée d`une Machine Virtuelle Java JVM (*JavaVirtual Machine*), le programme qui interprète le code Java et le convertit en code natif. Mais le JRE est surtout constitué d`une bibliothèque standard, à partir de laquelle doivent être développés tous les programmes en Java. C`est la garantie de portabilité qui a fait la réussite de Java dans les architectures client-serveur, en facilitant la migration entre serveurs, très difficile pour les gros systèmes.

- l`indépendance vis-à-vis de la plate-forme, signifie que les programmes écrits en Java peuvent fonctionner sur divers types de matériel informatique sans réécriture, selon le slogan « *write once, runanywhere* » (écrire le programme une seulefois, et le faire fonctionner sur n`importe quel ordinateur).La portabilité du langage Java est obtenu, en compilant le code source d`un programme dansun pseudo-code intermédiaire, (appelé “*bytecode Java*“, des instructions machinestandardisées et destinées à un processeur virtuel). Le code est par la suite exécuté par uneimplémentation de cette machine virtuelle (JVM), un programme écrit en code natif sur lematériel cible qui traduit le pseudo-code Java en code utilisable pour le matériel concerné. Deplus, des bibliothèques sont offertes pour fournir l`accès à des fonctionnalités propres à lamachine cible, comme le graphisme ou le réseau, d`une manière unifiée. Le langage Javaoffre aussi le support des programmes avec plusieurs processus légers [16].

III.2. Choix des éditeurs

NetBeans IDE 6.9.1:

NetBeans est à l`origine un EDI Java qui fut développé par une équipe d`étudiants à Pragueracheté ensuite par Sun Microsystems. En 2002 Sun a décidé de rendre NetBeans open-source. NetBeans n'est pas uniquement un EDI Java, c'est également une plateforme qui permet d`écrire des applications Swing ou C++, Python ou autres langages en lui incluant les plugins adéquats. Sa conception est complètement modulaire ce qui fait de lui une boîte à outils facilement améliorable ou modifiable.

La License de NetBeans permet de l'utiliser gratuitement à des fins commerciales ou non. Elle permet de développer tous types d'applications basées sur la plateforme NetBeans.

III.3. Choix des outils

MySQL est un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR). Il fait partie des logiciels de gestion de base de données les plus utilisés au monde, autant par le grand public (applications web principalement) que par des professionnels, en concurrence avec Oracle, Informix et Microsoft SQL Server.

III.4. Implémentation de notre application

III.4.1. Interface principale

L'interface illustrée par la figure ci-dessous représente l'interface principale de notre application.

