

Le Transport à la Demande , un mode de transport public

Sommaire

1.1 Définitions et apparition du TAD	20
1.1.1 Aux États-Unis	21
1.1.2 En Europe	22
1.1.3 La conception française du TAD	22
1.2 Inscription sociétale du TAD	23
1.2.1 Dépendance automobile contestée	23
1.2.2 Difficultés des transports en commun actuels	24
1.2.3 Le contexte environnemental et économique	24
1.3 Objectifs et enjeux du TAD	25
1.3.1 Un service flexible...	26
1.3.2 ...et économe	26
1.3.3 Souplesse temps/espace : les clés de l'optimisation	26
1.4 Propositions d'améliorations	27
1.4.1 Les principaux manques des TAD actuels	27
1.4.2 Les possibilités offertes par les TIC	28
1.4.3 L'analyse territoriale	28

Introduction

Ce premier chapitre donne une vue synthétique du transport à la demande (TAD), pour lequel nous allons préalablement présenter un ensemble de définitions différent d'un pays à un autre et d'un organisme public à un autre. Malgré les diverses propositions de TAD pouvant exister, nous nous attachons à dégager une structure commune à ce type de transport.

Le TAD est communément désigné comme un mode flexible, capable de s'adapter à la demande dans le temps et dans l'espace, et nécessitant une réservation préalable. Plusieurs définitions officielles existent, mais varient d'un pays à un autre et d'un organisme à un autre, et toutes n'accordent pas le même degré de flexibilité à ce mode de transport.

Après ce bref portrait, nous nous intéressons au rôle que peut jouer le TAD dans la société actuelle, dans un contexte de dépendance automobile remise en question et à l'heure où pollution et congestion automobile deviennent de vrais problèmes de société, que le TAD pourrait contribuer à soulager. En cela, nous analysons les points forts du TAD que sont sa flexibilité, sa souplesse et les économies que pourraient réaliser les collectivités s'il venait à être davantage généralisé, supplantant le transport en commun tel qu'il est pensé actuellement.

Ces avantages, bien sûr, génèrent des contraintes, exigent des ressources et une méthodologie que la recherche opérationnelle et les sciences humaines sont à même de fournir. Bénéficiant des avantages des recherches menées dans différentes disciplines, le TAD peut être amélioré selon un ensemble de propositions que nous formulons dans la section 1.4.

Ainsi, pour concurrencer la voiture, le TAD doit rationaliser ses coûts économiques tout en proposant à l'utilisateur une haute qualité de service. C'est seulement en parachevant ces objectifs, décrits en troisième section, que le TAD deviendra attractif.

1.1 Définitions et apparition du TAD

Les définitions officielles de TAD varient d'un continent à un autre (Castex, 2007). Néanmoins, au-delà de ces définitions officielles s'imposent également les définitions usuelles du TAD, qui font écho à l'usage réservé au TAD en question et sont donc une question de points de vues différents, quand bien même le principe demeure relativement inchangé.

Néanmoins, quelle que soit l'acception retenue, toutes s'accordent sur le point que le TAD est une forme de transport public. Dénommé « *Demand Responsive Transport* » (DRT) chez les Anglo-Saxons et dans la littérature scientifique associée, nous allons examiner plus en détails les différentes conceptions du TAD selon différentes régions du monde, d'abord aux États-Unis, où il serait né, puis en Europe pour insister finalement sur la conception française du TAD.

1.1.1 Aux États-Unis

Même si les premiers taxis collectifs ont vu le jour au début du vingtième siècle dans des grandes villes telles que Paris ou New-York, le TAD en tant que transport public est apparu aux États-Unis avec la loi de 1966 : « *the Amendment to the Urban Mass Transportation Act* ». Cette loi va initier tout une série de travaux consacrés aux formes innovantes de transport public dont le TAD. Mais c'est seulement à partir des années 90 que ce service va réellement se développer, notamment en direction des personnes à mobilité réduite (PMR) et des personnes âgées, deux catégories de population qui ont difficilement accès à la mobilité.

Souvent associé aux PMR, l'usage du TAD ne se restreint bien évidemment pas à cette catégorie d'usagers. Cette association vient de l'image véhiculée par les ouvrages mêmes, consacrés aux TAD, qui reconnaissent cette dévolution.

Avant que l'appellation DRT ne s'impose, circulaient d'autres noms comme « *para-transit* » ou encore « *dial-a-ride* » (qui pose le problème éponyme : « *dial-a-ride problem* » bien connu en recherche opérationnelle). Néanmoins, la définition de l'*American Public Transportation Association* (APTA) semble s'imposer et indique :

« *Non-fixed route service utilizing vans or buses with passengers boarding and alighting at pre-arranged times at any location within the system's service area. Also called "dial-a-ride" ».*

La *Federal Transit Administration* (FTA) donne quant à elle une définition un peu plus précise (reprise dans TCRP 2004) qui vient compléter la première : « *Passenger cars, vans or small buses operating in response to calls from passengers or their agents to the transit operator, who then dispatches a vehicle to pick up the passengers and transport them to their destinations. A demand response operation is characterized by the following : (a) The vehicles do not operate over a fixed route or on a fixed schedule except, perhaps, on a temporary basis to satisfy a special need ; and (b) typically, the vehicle may be dispatched to pick up several passengers at different pick-up points before taking them to their respective destinations and may even be interrupted en route to these destinations to pick up other passengers »*

Ces deux définitions officielles s'accordent donc sur le fait que les itinéraires sont libres et sont fixés selon la demande des usagers. Toutefois, la FTA précise que, le voyage étant partagé, implique des détours, alors que l'APTA ne le précise pas. D'autres petites différences de la sorte existent et montrent la difficulté de définir le TAD aux États-Unis. La question de la souplesse de ces services de transport se pose dans leur définition.

1.1.2 En Europe

En 1985, le Royaume-Uni légifère les taxis collectifs. Mais l'exemple le plus marquant vient de Suisse, qui réforme intégralement sa chaîne de transport public à partir de la révision de la loi sur les chemins de fer en 1996. Cette révision profite au développement du TAD à travers « Publicar » (Favre, 2004) qui est la filiale de transport de la poste suisse.

Le groupe de recherche SAMPO (ses travaux sont diffusés sous les noms de FAMS ou CONNECT) a contribué à diffuser largement une définition du TAD, jusqu'à la rendre commune à toute l'Europe, avec néanmoins de légères variantes d'un pays à un autre. Ainsi les différents projets SAMPO, SAMPLUS et FAMS ont contribué à diffuser la définition suivante : « *Demand Responsive Transport services provide transport "on demand" from passengers using fleets of vehicles scheduled to pick up and drop off people in accordance with their needs. DRT is an intermediate form of transport, somewhere between bus and taxi which covers a wide range of transport services ranging from less formal community transport through to area-wide service networks* » (Grosso et al., 2002). Le TAD apparaît donc comme un transport à mi-chemin entre le taxi et le bus.

1.1.3 La conception française du TAD

Les premiers transports souples apparaissent en 1974 dans les schémas régionaux de transport (GART, 1997). Mais ce n'est qu'en 1982 qu'apparaît juridiquement le TAD avec la loi d'orientation des transports intérieurs (LOTI). Sa définition est précisée par un décret d'application daté du 16 août 1985 : un TAD « *est un service collectif offert à la place, déterminé en partie en fonction de la demande des usagers et dont les règles générales de tarification sont établies à l'avance et qui sont exécutés par des véhicules dont la capacité minimale (4 places actuellement) est fixée par décret (article 26)* ».

