

Simulations, expérimentations et valorisation

Sommaire

7.1	Utilisation d'un modèle gravitaire pour générer des instances	146
7.1.1	Principe et contexte d'utilisation	146
7.1.2	Création d'instances en convergence simple	147
7.1.3	Création d'instances en convergences multiples	147
7.2	Résultats de simulations en monoconvergence	150
7.2.1	Analyse des temps de calcul	150
7.2.2	Étude de la mutation	152
7.3	Étude de résultats en multiconvergence	154
7.3.1	Évolution des temps de calcul	155
7.3.2	Variation du taux de mutation	155
7.3.3	Conclusion	158
7.4	Expérimentations	158
7.4.1	Le service « Modulobus-Noël »	158
7.4.2	Le service « Mod'Gen »	161
7.5	Conclusion	161

Introduction

Ce chapitre est consacré à l'application des méthodes d'optimisation décrites dans les chapitres précédents. Comme nous souhaitons d'une part, vérifier le rôle du territoire dans le processus d'optimisation, et simuler préalablement les services que nous déployons sur le territoire de la CAPM, nous proposons des modèles de génération d'instances de transport réalistes, construites sur des modèles gravitaires.

Ces modèles gravitaires nous permettent donc de générer des instances en mono-convergence ou en multiconvergence (implite ou explicite, cf. section 4.3), représentatives des différents services existants sur le marché ou à venir.

Par l'intermédiaire de ces instances réalistes, nous nous assurons d'abord de l'efficacité des méthodes et plus particulièrement des algorithmes génétiques développés. C'est-à-dire que nous vérifions leur capacité à fournir de bonnes solutions en des temps acceptables en dépit d'une forte montée en charge de la demande. Suite à cela, nous nous intéressons au rôle majeur que prend l'opérateur de mutation dans la convergence vers de bonnes solutions et dans l'amélioration de la qualité de celles-ci.

Suite à ces premiers tests, nous retraçons les expérimentations « Modulobus-Noël » menées en décembre 2006 et en décembre 2007 ainsi que le service « Mod'Gen » en cours, préfigurant le futur service « Modulobus » devant voir le jour à l'issue du projet ANR-Predit cosigné par les partenaires scientifiques et opérationnels.

7.1 Utilisation d'un modèle gravitaire pour générer des instances

7.1.1 Principe et contexte d'utilisation

En introduction à la convergence, nous avons mentionné l'existence de différents modèles expliquant le rôle de la centralité et de la polarité (chap. 3). Les flux de personnes peuvent être formalisés en partie par le modèle gravitaire, qui indique les flux potentiels entre deux entités spatiales pondérées par leurs populations. Ainsi, deux unités spatiales A et B de populations respectives P_A et P_B , distantes de d_{AB} verront un flux de personnes I_{AB} allant de A vers B exprimé de la manière suivante avec des paramètres α, β, γ (3.1.3) à ajuster pour se rapprocher de la réalité observée :

$$I_{AB} = K \frac{P_A^\alpha P_B^\beta}{d_{AB}^\gamma}$$

La formalisation des flux grâce au modèle gravitaire nous conduit à envisager des instances réalistes de TAD basées sur ledit modèle. Afin de valider nos algorithmes de TAD en convergence, nous avons besoin d'instances représentatives de la réalité observée sur le Pays de Montbéliard, notre objet d'application des méthodes.

7.1.2 Création d'instances en convergence simple

Il s'agit du cas où il n'existe qu'un seul point de desserte (gare, hôpital...), vers lequel converge l'ensemble des flux émis. Ce type de configuration est à l'origine des services tels que « Evolis-Gare » à Besançon, pour lesquels des algorithmes heuristiques sont développés. La copie d'écran Google Map de la figure 7.1 illustre une instance à 50 requêtes dont les destinations sont les mêmes et correspondent à une destination fixée, ici « l'Acropole » à Montbéliard.

Pour générer un ensemble de flux convergeant vers un point, nous utilisons une variante du modèle gravitaire, qui associe une probabilité d'émission à chaque unité spatiale, dépendant de la masse de cette dernière en terme de population. Ainsi la probabilité d'apparition p d'une requête en provenance de l'unité spatiale A vaut :

$$p(A) = \frac{P_A}{\sum_i P_i}$$

Dès lors que l'unité spatiale de provenance du flux est choisie, il reste à déterminer le point de départ de la requête. Celui-ci est tiré aléatoirement parmi les points compris dans l'unité spatiale.

Pour réaliser des instances de convergence vers un anneau (cf. 4.2.3), comme c'est le cas du service « Modulobus-Noël » testé en décembre 2006, nous utilisons le même modèle probabiliste, à la différence près que nous tirons aléatoirement et équiprobablement un des points compris sur l'anneau pour indiquer la destination de chaque requête respective.

Enfin, pour définir des voyages retours, des instances en divergence, nous prenons le même modèle en inversant simplement l'orientation des flux.

7.1.3 Création d'instances en convergences multiples

Convergences explicites

À l'instar de la convergence simple, les points de desserte sont clairement identifiés. Le service Mod'Gen à Montbéliard en est un parfait exemple, dans la mesure où il achemine des clients de tout le Pays de Montbéliard vers quelques lieux spécifiques comme le théâtre « L'Allan » ou la salle de concert « Le Palot » à Montbéliard, ou encore la salle de spectacle la « MALS » à Sochaux. La carte de la figure 7.2 présente un ensemble de 23 demandes concentrées sur les trois points de desserte mentionnés.

