

1997.06

Organist : un Système Interactif d'Aide à la Définition du niveau de traitement du courrier des bureaux de poste et des tournées d'acheminement à un centre de tri

Vincent Giard*, Christine Triomphe* Roland André **

* IAE – Université Paris 1 • *Panthéon - Sorbonne*, ** Administrateur de La Poste, Responsable du Département Système d'information à la Direction du courrier

Résumé : *La définition du niveau de tri effectué dans les bureaux de poste et leur centre de tri de rattachement joue sur l'organisation des tournées (avec contraintes de capacité et fenêtres de temps) en raison de son incidence sur la disponibilité et le volume du courrier à transporter. Un SIAD s'appuyant sur des outils d'optimisation et de représentation graphique des problèmes et des solutions a été créé pour faciliter la définition rapide de scénarios cohérents facilitant la négociation de contraintes entre les bureaux de poste, le centre de tri et le service responsable des transports. Cette approche s'appuie sur une modélisation de tournées filaires. Ce SIAD permet la définition d'un problème soumis à GAMS qui générera un jeu de données traité par le solveur OSL; la solution s'avère de 10 à 15 % meilleure que celles obtenues manuellement et peut être modifiée par l'utilisateur, la vérification des contraintes de fenêtres de temps et de capacité étant automatiquement assurée.*

Mots - clés : *tournées filaires multiples avec fenêtres de temps, SIAD, GAMS, programmation linéaire, La Poste, GAMS*

Abstract: *The definition of the sorting works in post-offices and their sorting center interacts with the picking design (multiple vehicles routing problem with time windows and capacity constraints) due to its consequences on the availability and volume of mail to carry. A DSS using optimization tools and graphic representation of problems and solutions was designed for creating fastly coherent scenarios facilitating the trade-offs between the post-offices, their sorting center and the transportation service, allowing easy simultaneous definition of routing, flows characteristics and of the time windows. This approach lays on a wire-routing model; the DSS creates a data set that is treated by GAMS and OSL for yielding a solution that is better from 10 % to 15 % than the ones founded by hand and that can be easily modified.*

Keywords: *multiple wire-routings with time windows, DSS, GAMS, linear programming, Post.*

1 Introduction

La Poste est une entreprise de réseau qui, à ce titre, pose quelques problèmes spécifiques dans l'analyse des décisions (§ 1-1). L'amélioration de la cohérence des décisions stratégiques portant sur l'architecture du réseau et la gestion de ses flux passe sans doute par la mise au point et l'usage de SIAD présentant quelques caractéristiques originales (§ 1-2). La démarche proposée semble transposable à d'autres entreprises de réseau¹.

1-1 Entreprise de réseau et analyse décisionnelle

La formalisation détaillée du fonctionnement « quotidien » du système productif postal (ressources mobilisées en hommes, équipements et informations procédurales ou de gestion, flux de production et de transport) est envisageable à condition de considérer comme acquises

les décisions stratégiques et tactiques. Si l'on cherche, comme c'est le cas ici, à éclairer ces décisions stratégiques et tactiques, cette modélisation est impossible à envisager sans simplifications importantes, les difficultés rencontrées étant encore plus grandes pour une entreprise de réseau caractérisée par un fort degré de liberté sur la localisation des traitements. On est nécessairement conduit à décomposer le système global en un certain nombre de sous-systèmes interdépendants mais dotés d'une certaine autonomie décisionnelle. Cette approche est ancienne : comme il est déraisonnable d'envisager un acheminement direct entre centres élémentaires de collecte ou de distribution finale (bureaux de poste, clients importants¹), une organisation logistique à deux niveaux a été retenue au siècle dernier et reste d'actualité :

- chaque centre élémentaire n'a normalement de relation qu'avec un seul centre de tri dans le traitement d'un ensemble homogène de courrier;
- l'acheminement entre centres élémentaires transite par un seul centre de tri, si le courrier reste dans la zone de compétence du centre de tri, ou par plusieurs centres de tri, si le courrier doit changer de zone.

Pour limiter les interdépendances décisionnelles, il s'avère possible de décomposer le système initial en quatre séries de sous-systèmes (figure 1, page 3).

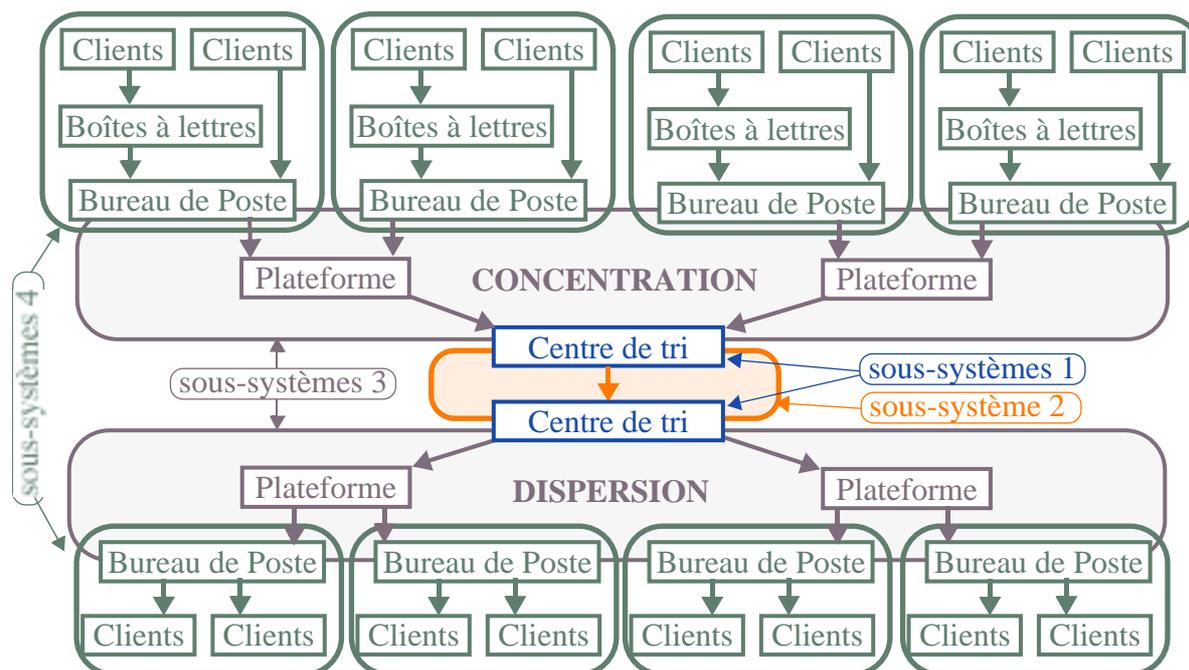
- Chaque centre de tri constitue un sous-système ayant sa propre autonomie décisionnelle sous réserve du respect de contraintes liées aux échanges avec les autres sous-systèmes.
- Le réseau des centres de tri en relation pose une série de problèmes particuliers d'acheminement conduisant à un sous-système décisionnel spécifique qui lie les différents centres par une caractérisation des flux échangés (heures limites de départ, niveau de ségrégation retenu pour les flux, plan de transport, etc.). Un réseau traite un ensemble homogène de courrier et plusieurs réseaux peuvent éventuellement coexister (lettres et messagerie, par exemple) et ne sont indépendants que s'ils ne partagent pas de centres de tri; dans le cas contraire, se pose le problème de la coordination de ces réseaux.
- L'ensemble des centres élémentaires rattachés à un même centre de tri pour l'acheminement (émission ou réception) d'un ensemble homogène de courrier pose des problèmes similaires à ceux rencontrés par le réseau (heures limites de départ; niveau de ségrégation retenu pour les flux; plan de transport; etc.) à ceci près que tous les flux ont maintenant une même destination (en cas de concentration du courrier) ou une même origine (en cas de dispersion du courrier); s'y ajoute la définition des traitements (tris) à effectuer dans les centres élémentaires.
- Le centre élémentaire est un sous-système particulier qui rencontre des problèmes analogues à ceux du sous-système précédent (organisation du tri et des tournées).