La France a développé sa propre conception du TAD, plus ou moins influencée par celles des autres pays. Dans les ouvrages et études consacrés au TAD, celui-ci y est dépeint comme un service intermédiaire combinant « *les avantages du transport collectif classique (bus) et des véhicules individuels (voiture, taxi)* » (Castex, 2007). Le Breton (2001) le définit comme « *un service de mobilité assuré par des taxis ou des minibus dont la particularité est d'être mis en œuvre sur réservation des utilisateurs. Ces systèmes intermédiaires entre la voiture et le transport collectif semblent adaptés aux nouveaux comportements de mobilité quotidienne des citoyens.* »

D'autres définitions insistent sur le caractère de ce transport collectif, précisément orienté vers la qualité de service pour la personne : « *un transport à la demande est un transport terrestre public (associé à un territoire et à une autorité organisatrice des transports), collectif (visant à regrouper les passagers) et individualisé (qui n'est activé que lorsqu'un usager en fait la demande)* » (Josselin, 2002)

1.2 Inscription sociétale du TAD

D'après la base de données des TAD en France, élaborée et constituée par É. Castex (2007), les TAD connaissent un regain d'intérêt au cours des années 90 et voient leur nombre augmenter très rapidement dans les années 2000. Cette hausse s'inscrit dans un contexte particulier que nous allons brièvement exposer ici.

1.2.1 Dépendance automobile contestée

Le courant de pensée du développement durable met un point d'honneur à limiter l'utilisation excessive de la voiture. Celle-ci fut très longtemps « *associée à un sentiment de liberté, de choix, de libération, s'opposant à l'obligation, à la coercition, à la contrainte [...] de là naît un sentiment d'autonomie et de pouvoir sur le temps, absent dans le transport en commun [...] Le système automobile signifie donc depuis toujours libération, puissance, maîtrise du temps et de l'espace.* » (Dupuy, 1995)

Pourtant, cette image s'est nettement dégradée au cours des dernières années, la voiture est devenue synonyme de pollution, de nuisance sonore et de congestion des centres urbains. De plus, la prise de conscience du réchauffement planétaire change les mentalités, si bien que les automobiles sont désormais montrées du doigt comme importante source de gaz à effet de serre, qu'il faut limiter autant que possible.

Par ailleurs, la forte hausse du coût des carburants à la pompe incite également les automobilistes à repenser leurs habitudes et à diminuer leur utilisation de la voiture¹ (MTETM/SESP, 2006) comme cela fut observé, pour la dernière fois, au cours des chocs pétroliers des années 70. Le contexte actuel semble donc favorable à la ré-utilisation des transports en commun pour lutter en partie contre le « tout-automobile ».

¹Source : Ministère des Transports, de l'Équipement et de la Mer, http://www.statistiques.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/SESP_EN_BREF_10_cle2c2b28.pdf

1.2.2 Difficultés des transports en commun actuels

La lutte contre le « tout-automobile » doit être accompagnée de solutions alternatives avec notamment une offre de transports en commun améliorée et en adéquation avec les aspirations des usagers, pour qu'une partie de ceux-ci change de mode de transport.

En effet, l'offre de transport en commun (TC) actuelle n'est pas favorable à un report modal de la part des usagers. Si les TC sont efficaces sur les zones densément peuplées avec des flux importants, il faut cependant reconnaître qu'ils se prêtent mal aux pérégrinations des individus (Orfeuillat, 2000) qui sont devenues particulièrement complexes et étendues avec l'étalement urbain et rendent difficiles la mise en place de lignes fixes. En l'état actuel, seule l'automobile semble capable de répondre aux attentes de la population. Pour la concurrencer, il faudrait que les services de TC augmentent :

- la superficie de leurs zones de desserte ;
- la fréquence de leurs passages ;
- la plage horaire de desserte notamment sur les horaires de frange (très tôt, ou très tard).

De plus, avec l'individualisation des comportements, les usagers manifestent clairement leur exigence en matière d'« immédiateté, d'instantanéité et d'ubiquité » du service (Dupuy, 1995). Or, modifier les réseaux actuels pour satisfaire les usagers entraîne nécessairement des coûts assez élevés pour la collectivité. Encore une fois, le TC classique n'est pas à même de lutter contre la voiture, tandis qu'une forme de transport plus souple telle que le TAD peut concurrencer l'automobile sur ces trois points.

1.2.3 Le contexte environnemental et économique

Le transport public contribue au développement durable et s'inscrit dans une démarche de protection de l'environnement, dans la mesure où la limitation des déplacements unipersonnels et le regroupement de ces mêmes déplacements limitent les émissions de polluants. Ainsi, depuis le début des années 2000 l'on assiste au renouveau du transport public qui provient d'une participation écocitoyenne, d'une amélioration de l'offre et des difficultés récurrentes à se déplacer en agglomération (congestion).

Plus récemment, cette embellie du TC profite également d'un contexte pétrolier particulièrement propice. En effet, entre mai 2007 et mai 2008, le coût du baril de pétrole est passé de 62,50\$ à 124,56\$, soit une augmentation d'environ 102% en un an² ! Bien que

²Chiffres relevés le 14 mai 2008.

l'effet de cette hausse soit atténué dans l'espace Euro en raison d'un change Euro – Dollar particulièrement favorable³, le prix du carburant à la pompe n'a cessé de s'envoler.

Ainsi, dans le même temps, les TC ont vu leur fréquentation augmenter comme c'est le cas pour la SNCF. Pour la seule année 2006, où l'on a assisté aux premières fortes hausses de carburant, le trafic a connu une croissance de 2,7% pour les TGV, de 4% pour les transports en Ile-de-France, de 9,6% pour les TER et de 3,3% pour les Corails intercités⁴.

D'une manière générale, ces deux facteurs, environnemental et économique, incitent les décideurs politiques et institutionnels à promouvoir davantage les transports publics en dépit d'un certain désengagement de l'État dans la politique des transports. Les décisions prises par les collectivités locales en la matière vont d'ailleurs dans ce sens et ont favorisé la poussée des TAD (Castex, 2007) pour les raisons évoquées précédemment :

- les véhicules utilisés pour une desserte sont généralement de faibles gabarits (jusqu'à 8 places) et donc de plus faibles consommateurs de matières premières ;
- les véhicules roulent seulement lorsque cela est nécessaire et donc il n'y a pas d'émission inutile de polluants.

Si les TAD peuvent bénéficier de voiries réservées (sites propres) et être utilisés en masse (regroupement de passagers), leur capacité à réduire les émissions de polluants a été démontrée (Houzet et Josselin, 2004).

1.3 Objectifs et enjeux du TAD

Comme l'indique la LOTI dans son article 1, le TAD contribue au service public de transport en France et participe « à la solidarité nationale , au développement économique et social, à l'aménagement équilibré et au développement durable du territoire [...] ». Proposé en complément des services de TC classique, le TAD s'inscrit à l'extrémité des réseaux qui correspondent aux périphéries des agglomérations, qui sont souvent peu ou mal desservies.

Les caractéristiques maintenant affichées pour parfaire son image indiquent un mode flexible et économique : « *DRT is an intermediate transport mode between conventional bus and taxi transport. Routes and timetables are flexible and the cost of journeys to the customers are or at least should be moderate if compared to the level of service offered* » (Matintupa, 1999).

³1€= 1,54\$ au 14 mai 2008.

⁴Source : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, http://www.transports.equipement.gouv.fr/article.php?id_article=7717

1.3.1 Un service flexible...

Le fait de situer le TAD à mi-chemin entre le taxi et le bus tend à montrer que ce service s'adapte aux souhaits des usagers. La flexibilité ou souplesse peut s'exprimer à différents niveaux qui peuvent être :

- la desserte spatiale : le TAD n'est pas à ligne fixe (du moins dans ses versions les plus évoluées). Les itinéraires empruntés par les véhicules assurant la desserte sont libres et définis manuellement ou optimisés de manière informatique, avec une résolution de tournées (cf. section 2.2) ;
- les horaires : tout comme les trajets ne sont pas fixes, les horaires de prise en charge et de desserte sont, au mieux, optimisés selon les souhaits des usagers ;
- la tarification : celle-ci peut être fixe (un tarif unique pour le voyage) ou définie selon d'autres modes de calcul (au *pro rata* de la distance, tarifs dégressifs appliqués sur les détours acceptés par l'utilisateur pour prendre en charge d'autres clients...).

