

Collecter et gérer les déchets

- 06 La préparation des tournées de collecte ou de livraison et son contenu mathématique**
- 08 Risques professionnels dans les nouveaux métiers de la valorisation**
- 10 Evaluer les risques pour mieux gérer les déchets**

La préparation des tournées de collecte ou de livraison et son contenu mathématique

La préparation d'une tournée de collecte (déchets) ou de livraison (presse, alimentaire, etc.) est un fait commun pour de nombreuses entreprises, et une multitude de logiciels du commerce, souvent fort complexes et très coûteux, permettent d'y aider. Nous nous interrogeons ici sur la nature de la question posée : est-ce la bonne approche ?

Beaucoup de logiciels sont maintenant disponibles dans le commerce pour aider à la préparation d'une tournée, de collecte ou de livraison. Typiquement, un tel logiciel prendra en entrée les points où l'on doit s'arrêter, incorporera diverses contraintes (temps maximum de conduite, par exemple) et donnera en sortie une feuille de route : liste des directions à prendre, ordre des arrêts, horaires de passage.

Le GPS (*Global Positioning System*) fournit déjà une partie de ces fonctionnalités : étant donné un point A de départ et un point B d'arrivée, il

indique « le meilleur » chemin pour aller de l'un à l'autre, en utilisant une cartographie interne. Mais la préparation de tournées requiert un ingrédient supplémentaire : dans quel ordre faut-il assurer les arrêts ? Cette question n'est nullement une évidence et elle influe beaucoup sur le résultat final : suivant que l'on choisit un ordre ou un autre, le temps total diffère considérablement.

Il y a donc, dans tout ceci et derrière le GPS, une part d'optimisation mathématique. Il est intéressant de voir en quoi elle consiste et si elle peut être améliorée. Notre objectif, ici, ne sera pas de « disséquer » les logiciels pour voir si, oui ou non,

ils ont une approche mathématique approfondie, mais, de manière plus grossière, comment on peut s'y prendre pour incorporer de manière satisfaisante les diverses contraintes.

UNE TOURNÉE C'EST BEAUCOUP DE POINTS DE RAMASSAGE...

A la différence de ce que l'on demande au GPS dans un véhicule, un logiciel de préparation de tournée n'a pas besoin de fonctionner en temps réel. S'il met quelques minutes, voire une demi-heure, pour préparer une tournée comportant des centaines, voire des milliers de points de passage, cela reste acceptable : on prépare la tournée la veille au soir.

La complexité du problème est en général considérable. Prenons, pour fixer les idées, une tournée de 1000 points de livraison ; il y a en théorie 1000 ! ordres possibles. A raison d'un milliard d'opérations par seconde, il faudrait plus de 10^{2500} siècles pour les énumérer tous. C'est infaisable en pratique. Bien sûr, beaucoup de ces ordres sont totalement absurdes, et il faut les éliminer, mais l'ordinateur ne peut le savoir que si on le lui dit.

... ET DE CONTRAINTES

Outre le nombre élevé de manières de ranger les points de livraison, apparaissent des contraintes : certaines rues ne sont pas utilisables, certains points ont des horaires imposés, d'autres des horaires exclus. Les chauffeurs ne sont dispo-



Cédric DR

nibles qu'à certaines heures, et ont un temps maximal de conduite. La prise en compte de toutes ces contraintes représente une difficulté supplémentaire. Elles varient du reste d'un jour à l'autre et ne sont pas forcément totalement prévisibles (par exemple : les horaires des chauffeurs peuvent varier).

Enfin, chose étonnante pour un mathématicien, on ne sait pas très bien quoi optimiser. Est-ce la longueur du trajet, ou bien le temps total de conduite que l'on cherche à minimiser ? Ce n'est pas du tout le même problème !

UN OPTIMUM QUI RESTERA TOUJOURS INDÉTERMINÉ

Présenté sous forme mathématique, le problème apparaît donc d'une formidable complexité : les données sont mal définies, variables, et on ne sait pas exactement ce que l'on cherche. Le problème théorique le plus simple, relier des points dans un plan par un chemin de distance minimale, s'appelle « problème du voyageur de commerce » et il n'a pas reçu, à ce jour, de solution théorique satisfaisante : encore moins, bien sûr, pour un problème réel avec contraintes réelles. Beaucoup d'études sont en cours sur ces questions ; mentionnons en particulier des travaux récents menés par le département de mathématiques, Université de Poitiers.

Mais, à réfléchir au problème dans son ensemble et aux contraintes qu'il comporte, on se dit, dans ces conditions, que la recherche d'un « optimum » est clairement hors de portée, et qu'il faut travailler dans d'autres directions.

Les logiciels du commerce, remarquons-le, procèdent de manière grossière. Ils définissent un trajet « acceptable » à partir de quelques points simples, et y incorporent progressivement des contraintes supplémentaires. Eventuellement, ils procèdent à des comparaisons (permuter deux points de livraison et voir si l'on obtient une meilleure solution). Mais le résultat sort d'une « boîte noire » et il n'y a pas de moyen de savoir s'il est le meilleur possible, ou bien si l'on est loin d'un optimum. Confrontés au même problème, deux logiciels différents parviendront souvent à des solutions radicalement différentes ; l'un sera meilleur dans un cas et l'autre dans un autre. En fait, il n'existe pas, dans un logiciel du commerce, de « mesure » de la qualité de la solution.