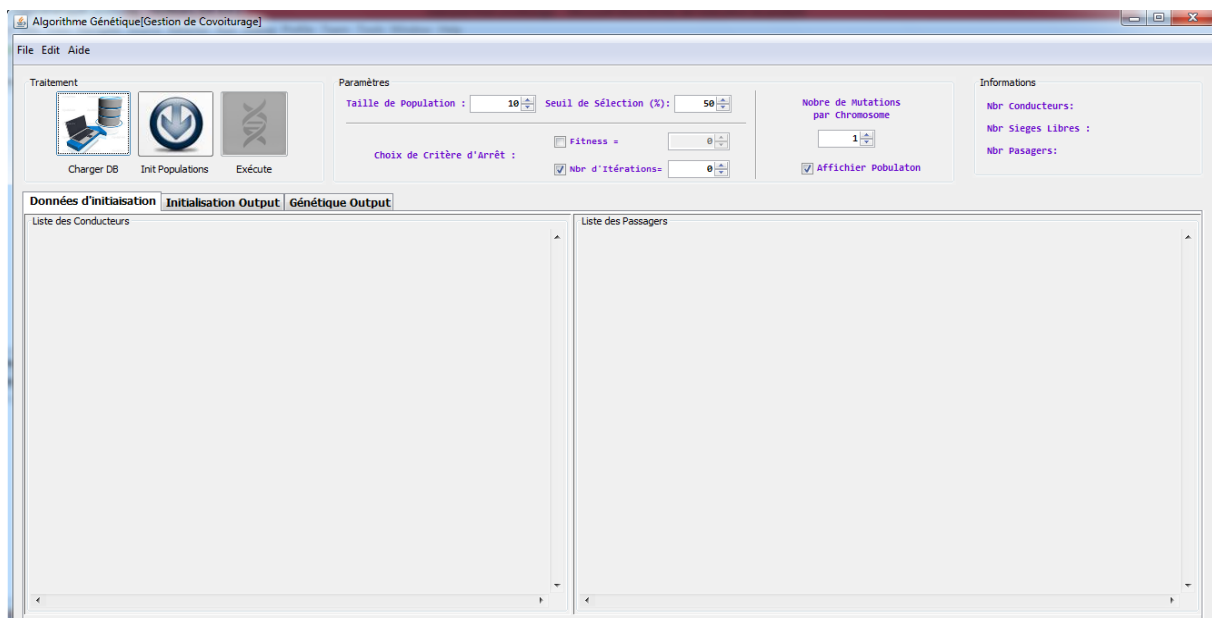


Figure 17. Interface principale

III.4.2. Charger BD

Pour charger la base de données en cliquant sur l'icône « Charger BD » de l'interface principale s'affiche la fenêtre suivante :

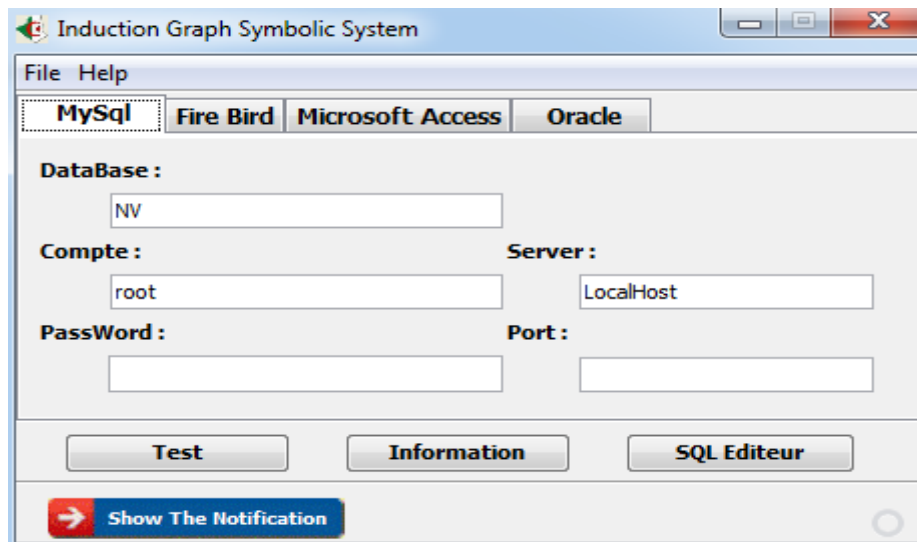


Figure 18. Fenêtre d'identification

Après la confirmation du nom de la base de données, le nom de compte et le serveur on clique sur l'icône «SQL Editeur »affiche la fenêtre suivante:

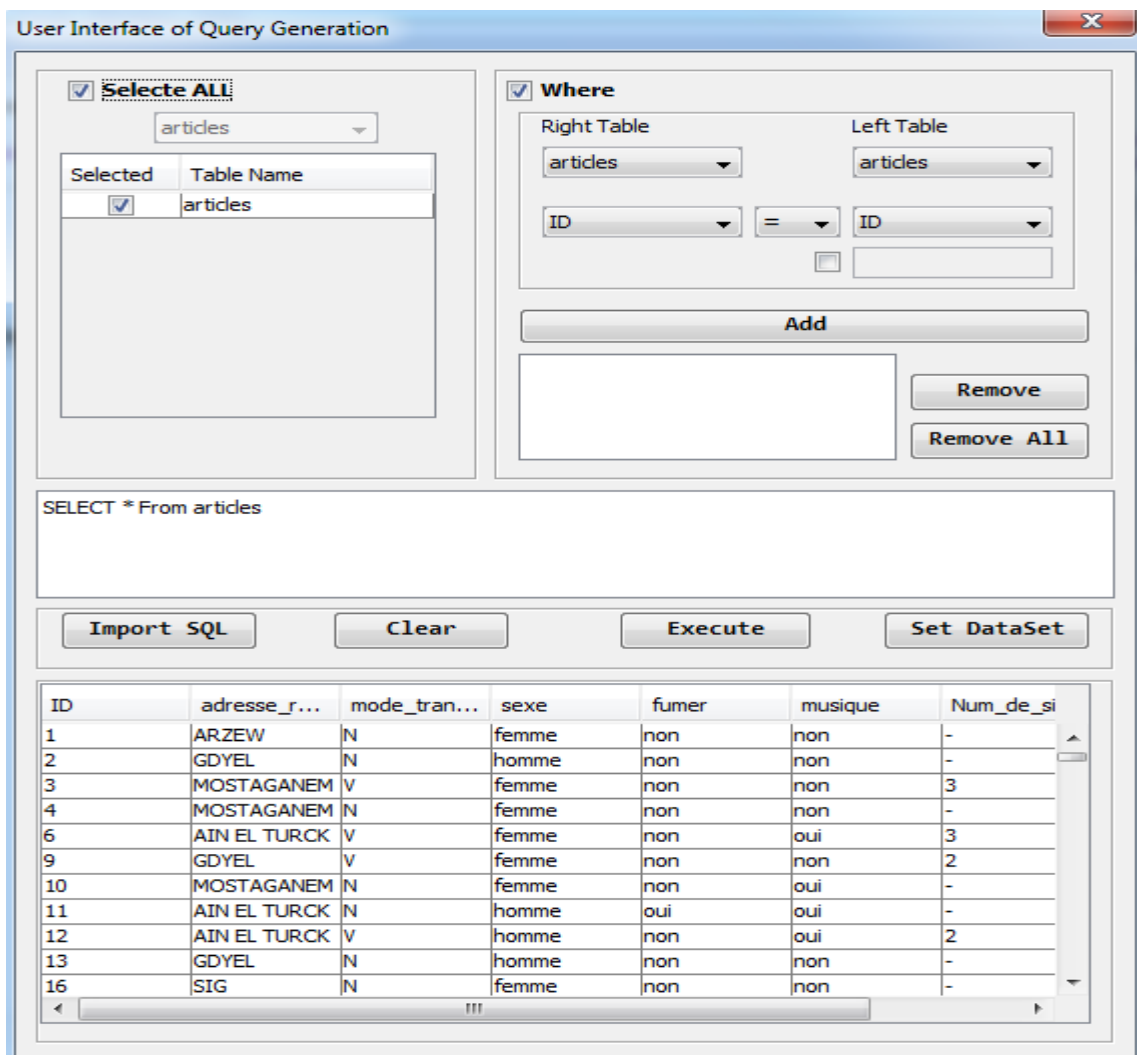


Figure 19. La fenêtre de chargement de la base de données

Les données sont affichées après choix le nom de la table et on clique sur l'icône « Execute »

Après ça on clique sur l'icône « Set dataset » pour déterminer la liste des conducteurs, la liste des passagers, nombre des conducteurs, nombre des passagers et nombre des sièges libres s'affichent le résultat suivant :