1.3.2 ...et économe

Une des raisons du succès des TAD auprès des collectivités réside dans son moindre coût de fonctionnement. En effet, comme le TAD n'est pas régulier, celui-ci n'est déclenché que s'il y a besoin. Autrement dit, un TAD ne roule jamais à vide, contrairement à certains véhicules sur des lignes fixes. Les TAD peuvent être sous-traités auprès de compagnies privées ou des artisans taxis pour réduire les charges liées aux frais de fonctionnement et ne payer que les déplacements effectués.

Ces éléments doivent être relativisés par la difficulté (et le surcoût induit) de gestion des emplois du temps des chauffeurs qui doivent être disponibles en cas de besoin, et à l'éventuelle prise en compte des distances à parcourir entre les dépôts des véhicules et la tête de ligne (haut le pied) pouvant contrecarrer l'efficacité de l'optimisation des tournées. Dans ce dernier cas, il est nécessaire de dépasser certains seuils correspondant à des nombres et des localisations de clients tels que l'éloignement des véhicules ne grève pas l'efficacité du service.

1.3.3 Souplesse temps/espace : les clés de l'optimisation

Les différents points abordés montrent l'importance d'optimiser à cause du caractère plus ou moins aléatoire de la demande. Les horaires et les arrêts sont inconnus à l'avance et les lignes sont créées à la volée, d'où le besoin d'introduire des marges temporelles (pour réaliser des détours). Ces marges temporelles jouent notamment sur

la tolérance des usagers à accepter plus ou moins de retards générés par les détours occasionnés pour regrouper les passagers.

Le TAD est donc un transport collectif s'adaptant à la demande des usagers et rationalisant ses coûts de fonctionnement. Ceux-ci sont tributaires et concurrents de la satisfaction des clients. C'est-à-dire que l'optimisation d'un objectif se fait parfois au détriment de l'autre. Pour aider à parachever ces objectifs, la souplesse dans les regroupements (détours et retards) et dans les temps de parcours constitue le meilleur moyen pour fournir de bonnes tournées satisfaisant au mieux les critères économiques, conciliés à l'obligation de services et bénéficiant d'une haute qualité de service.

1.4 Propositions d'améliorations

1.4.1 Les principaux manques des TAD actuels

Il existe selon nous plusieurs freins majeurs à l'utilisation massive du TAD. Le premier réside dans les délais de réservation. En effet, les routes empruntées par les véhicules pour prendre en charge les clients nécessitent des optimisations informatiques préalables. Plus la demande est forte, plus les temps de calcul des tournées sont élevés. Cette faiblesse est à mettre en parallèle avec le manque de flexibilité du service qui constitue lui aussi un frein potentiel à son utilisation. En effet, le TAD trouve écho auprès du public pour sa flexibilité, du moins dans sa version la plus évoluée, telle qu'elle est envisagée dans cette thèse.

Le deuxième frein réside dans les capacités de desserte. Les TAD sont souvent hélas pensés comme des substituts de lignes fixes qui suivent des tracés préétablis n'offrant pas l'ubiquité souhaitée par l'utilisateur quand bien même celle-ci est à la base même d'un TAD. Notons que cette insuffisance venait aussi de la difficulté à optimiser la desserte quand le système subissait une forte montée en charge. Toutefois, les progrès réalisés permettent d'envisager une forte évolution des services, alliant qualité et efficacité économique.

Mais le principal point noir de la difficulté de développement du TAD reste le simple fait qu'ils sont déployés sur des territoires possédant généralement une offre de TC préalable. Ils n'interviennent alors qu'en complément et ne peuvent capter que des flux de faible effectif et de faible amplitude.

1.4.2 Les possibilités offertes par les TIC

Les travaux menés en recherche opérationnelle ont contribué à développer des méthodes et à améliorer les capacités des systèmes informatiques à supporter les montées en charge dans le cadre des problèmes de transport de fret ou de personnes. Ces améliorations ont ainsi permis l'ajout d'objectifs supplémentaires et de nouvelles contraintes, qui constituent la qualité de service au client. On peut penser notamment aux temps de parcours globaux, certes, mais aussi aux temps passés dans les véhicules, aux durées de travail des chauffeurs qui doivent respecter les conventions collectives ou éventuellement limiter les émissions de CO₂ si la taxe « carbone » venait à voir le jour.

Outre la rationalisation des coûts économiques du service permise par l'informatique, on peut aisément imaginer les possibilités offertes par la téléphonie cellulaire et les technologies de géopositionnement (GPS, Galileo). Pourquoi ne pas imaginer un service où le client serait positionné *via* le GPS embarqué dans son téléphone portable et le système informatique déciderait quel véhicule serait détourné pour prendre en charge ce nouveau client ?

Ainsi le rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) devient prépondérant pour assurer un service de qualité, où les coûts sont rationalisés comme la minimisation des distances ou des temps de parcours en tenant compte des chauffeurs, des véhicules disponibles et de leurs capacités.

1.4.3 L'analyse territoriale

Les sciences humaines ont une vision plus globale, voire transversale, des problèmes de déplacement. Tandis que les informaticiens travaillent à la plus grande échelle⁵, les sciences humaines et statistiques permettent de considérer le problème à travers une analyse territoriale, c'est-à-dire de considérer les flux de fret et de personnes à l'échelle d'un territoire.

Comprendre l'orientation des déplacements et l'enchevêtrement logique de ceux-ci (car nous pouvons supposer qu'il existe une structure) permet de faciliter les regroupements de voyages mais également d'offrir une meilleure qualité de service. En définitive, chercher à transporter les personnes se rendant au même lieu revient à éviter nombre de détours préjudiciables et donc à améliorer ostensiblement la desserte (en termes de temps et de retards).

⁵Au niveau du point de chargement/déchargement. Car n'oublions pas que les grandes échelles géographiques représentent les petites choses et pour les petites échelles, c'est l'inverse.

Ainsi cette connaissance en amont permet d'emblée d'introduire des optimisations statistiques et des modèles géographiques qui vont favoriser certains regroupements, augmentant ainsi les taux de remplissage des véhicules tout en minimisant les retards dus à des détours coûteux.

De plus, cette analyse permet de recenser les récurrences dans les dessertes et éventuellement d'anticiper les flux selon des modèles que l'on adapte au fur et à mesure que la connaissance des habitudes de déplacement s'affine. Ce besoin d'analyse statistique soulève la question de la granularité pertinente de recensement et de prise en compte de la demande. En d'autres termes, à quelle échelle comptabilise-t-on les demandes : par commune, par quartier ? Ou alors faut-il demeurer au plus petit niveau, celui du point, de l'arrêt ?

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre les premiers éléments de la thématique et de la problématique de la thèse. Outre la présentation du TAD de manière générale et des différents rôles qui lui sont associés, nous proposons un ensemble d'améliorations pour faire du TAD un véritable mode de transport collectif public capable de concurrencer la voiture en milieu périurbain, où le TAD est bien souvent cantonné, mais aussi en milieu urbain en lieu et place de certaines lignes fixes de transport public insuffisamment fréquentées et donc peu rentables.