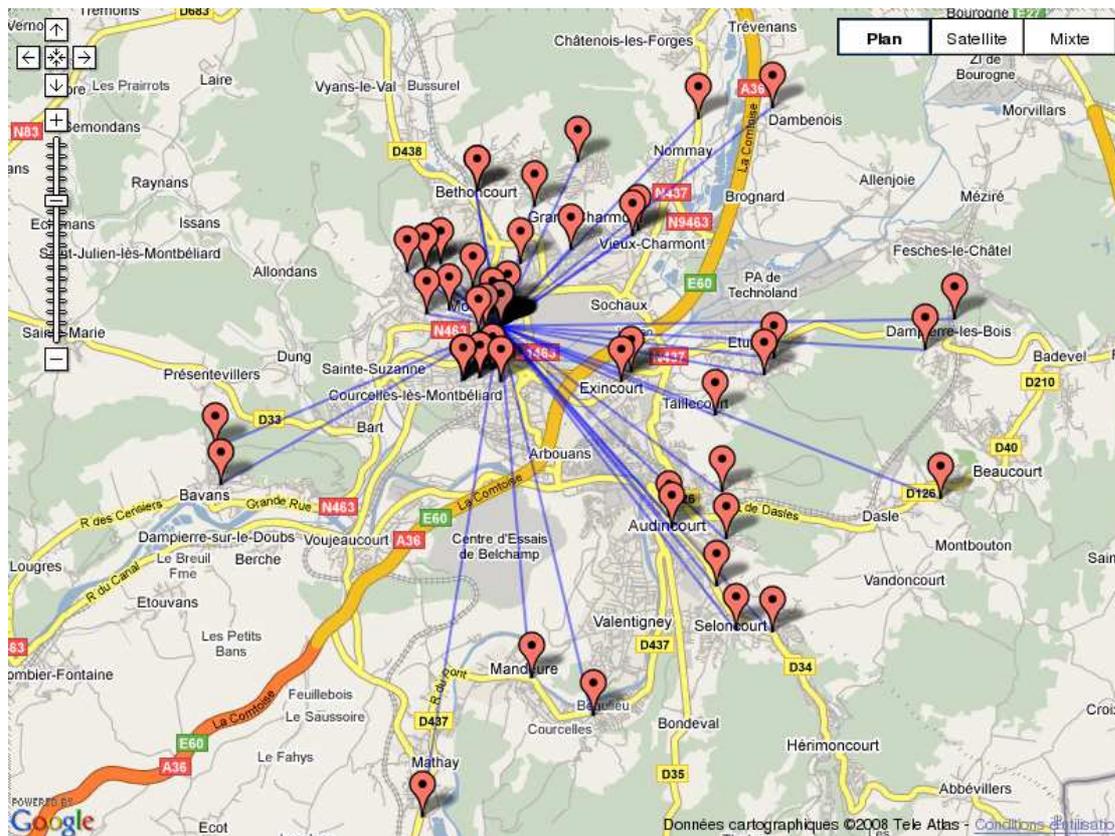


FIG. 7.1: Cinquante demandes convergent vers un point de convergence : l'Acropole à Montbéliard.

La conception de ces instances relève également du modèle probabiliste énoncé pour la mono-convergence, avec un ensemble fixe de x requêtes dont les origines et destinations dépendent des probabilités d'émission associées à chacune des entités spatiales et des probabilités définies pour chacune des destinations possibles. Par ailleurs, nous pouvons également définir des horaires de desserte différés d'une demi-heure comme c'est déjà le cas pour le service Mod'Gen à Montbéliard. La carte de la figure 7.2 présente un ensemble de 23 demandes concentrées sur les trois points de desserte mentionnés avec une répartition quasi-équiprobable (0.3, 0.3, 0.4) pour des convergences aux horaires suivants : 19H30, 20H, 20H30.

Convergences implicites

Il s'agit ici de construire des instances de TAD réalistes. Les instances produites sont l'expression la plus réaliste du modèle gravitaire qui est censé caractériser la réalité. Le caractère implicite des destinations réside dans le fait que les flux se dirigent na-

7.1. Utilisation d'un modèle gravitaire pour générer des instances

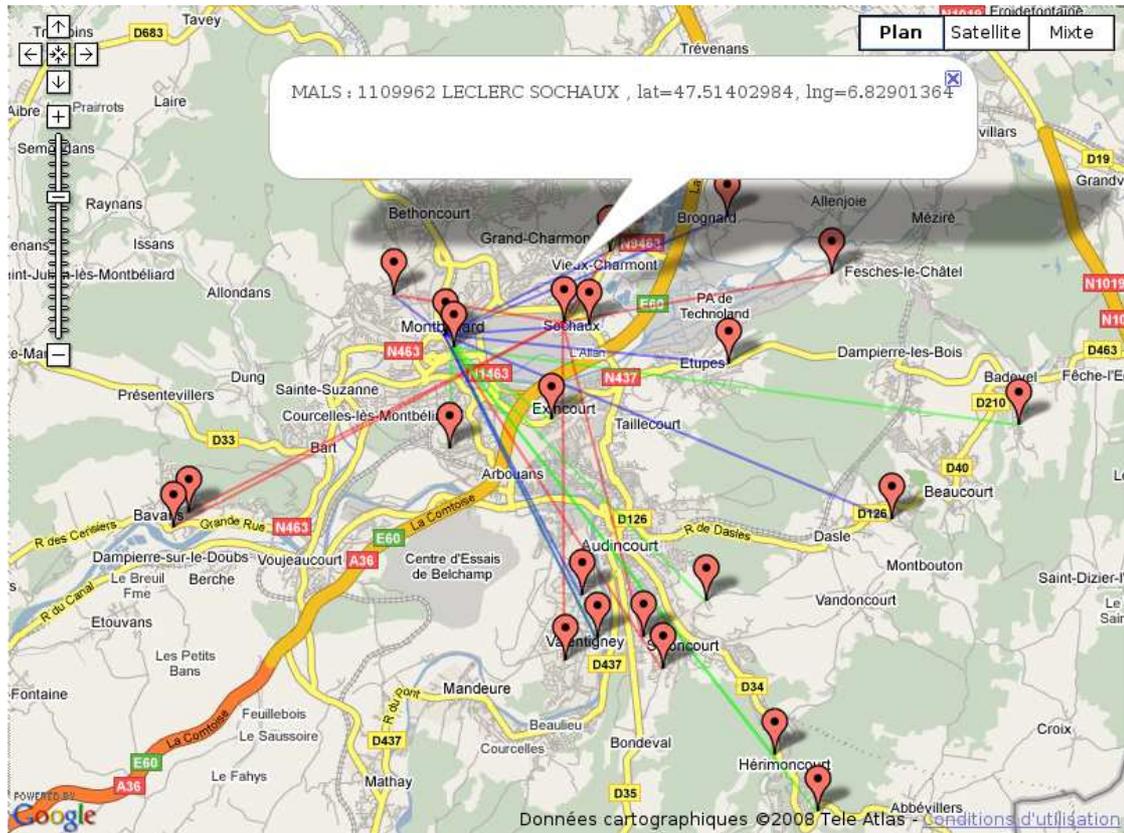


FIG. 7.2: Vingt-trois demandes convergeant vers trois points de desserte spécifiques : L'Allan, Le Palot et la MALS, salles de spectacle du Pays de Montbéliard

turellement vers un même ensemble de destinations. Toutefois, les flux transversaux, marginaux apparaissent tout de même dans ce modèle en dépit des faibles probabilités d'émergence de telles requêtes.

À titre d'illustration, deux instances issues de deux modèles gravitaires différents sont représentées sur la figure 7.3. La carte (a) présente l'ensemble des flux générés aléatoirement sur un créneau horaire de 8h à 9h. Les indices α_i, β_i des différentes unités spatiales sont calibrés de telle sorte que Montbéliard, Audincourt et Sochaux polarisent l'ensemble des flux du territoire, comme lors des migrations pendulaires matinales durant lesquelles les 13 000 employés de PSA se rendent sur leur lieu de travail. Ainsi avec des indices $\alpha = 0.8, \beta = 1.1$ fixés pour les unités spatiales couvrant les usines PSA, les centres-villes de Montbéliard et Audincourt ainsi que les zones d'activité, nous parvenons à générer des instances dont les flux sont fortement orientés vers lesdites unités spatiales.

La seconde carte (b) représente un ensemble de flux sur une plage horaire de 18h à 19h avec des indices $\alpha = 1.0, \beta = 1.1$ pour les centres-villes de Montbéliard et Audincourt. Avec cette configuration, les unités spatiales concernées vont approximativement émettre autant qu'elles vont recevoir. Ainsi, la structure de la première instance, resserrée dans l'espace, est beaucoup plus compacte que ne l'est la seconde. En effet, dans la seconde instance, nous pouvons observer plusieurs flux marginaux comme celui de Grand-Charmont à Allenjoie (Nord-Est de la carte).