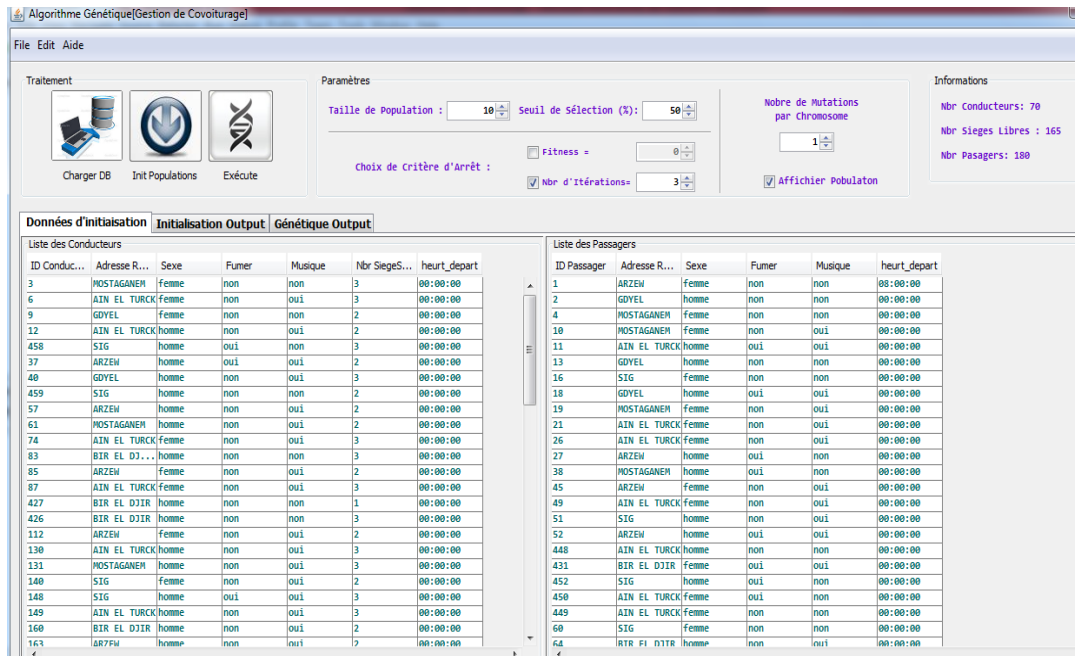


Figure 20. Liste des conducteurs et liste de passagers

III.4.3. Initialisation de population

Pour initialiser la population il faut donner une taille pour la population par exemple 10 dans cet exemple, puis on clique sur le bouton « init population », s'affiche des résultats pour la population initiale avec leur fitness triée par ordre croissant comme illustre dans la figure suivante :

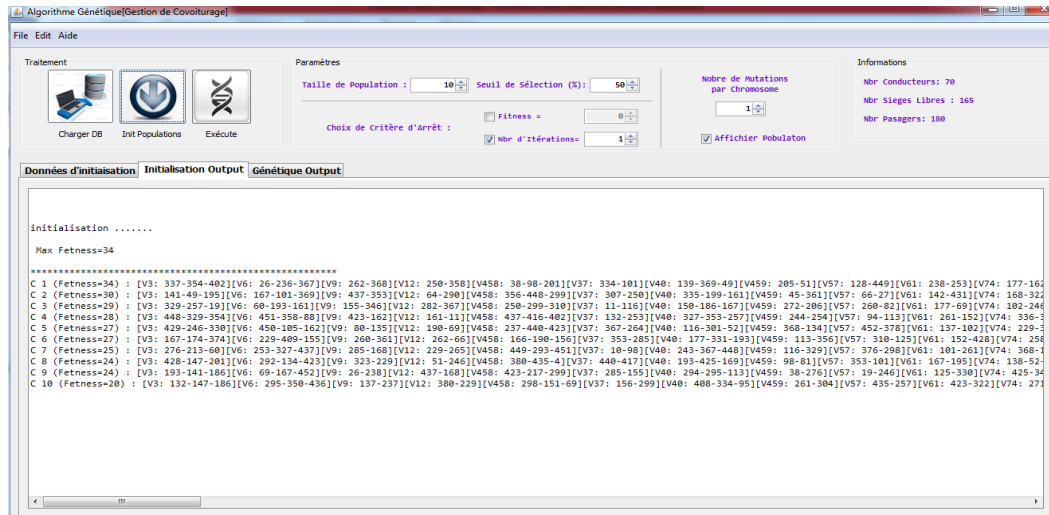


Figure 21. Initialisation de la population.

III.4.4.Sélection

Après l'étape de initiale de population on va prend les meilleurs 50% de cette population s'affiche :