Souvent cantonné au rôle de palliatif en bout de réseau, où les TC sont en pénurie, ou encore en milieu rural, où les transports en commun sont quasiment inexistantes, le TAD peut devenir un mode de transport à part entière, concurrent à l'automobile, tout en s'inscrivant dans une démarche de développement durable. Ainsi pour se substituer à la voiture, le TAD doit montrer son efficacité sur les points sollicités par les usagers que sont une meilleure couverture spatiale, une meilleure fréquence et une plus grande accessibilité horaire, tout en restant abordable comme un TC classique.

Pour réunir toutes ces caractéristiques et être efficace, le TAD s'appuie sur les derniers travaux menés en recherche opérationnelle et en sciences humaines que nous allons exposer dans le deuxième chapitre.

Chapitre 2

Quelle approche pour le Transport à la Demande ?

Sommaire

2.1 De l'optimalité d'une solution	32
2.1.1 Un cas représentatif de TAD	32
2.1.2 Quels objectifs ?	33
2.2 Les grands problèmes de tournées	34
2.2.1 Le problème du voyageur de commerce	35
2.2.2 Les problèmes de tournées	36
2.2.3 Besoin de nouvelles instances	42
2.3 Une approche interdisciplinaire du TAD	42
2.3.1 Pluridisciplinarité ou interdisciplinarité : quelle posture ?	42
2.3.2 Une démarche complémentaire	44

Introduction

Différents instituts et équipes travaillent sur la question du TAD. Qu'elles relèvent des sciences humaines, de l'informatique ou de l'aménagement, ces équipes s'attachent généralement à un point particulier de la recherche sur le TAD. Il peut s'agir par exemple de définir des méthodologies de déploiement, ou développer des algorithmes, ou encore étudier l'impact sociétal du TAD.

Ainsi le TAD a suscité l'intérêt des personnes travaillant sur les problèmes de mobilité (Bailly et Heurgon, 2001; Wiel, 2002) et de ceux travaillant sur son impact sociétal comme les membres de *l'Institut pour la ville en mouvement* dont les travaux ont donné lieu à un ensemble de publications (Le Breton *et al.*, 2000; Le Breton, 2001; Ascher, 2002).

D'autres travaux portant sur l'amélioration des systèmes d'aide à la décision sont menés par l'INRETS¹ qui a conduit une thèse sur l'utilisation des systèmes multi-agents pour simuler des TAD (Zargayouna, 2005).

L'état de l'art des recherches en TAD présenté dans ce chapitre vise à comprendre les problèmes techniques qui se posent aux déploiements de services. À cette fin, un exemple représentatif de TAD est tout d'abord proposé en première section. Différentes politiques de desserte illustrent par ailleurs la difficulté des choix d'optimisation.

Concernant l'optimisation proprement dite, un ensemble de méthodes informatiques consacrées au « *dial-a-ride problem* », formalisant le transport de personnes, montre les orientations scientifiques de la discipline. Ces méthodes sont discutées puis classées dans un tableau synthétique, selon les critères pertinents et utiles à notre démarche.

Ainsi les recherches consacrées au TAD sont menées de front par différentes disciplines et donnent lieu à des contributions (pluri)disciplinaires. Il semble opportun de définir plus avant les différences existant entre *interdisciplinarité* et *pluridisciplinarité*, ces deux mots étant souvent, à tort, utilisés comme synonymes.

En dernier lieu, nous passons en revue un ensemble de travaux réalisés par le réseau thématique TADvance, que la présente thèse vient compléter du point de vue méthodologique.

2.1 De l'optimalité d'une solution

2.1.1 Un cas représentatif de TAD

À travers cette section, nous introduisons les concepts d'optimum et d'optimisation dans le cadre d'un problème de TAD classique. Dans l'exemple de la figure 2.1, quatre clients se rendent au même endroit (D) pour le même horaire et nous cherchons une solution pour les transporter.

Selon la politique de desserte appliquée, la solution « optimale » varie en fonction des critères adoptés. Le tableau 2.1 présente trois solutions, chacune optimale pour un objectif plutôt :

- économique : puisque l'utilisation de véhicules supplémentaires engendre un surcoût, nous n'en utilisons qu'un pour prendre en charge tous les clients. Cependant, l'économie réalisée se fait au détriment de la qualité de service. En effet, les

¹Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

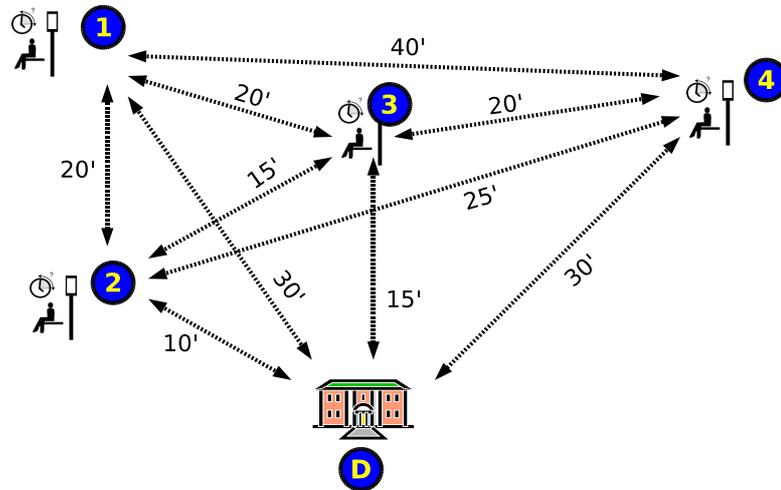


FIG. 2.1: Exemple d'optimisation de TAD : nous cherchons une solution pour acheminer quatre clients se rendant au point D. Les horaires sont cohérents.

retards cumulés sont très grands (70 minutes) par rapport aux temps théoriques de parcours ;

- de qualité de service au client : en affretant trois véhicules, les clients acheminés ne souffrent d'aucun retard, par-contre le cumul des temps de parcours augmente, engendrant une plus forte émission de polluants (CO_2) et le coût économique du service fait plus que tripler (nombre de véhicules plus le carburant) ;
- environnemental : la troisième solution réduit le cumul des temps de parcours (65 minutes) pour limiter l'émission de polluants. Néanmoins, cette solution accuse un léger retard (5 minutes) et nécessite deux véhicules.

2.1.2 Quels objectifs ?

Si nous plaçons ces trois objectifs à égalité et que nous les optimisons concurremment, les trois solutions présentées sont équivalentes puisque chacune d'entre elles maximise (ou minimise) un objectif en particulier. Il appartient finalement à l'AOT (Autorité Organisatrice des Transports) de décider de la solution à mettre en œuvre.

Pour cela, nous proposons d'orienter notre recherche de solutions au TAD en fonction de trois objectifs :

- minimiser le nombre de véhicules : objectif *économique* ;
- minimiser les temps de parcours : objectif *environnemental* ;
- minimiser les retards : objectif de *qualité de service*.