7.2 Résultats de simulations en monoconvergence

Les résultats présentés dans cette section sont obtenus en utilisant les algorithmes exacts et le premier algorithme génétique, tous trois présentés en section 6.1. Nous nous intéressons ici plus particulièrement aux temps de calcul des trois algorithmes pour lesquels nous livrons une analyse à fin opérationnelle, puis nous étudions l'intérêt de l'opérateur de mutation, construit sur l'opérateur *modulo*, pour faciliter la convergence vers de bonnes solutions.

7.2.1 Analyse des temps de calcul

Les résultats que nous étudions ici ont été obtenus en janvier 2006 sur un PC à 2.4GHz avec 1Go de mémoire vive.

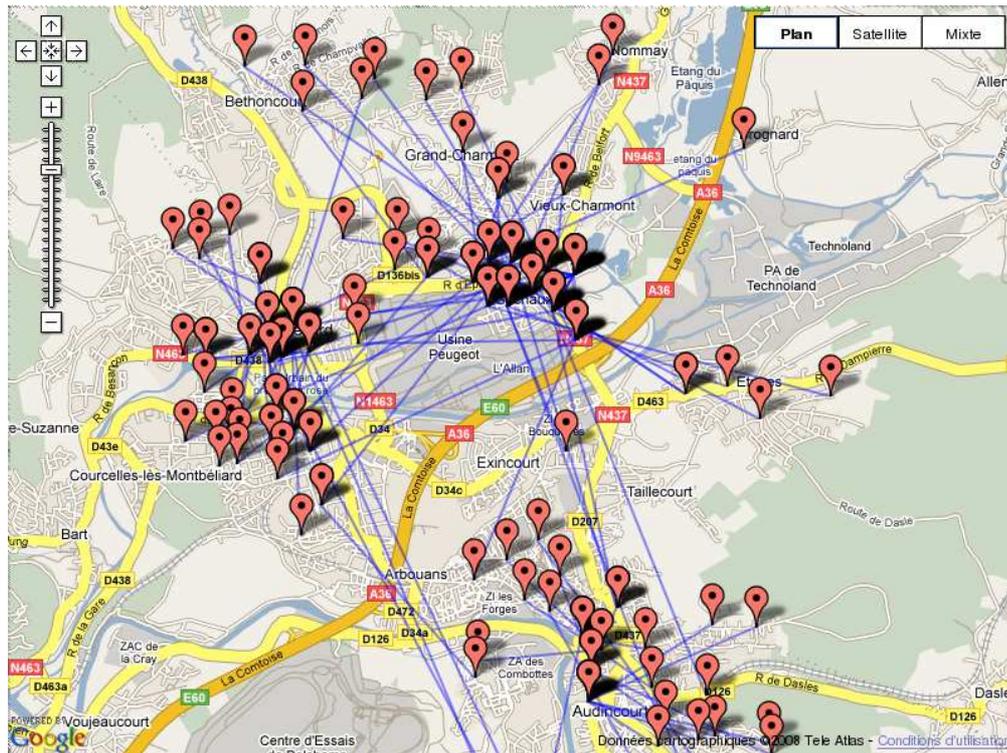
Pour le cas de la monoconvergence, nous calculons les ACT selon les trois algorithmes précédemment exposés au chapitre 6 :

- un algorithme d'énumération exhaustive (AEE) ;
- un algorithme de parcours en largeur (APL) ;
- un algorithme génétique (AG) mono-objectif, sommant plusieurs scores (cf. section 6.1.3), programmé avec la GALib (Wall, 1996).

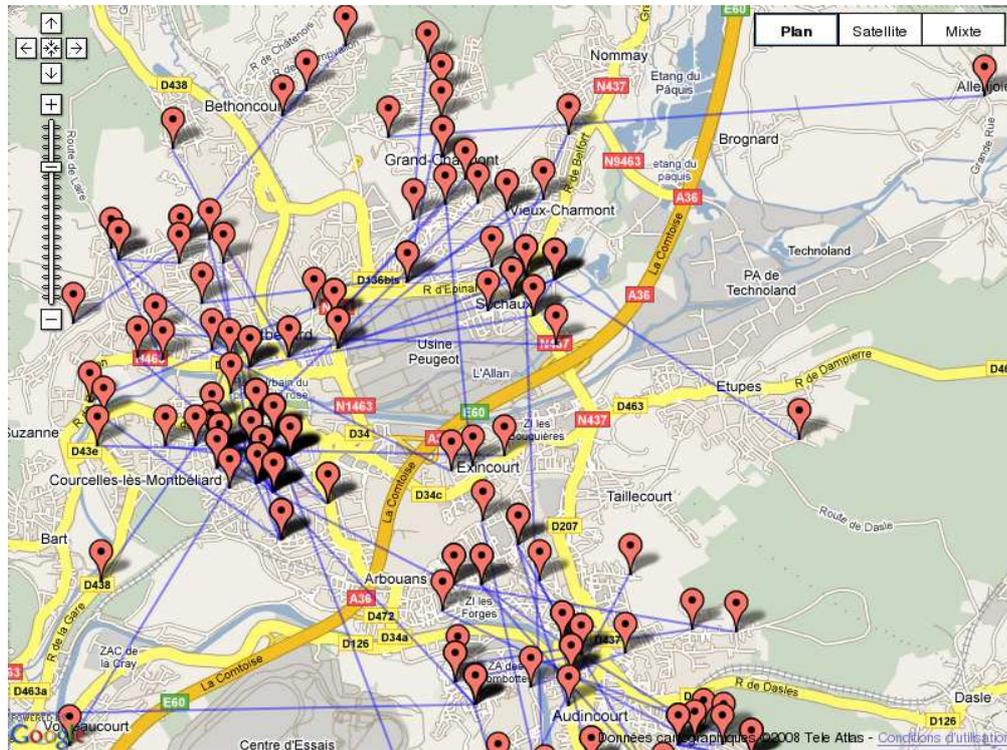
Les temps de calcul sont indiqués dans le tableau 7.1. L'AEE sature pour trouver une solution sur un DAG à plus de 16 sommets en raison de l'explosion combinatoire rencontrée. L'APL très économe en espace mémoire, requiert néanmoins des temps de calcul trop longs au delà de 23 sommets, pour les mêmes raisons que l'AEE. En effet, le nombre de solutions *a priori* optimales à analyser devient beaucoup trop grand.

L'AG quant à lui, résiste à la montée en charge des problèmes et continue à fournir de bonnes solutions pour des DAG à 200 sommets et plus. Pour un graphe convergent à 200 nœuds, l'AG a besoin de 1600 secondes de calcul, soit moins d'une demi-heure,

7.2. Résultats de simulations en monoconvergence



(a) Instance à 100 requêtes issue du modèle gravitaire 1



(b) Instance à 100 requêtes issue du modèle gravitaire 2

FIG. 7.3: Deux instances issues de modèles gravitaires

ce qui selon certaines définitions pourraient correspondre au «temps réel ». En effet, le CERTU¹ estime par exemple que le temps réel en TAD se situe à moins d’une demi-heure pour une chaîne opérationnelle de la réservation du client jusqu’à sa prise en charge effective, cette chaîne incluant bien sûr les vérifications de faisabilité, l’optimisation et la confirmation au client.

