

Société de Calcul Mathématique SA

Outils d'aide à la décision



Mise en place de modèles robustes
pour l'organisation des tournées d'intervention

Analyse critique

Rapport adressé à ERDF

par la

Société de Calcul Mathématique SA

ref.: protocole MC2I SCM du 08/12/2014

Dans le présent rapport, comme demandé par ERDF, nous réalisons une analyse critique du document qui nous a été remis ; nous ferons ensuite des suggestions pour la définition de modèles plus robustes.

I. Analyse critique du document Rapport Cooptech V1.0.docx

Ce document vise à fournir à ERDF de nouveaux outils mathématiques pour la planification des tournées d'intervention ; les outils existants sont anciens (35 ans) et le contexte a changé : déploiement progressif des compteurs intelligents Linky qui devrait réduire le nombre d'interventions, séparation des énergies "électricité" et "gaz", mutualisation des deux métiers d'intervention (exploitation du réseau et relation client-fournisseur).

La planification opérationnelle comporte quatre tâches : prise de rendez-vous, organisation des tournées, gestion du "délibéré" (opérations sans contrainte client), gestion des aléas et urgences. Les contraintes à prendre en compte sont correctement décrites dans le document [1], à quelques détails près, que nous passerons en revue plus loin.

La principale critique que nous ferons tient à l'approche mathématique retenue pour la solution du problème : il s'agit de la minimisation d'une fonction coût, sous contraintes déterministes. Une telle méthode est absolument standard pour ce type de problème ; elle n'en est pas pour autant exempte de défauts qui sont de nature essentielle :

1. Une méthode fondamentalement non-probabiliste

La méthode, dans son ensemble, travaille sur données fixes et précises. Or, dans la pratique, toutes les données sont entachées d'incertitudes :

- Incertitudes de positionnement sur les points-cibles (les points à visiter) ;
- Incertitudes sur la disponibilité des agents et des véhicules ;
- Incertitudes sur l'état du trafic entre deux interventions (des embouteillages peuvent ralentir le déplacement d'un agent d'une zone à une autre) ;
- Incertitudes sur la durée de chaque intervention.

Vouloir résoudre de manière déterministe un problème dont les données d'entrée sont fondamentalement aléatoires apparaît peu approprié, même si c'est une pratique commune.

2. La minimisation d'une fonction coût arbitraire

Selon le document [1], on minimise la quantité :

$$\sum_{k,p} CS_k x_{iDj,k,p} + CK \cdot \sum_{i,i',k} y_{i,i',k} \cdot D_{i,i'} + CH \cdot \sum_{i,i',k} y_{i,i',k} \cdot T_{i,i'}$$

où :

- CS_k : coût fixe de sortie d'un technicien k ;
- CK : coût kilométrique ;
- CH : coût horaire.

Ces coûts n'ont pas de définition précise ; ils sont choisis de manière empirique. Une critique méthodologique s'impose : il est bien connu qu'un procédé de minimisation de ce type est "fragile" (par opposition à "robuste") : une modification infinitésimale des données d'entrée peut conduire à un changement radical dans l'organisation des tournées.

Mais la critique fonctionnelle la plus sévère que l'on puisse faire est d'une autre nature : ces coûts sont vus du point de vue de ERDF, et non du point de vue du client. Ils n'incorporent en aucune manière des pénalités pour non-observation des délais, interventions déplacées, interventions non-satisfaisantes, etc.

3. Pas de hiérarchisation possible

Si l'on retient une telle approche, il n'y a pas de hiérarchisation possible pour les situations rencontrées : ou bien les contraintes sont compatibles, et l'outil retourne un minimum pour le coût, ou bien elles sont incompatibles et l'outil ne retourne rien.

Il n'existe aucun moyen de déterminer les limites de fonctionnement d'un tel outil ; ceci répond clairement à la question formulée dans la Proposition Technique et Financière que nous avons remise. On est en présence d'une situation 0 ou 1 : on sait trouver une solution admissible, ou on ne sait pas. La requête formulée par ERDF concerne précisément la mise en évidence d'indicateurs d'alerte, permettant de savoir si une situation se dégrade progressivement, au point d'être ingérable avec les ressources normalement disponibles.

4. Aucune information quant à l'efficacité des outils actuellement exploités

ERDF ne fournit aucune information quant à la pertinence des outils qu'elle utilise actuellement ; on ne sait pas si, en moyenne, ceux-ci se révèlent efficaces, dans quelles conditions cette efficacité se détériore, etc. Une approche reposant sur une optimisation mathématique est toujours possible, mais il faut disposer d'une évaluation de la pertinence : quelle est la proportion de tournées définies par le modèle qui se révèlent non tenables, et qui doivent être reprises par d'autres méthodes ? Quelle est la proportion de retards, insuccès, etc. ?

La notion d'outil conceptuel, il faut bien insister sur ce point, ne devrait pas être dissociée de celle d'instrument de mesure. On peut toujours dire "je dispose d'un outil conceptuel qui permet de faire ceci et cela"; la question posée est : quelle est la qualité de la réalisation ?