Ces objectifs sont contraints par :

- le nombre de véhicules ;

Objectif à minimiser	Résultats	
Nombre de véhicules « économie »	Séquence d'arrêts	$4 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow D$
	Nombre de véhicules	1
	Perte de temps clients	$r(1) = 0'; r(2) = 0'; r(3) = 35'; r(4) = 40'$ Total = 75'
	Temps de parcours total	$t_{4 \rightarrow 3} + t_{3 \rightarrow 1} + t_{1 \rightarrow 2} + t_{2 \rightarrow D} = 70'$ Total = 70'
Perte de temps clients « qualité de service »	Séquence d'arrêts	$4 \rightarrow D; 3 \rightarrow D; 1 \rightarrow 2 \rightarrow D$
	Nombre de véhicules	3
	Perte de temps clients	$r(1) = 0'; r(2) = 0'; r(3) = 0'; r(4) = 0'$ Total = 0'
	Temps de parcours total	$t_{4 \rightarrow D} = 30'; t_{1 \rightarrow 2} + t_{2 \rightarrow D} = 30'; t_{3 \rightarrow D} = 15'$ Total = 75'
Temps de parcours « environnement »	Séquence d'arrêts	$4 \rightarrow 3 \rightarrow D; 1 \rightarrow 2 \rightarrow D$
	Nombre de véhicules	2
	Perte de temps clients	$r(1) = 0'; r(2) = 0'; r(3) = 0'; r(4) = 5'$ Total = 5'
	Temps de parcours total	$t_{1 \rightarrow 2} + t_{2 \rightarrow D} = 30'; t_{3 \rightarrow 4} + t_{4 \rightarrow D} = 35'$ Total = 65'

TAB. 2.1: Plusieurs solutions optimales au problème de TAD de la figure 2.1, $r(x)$ indique le retard pour x , $t_{x \rightarrow y}$ indique le temps de parcours de x à y . Les temps sont exprimés en minutes.

- les horaires ;
- la tolérance des clients vis-à-vis des retards occasionnés.

Le problème d'optimisation de transport de personnes est bien connu en informatique, qui est mise à contribution pour pallier les très fortes complexités (cf. annexe B) de ces problèmes. C'est l'objet de la section suivante.

Aussi, les méthodes d'optimisation que nous proposons, sont associées au « dial-a-ride problem » qui vise à optimiser les tournées.

2.2 Les grands problèmes de tournées

Dans sa formalisation, le TAD appartient à la famille des problèmes de tournées très étudiés en recherche opérationnelle. Nous ne définissons pas une taxonomie exhaustive des problèmes de tournées étudiés en informatique, mais nous en rappelons les principaux qui ont trait au TAD. Nous commençons par un rappel du problème du voyageur de commerce, qui est à la base de tous les problèmes de tournées.

Pour étudier ces différents problèmes de tournées, nous nous basons nécessairement sur la théorie des graphes (cf. annexe A), où le problème de desserte est représenté

par un graphe G , dont les sommets représentent les différents points de passage du problème.

Soit $G = (S, E)$ un graphe tel que :

- $S = \{x_i\}$, avec $i \leq |S|$, $|S| = p$ le nombre de sommets du graphe G , x_i un sommet du graphe G ;
- $E = S \times S$, l'ensemble des arêtes du graphe G .

2.2.1 Le problème du voyageur de commerce

Le problème du voyageur de commerce (*Travelling Salesman Problem, TSP*), déjà étudié par Kruskal (1956) et Flood (1956), consiste à visiter un ensemble de villes une seule fois en revenant au point de départ, tout en minimisant la distance parcourue. Départ et arrivée de la tournée sont confondus mais ne sont pas fixés préalablement à l'instar de l'exemple de la figure 2.2.1.

Soit F l'ensemble des arêtes empruntées, tel que $F \subset E$ et $p' = |F|$. Soit d_a la longueur de l'arête $a \in F$. L'objectif du TSP est donc :

$$\min \sum_{a \in F}^{p'} d_a$$

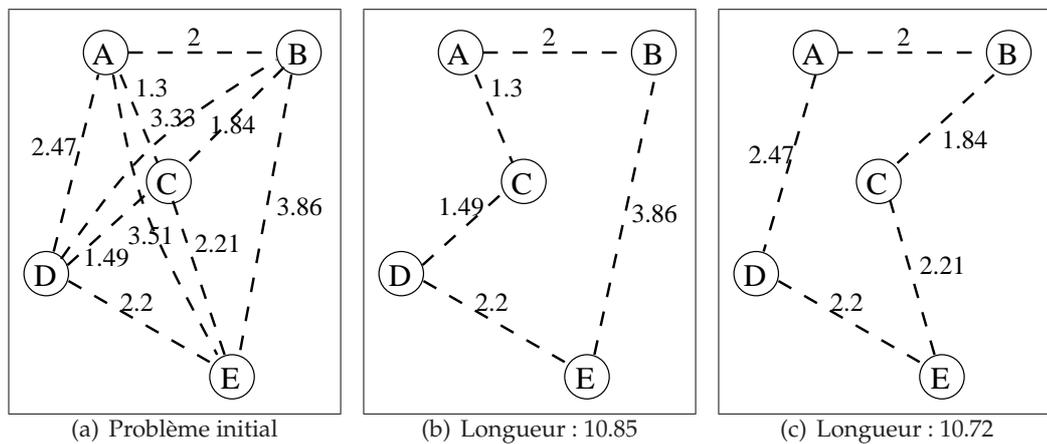


FIG. 2.2: Exemple de TSP avec cinq communes : la tournée (b) n'est pas optimale tandis que la tournée (c) minimise la distance parcourue.

Dans sa forme de base, le TSP ne dispose que d'un seul véhicule (autrement dit un seul chemin), mais l'on peut travailler avec n véhicules. C'est le n -TSP, qui consiste à minimiser la somme linéaire des distances parcourues par chacun des n véhicules $v \in V$ (V est l'ensemble des véhicules) qui se partagent la visite de l'ensemble des villes :

$$\min \sum_{v \in V} \sum_{a \in F} d_a$$

Le TAD est d'un niveau de complexité plus grand puisque les clients montent dans le véhicule à un arrêt pour descendre à un autre et que la qualité de service entre en ligne de compte.

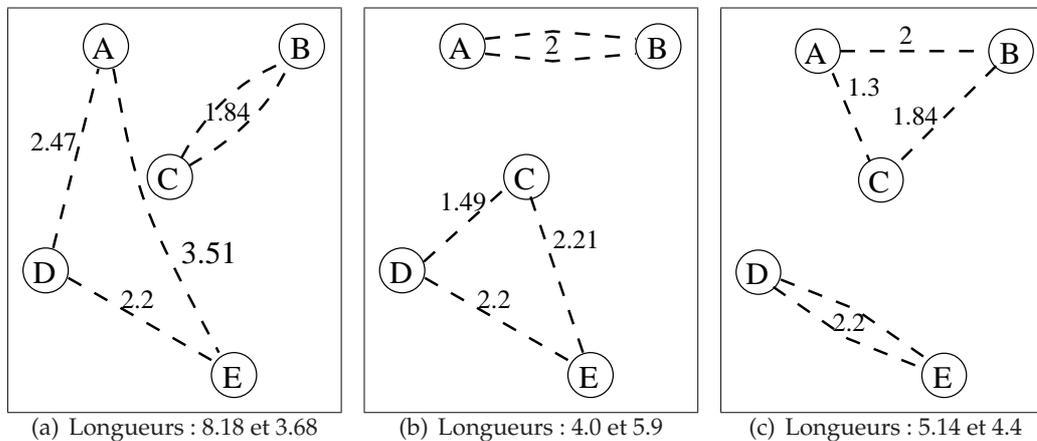


FIG. 2.3: Exemple de 2-TSP avec cinq communes (A, B, C, D et E) : la tournée (c) est optimale car elle minimise la somme linéaire des distances parcourues par les deux véhicules.

2.2.2 Les problèmes de tournées

Pourtant très étudiés en informatique à en juger l'importante littérature consacrée à leurs sujets, les problèmes de tournées ne disposent pas de définitions académiques génériques. Cependant, trois problèmes semblent constituer l'essence même des problèmes de tournées et de leurs variantes, transportant marchandises ou individus, applicables au TAD. Ces problèmes, souvent assimilés au *Dial-a-Ride Problem* (DARP) pour le transport de personnes, ou encore au *Pick-up and Delivery Problem* (PDP) pour les marchandises, se différencient en problèmes plus spécifiques répondant à des objectifs précis sous contraintes.