Nombre de sommets	Nombre d’arcs	Temps CPU AEE	Temps CPU APP	Temps CPU AG
8	18	0	0	4.56
12	41	0.01	0.01	5.56
13	44	0.04	0.02	5.82
14	54	0.31	0.12	6.21
16	73	8.17	2.15	6.64
23	176	-	950.65	10.74
25	247	-	-	11.79
30	391	-	-	15.35
40	743	-	-	27.65
50	1156	-	-	65.88
60	1693	-	-	90.71
70	2305	-	-	116.94
80	3011	-	-	161.06
90	3821	-	-	215.83
100	4825	-	-	268.98
200	19569	-	-	1602.02

TAB. 7.1: Temps de calculs des ACT

7.2.2 Étude de la mutation

La figure 7.4 présente la capacité de l’opérateur de mutation à diversifier les individus au sein de la population, i.e. à limiter les redondances des bonnes solutions qui pourraient par trop s’imposer dans l’ensemble des solutions. Cette diversification est facilement atteinte avec des taux de mutation entre 0.1 et 0.2.

Si l’on s’intéresse à la propriété de convergence de l’opérateur de mutation (section 6.1.3), la figure 7.5 indique l’efficacité de cet opérateur qui contribue à accélérer l’obtention d’une bonne solution. Une bonne solution consiste à satisfaire tous les clients (obligation de service), à réduire le nombre de véhicules (objectif économique), à minimiser les temps de parcours (objectif économique et environnemental).

Cette efficacité est obtenue en effet avec des taux de mutation $m \geq 0.1$. Notons que plus l’instance du problème à résoudre est grande, plus il faut augmenter la mutation pour obtenir une solution optimale dans le même laps de générations.

¹Centre d’Études sur les Réseaux de Transport et l’Urbanisme

7.2. Résultats de simulations en monoconvergence

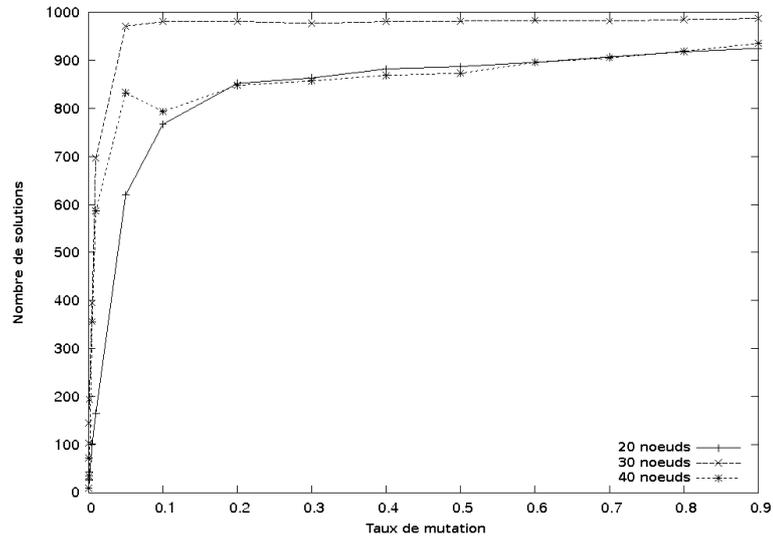


FIG. 7.4: Impact de la mutation sur la variété de solutions

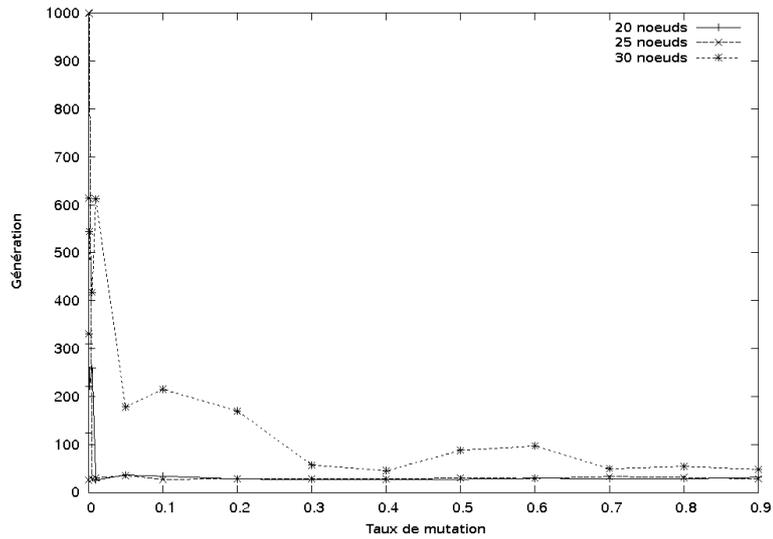


FIG. 7.5: Impact de la mutation sur la rapidité d'obtention d'une solution efficace

7.3 Étude de résultats en multiconvergence

Nous n'avons recours ici qu'à l'algorithme génétique, pour les raisons évoquées précédemment. Les résultats étudiés dans cette section sont les fruits d'une analyse croisée de différentes configurations d'optimisation. Les graphes des dessertes sont bâtis avec une relaxation $k = 1.5$ et des fenêtres de temps $w = 0.2$. Pour chaque instance, trois graphes sont construits selon les trois unités spatiales à notre disposition. Le moteur d'optimisation est l'algorithme génétique décrit en section 6.2, pour lequel nous retenons un taux de croisement $c = 0.9$ et un taux de mutation $m = 0.5$.

La carte de la figure 7.6 représente une solution de TAD aux demandes de la figure 7.3(a). Les tournées nécessitent 24 véhicules et la solution est issue d'une optimisation utilisant la moyenne harmonique couplée à la norme L_1 .