L'autonomie décisionnelle de chaque sous-système est grande si l'on considère comme connues les *caractéristiques des flux en provenance ou à destination des autres sous-systèmes* (niveau de ségrégation du courrier, échéanciers de mise à disposition ou de retrait de courrier, etc.). Il est évident que l'amélioration de la performance globale dépend non seulement de la qualité des décisions prises par les acteurs de chaque sous-système mais aussi des caractéristiques des flux échangés entre sous-systèmes. Ces caractéristiques correspondent à des *contraintes* plus ou moins négociées entre les sous-systèmes et relèvent de décisions stratégiques et tactiques. Le problème majeur auquel l'entreprise est confrontée est celui de la qualité de ces négociations qui suppose de dépasser des rapports entre sous-systèmes fondés sur

1. Nicolas Curien [2] considère les entreprises de réseau sous deux angles. Celui de l'ingénieur se focalise sur l'« interconnexion spatiale d'équipements complémentaires, coopérant entre eux pour transporter des flux de matière, d'énergie ou d'information et pour les acheminer d'une origine vers une destination », tandis que le point de vue de l'économiste se centre sur l'intermédiation, la fonction de ces entreprises étant de « mettre en rapport des fournisseurs et des consommateurs de certains biens et services ». Ici, on retiendra la seconde conception. Une discussion des implications du concept de réseau en production est proposée dans l'article de Giard, [4].

1. Ces clients importants sont ceux qui sont traités comme des bureaux de poste et sont intégrés dans des tournées de distribution et de ramassage; dans la suite, on utilisera le terme « bureau de poste » pour désigner tous ces centres élémentaires.

Figure 1 : analyse systémique du système postal



des points de vue locaux et/ou des rapports de force. Cette rationalisation bute, entre autres, sur la faible prédictibilité de l'incidence de réformes envisageables, en raison d'une visibilité des acteurs limitée par le relatif cloisonnement des sous-systèmes.

1-2 Le rôle particulier du SIAD dans la définition de l'architecture du système productif d'une entreprise en réseau

La reconception de l'organisation postale suppose une appréciation correcte et rapide de l'incidence, sur les différents sous-systèmes, de transformations envisagées. Les décisions de réorganisation étudiées concernent généralement un sous-système et transforment certaines caractéristiques des flux en provenance ou à destination d'autres systèmes, ce qui induit une modification du jeu de contraintes entre sous-systèmes pouvant se traduire par le fait que les améliorations locales proposées s'accompagnent d'une dégradation de performance dans les autres sous-systèmes. L'analyse des décisions ne peut raisonnablement s'effectuer dans le cadre d'une approche « globale », compte tenu de ce qui a été dit sur la nécessaire décomposition en sous-systèmes. Dès lors, la recherche d'une amélioration globale implique de faciliter le dialogue entre sous-systèmes lorsque l'un d'entre eux cherche à accroître ses performances. Cette démarche implique la mise en place de SIAD (systèmes interactifs d'aide à la décision) permettant une véritable négociation des contraintes communes aux deux sous-systèmes, dans le cadre de scénarios cohérents pouvant faire l'objet d'une évaluation économique globale et d'un calcul de l'incidence de la transformation envisagée, sur le niveau de service à la clientèle. D'un point de vue opérationnel, il semble nécessaire que le cahier des charges de tels SIAD intègre deux préoccupations.

- Le SIAD doit établir clairement les caractéristiques des flux échangés avec l'autre sous-système afin de permettre une véritable négociation des contraintes, ce qu'illustre la [figure 2, page 4](#). Une telle négociation implique que chaque SIAD puisse fonctionner sous deux modes : il doit pouvoir définir les contraintes résultant de l'amélioration de la conception du sous-système et de ses processus mais aussi prendre en compte ces contraintes dans le cadre de l'amélioration recherchée, puisque l'on est en présence d'un processus de négociation entre sous-systèmes. Cela étant, la transformation de certaines contraintes proposées par un sous-système peut s'avérer sans incidence pour l'autre sous-système. Ce principe, illustré avec deux sous-systèmes dans la [figure 2](#), est bien évidemment à utiliser

Figure 2 : la négociation de contraintes entre sous-systèmes

« en cascade » si l'adaptation d'un sous-système implique une transformation de la caractérisation des flux échangés avec plus d'un sous-système.

- La négociation de contraintes implique une certaine réactivité de part et d'autre. Le SIAD dédié à l'un des sous-systèmes doit permettre l'obtention rapide d'une « bonne » solution à un problème caractérisé par une série d'hypothèses organisationnelles différentes de celles en vigueur. La crédibilité opérationnelle du SIAD repose, en grande partie, sur sa capacité à proposer rapidement une solution innovante, efficace et cohérente. L'innovation implique une bonne aptitude à définir les principales hypothèses de scénarios contrastés. L'efficacité et la cohérence impliquent de s'appuyer, dans la mesure du possible, sur une démarche optimisatrice de résolution du problème « le plus difficile à résoudre », à condition que l'utilisateur du SIAD puisse modifier la solution proposée, d'une part parce que celle-ci repose sur une modélisation ne pouvant prétendre traduire la complexité des contraintes posées et, d'autre part, parce que l'interaction homme machine limite le temps imparti à la recherche d'une solution optimale.

1-3 Le problème décisionnel posé

Le sous-système auquel on s'intéresse ici est celui défini par l'ensemble des centres élémentaires rattachés à un même centre de tri pour l'acheminement d'un ensemble homogène de courrier. Les décisions étudiées sont celles relatives à l'organisation de l'acheminement du courrier et de la localisation des traitements. Il s'agit d'une décision stratégique qui conditionne l'organisation (dimensionnement et qualification du personnel, traitements à effectuer, etc.) à la fois des bureaux de poste et du centre de tri. L'impact sur les bureaux de poste des décisions envisagées ne sera pris en compte que par le biais de contraintes sur la disponibilité des flux à acheminer. Les contraintes privilégiées ici sont donc celles que ce sous-système entretient avec le sous-système constitué par son centre de tri de rattachement.

De nos jours, l'analyse de décisions stratégiques est difficilement envisageable sans une vision assez fine du fonctionnement opérationnel du système étudié. Cette simulation ne peut s'effectuer sur une base trop agrégée, dès lors que le scénario envisagé s'écarte notablement de la solution en vigueur car les différents ratios caractéristiques habituellement retenus perdent toute pertinence. En outre, les qualités de flexibilité et de réactivité du nouveau système, qui sont devenues essentielles, ne peuvent s'apprécier à partir d'une description trop grossière du système productif. Les décisions stratégiques s'appuient donc naturellement sur une simulation suffisamment fine et réaliste de l'utilisation des ressources du système productif pour satisfaire une demande. Examinons les implications de ces considérations générales dans le cas étudié.

Le temps requis pour traiter le courrier dans des délais commercialement admissibles est faible, ce qui fait que tous les nœuds du réseau (bureaux de poste, centres de tri) sont amenés à effectuer du tri. La localisation et l'importance de ces traitements ont une incidence sur le nombre et la nature des contenants utilisés dans le transport puisqu'il faut conserver la ségrégation des flux de courrier à transporter. Le volume à transporter entre deux nœuds du réseau dépend donc du niveau de tri effectué en amont et, comme dans beaucoup d'entreprises de réseau, les problèmes de localisation de la production et ceux du transport sont étroitement liés.

L'outil présenté ici vise à aider à la définition et l'organisation d'un réseau de concentration ou de dispersion, c'est-à-dire à définir un ensemble de centres élémentaires rattachés à un centre

de tri, à déterminer la localisation et la nature des traitements à opérer et, enfin, à définir les tournées de transport. La solution proposée se traduit par une explicitation des contraintes liant ce sous-système avec celui de son centre de tri (échanciers de flux homogènes de courriers arrivant au centre de tri ou quittant le centre) et ceux des bureaux de poste (fenêtres de temps utilisables pour un enlèvement ou une distribution, caractéristiques des lots enlevés ou distribués). Elle cherche aussi à en évaluer les conséquences sur le niveau de service à la clientèle.