Ainsi, une première généralisation des problèmes de tournées a été proposée par Savelsbergh et Sol (1995), qui classe le DARP comme un sous-problème du *General Pick-up*

and Delivery Problem qui cherche les meilleures tournées sans correspondance répondant à un ensemble de requêtes de transport, chacune étant définie par sa charge, son origine et sa destination. De cette définition générale découlent trois sous-problèmes, très étudiés en informatique et en recherche opérationnelle :

1. Le *Pick-up and Delivery Problem*, où chaque requête de transport spécifie une origine et une destination uniques et où tous les véhicules partent et reviennent en un dépôt central ;
2. Le *Vehicle Routing Problem* (VRP), qui est un PDP dans lequel toutes les origines ou toutes les destinations se confondent avec le dépôt central ;
3. Le *Dial-a-Ride Problem*, qui est quant à lui, un PDP où l'on considère des personnes, i.e. d'un point de vue formel, une charge à transporter vaut 1 et cette charge peut avoir un rôle dans la recherche d'optimalité (qualité de service pour le voyageur).

Une fois cette taxonomie de base établie, les variantes possibles de ces sous-problèmes se distinguent notamment dans les contraintes posées à la résolution : nombre et capacités des véhicules (contraintes physiques inviolables), temps de parcours et de desserte (contraintes temporelles, potentiellement transgressables selon la tolérance octroyée). Ces tolérances suggèrent la mise en place de fenêtres de temps : des marges temporelles situées sur les prises en charge et/ou dessertes, ou sur le parcours total, qui offrent aux véhicules une tolérance dans la réalisation de leurs parcours, comme par exemple le VRP *with time windows* (Bräysy et Gendreau, 2005). Puis viennent toutes les considérations relevant de la qualité de service, c'est-à-dire les souhaits exprimés par le client, comme le temps qu'il est prêt à accorder à son voyage. Ces considérations permettent éventuellement des détours pour prendre en charge d'autres marchandises ou clients, jouant sur l'élasticité des fenêtres de temps et sur les temps de parcours ou délais de livraison souhaités. Regardons maintenant plus en détail le transport de personnes que constitue le DARP, qui est à la base du TAD.

Le Dial-a-Ride Problem

Le DARP consiste en l'organisation et la conception de tournées de véhicules pour n utilisateurs requérant chacun leur propre lieu de prise en charge et leur propre lieu de desserte. Dans sa version de base, le DARP est résolu avec une flotte de véhicules identiques, ayant tous les mêmes caractéristiques et le même dépôt. L'objectif de ce problème consiste à planifier une tournée en répondant au mieux aux souhaits des usagers (qualité de service, durées des courses) tout en minimisant les coûts de fonctionnement

(nombres de véhicules et de chauffeurs nécessaires...). Un exemple classique d'utilisation est le service de transport de personnes de « porte-à-porte » (Diana et Dessouky, 2004), où la recherche opérationnelle peut aider à parachever ces objectifs en fournissant des solutions fiables à coûts réduits.

Dans le cadre de notre étude, nous ne considérons pas les dépôts des véhicules. Il ne s'agit pas là d'une volonté de simplifier le problème, mais il faut bien comprendre que le TAD ne fonctionne pas comme un transport de type ambulance qui revient systématiquement à son hôpital de rattachement. En effet, les véhicules peuvent demeurer au dernier arrêt desservi en attendant la prochaine course. De plus, si nous tenons compte des densités des demandes de transport, nous pouvons envisager que les zones de desserte correspondent également à des zones de départ. Aussi, le concept de dépôt ne constitue pas un élément clé de notre application. Également, se pose le problème du prépositionnement des véhicules qui constitue une recherche en soi et que nous ne traitons pas dans cette thèse.

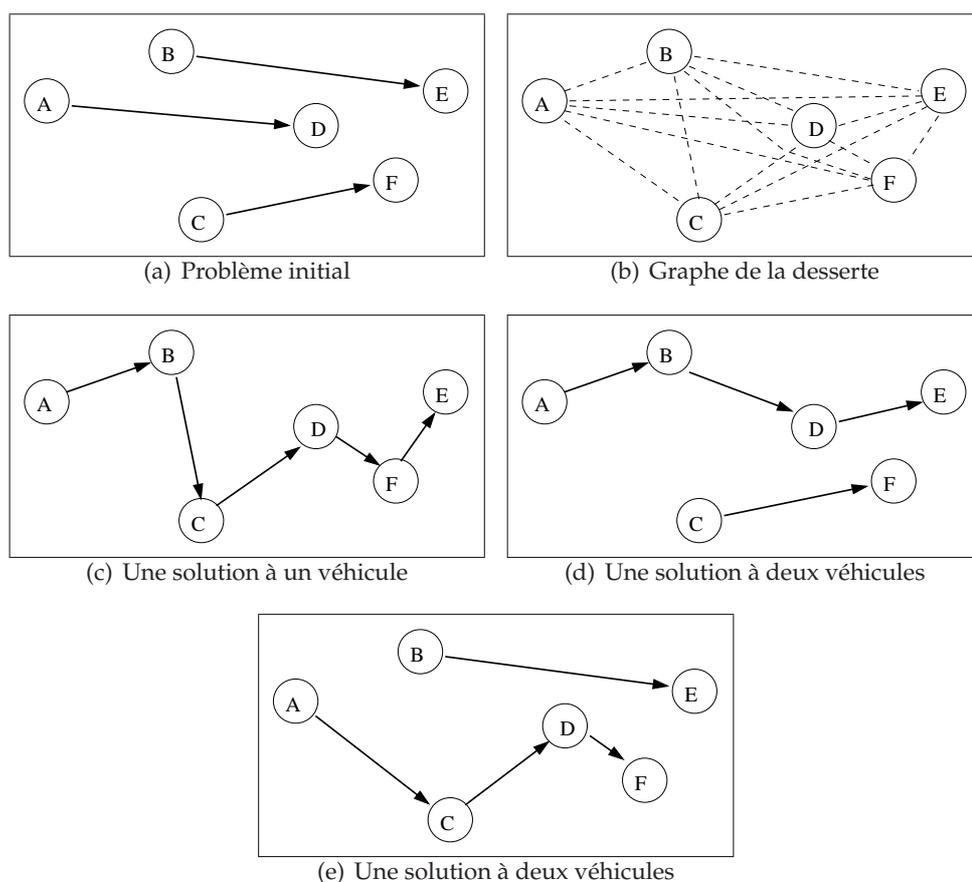


FIG. 2.4: Exemple de DARP avec trois demandes : $A \rightarrow D$, $B \rightarrow E$, $C \rightarrow F$.

D'un point de vue conceptuel, le DARP généralise certains problèmes de tournées, comme le *Pickup and Delivery Vehicle Routing Problem* (PDVRP), où le service effectue des prises en charge et des dessertes tout le long du parcours, ou encore le *Vehicle Routing Problem with Time Windows* (VRPTW), où des fenêtres de temps, de tailles variables, existent en chaque point de la tournée (Desrosiers *et al.*, 1995; Desaulniers *et al.*, 2002). Une description de ces problèmes est fournie dans (Cordeau et Laporte, 2007), mais globalement ces problèmes sont des spécialisations du DARP en introduisant des contraintes sur les prises en charge et dessertes le long du parcours et sur les fenêtres de temps correspondantes.

En outre, ce qui différencie le DARP des autres problèmes de tournées, c'est la prise en charge d'individus qui pose de nouvelles conditions à la résolution des problèmes, notamment pour réduire les contraintes et inconvénients imposés au voyageur. Cette nouvelle donne conceptuelle doit pourtant trouver un équilibre avec la réduction des coûts de fonctionnement. Le DARP correspond donc à la recherche de l'équilibre entre deux objectifs contradictoires : minimiser les coûts d'une part, et satisfaire au mieux le client d'autre part. C'est d'ailleurs la principale particularité d'un DARP, à savoir intégrer des critères de qualité de service (*Quality of Service*, QoS) dans la recherche de l'optimum.