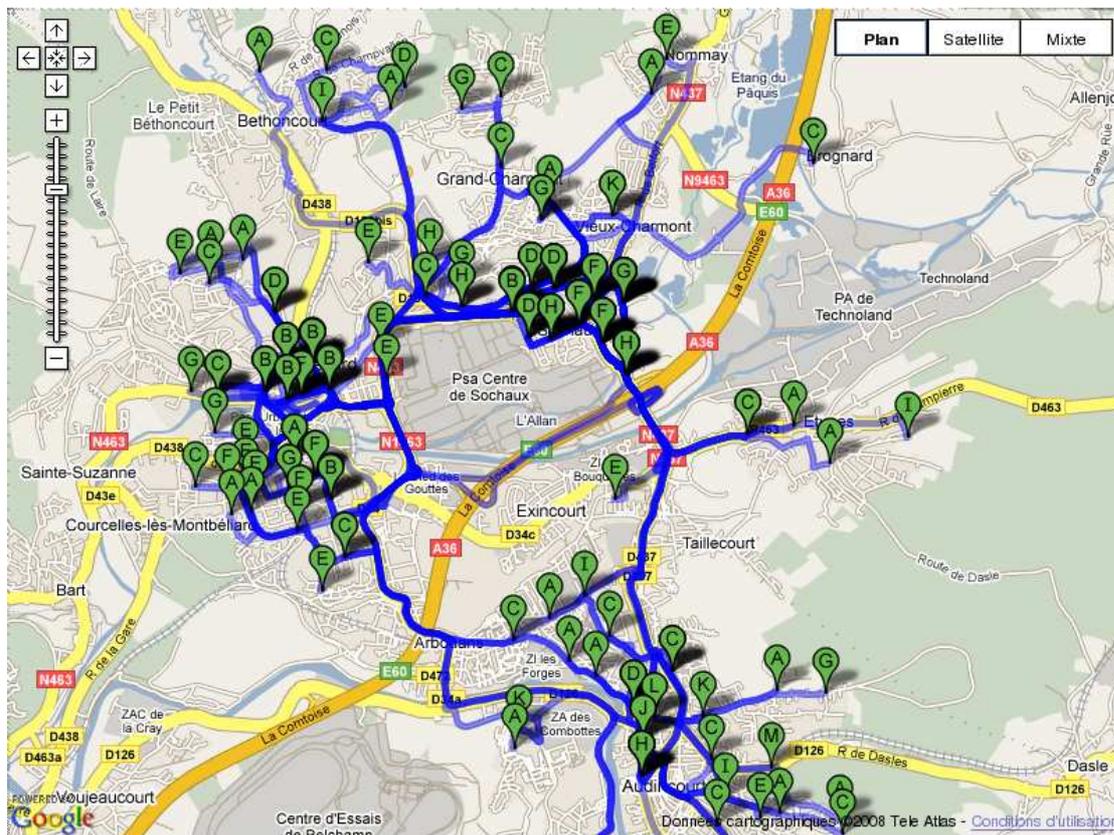


FIG. 7.6: Une solution au TAD figuré sur la carte 7.3(a)

7.3.1 Évolution des temps de calcul

Pour réaliser la courbe d'évolution des temps de calcul, nous utilisons une population de 200 individus évoluant sur 20 000 générations. L'AG est appliqué sur des instances à $n=\{25,50,75,100,200\}$ sommets. L'évolution des temps de calcul indiquée sur la figure 7.7 est quasiment linéaire et liée à la taille de l'instance, comme nous l'observons jusqu'à 200 requêtes. Cela montre une bonne gestion de la complexité par notre algorithme.

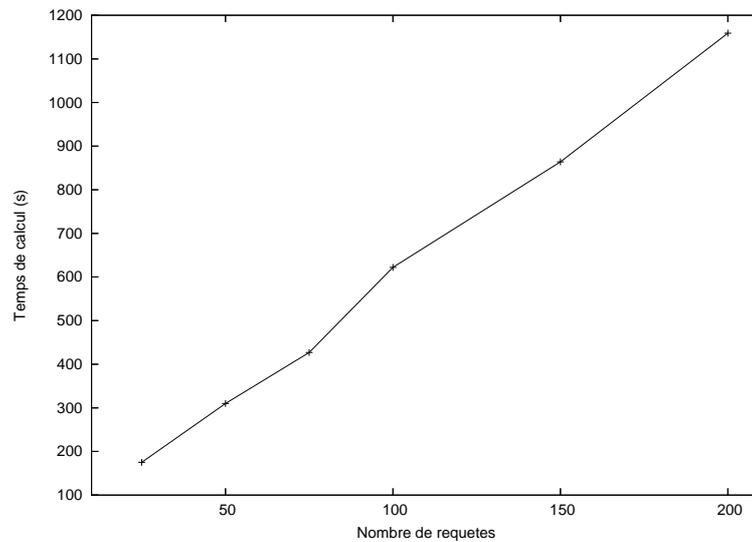


FIG. 7.7: Évolution des temps de calcul avec NSGA-II sur des instances à $n=\{25,50,75,100,200\}$ sommets.

7.3.2 Variation du taux de mutation

À l'instar de la monoconvergence, nous étudions l'impact de la hausse du taux de mutation m . Les résultats sont produits sur une même instance à 100 requêtes (fig. 7.8) dont les flux sont basés sur un modèle gravitaire centralisant Montbéliard, Audincourt et Sochaux².

Pour chaque configuration d'optimisation, nous appliquons une mutation m croissante de 0.0 à 0.9. D'emblée, pour une mutation nulle, nous observons la piètre qualité des résultats obtenus : temps de parcours élevés avec beaucoup de véhicules.

²La table des coefficients α, β de chaque IRIS de la CAPM figure dans le tableau C.1.

Cependant, lorsque nous introduisons la mutation ($m = 0.1$), nous observons une amélioration significative des résultats, que ce soit pour minimiser les temps ou les retards.

Ensuite, en augmentant la mutation jusqu'à un intervalle $[0.5,0.7]$, nous notons une amélioration progressive des résultats. Au-delà, les distributions des nuages de points observés semblent plus éclatées, avec des solutions moins performantes. La mutation semble avoir un rôle moins efficace au-delà d'une valeur seuil que l'on peut situer visuellement à $m = 0.7$, sur l'ensemble des distributions observées.

Pour l'ensemble des optimisations réalisées et analysées dans la suite de ce document, le taux de mutation est fixé à $m = 0.5$.

Concernant la diversité des solutions obtenues, nous constatons l'effet de l'approche Pareto qui « étire » les nuages de solutions entre les deux objectifs parfois contradictoires. Ainsi, nous disposons d'un ensemble conséquent de solutions alternatives, avec plus ou moins de véhicules, aux temps de parcours et aux retards différents. Ce constat est valable pour les quatre cas (fig. 7.8), quelles que soient les variables considérées et quelle que soit la moyenne utilisée.