2 Présentation du SIAD *Organist*

Ce SIAD est implémenté dans 8 sites (délégation de la région Île de France de *La Poste* + départements rattachés) qui l'utilisent effectivement depuis le début de l'année 1997, après une période de formation. Après avoir examiné la définition du problème (§ 2-1), on s'intéressera ensuite aux analyses que l'on peut faire de la solution obtenue (§ 2-2) enfin, on verra les extensions qu'il est possible d'envisager pour compléter cette démarche (§ 2-3).

2-1 La définition du problème

Le problème se définit par un ensemble de données et un certain nombre de variables décisionnelles.

Les données portent principalement sur :

- les caractéristiques de camions et de contenants divers utilisés dans le transport;
- une liste de centres de tri possibles; le centre de tri peut être un centre existant ou un centre que l'on envisage de créer; il peut aussi être une plate-forme de concentration du courrier si l'on envisage un processus à deux étages (tri effectué exclusivement dans les plates-formes, les bureaux n'étant en relation qu'avec des plates-formes, ces dernières étant reliées au centre de tri); le centre de tri est caractérisé par un nombre de quais de déchargement qui conditionne la capacité d'accueil simultané;
- un ensemble de bureaux de postes¹ auxquels sont associées certaines caractéristiques; certaines sont modifiables, comme les fenêtres de temps utilisables pour les enlèvements ou les mises à disposition de courrier au cours de tournées, par exemple, et d'autres ne le sont pas, comme le distancier² entre bureaux ou des restrictions d'accès à certains types de camions volumineux;
- des volumes de courrier émis par des bureaux de poste à acheminer au centre de tri³; ces informations sont fournies avec un certain niveau de détail combinant des caractéristiques physiques, commerciales et de destination avec des profils de disponibilités de ces flux⁴; plusieurs jeux de données sont disponibles et correspondent à des caractéristiques moyennes observées sur des journées types différentes, liées à des cycles hebdomadaires et/ou annuels.

L'organigramme général des traitements est donné à la [figure 3, page 6](#).

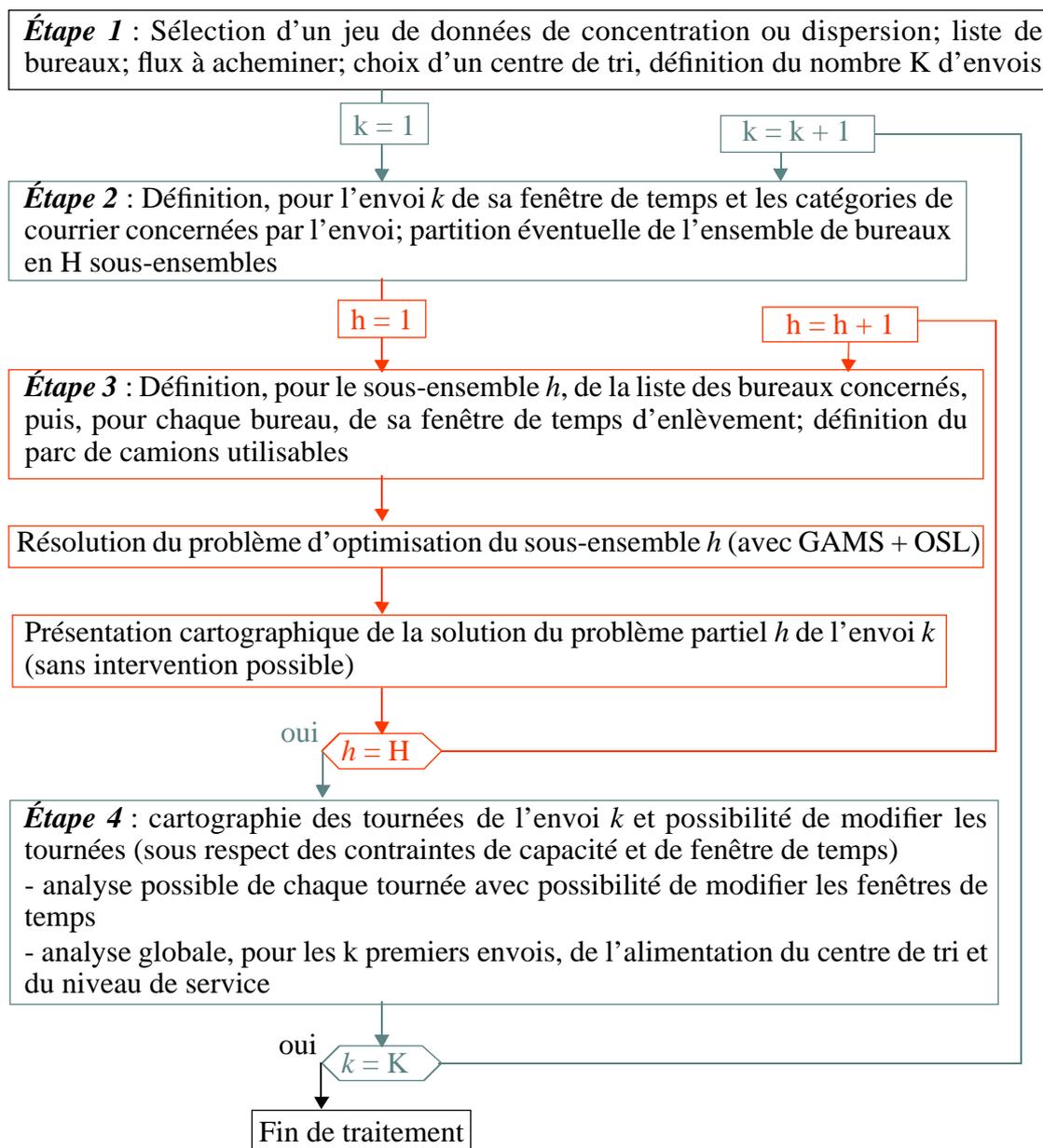
1. Actuellement, en France, tous les bureaux de poste et clients importants d'un département sont rattachés à un même centre de tri départemental.

2. Le distancier utilisé est celui établi par Michelin. Il fournit les distances entre centres de ville, ce qui oblige à une adaptation lorsqu'une ville est importante et comporte plusieurs bureaux de poste, les coordonnées des bureaux de poste de la base étant nécessairement différentes et les distances entre bureaux, non nulles.

3. Pour alléger la présentation, on a privilégié le problème de la concentration postale, c'est-à-dire la définition du niveau de ségrégation des flux en provenance des bureaux de poste et à destination d'un centre de tri (ou d'une plate-forme, dans le cas d'un système à deux étages) et celle de leurs modalités d'acheminement. Le problème de la dispersion postale est *rigoureusement symétrique*. L'adaptation de ce qui est écrit à ce cas de figure est donc immédiate.

4. Actuellement, la segmentation retenue pour la concentration est définie par les utilisateurs (en moyenne 20 à 30 flux différents), pour un découpage horaire.

Figure 3 : organisation des traitements du SIAD ORGANIST



Un scénario se définit d'abord par la sélection d'un **jeu de données** (sous-ensemble de bureaux de poste et de flux de courrier à acheminer) **et d'un centre de tri** définissant un problème de concentration (ou de dispersion). À ce niveau déjà, on peut s'éloigner nettement de l'organisation actuelle : nouveau centre de tri, modification de rattachement de bureaux de poste aux centres de tri, changement des caractéristiques de la flotte de camions, restriction ou élargissement des caractéristiques du courrier traité par le centre de tri. Cette première définition s'effectue, bien évidemment de manière interactive, avec usage d'une représentation cartographique des bureaux sélectionnés mais cette première série de décisions ne fait l'objet d'aucune aide particulière.