Les services de type DARP fonctionnent soit en mode statique, soit en mode dynamique. Dans le premier cas, toutes les requêtes de transport sont connues à l'avance, permettant ainsi une bonne optimisation du problème, tandis que dans le second cas, les requêtes sont connues au fur et mesure, et les tournées sont adaptées en temps réel pour prendre en compte ces nouvelles demandes. Dans la pratique, il est vraiment très rare d'avoir un service totalement dynamique, plus délicat à optimiser. Généralement, les demandes sont connues à l'avance pour trouver de meilleures tournées.

La résolution du DARP prend également en compte les capacités des véhicules de la flotte, qui est généralement hétérogène. Une des considérations majeures dans ces problèmes est de trouver la flotte la plus adaptée en terme de quantité de véhicules requis d'une part, et de maximiser les taux de remplissage de ces véhicules d'autre part. Ces deux objectifs vont souvent de paire, mais il faut parfois trouver un compromis entre les critères considérés. Par exemple, les critères de qualité de service regroupent les temps des courses, les distances parcourues, les temps d'attente, les temps passés dans le véhicule pour chaque client...

Plusieurs modèles mathématiques existent, notamment celui de Cordeau (2006) et celui de Ropke *et al.* (2006) décrivant formellement les contraintes et les objectifs à atteindre.

Le tableau 2.2 donne une vue synthétique des algorithmes de résolution du DARP :

- des méthodes exactes, qui fournissent les *meilleures solutions* comme :
 - l'énumération exhaustive des solutions, consistant à étendre un l'ensemble des solutions de manière incrémentale ;
 - les procédures de recherche arborescente (recherche récursive sur graphes) de divers types, telles que « Branch-and-Cut » qui élague dans l'arbre de recherche les mauvaises branches de solutions.
- des heuristiques, qui cherchent de *bonnes solutions* telles que :
 - les méthodes inspirées de la nature, comme les algorithmes génétiques (génération d'ensembles de solutions successifs par analogie avec les principes de sélection naturelle de Darwin (1859)) ;
 - les méthodes de voisinage, comme la recherche tabou (recherche locale avec interdiction temporaire de retour arrière).

Cette synthèse est bâtie sur l'état de l'art de Cordeau et Laporte (2007) et étendue notamment avec la contrainte géographique (*Géo* : formes des tournées et polarisation du territoire (cf. chap. 3)).

Comme le montre ce tableau, l'introduction d'éléments géographiques n'est pas prise en compte. En effet, à l'exception de (Chevrier *et al.*, 2006a; Garaix *et al.*, 2006) la plupart des méthodes recensées dans ce tableau sont pensées pour résoudre des instances de tests, admises au sein de la communauté comme celles de Solomon (1987). C'est pourquoi nous proposons dans cette thèse d'utiliser des instances réalistes construites sur un espace non-isomorphe et anisotrope, en fonction de ses caractéristiques territoriales (flux, densités probables des demandes, matrices origines-destinations).

Références	Statique/ Dynamique	Objectifs		temps de parcours	Multi-Contraintes			K	Géo	Typologie
		mono	multi		TW	$ V = 1$	$ V = n$			
(Psaraftis, 1983)	S	1				X		F		a,b
(Desrosiers <i>et al.</i> , 1986)	S	1			X	X		F		a,b
(Bodin et Sexton, 1986)	S		2					F		c. Itère entre des phases de routage et d'organisation
(Dumas <i>et al.</i> , 1989; Desrosiers <i>et al.</i> , 1991; Ioachim <i>et al.</i> , 1995)	S		4,5				X	D		c. Création de sous-groupes. Regroupement par génération de colonnes. Phases d'organisation.
(Borndörfer <i>et al.</i> , 1997)	S		6	X	X		X	D		c,d
(Teodorovic et Radivojevic, 2000)	D		9		X		X	D		e
(Cordeau et Laporte, 2003)	S		3	X (+courses limitées)	X		X	D		c. Recherche tabou avec insertions de sommets.
(Diana et Dessouky, 2004)	S		7	X (+temps d'attente)	X		X	D		c
(Rekiek <i>et al.</i> , 2006)	S		4		X		X	D		f
(Xiang <i>et al.</i> , 2006)	S		8	X (+courses limitées + temps de travail)	X		X	D		c. Insertions, correspondances. Solutions diversifiées.
(Cordeau, 2006; Ropke <i>et al.</i> , 2006)	S		3	X (+courses limitées)	X		X	D		a,d
(Chevrier <i>et al.</i> , 2006a)	S		4	X (+courses limitées)	X		X	D	11	f
(Coslovitch <i>et al.</i> , 2006)	D		10		X		X	D		Insertions sur les services en cours.
(Garaix <i>et al.</i> , 2006)	S		3		X		X	D	12	c
(Jørgensen <i>et al.</i> , 2007)	S		9		X		X	D		c, f

TW. *time windows*, fenêtres de temps.

v. Nombre de véhicules (1 ou n).

K. Capacités des véhicules (fixes (F) ou différenciées (D)).

Géo. Éléments géographiques.

1. Minimiser le temps de la course.

2. Minimiser la somme pondérée des différences entre les temps de parcours désirés et effectifs.

Minimiser la somme des différences entre les temps de desserte désirés et effectifs.

3. Minimiser la longueur totale du parcours.

4. Minimiser le nombre de véhicules.

5. Minimiser le temps de parcours total.

6. Minimiser les coûts opérationnels (chauffeurs et véhicules).

7. Minimiser une combinaison pondérée de distance, de temps d'attente par véhicule et de dépassement sur le temps de parcours global.

8. Minimiser une combinaison linéaire de coûts variables et fixes de véhicules et chauffeurs.

9. Minimiser une combinaison linéaire de temps (parcours, travail, dépassements).

10. Minimiser l'insatisfaction du client.

11. Formes des tournées, polarisation du territoire.

12. Formes des tournées utilisées en post-optimisation

a. Exact.

b. Énumération exhaustive : construction incrémentale de l'ensemble des solutions à partir d'un sous-ensemble.

c. Heuristique.

d. Branch-and-cut.
soumis à conditions.

e. Insertions séquentielles de requêtes.

f. Algorithme génétique (cf. section 5.2)

TAB. 2.2: Méthodes de résolution du DARP

2.2.3 Besoin de nouvelles instances

Pour comparer les méthodes d'optimisation du DARP les unes aux autres et mesurer leur efficacité, leurs auteurs utilisent généralement les instances de Solomon ou d'autres, qui sont des ensembles de points distribués sur des plans isomorphes (distances exprimées à « vol d'oiseau »).

Du point de vue géographique, cette représentation est limitée, pour plusieurs raisons :

- les distances à « vol d'oiseau » ne portent pas les informations telles que la rugosité de la route ou le dénivelé qui auront des impacts très forts sur les temps de parcours entre ces points ;
- l'apparition des demandes n'est corrélée à aucun modèle décrivant les flux de transport ou de fret, alors que les origines et les destinations désignées par les usagers ne sont pas chaotiques.

Agir sur ces limites, et plus particulièrement la seconde, permettrait d'anticiper les demandes et donc les flux, et de fournir une optimisation ad-hoc, appropriée aux instances observées.

Les modèles géographiques décrivant les flux de personnes et/ou de marchandises font l'objet du chapitre 3. À partir de ceux-ci, l'on peut définir de nouvelles méthodes originales d'optimisation de TAD.