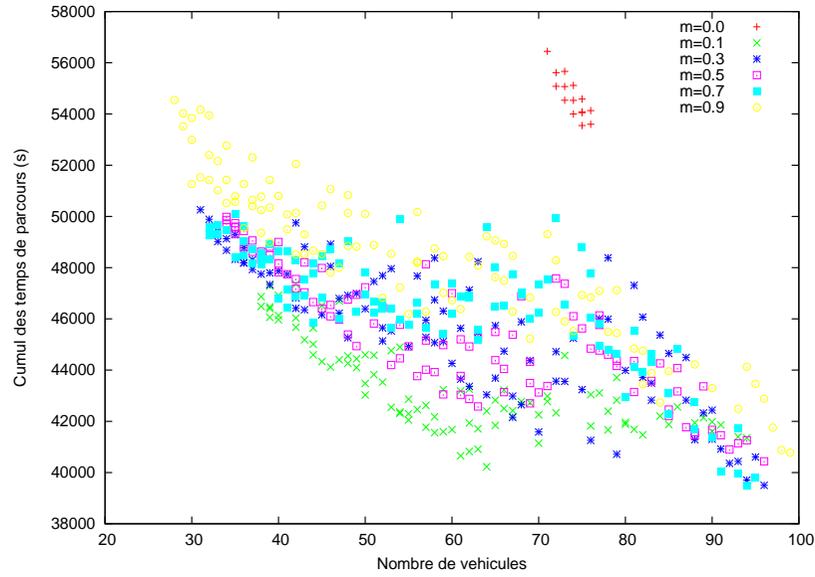
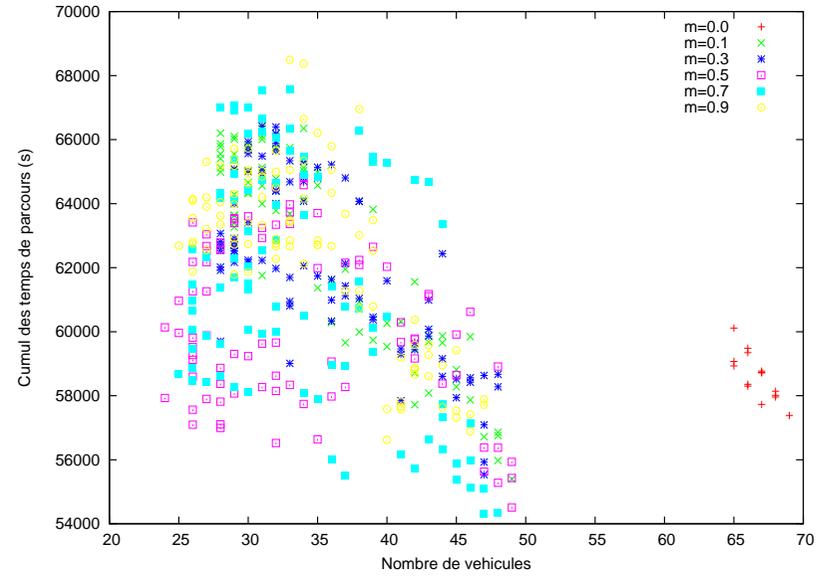
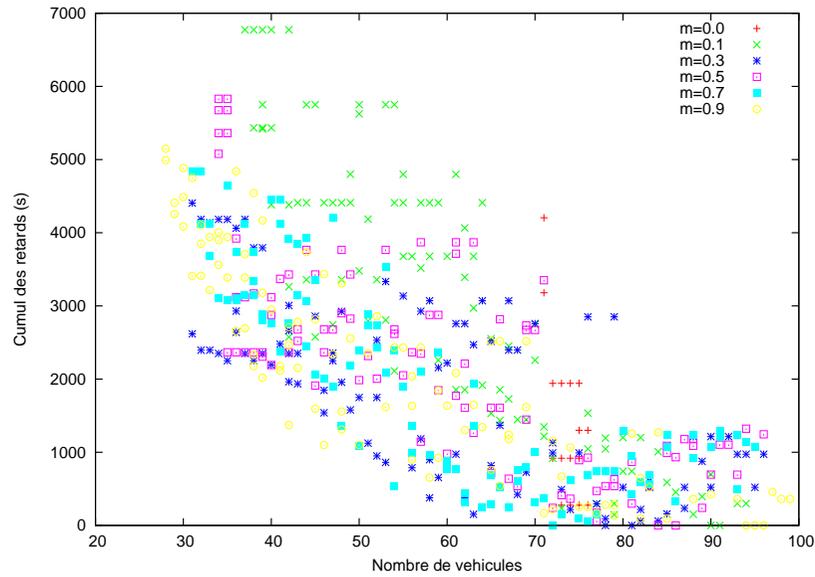
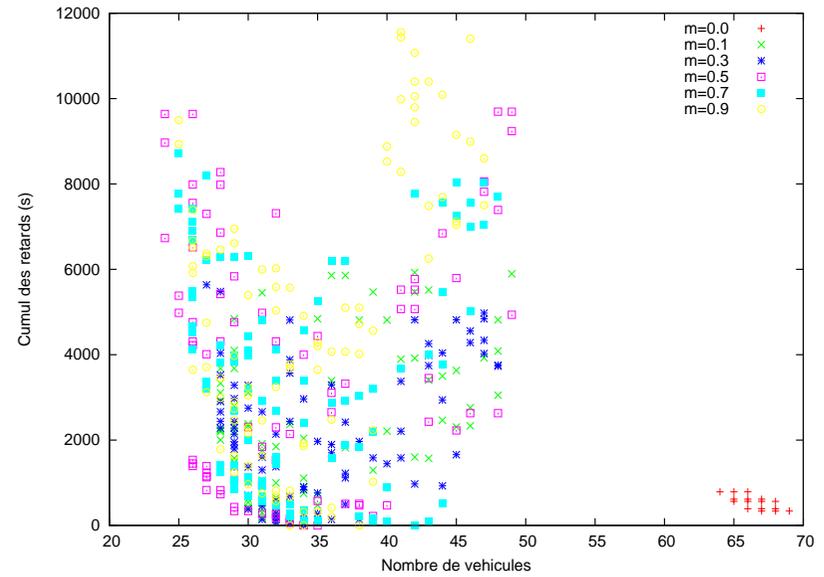
(a) Temps de parcours/Véhicules $M_1 \times L_1$ (b) Temps de parcours/Véhicules $M_{-1} \times L_1$ (c) Retards/Véhicules $M_1 \times L_1$ (d) Retards/Véhicules $M_{-1} \times L_1$

FIG. 7.8: Variation du taux de mutation m de 0.0 à 0.9 selon deux configurations $M_1 \times L_1, M_{-1} \times L_1$ (M_1 : moyenne arithmétique et M_{-1} : moyenne harmonique) sur une même instance à 100 requêtes issue d'un même modèle gravitaire.

7.3.3 Conclusion

La diversité des solutions est essentielle pour les AOT, qui requièrent de pouvoir choisir entre plusieurs offres. En définitive, il faut bien comprendre qu'une solution optimale peut être écartée au profit d'une autre, pour des raisons difficilement modélisables, comme un choix politique ou la forme d'une tournée par exemple. Pour cette raison, offrir une panoplie de solutions, en des temps acceptables, est un objectif essentiel et l'opérateur de mutation construit pour l'AG y contribue pour une bonne part.

7.4 Expérimentations

7.4.1 Le service « Modulobus-Noël »

Contexte

À l'origine du projet « Transport Innovant » dans lequel s'inscrit l'expérimentation narrée ici, se situe une demande sociale de la part de la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard (CAPM) pour étudier la faisabilité d'un TAD sur son territoire, le mettre en œuvre et le déployer.

Le site de Montbéliard se prête donc très bien à l'utilisation du principe de convergence des flux présenté précédemment. Cependant, avant de pourvoir ce site d'un TAD en multiconvergence, le commanditaire a souhaité une première expérimentation dans un cadre événementiel, à savoir la desserte du « Marché de Noël » de Montbéliard, ayant lieu chaque année durant tout le mois de décembre.

La CAPM a souhaité que les usagers accèdent au service depuis les arrêts de la Compagnie de Transport du Pays de Montbéliard et des arrêts supplémentaires géolocalisés par GPS pour l'occasion, mais non matérialisés sur le terrain, soit 529 points de ramassage au total.

Le Marché de Noël se situe en plein centre-ville montbéliardais, dont certaines rues sont fermées à la circulation les week-ends. Autour du centre-ville et le long du boulevard sont positionnés quatre arrêts (figure 7.9, arrêts Acropole, Etuve, René Thom, Place Ferrer). Deux arrêts sont situés au cœur de la ville (arrêts Pavés du Moulin, La Schliffe). Ces six arrêts constituent pour l'expérimentation les points de desserte en convergence du Marché de Noël et les points de départ pour les retours (divergence).