Une seconde série de décisions doit ensuite être prise. Sa structuration implique de prendre en considération les fondements de l'organisation des tournées de ramassage. Pour permettre un lissage de la charge de travail du centre de tri et du transport, le courrier qui arrive dans les bureaux de poste au cours d'une journée n'est pas enlevé en une fois, à la fermeture de l'établissement. Plusieurs envois peuvent être effectués au cours de la journée; le dernier est qualifié d'envoi principal et les précédents, d'envois de dégagement. Un bureau peut donc être visité une

ou plusieurs fois et, au cours d'un envoi de dégagement, le courrier disponible à l'enlèvement peut n'être qu'un sous-ensemble du courrier disponible (courrier urgent, par exemple) et son enlèvement être facultatif (en cas de sous-dimensionnement volontaire du parc de camions utilisable pour l'envoi de dégagement).

Il faut donc d'abord fixer le **nombre d'envois** et, pour chaque envoi, la fenêtre de temps au cours de laquelle les enlèvements peuvent être réalisés¹. Il faut ensuite décider, pour chaque envoi de dégagement, la liste des bureaux retenus², qui peut n'être qu'un sous-ensemble des bureaux du jeu de données, et, pour chaque bureau retenu, les catégories de courrier concernées. Cette double sélection s'effectue facilement à partir d'un tableau dont les en-têtes de colonne correspondent aux catégories de courrier et celles des lignes aux bureaux; en cliquant sur un intitulé d'en-tête, on dé-sélectionne (ou sélectionne) la ligne ou la colonne correspondante, étant entendu que cette possibilité de dé-sélection/sélection existe également au niveau des cases du tableau. À cette étape, on définit également le niveau de ségrégation du courrier émis, en indiquant les catégories que l'on veut fusionner, ce qui implique que le courrier correspondant sera mélangé dans un même contenant (bac, par exemple) préparé par le bureau. Ces sélections et fusions déterminent le volume à transporter qui s'effectue dans des contenants standardisés qui sont placés dans des structures mobiles chargées dans les camions; ce volume est immédiatement calculé et affiché. Enfin, il faut définir les caractéristiques de la flotte de camions utilisable pour cet envoi (parc hétérogène); une comparaison est automatiquement faite entre la capacité de transport offerte et la charge à enlever. Si le courrier à enlever d'un bureau excède la capacité minimale d'un camion du parc retenu, il est demandé de définir un envoi direct (ou plusieurs, si cela est indispensable) et ne sera ultérieurement pris en compte que le courrier restant. Cette seconde série de décisions fixe donc un cadre organisationnel général à l'organisation des tournées (restant à définir) et du travail préalable de tri (imposé par ces choix).

La troisième série de décisions concerne l'**organisation des tournées d'un envoi**, c'est-à-dire la sélection des camions à utiliser et la tournée affectée à chacun d'eux; cette tournée se caractérise par une liste ordonnée de bureaux à visiter³ par le camion, respectant les contraintes de capacité du camion et de fenêtres de temps de passage dans les bureaux. Cette décision, particulièrement complexe à prendre, est automatisable. On a donc fait appel à la programmation linéaire pour proposer une bonne définition initiale des tournées d'un envoi. Cette proposition de solution pourra être modifiée par l'utilisateur du SIAD en fonction de considérations liées à des contraintes non prises en compte dans la formulation du modèle et/ou en raison du temps limité pour la recherche d'une solution d'un problème NP-dur. Les fondements du modèle retenu ont déjà été publiés ainsi que son positionnement original dans la littérature du transport (voir Giard, André et Le Guluche [3]) mais le modèle précis utilisé ici sera présenté en annexe (§ 3-1, page 13). Ce modèle traite du problème, nouvellement identifié dans la littérature, des **tournées filaires**, c'est-à-dire de tournées dans lesquelles le retour dans la ville de départ s'effectue en temps et coût masqué. Cette catégorie de problèmes est appelée à se développer dans d'autres réseaux de distribution, en raison de l'accent de plus en plus mis sur la chrono-compétition. La liste des tournées des différents envois sera ensuite traitée pour confectionner des enchaînements de tournées effectués des camions appartenant ou non à *La Poste*. Ce dernier problème, considéré comme étant relativement facile à résoudre, n'est pas pris en compte ici car il suppose une visibilité sur un horizon assez long et la prise en compte des différentes journées types retenues.

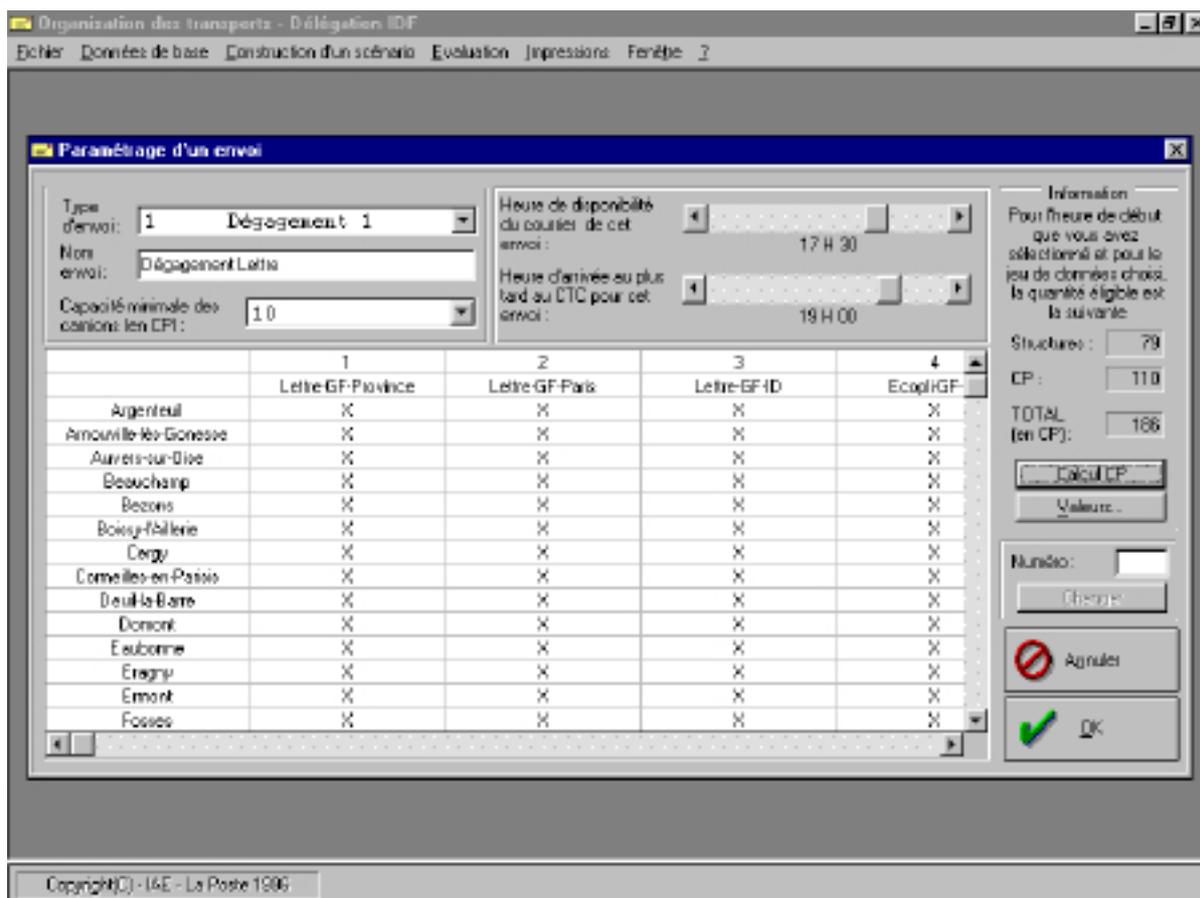
La taille du problème d'optimisation conduit, lorsque le nombre de bureaux est élevé (plus d'une trentaine, en pratique⁴), à partitionner le problème posé par un envoi en plusieurs

1. Le courrier susceptible d'être enlevé au cours d'un envoi est donc celui qui est présent au début de la fenêtre de temps de l'envoi; il est donc considéré comme indépendant de l'heure de passage effective du véhicule, ce qui est une simplification du problème posé qui est nécessaire du point de vue des calculs mais qui n'est guère pénalisante compte tenu de la possibilité de définition de plusieurs envois.