2.3 Une approche interdisciplinaire du TAD

Les arguments avancés nous invitent à concevoir une démarche interdisciplinaire, alliant les concepts et les éléments méthodologiques des disciplines informatique, géographique et statistique.

2.3.1 Pluridisciplinarité ou interdisciplinarité : quelle posture ?

La nécessité de sortir du cloisonnement disciplinaire et le besoin de créer des liens entre les disciplines se sont manifestés au cours des années 50 (Nicolescu, 1996).

En effet, dans les recherches académiques menées par plusieurs disciplines travaillant conjointement autour de la même thématique ou du même objet, les approches développées peuvent être radicalement différentes.

Pour caractériser les différences entre ces approches, nous considérons un objet « bi-disciplinaire », donc étudié par deux disciplines. Si chacune d'entre elles travaille isolément sur le même objet, ou échange ses problèmes pour que l'autre les résolve, nous sommes dans un cadre pluridisciplinaire. Alors que dans le cas où les mêmes disciplines travaillent conjointement, chacune apportant ses compétences, pour trouver une solution à un problème situé directement à leur interface, nous sommes dans ce cas-là, dans une démarche interdisciplinaire. Dans le cadre des TAD, une première réflexion sur ces concepts a été produite par Josselin (2004).

Pluridisciplinarité

Basarab Nicolescu (1996) écrit dans son manifeste que « *La pluridisciplinarité concerne l'étude d'un objet d'une seule et même discipline par plusieurs disciplines à la fois* » mais que « *sa finalité reste inscrite dans le cadre de la recherche disciplinaire.* »

Si l'objet d'étude concerne plusieurs disciplines (fig. 2.5), chacune d'entre elles apporte sa contribution à cet objet, mais il n'y a pas de retour méthodologique d'une discipline à l'autre. En effet l'objet d'étude est la finalité des recherches menées et se situe en position de simple interface.

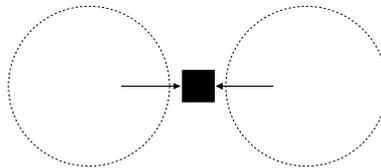


FIG. 2.5: Vue synthétique de la pluridisciplinarité. Le carré est l'objet d'étude des disciplines représentées en cercles pointillés et les flèches sont leurs contributions.

Interdisciplinarité

Dans le même manifeste, Basarab Nicolescu 1996 indique que l'interdisciplinarité « [...] concerne le transfert des méthodes d'une discipline à l'autre ».

Si l'objet d'étude se positionne à la croisée des disciplines et pas simplement en tant que simple interface ou passerelle disciplinaire, la recherche est menée dans la pluralité, qui, outre de contribuer à l'objet d'étude, enrichit chaque discipline d'éléments thématiques et méthodologiques de sa consœur (fig. 2.6).

Les algorithmes dits « *inspirés de la nature* » en sont un éclatant résultat, car pour résoudre des problèmes complexes, les informaticiens se sont inspirés du vivant (biolo-

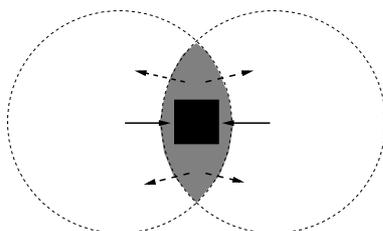


FIG. 2.6: *Vue synthétique de l'interdisciplinarité. Le carré est l'objet d'étude des disciplines représentées en cercles pointillés, les flèches pleines sont leurs contributions et celles pointillées indiquent les retours méthodologiques.*

gie, génétique, neurologie...) pour s'imprégner de leurs thématiques et insuffler de nouvelles méthodes algorithmiques, cette fois stochastiques, capables de prouesses plus difficilement réalisables avec les algorithmes exacts (Holland, 1975; Dorigo, 1992; Ferber, 1995).

C'est justement ce positionnement scientifique que nous adoptons pour le déroulement de cette recherche et pour les développements et expérimentations qui en sont directement issus : nous injectons la notion même de territoire (structure, populations, flux...) dans la méthodologie informatique, et l'optimisation enrichit la compréhension des systèmes territoriaux sur lesquels fonctionnent les TAD.

2.3.2 Une démarche complémentaire

Le réseau thématique TADvance travaille depuis bientôt dix ans sur la thématique des TAD et a lui aussi contribué à son développement. Ce réseau multi-sites (Avignon, Montbéliard, Besançon, Dijon, Strasbourg, Lille) réunit des chercheurs en géographie et en informatique, dont les réalisations portent sur différents aspects :

- le territoire (Banos et Josselin, 2000) ;
- la relation entre le territoire, les temporalités et la forme du TAD (Castex et Josselin, 2007) ;
- la recherche fondamentale sur les concepts de TAD (Josselin et Genre-Grandpierre, 2005) ;
- la prise en compte de la qualité de service dans les TAD (Garaix, 2007) ;
- le dépôt de logiciels spécifiques (ReSAD₂, GaleopSys) et le déploiement de TAD fonctionnels, tels que les TAD Evolis-Gare, TADou, Modulobus-Noël, Mod'Gen² mis en place et déployés en collaboration avec des collectivités territoriales.

²Ces développements ont été réalisés avec la société ProRentSoft : <http://www.prorentsoft.com>

De plus, les travaux menés par TADvance ont abouti à la publication de plusieurs thèses (Banos, 1999; Thevenin, 2002; Bolot, 2006; Castex, 2007; Garaix, 2007). La thèse présentée ici vient compléter les travaux réalisés préalablement.

Contexte de travail

Ces éléments sur l'interdisciplinarité ne sont pas anodins, car ils permettent de prendre la mesure de l'intérêt de travailler avec plusieurs acteurs sur un même sujet. En effet, cette contribution au TAD s'est articulée autour de partenaires scientifiques, certes, mais aussi institutionnels comme la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard. À ces premiers partenaires, il faut ajouter tous les différents intervenants ayant pris part aux différentes expérimentations ou services, notamment la société Pro-RentSoft, qui a assuré l'essentiel de la logistique.

Dans ce cadre opérationnel, mon rôle ne s'est pas limité à une simple consultance scientifique sur la méthode informatique, mais a bel et bien consisté à prendre part au service directement en régie, en assurant le bon fonctionnement algorithmique du moteur d'optimisation, avec des données et des clients réels.

Ce contexte de recherche interdisciplinaire et d'action opérationnelle confère à cette thèse un caractère particulier, et la situe dans un domaine à l'interface entre les sciences de la société et les sciences exactes, la géographie et l'informatique : la géomatique (Laurini, 2001).

Conclusion

Cette revue des différentes disciplines se consacrant au transport de personnes et au TAD donne l'image de recherches cloisonnées qui gagnent à s'imprégner des travaux réalisés de part et d'autre. L'un des objectifs de la thèse réside bien là : insuffler des éléments méthodologiques des SHS et des statistiques pour améliorer l'optimisation d'un TAD, telle qu'elle est proposée habituellement en recherche opérationnelle.

Nous avons vu les travaux menés en SHS d'une part et en recherche opérationnelle d'autre part. Ainsi, les premières se consacrent davantage aux impacts sociétaux du TAD, à ses besoins, à ses objectifs, à son organisation spatiale et à son déploiement, tandis que la seconde se penche plus concrètement sur l'optimisation des tournées des véhicules pour assurer un service efficace de transport de personnes, notamment à travers les algorithmes de résolution du DARP.

Les insuffisances relevées pour chacune des disciplines en matière de TAD, soulignent le manque d'échange entre elles en dépit de la pluridisciplinarité pouvant exister. C'est donc dans une démarche interdisciplinaire que nous proposons une méthode visant à concilier les travaux des disciplines informatique et géographique, notamment à travers l'utilisation de la convergence issue du caractère polarisé du territoire.