Dans un premier temps, le service de TAD, « Modulobus-Noël » n'a été proposé qu'à un échantillon de 400 personnes pour tester la faisabilité de l'offre, puis ouvert aux 127 000 habitants de la CAPM.

Modulobus-Noël, mis en place par les chercheurs du groupe TADvance et la société ProRentSoft fonctionna tous les dimanches de décembre 2006, de 9H à 21H en aller-retour (convergence/divergence). Pour effectuer les liaisons, cinq véhicules (trois de cinq places, deux de huit places) et cinq chauffeurs ont été sollicités. Ce service a permis de mettre en place et de tester une chaîne opérationnelle de gestion optimisée de TAD en convergence avec anneau, ayant recours à notre moteur d'optimisation basé sur un AG élitiste.

Méthodologie

Comme nous l'avons vu, les points de convergence sont les arrêts situés autour du Marché de Noël. Le sens de circulation étant unique, la zone de convergence est un anneau autour duquel les véhicules circulent (figure 7.9). Ceux-ci s'insèrent dans l'anneau par les points d'entrée constitués par les arrêts de desserte du Marché de Noël.

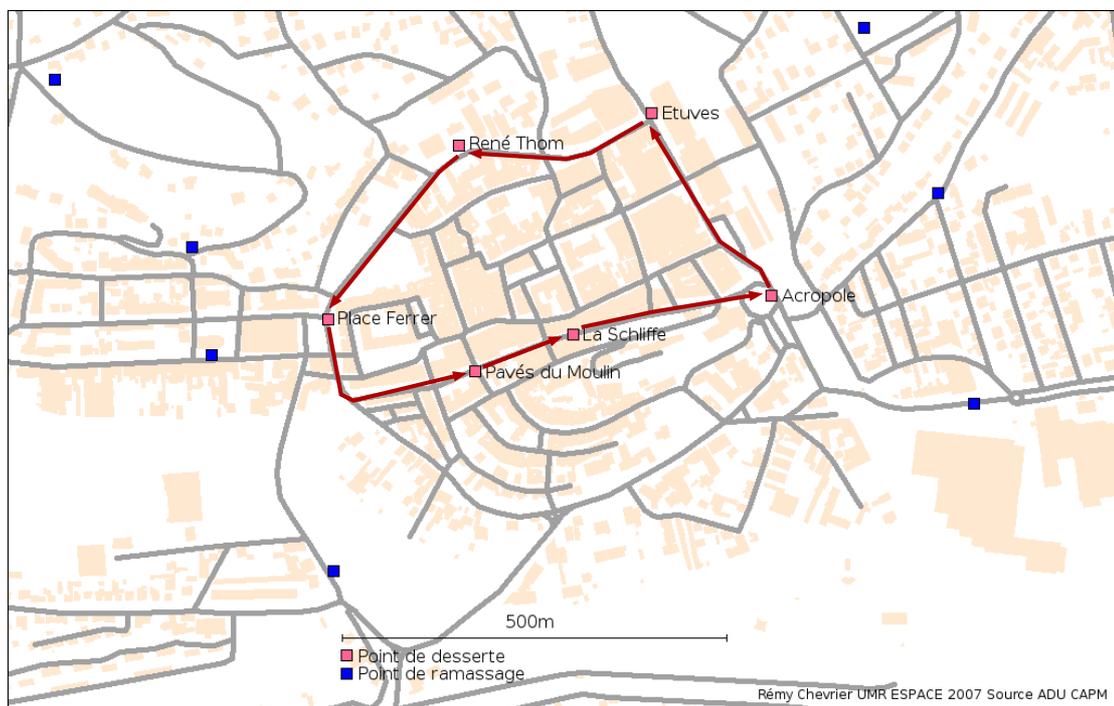


FIG. 7.9: Le centre-ville de Montbéliard et les six points de desserte

Les usagers potentiels pouvaient réserver leur trajet jusqu'à une demi-heure à l'avance. Cette réservation était faite soit sur Internet (visualisation des arrêts et des adresses sur Google Maps) soit par téléphone. Une confirmation de réservation *via* SMS leur était ensuite adressée peu de temps avant le démarrage de la course. Dans leur réservation (et ensuite également dans la confirmation de celle-ci) figurent les horaires définis par le prestataire, l'arrêt de ramassage et le nombre de personnes à transporter. L'horaire de prise en charge (h_i) est calculé par rapport à l'horaire de convergence (h_c avec un service toutes les heures) :

$$h_i = h_c - t_{i \rightarrow c}$$

Lorsqu'une réservation est effectuée, celle-ci est automatiquement enregistrée et indexée sur le serveur qui lance l'optimisation avec notre méthode génétique, en moyenne toutes les demi-heures. Quand arrive l'heure de démarrage de service, ces mêmes informations sont transmises au chauffeur du véhicule affecté à la course. Quant aux demandes effectuées alors que le service a déjà commencé, elles sont reçues ou alors reportées si (respectivement) une requête adressée à la base de données vient confirmer ou infirmer la possibilité de la prise en charge (indisponibilité ou saturation des véhicules).

Résultats de l'expérimentation

Effectuée sur quatre dimanches, l'expérimentation totalise plus de 120 passagers, toute course confondue. Une enquête a montré la très forte satisfaction du public quant à ce type de service et à la nouvelle mobilité qu'il offre. Le taux de remplissage moyen est de plus de 4, ce qui est exceptionnel.

Cependant, en dépit de la très forte réactivité de notre système, les individus conservent une tendance à se regrouper naturellement, en raison des habitudes prises avec les transports classiques de type taxi et du caractère événementiel du motif de déplacement (marché de Noël). Ils préfèrent de plus réserver très à l'avance, sachant qu'ils pouvaient réserver jusqu'à (environ) une demi-heure avant le départ du service. Toutefois, des regroupements ont été effectués par l'AG, ce qui nous a permis de consolider sa validation en conditions réelles de fonctionnement. Associé à un serveur web accueillant l'interface de réservation, un SGBDG³ dédié et un serveur SMS, notre noyau d'optimisation a pu s'intégrer dans une chaîne complète de traitement de l'information géomatique.

³Système de gestion de bases de données géographiques

7.4.2 Le service « Mod'Gen »

Dans la continuité de « Modulobus-Noël »

Le service Mod'Gen s'inscrit dans la continuité du projet « Transport Innovant » (au cours de l'année 2007) et est un service en rabattement vers des lieux de loisir de la CAPM : le théâtre « L'Allan », la salle de concert « Palot », la salle de spectacle « MALS » à Sochaux (cf. fig. 7.10). À ces lieux, s'ajoutent une desserte potentielle vers un cinéma multiplexe (Audincourt) et vers la base nautique de Brognard en dehors, située au-delà de la CAPM, à mi-chemin entre Montbéliard et Belfort. Des dessertes sont prévues à l'avenir, comme celle de la future salle de spectacle « Annexe ». Nous pouvons d'ailleurs imaginer une desserte de la future gare TGV située à Meroux, ou encore du futur hôpital « médian » situé à Sévenans.