2. On reviendra à la fin de ce paragraphe sur une simplification utilisée lorsque le problème porte sur de trop nombreux bureaux de poste

3. Dans le cadre d'un envoi, un bureau n'est visité qu'une fois; il peut ne pas l'être si la capacité de la flotte de camions de cet envoi est insuffisante (ce qui ne peut être le cas du dernier envoi).

Figure 4 : définition des caractéristiques d'un envoi



problèmes indépendants correspondant, pour chacun d'entre eux, à un sous-ensemble des bureaux de poste. Cette décomposition du problème est de nature à dégrader l'optimum¹ mais de manière non significative en raison :

- de l'expérience du terrain de l'utilisateur du SIAD;
- du mécanisme interactif de partition de l'ensemble des bureaux en deux ou trois sur des considérations de proximité² (grâce à la possibilité d'une sélection directe sur la carte) et de volume à acheminer;
- de la possibilité de modification en interactivité graphique de l'ensemble des tournées d'un envoi, sans autres contraintes que celles des fenêtres de temps et des capacités (et donc sans qu'il soit tenu compte de la partition initiale des bureaux);
- de la fiabilité nécessairement limitée des données utilisées qui rend illusoire la recherche de l'optimum, le problème étant de faire significativement mieux et plus vite qu'avec les démarches actuelles.

4. Dans les départements les plus importants, le nombre de bureaux peut atteindre la centaine. Voir également au § 3-2, page 15, l'incidence du nombre de bureaux retenus sur la taille du problème d'optimisation.

1. En effet, l'optimum global ayant, a priori, peu de chance d'être la réunion des optima locaux. Cela étant, un très grand nombre de solutions sont optimales et ce qui importe c'est d'avoir une valeur minimale du critère « global ». Ceci rend peu intéressant le fait que les solutions obtenues avec ou sans partition soient identiques. On peut ajouter qu'il a été jugé inutile d'assister le processus de partition par l'usage d'algorithmes combinant des approches utilisées en analyse spatiale (approches barycentriques) et en analyse de données (classification automatique).

2. La taille du problème d'optimisation se réduit « mécaniquement » lorsqu'on limite le nombre de liaisons envisageables entre bureaux aux plus proches (au moins une dizaine, au plus 20 % des bureaux d'un scénario); le mécanisme de partition va dans ce sens. On peut ajouter que cette limitation est difficile à gérer concrètement si l'on n'utilise pas de logiciels de type GAMS (voir § 3-2.1, page 15).

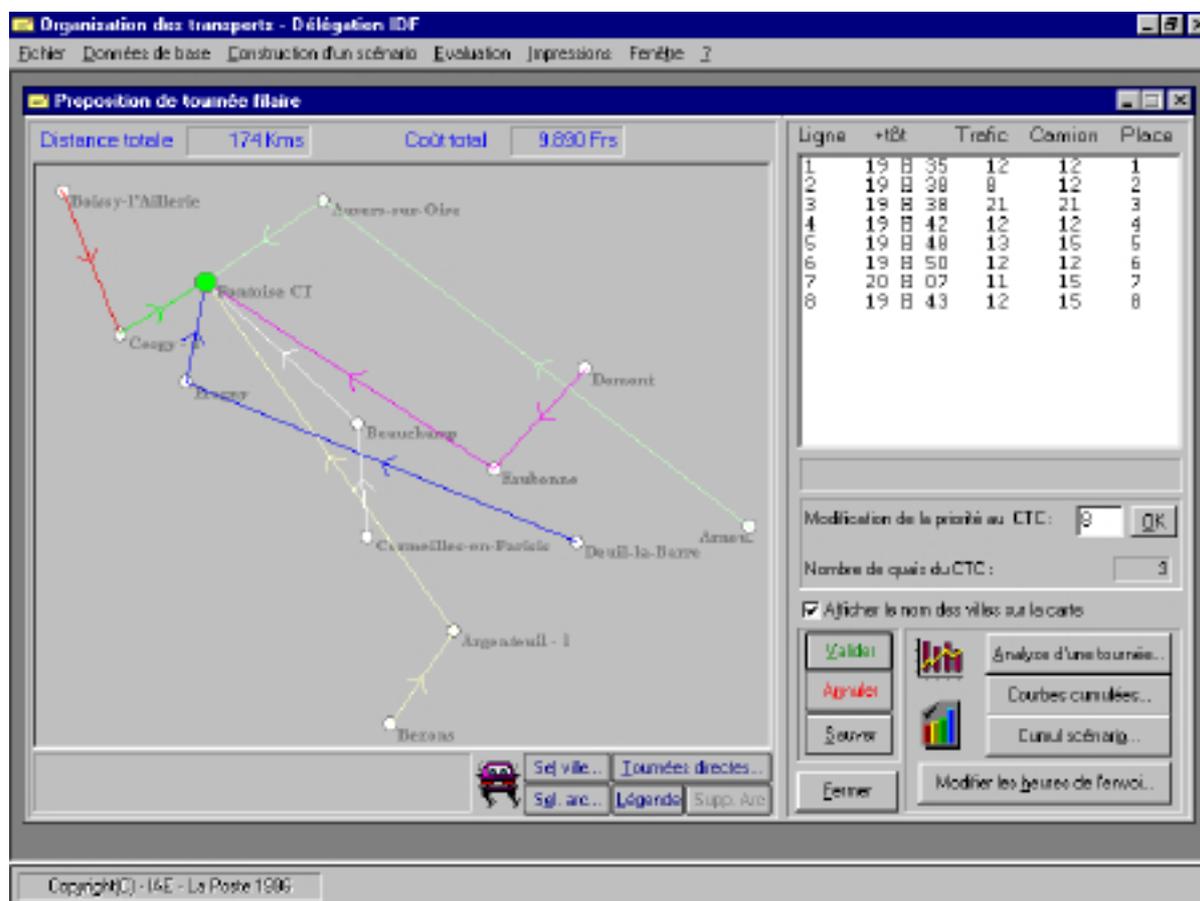
2-2 L'analyse d'une solution

Cette analyse s'effectue en plusieurs étapes au cours desquelles on peut modifier la solution et/ou certaines contraintes. La dernière qui sera évoquée porte sur une comparaison entre deux scénarios (§ 2-2.4, page 11), ce qui constitue, bien évidemment l'objectif final du SIAD pour permettre une prise de décision effective.

2-2.1 Présentation graphique de la solution

Pour un envoi, *Organist* affiche les tournées trouvées (voir figure 5) et calcule immédiatement les passages au plus tôt et au plus tard dans les bureaux en tenant compte des temps de transport, des temps de chargement/déchargement et des fenêtres de temps des bureaux de poste. Toutes les informations numériques disponibles peuvent être directement obtenues en cliquant sur le graphique les arcs visualisant les trajets des tournées ou sur les nœuds du graphe visualisant les bureaux de poste. Il est possible également de supprimer un arc pour le remplacer par un autre, ce qui permet de modifier la solution proposée; bien évidemment, des contrôles sont automatiquement effectués pour s'assurer que les contraintes de capacité des camions et des fenêtres de temps restent respectées, que tous les bureaux sont desservis et qu'il n'y a pas création de cycle.