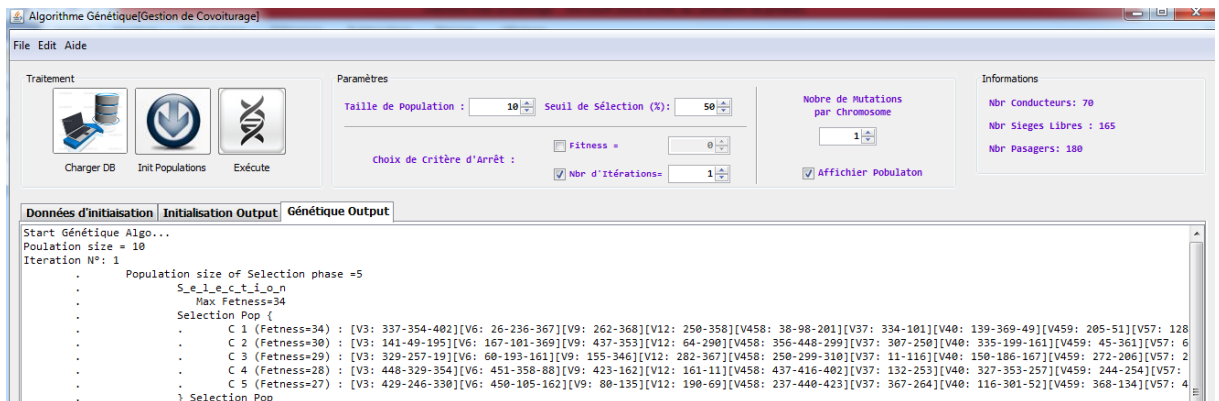


Figure 22. Sélection.

III.4.5. Croisement

La figure suivante représente le résultat après le croisement :

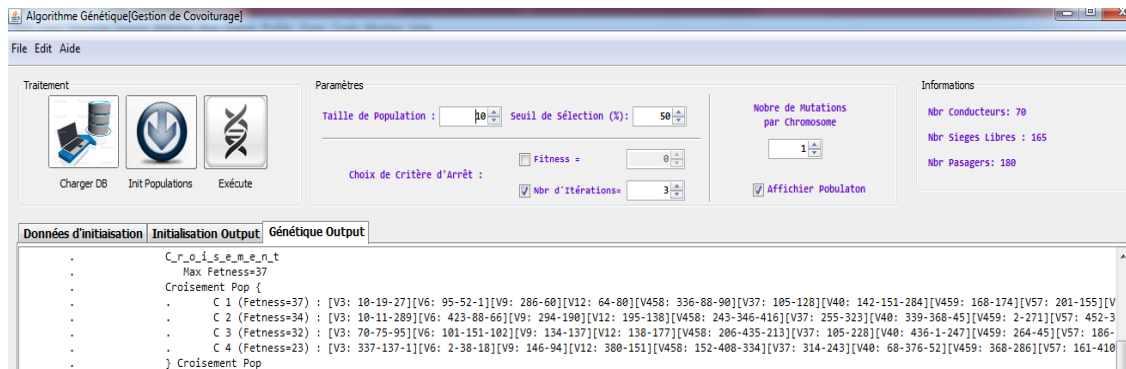


Figure 23. Croisement.

III.4.6. Mutation

Après la mutation s'affiche le résultat suivante :

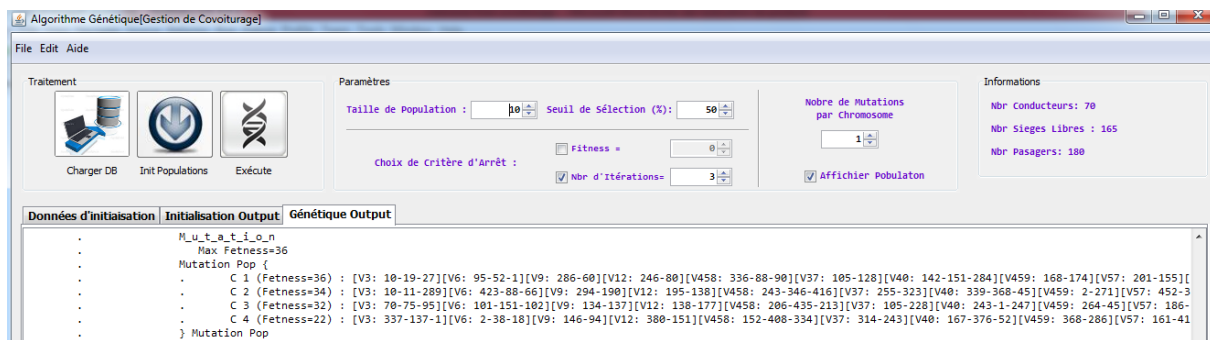


Figure 24. Mutation

III.4.7. Génération

On suppose que le nombre d'itérations est égal 3, l'algorithme est répété jusqu'à itération 3 :