Transfert de technologie

Les expérimentations ont été réalisées avec la société ProRentSoft qui exploite les moteurs d'optimisation développés durant cette thèse. Cette exploitation a donné lieu à un transfert de technologie auprès de cette société.

7.5 Conclusion

Les résultats présentés dans ce chapitre nous amènent à plusieurs conclusions. Que ce soit dans un cadre de monoconvergence ou de multiconvergence, les temps de calculs affichés nous montrent que le fonctionnement de TAD en temps réel, au sens des autorités organisatrices, est possible. Effectivement, avec des temps de calculs en-deçà de la demi-heure pour des problèmes résolus (200 requêtes) à la fin de l'année 2006, et maintenant avec des temps de calculs avoisinant dix minutes (200 requêtes) pour des TAD avec une forte qualité de service, nous pouvons désormais penser le TAD comme un service hautement flexible avec des faibles délais de réservation.

Les méthodes d'optimisation présentées dans cette thèse s'inscrivent dans une démarche de résistance à une montée en charge des demandes, puisqu'elles peuvent faire face à des flux importants (plus de 200 requêtes) et continuer à fournir de bonnes solutions dans des délais de calculs raisonnables, même si elles n'assurent pas de trouver la solution la plus optimale.

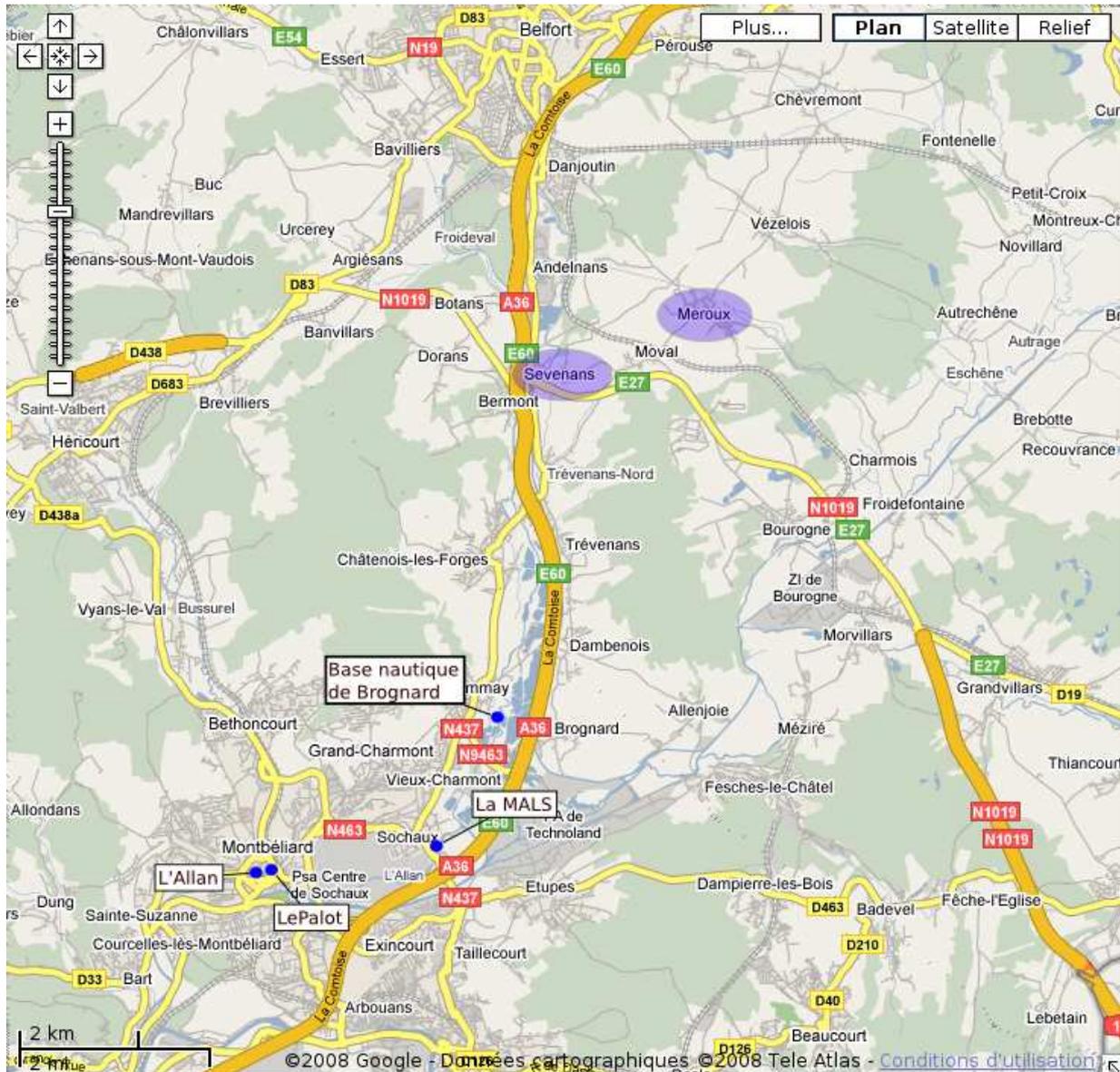


FIG. 7.10: Montbéliard, Belfort et les localités avoisinantes, les points bleus indiquent les dessertes du service Mod'Gen et les zones bleues représentent les zones de desserte potentielles.

L'analyse de la variation du taux de mutation dans les deux algorithmes génétiques et les résultats relevés soulignent la pertinence de l'opérateur de mutation exposé en section 6.1.3. La formalisation de la propriété de convergence de cet opérateur reste néanmoins à établir.

Réalisées en partenariat avec une société privée et des organismes institutionnels, les expérimentations sont venues conforter et valider nos méthodes d'optimisation. Celles-ci maintenant validées sont exploitées de manière opérationnelle par cette même société sur le Pays de Montbéliard. L'évolution de ce service se poursuit dans le cadre d'un projet « ANR Predit » pour réaliser un service de TAD dynamique en temps-réel.

Chapitre 8

Impact des métriques dans l'optimisation

Sommaire

8.1	Méthodologie	166
8.2	Réduction du nombre de véhicules	169
8.2.1	Analyse des modèles gravitaires	169
8.2.2	Analyse du modèle aléatoire	170
8.2.3	Interprétation	171
8.3	Recherche du meilleur compromis véhicules/temps	174
8.3.1	Construction	174
8.3.2	Analyse des modèles gravitaires	175
8.3.3	Analyse du modèle aléatoire	176
8.3.4	Interprétation	176
8.4	Recherche du meilleur compromis véhicules/retards	178
8.4.1	Construction	178
8.4.2	Analyse des modèles gravitaires	179
8.4.3	Analyse du modèle aléatoire	180
8.4.4	Interprétation	180
8.5	Analyse des distributions de solutions	183
8.5.1	Distributions véhicules/temps	184
8.5.2	Distributions véhicules/retards	191
8.6	Discussion et conclusion	195

Introduction

Nous nous intéressons dans ce chapitre à plusieurs configurations d'optimisation dans l'évaluation des objectifs de notre problème de TAD. Nous souhaitons ainsi mettre