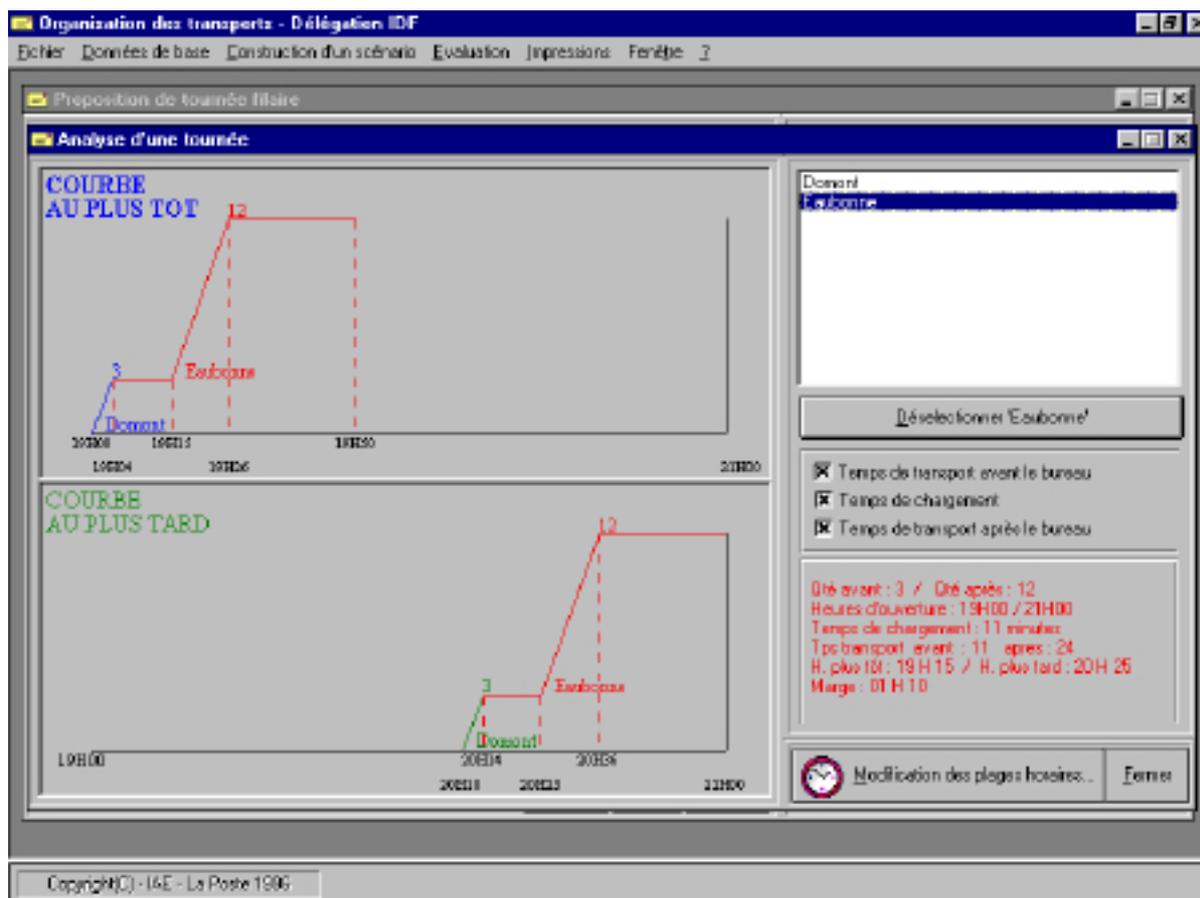
Figure 5 : carte des tournées



2-2.2 Analyse détaillée d'une tournée

Il est également possible d'afficher les caractéristiques d'une tournée sous la forme d'une courbe cumulée du courrier enlevé au cours du temps et donc en fonction de l'ordre de passage dans les bureaux. Cette courbe cumulée est établie au plus tôt et au plus tard (voir figure 6, page 10); l'utilisateur du SIAD peut à ce niveau modifier la fenêtre de temps d'un bureau pour modifier ces courbes comme il le désire, ces changements de contrainte étant immédiatement répercutés sur les graphiques de synthèse qui seront présentés au § 2-2.3.

Figure 6 : analyse d'une tournée



2-2.3 Indicateurs synthétiques

Les conséquences de l'organisation des tournées s'apprécient en termes de coût et d'indicateurs physiques permettant de juger globalement le service rendu à la clientèle et les contraintes échangées avec le centre de tri.

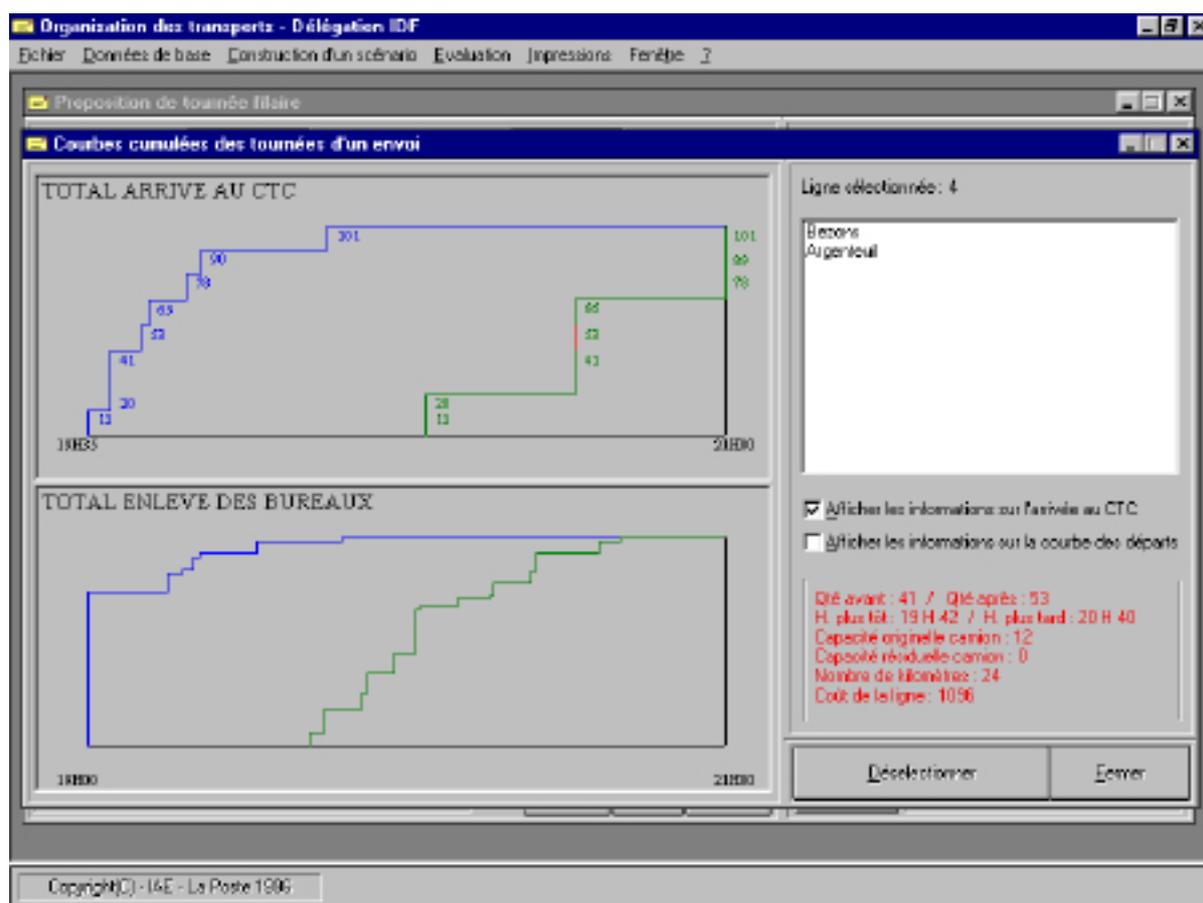
Le coût du scénario se calcule comme la somme de coût fixe de mobilisation des camions et de coûts variables de transport proportionnels aux distances parcourues. Ces coûts standards sont des paramètres de la base et peuvent être facilement changés. La pertinence des hypothèses sous-jacente dans ces standards ne sera pas discutée ici, puisque toutes les solutions de valorisation sont techniquement possibles dans le SIAD.