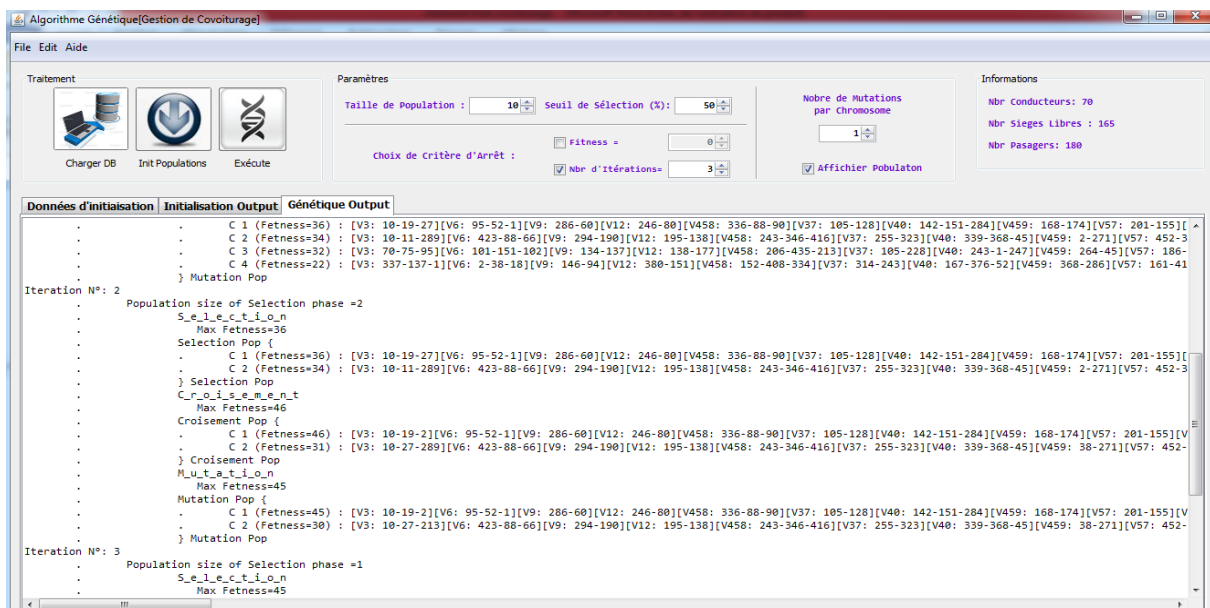


Figure 25. Génération des solutions

IV. Expérimentations

Le tableau suivant représente les valeurs de fitness après chaque modification dans les paramètres de cet algorithme

La taille de population	Nbre d'itérations	Nbre de mutation	Les valeurs de fitness
10	1	1	35
10	2	1	42
10	3	1	46
10	3	2	50
100	1	1	47
100	2	1	52
100	3	1	56
100	6	1	61
100	6	2	66
1000	1	1	56
1000	10	3	73
1000	10	5	76
5000	1	1	56
5000	10	1	83
5000	10	1	85
8000	10	1	84
8000	10	2	86
10 000	15	1	92

Tableau 11. Résultats des expérimentations

V. Conclusion

Les algorithmes génétiques fournissent des solutions proches de la solution optimale à l'aide des mécanismes de sélection, croisement et de mutation. Ils sont applicables à de nombreux problèmes.

Nous avons présenté à travers ce chapitre l'implémentation de notre système de recommandation en utilisant l'`algorithme génétique ainsi que leurs réalisations.

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire nous avons présenté les résultats de notre travail qui consiste en la proposition d'une solution de recommandation pour la gestion de covoiturage. L'étude de la littérature nous a permis de cerner d'un côté la complexité du problème lié à la quantité et à la diversité des données à traiter. Et d'un autre côté de constater le peu de solutions proposées vu la récente émergence de ce problème dans le domaine des systèmes de transport intelligent du fait de l'intérêt actuel pour les solutions de développement durable.