5. Critique méthodologique générale

D'une manière générale (c'est-à-dire sans se limiter au problème spécifique de ERDF), l'approche décrite ci-dessus peut être caractérisée comme la tentative pour résoudre finement un problème dont on suppose que toutes les données sont connues. Elle est rigide, en ce sens qu'il est difficile d'ajouter de nouvelles contraintes (c'est pourquoi ERDF lance une refonte de l'outil).

Mais notre critique fondamentale sera d'une autre nature.

A chaque fois que l'on a besoin de l'outil, on résout à nouveau l'ensemble du problème, sans aucune mémoire des succès ou des échecs. Une telle approche est entièrement dépourvue d'apprentissage.

Une telle critique est, selon nous, d'importance majeure. La Nature ne procède jamais ainsi. Lorsqu'un joueur de tennis veut renvoyer une balle (ce qui se fait habituellement dans des conditions angulaires difficiles), il ne résout pas un système d'équations différentielles à données plus ou moins précises ; bien au contraire, il commence par échouer pitoyablement et s'améliore ensuite progressivement. Dans l'outil tel qu'il est décrit actuellement, il n'y a aucune place pour la gestion des succès et des échecs. Sous cette forme ERDF ne peut capitaliser sur ses 35 années d'expérience.

6. La recherche d'un optimum

En réalité, ERDF n'a pas réellement besoin d'un optimum (et surtout si celui-ci est aussi arbitraire qu'on le voit ici). ERDF veut simplement une solution satisfaisante à ses problèmes de tournées. Solution satisfaisante signifie qu'un certain nombre de contraintes doivent être respectées : ce n'est pas du tout la même chose qu'un optimum. La recherche d'un optimum tient simplement à l'approche mathématique qui a été retenue ; c'est un artefact et ce n'est pas un élément fondamental du problème.

7. Critique des contraintes retenues

A ce stade, nous avons peu de critiques à formuler sur la nature des contraintes, dans la mesure où, en 35 ans, ERDF a eu tout loisir de les préciser. Nous aurons trois questions :

- La pause déjeuner, dit le document [1], est traitée comme une intervention. Ceci se comprend bien pour ce qui est de la durée, mais non de la localisation : la pause déjeuner doit pouvoir être prise n'importe où ;
- Nous comprenons bien qu'il existe plusieurs niveaux d'habilitation pour les techniciens, et ceci a pour effet de simplifier le problème, en le décomposant selon les niveaux d'habilitation. Mais est-il impossible que, en cas de nécessité, un technicien d'habilitation "haute" soit utilisé pour une tâche demandant une habilitation plus faible ?
- Nous ne comprenons pas bien la gestion des interventions pour lesquelles plusieurs techniciens sont nécessaires simultanément ; le document [1] ne nous paraît pas clair à ce sujet. Prévoit-on une tournée avec un seul technicien, et un autre vient rejoindre en certains points désignés, ou bien la tournée comporte-t-elle, du début à la fin, plusieurs techniciens, sachant que certains risquent d'être inutiles à certains endroits ?

8. Comparaison avec la Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris

En 2010, nous avons eu l'occasion de travailler pour la BSPP, sur une question qui, dans son principe même, est assez proche de celle que rencontre ERDF. La BSPP est confrontée à une évolution de ses métiers : jadis il y avait beaucoup d'incendies ; aujourd'hui il y en a très peu. A l'inverse, les activités de secours aux victimes prennent une extension considérable et requièrent la plus grande partie des moyens, en hommes et en véhicules.

La BSPP nous avait demandés d'étudier pour elle l'organisation des ressources : combien de camions faut-il, où mettre les casernes, etc.

Il y a bien sûr une différence fondamentale avec ERDF : il n'y a pas de "tournées" : le camion prend une victime, la mène à l'hôpital, puis revient à la caserne.

L'approche que nous avons retenue, et qui a donné satisfaction, n'utilisait aucun modèle mathématique orienté "minimisation de coût", comme le propose le document [2]. Nous avons simplement analysé l'historique des sorties de véhicules sur plusieurs années, de manière à détecter les situations de pic, les situations creuses, et nous avons ensuite fait des simulations : que se passerait-il si les casernes étaient mises en tel ou tel point ?

Les bases de données de la BSPP étaient d'excellente qualité, et cette approche par exploitation d'un historique est certainement la plus robuste, la plus simple et la plus efficace.

Références

[1] Rapport Cooptech V1.0.docx : document envoyé par email à la SCM.

[2] Brigade des Sapeurs Pompiers de Paris, 2010 : étude statistique relative aux interventions. [NMP]

II. L'approche que nous proposons

Elle doit répondre par principe aux difficultés soulevées dans le paragraphe précédent. Nous donnons les grandes lignes d'un cahier des charges fonctionnel, que nous précisons ensuite :

- Elle doit être orientée client, et ne pas se contenter de minimiser un coût qui ne concerne que ERDF ;
- Elle doit pouvoir prendre en compte toutes les incertitudes sur toutes les données d'entrée ;
- Elle doit offrir des possibilités d'apprentissage : on pourra incorporer les succès (pour les répéter) et les échecs (pour les éviter).

L'idée est ici de pouvoir fournir à ERDF un outil de gestion, permettant par exemple de dire que, sur une année, l'organisation des tournées s'est améliorée, ou bien au contraire s'est dégradée, et dans ce cas d'en connaître les raisons. Il s'agit de parvenir à la définition de ce que nous appelons un "contrat de qualité".