Ce jugement en valeur doit être complété par des indicateurs physiques qui mesurent :

- la tension exercée par le sous-système de la concentration, sur celui du centre de tri : pour ce dernier, une mise à disposition précoce du courrier à traiter lui permet de lisser sa charge de travail et donc facilite une organisation « économique » des traitements (voir [figure 7, page 11](#)) ;
- le service rendu à la clientèle, pour qui il est au contraire préférable de pouvoir déposer le plus tard possible le courrier dans les bureaux; ceci va dans le sens de l'enlèvement le plus tardif possible dans les bureaux de poste; dans cette optique, la courbe cumulée du courrier quittant les bureaux de poste au cours du temps constitue un indicateur approximatif mais suffisant de ce niveau de service, puisqu'en partant de cette courbe et d'hypothèses sur la productivité de tri local, on peut déterminer la courbe cumulée au plus tard des dépôts de courrier (voir [figure 7, page 11](#)).

Il est clair que ces points de vue sont antagonistes et que le décideur doit effectuer un compromis. La complexité de la décision fait que le jugement ne peut s'effectuer que de manière « intuitive » sur un arbitrage jugé acceptable entre les formes des deux courbes et d'informations complémentaires sur les arrivées au centre de tri (voir [figure 8, page 12](#)). L'utilisateur du

Figure 7 : analyse de la tension sur le centre de tri et du niveau de service à la clientèle



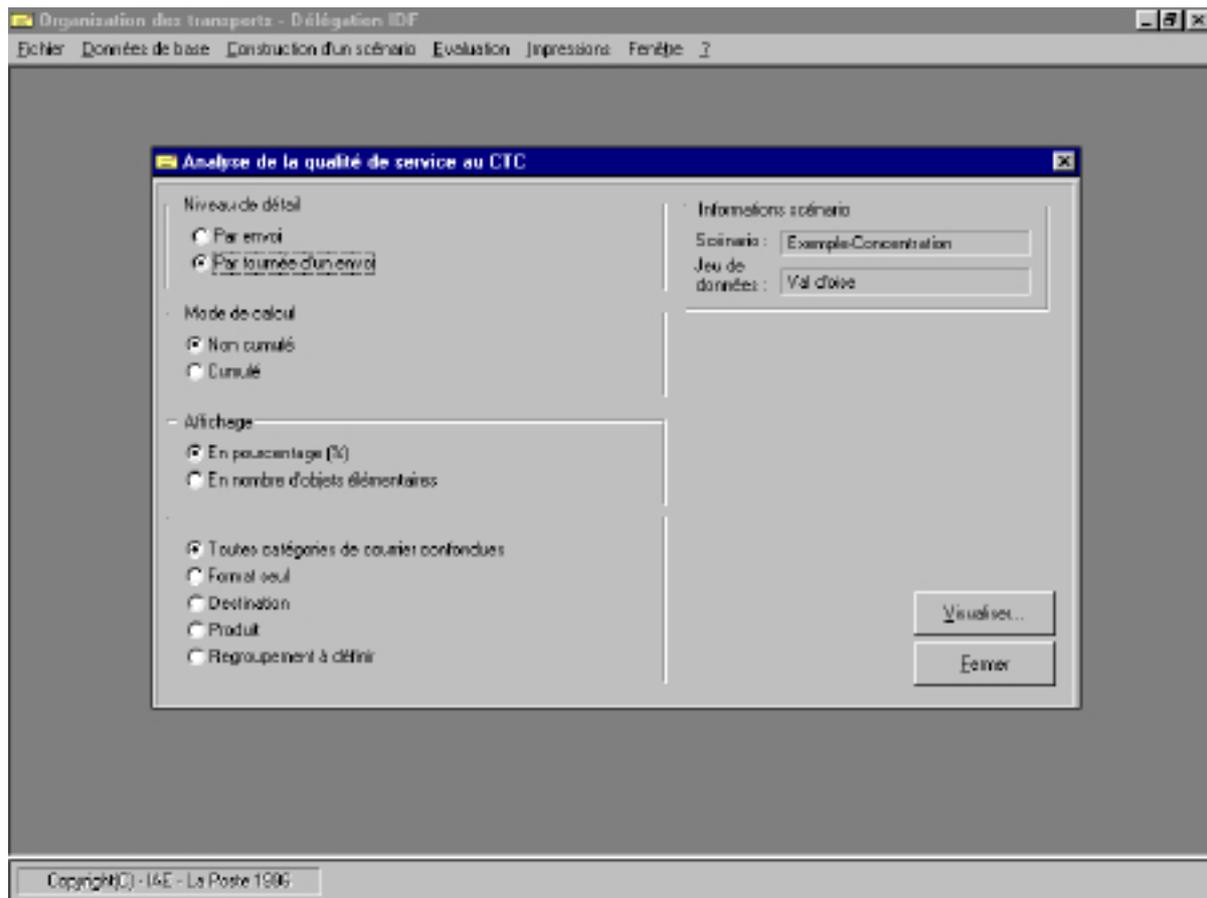
SIAD peut revenir sur la définition des plages horaires d'enlèvement (ou de livraison) dans les bureaux de poste ou le centre de tri, pour modifier l'allure de ces courbes; en ce sens, il y a véritablement « négociation » entre deux points de vue dans le cadre d'un scénario. Bien évidemment, la problématique décisionnelle est plus vaste, puisqu'il est possible d'élaborer des scénarios contrastés et d'en faire la comparaison.

2-2.4 Comparaison de scénarios

Cette comparaison de manière synthétique s'effectue sur la base d'une comparaison des coûts des scénarios (bilan différentiel) mais aussi sur la base d'une comparaison entre des courbes d'alimentation du centre de tri ainsi que sur la base d'une comparaison entre des courbes cumulées d'enlèvement du courrier dans les bureaux. Cette possibilité est offerte en dehors de la création d'un scénario et n'est possible que sur des jeux de données identiques. Elle permet d'évaluer l'intérêt de stratégies contrastées de traitement du courrier (niveau de tri plus ou moins important et variable selon les bureaux) et d'acheminement (envois plus ou moins nombreux et/ou spécialisés dans des sous-ensembles de courrier).

2-3 Prolongements envisageables

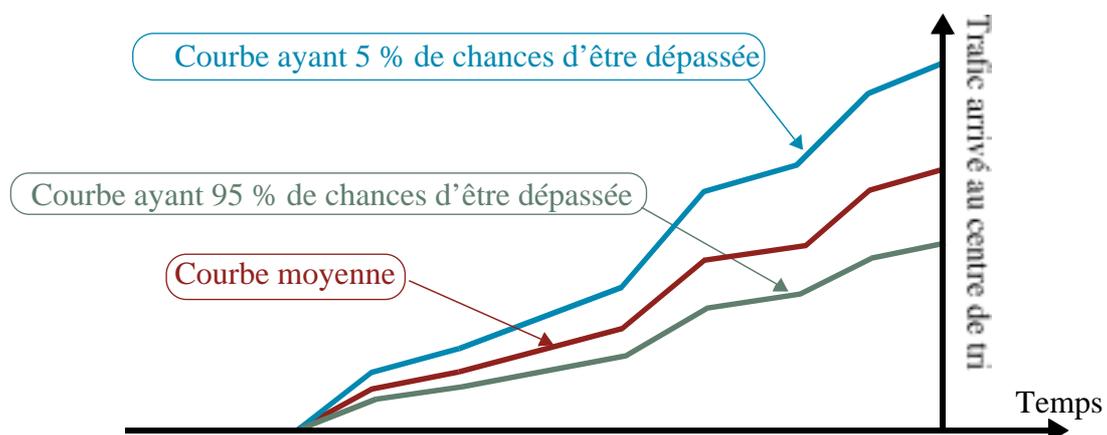
Le SIAD travaille en univers certain. Les données utilisées conditionnent l'organisation des tournées et donc le calibrage du système. Il est clair que, dans la réalité, les flux à enlever dans les bureaux sont aléatoires tant en volume qu'en heures de disponibilité et que les temps de transport sont également aléatoires. Pour contrer cela, il est possible de majorer les valeurs utilisées par un coefficient de sécurité; cette possibilité est offerte dans le SIAD pour les volumes dans le paramétrage d'un scénario et pour les temps de transport par le paramétrage de la vitesse moyenne des camions rattachés au centre de tri. D'un point de vue méthodologique, cette parade est contestable parce que l'usage d'un même coefficient de majoration aboutit à des probabilités

Figure 8 : analyse des flux arrivant au centre de tri

de dépassement de la valeur trouvée qui varie avec les caractéristiques de variable aléatoire (phénomène bien connu en théorie des stocks).