Nous avons présenté une solution de recommandation basée sur un algorithme génétique. Notre solution si basique soit elle (puisqu'elle ne considère que les informations de départ du trajet), nous a permis tout de même d'obtenir de bons résultats, et nous permet de rester optimistes face à un codage plus complexe du problème (tenant compte de plusieurs contraintes de départ et d'arrivée).

Comme perspective à notre travail, nous aimerions bien concevoir et développer un système de gestion de covoiturage complet en temps réel, intégrant tous les modules depuis l'acquisition des données jusqu'à la communication des recommandations en passant par une solution d'optimisation multi objectifs.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Robert Clavel, Philippe Legrand (2009). Le covoiturage dynamique: étude préalable avant expérimentation. Rapport d'étude CERTU, Lyon. Tiré de : <http://www.certu.fr>.
- [2] : Francis Michaud (2014), Utilisation des technologies persuasives dans le domaine du transport : bonnes et mauvaises pratiques web pour favoriser le covoiturage. Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal, Canada. Tiré de : <https://publications.polymtl.ca/1618>.
- [3] :Karama Jeribi (2012),Conception et réalisation d'un système de gestion de véhicules partagés : de la multi-modalité vers la co-modalité. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lille, France, page 7 à 12. HAL Id : tel-00794506. Tiré de : <https://tel.archives-ouvertes.fr/>
- [4] : CETE Méditerranée (2009), Pratiques et usages du covoiturage sur l'A9, Rapport d'étude, France, page 6. Tiré de : <http://www.languedoc-roussillon.developpementdurable.gouv.fr/IMG/>
- [5] : Julien Faessel (2014), Étude sur la dynamisation du covoiturage en entreprise au sein d'un plan de déplacement inter-entreprise, mémoire de maîtrise, Université de Toulouse, France, page 12. Tiré de : dante.univ-tlse2.fr/131/1/Faessel_Julien_rapport.pdf
- [6]: Inddigo S.A.S (2015), Etude nationale sur le covoiturage de courte distance, Rapport d'étude France, page 7 à 12 . Tiré de : <http://www.ademe.fr/>
- [7] : Manel Sghaier (2012), Combinaison des techniques d'optimisation et de l'intelligence artificielle distribuée pour la mise en place d'un système de covoiturage dynamique, Thèse de Doctorat, Ecole centrale de Lille, France, page 55.
- [8] : <http://www.transport-intelligent.net/>. Consulté le : 21/05/2016.
- [10]: Kavita Sheoran,Vaibhav Jatana,Rachit Gulati, Nikhil Ahuja, Ankit Kapoor. (2014). Intelligent Transportation System Architecture for a Carpool System. *International Journal of Computer Applications*. Volume 92 - Numéro 2. DOI: 10.5120/15981-4894. Tiré de : research.ijcaonline.org/
- [11]: BlaBlaCar, <http://www.Covoiturage.com/>, 14 janvier 2016.
- [12]: icarpool, <http://www.icarpool.com/>, 07 janvier 2016.
- [13]: Zimride, <http://www.Zimride.com/> , 13 décembre 2015.
- [14]: Mélissa Henriquez (2007). Etude comparative entre les formules de jumelage de covoiturage urbain existantes et une éventuelle logique maison de jumelage. Mémoire de maîtrise, Ecole Polytechnique de Montréal, Canada. page 20, Tiré de : www.polymtl.ca/
- [15]:Ming-Kai Jiau, Shih-Chia Huang, Chih-Hsiang Lin. (2013). Optimizing the Carpool Service Problem with Genetic Algorithm in Service-based Computing, Communication présentée dans IEEE International Conference on Services Computing 2013, Santa-Clara, Canada,. 478 - 485, DOI: 10.1109/SCC.2013.56

[16]: Manel Sghaier, Hayfa Zgaya, Slim Hammadi and Christian Tahon (2010), A Distributed Dijkstra's Algorithm For The Implementation Of A Real Time Carpooling Service With An Optimized Aspect On Siblings, Communication présentée dans ITSC'13, 13th International IEEE Intelligent Transportation Systems Conference. Funchal, Portugal. 795 - 800, DOI: 10.1109/ITSC.2010.5625288.