Abandonnons donc (c'est dur, pour un mathématicien !) l'idée de trouver un optimum, et contentons-nous de la recherche d'une Solution grossière satisfaisante (SGS) : on fixe un certain nombre de contraintes (par exemple, effectuer la totalité de la tournée en moins de 4 heures, ou bien avec seulement 22 chauffeurs, etc.) et on accepte la première solution qui satisfait ces contraintes : qu'importe si elle est la meilleure, puisqu'elle nous satisfait ?

MASTER « MODÉLISATION MATHÉMATIQUE ET ANALYSE STATISTIQUE »

A la rentrée 2008, l'Université de Poitiers met en place le master « modélisation mathématique et analyse statistique », une formation en deux ans d'ingénieurs mathématiciens (bac+5) polyvalents. L'admission se fait sur la base d'une licence de mathématiques, et la formation comporte un stage en entreprise de 4 à 5 mois.

Les entreprises souhaitant participer à la préparation de ce master peuvent contacter : marc.arnaudon@math.univ-poitiers.fr

TROUVER LA SOLUTION GROSSIÈRE SATISFAISANTE...

Cette voie de recherche, axée sur la SGS, représenterait une amélioration par rapport à ce que donnent les logiciels du commerce, parce qu'elle permet de bien voir quelles sont les contraintes qui conditionnent tel ou tel type de solution : si l'on accepte 15 minutes supplémentaires, par exemple, on parvient facilement à passer à tel ou tel endroit, ce que les logiciels existants ne permettent pas d'analyser (ce sont des boîtes noires, nous l'avons déjà dit).

A ce stade, il est important de bien réfléchir aux objectifs réels de l'optimisation de tournée. Ce ne sont pas nécessairement ceux que nous avons vus plus haut : temps minimal ou coût minimal. Ceux-là sont des objectifs immédiats, apparents, mais pas nécessairement justifiés.

Prenons l'exemple du ramassage des déchets ménagers. Il se fait bien sûr avec des bennes, et il faudra incorporer la capacité des bennes dans les contraintes du problème (une fois la benne pleine, elle doit se rendre à la station de traitement). Le problème est donc d'abord : combien de bennes faut-il, et ensuite seulement : par où faut-il qu'elles passent ? Le problème semble être d'abord de déterminer le nombre total de véhicules nécessaires.

Mais en vérité, l'exploitant du réseau de collecte des déchets a généralement un contrat annuel, ou pluriannuel, avec la ou les communes concernées. Il est propriétaire ou locataire de ses bennes. Ce qui nous intéresse n'est donc pas directement le nombre de bennes concernées par telle ou telle situation, mais la meilleure manière d'utiliser les bennes qu'il possède.

En d'autres termes, et l'on voit l'intérêt de manière évidente, si on lui dit : « Monsieur, l'exploitation dans la commune A requiert de manière optimale 7 bennes », il est content. Mais il est encore plus content, dix fois plus content, si on lui dit, « avec dix bennes, vous ferez la commune A le matin et la commune B l'après-midi ». Ce qui nous intéresse en vérité, c'est le coût annuel (ou pluriannuel) de possession de son système de collecte, et le meilleur usage qu'il peut en tirer en termes d'exploitation.

... EN S'INTÉRESSANT AUX VRAIES CONTRAINTES

Sous cette forme, le problème est rarement abordé, il faut bien le dire. Les exploitants ont souvent tendance à mettre en œuvre un logiciel qui réalise, tant bien que mal, la configuration « finale » de la tournée. La question n'est pas posée avec le bon niveau de généralité. On se concentre sur une question, certes difficile, mais qui n'est pas la bonne. Si la préoccupation est d'utiliser les bennes ou les camions à tel endroit le matin, à tel autre l'après-midi, on n'est vraisemblablement pas à dix minutes près, ni le matin, ni l'après-midi : on peut donc se permettre des trajets choisis grossièrement ; par exemple, je divise ma ville en huit portions égales, j'envoie une benne dans chacune et je parcours chacune dans le sens Est-Ouest puis dans le sens Nord-Sud (ou n'importe quelle solution grossière de ce type). Du reste, on le voit bien sur cet exemple, une précision de dix ou quinze minutes est totalement illusoire, du fait des travaux, des encombrements, des difficultés de toute sorte.

On a ainsi complètement déplacé le thème de recherche : plutôt que de faire une recherche précise sur un problème complexe, mais aux contours flous, on décide que, quoi qu'on fasse, on ne parviendra jamais à tout contrôler dans la gestion du processus. Cela signifie que l'on se dit, par exemple, que la tournée prendra entre quatre et cinq heures, selon les circonstances. On admet cette imprécision, qui est considérable, sans chercher à la réduire par des arguments factices, et on cherche une meilleure organisation (ici le matin, là-bas l'après-midi) qui permet une meilleure rentabilité.

Nous voyons ici apparaître un mode de pensée tout à fait différent : on admet, dès le début, la présence d'incertitudes, sur les données comme sur les objectifs, et on admet que, du fait de ces incertitudes, la recherche d'une solution fine et exacte est illusoire. Les outils nécessaires deviennent différents : il leur faut apporter des réponses grossières à un problème grossier, mais suffisamment vite pour que l'on puisse recommencer ; ces outils doivent, en outre, donner des indicateurs quantitatifs permettant les comparaisons (nombre de bennes, temps total, etc.).

La recherche n'est plus sur la tournée elle-même, elle porte désormais sur l'organisation du travail, ce qui est infiniment plus efficace.

Bernard BEAUZAMY

PDG

Société de Calcul Mathématique S. A.

Membre du réseau CNRI

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

BEAUZAMY (B.) et ZEYDINA (O.) – *Méthodes probabilistes pour la reconstruction des données manquantes*, Edition de la SCM S.A. – (2007)