Il est préférable de faire une analyse de robustesse de la solution trouvée pour un scénario en utilisant une approche de type Monte-Carlo. Dans ce cadre, on teste l'organisation retenue (liste de tournées avec leurs heures de départ) pour :

- introduire de nouveaux indicateurs de service qui n'ont pas de raison d'être en univers certain, comme la distribution de probabilité du pourcentage de courrier non enlevé, faute de place dans un camion;
- déterminer le profil et l'importance des retards au centre de tri, ce qui peut être synthétisé par une courbe d'alimentation moyenne accompagnées des courbes d'alimentation ayant 5 % ou 95 % de chances d'être dépassées, comme l'illustre la figure 9.

Figure 9 : analyse de sensibilité

Sur le plan technique, cette extension du SIAD ne pose guère de problème. On bute actuellement sur la difficulté de l'identification des lois des différentes variables aléatoires et de leurs paramètres, sachant que ce travail est à réaliser au niveau des trafics élémentaires, pour chaque bureau et pour le découpage temporel retenu. Cette difficulté est actuellement difficilement soluble à *La Poste*. Il faut ajouter un autre obstacle de nature culturelle : peu d'entreprises en France ont actuellement la maturité suffisante pour accepter ce type de démarche et *La Poste* n'échappe pas à ce « blocage ». Il a donc été décidé de ne pas compléter cette démarche en attendant les retombées de l'amélioration en cours du système d'information et celles de l'accueil très favorable d'*Organist* prédisposant les utilisateurs à accepter de pousser un peu plus loin leur raisonnement.

3 Annexes

On examinera successivement le modèle d'optimisation sous-jacent et l'organisation retenue pour les traitements informatiques.

3-1 Le modèle d'optimisation sous-jacent

Dans ce modèle¹ la variable binaire x_{ijh} vaut 1 seulement si le camion h part de i pour se rendre en j et vaut 0, dans le cas contraire. Par convention, $i = 1$ pour le centre de tri, les indices $i = 2$ à $i = n$ sont réservés aux bureaux de poste et l'indice $i = n + 1$ correspond à une localisation fictive se trouvant à une distance nulle de toutes les localisations ($2 \leq i \leq n$). On remarquera que

la liaison i vers j est retenue lorsque $\sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1$. Les variables pertinentes du problème posé sont données dans le tableau suivant :

Tableau 1 : variables du problème

		Destination				
		1 (« destination finale de tournée filaire »)	2	... j...	n	n + 1 (« tête de tournée filaire »)
Origine	1 (« destination finale de tournée filaire »)					
	2	$x_{2,1h}$... x_{2jh} ...	x_{2nh}	
	... i...	... x_{i1h} x_{i2h} x_{ijh} x_{inh} ...	
	n	x_{n1h}	x_{n2h}	... x_{njh} ...		
	n + 1 (« tête de tournée filaire »)		$x_{n+1,2h}$... $x_{n+1,jh}$...	$x_{n+1,nh}$	

Si l'on note c_{ij} , le coût (ou le temps ou la distance) du transport de i vers j , le critère à optimiser est :

$$\text{Min} \left[\begin{array}{ccc} n+1 & n & H \\ & c_{ij} & x_{ijh} \\ i=2 & j=1 & h=1 \\ & i & \end{array} \right] \quad \text{Relation 1}$$

Une première série de contraintes force à desservir tous les bureaux :

1. Qui diffère légèrement de celui présenté aux § 2.3 et 4.1 du modèle proposé par Giard, André et Le Guluche [3]

- chaque camion peut arriver au plus une fois dans la localisation « destination finale de tournée filaire » ($j = 1$), la localisation fictive « tête de tournée filaire » ($i = n + 1$) étant exclue comme origine possible :

$$\sum_{i=2}^n x_{i1h} = 1, \text{ pour } 1 \leq h \leq H \quad \text{Relation 2}$$

- chaque camion peut partir au plus une fois de la localisation fictive « tête de tournée filaire » ($i = n + 1$), à destination d'une autre ville que celle qui est « destination finale de tournée filaire » ($j = 1$) :

$$\sum_{j=2}^n x_{n+1,jh} = 1, \text{ pour } 1 \leq h \leq H \quad \text{Relation 3}$$

- un camion doit arriver une fois et une seule dans chaque ville j autre que la localisation « destination finale de tournée filaire » ($j = 1$), laquelle est exclue comme origine possible, et de la localisation fictive « tête de tournée filaire » ($j = n + 1$), laquelle reste autorisée comme origine possible :

$$\sum_{i=2}^{n+1} \sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1, \text{ pour } 1 < j < n + 1 \text{ et } i \neq j \quad \text{Relation 4}$$

- un camion doit partir une fois et une seule de chaque ville i autre que la localisation « destination finale de tournée filaire » ($i = 1$), laquelle reste autorisée comme destination, et la localisation fictive « tête de tournée filaire » ($i = n + 1$), laquelle est exclue comme destination :

$$\sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1, \text{ pour } 1 < i < n + 1 \text{ et } i \neq j \quad \text{Relation 5}$$

Une seconde série de contraintes concerne l'usage des camions, sachant que chaque véhicule se caractérise par sa capacité u_h et chaque ville visitée, par une utilisation de capacité x_{ijh} associée au chargement de marchandises :

- c'est le même camion qui arrive et part d'une même ville k (autre que celle du centre de tri et localisation fictive « tête de tournée filaire ») :

$$\sum_{i=2}^{n+1} x_{ikh} = \sum_{j=1}^n x_{kjh}, \text{ pour } k = 2 \text{ à } n \text{ et } h = 1 \text{ à } H \quad \text{Relation 6}$$

- Il faut également forcer le respect de la contrainte de capacité de chaque camion, sachant

que $\sum_{j=1}^n x_{ijh} = 1$ implique que le camion h passe par la ville i :

$$\sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^n x_{ijh} \leq u_h, \text{ pour } h = 1 \text{ à } H \quad \text{Relation 7}$$

Pour empêcher toute proposition de solution comportant un (ou plusieurs) circuit(s), on utilise une troisième série de contraintes. On note a_i les heures d'arrivées dans les villes i ; avec une date d'arrivée d_i et un temps de séjour obligatoire (lié à un travail de transbordement) t_i à l'étape i , la date de départ de i est $[d_i + t_i]$:

1. En réalité, il faut ajouter deux contraintes (voir article) pour que a_i corresponde exactement à l'heure d'arrivée; dans le cas contraire, les heures d'arrivées sont retardées mais la cohérence d'ensemble est conservée (en particulier le respect des fenêtres de temps de la [relation 9](#) reste assuré). La perte de cette information est sans conséquence car la solution obtenue sera traitée pour déterminer les ordonnancements au plus tôt et au plus tard, compte tenu des fenêtres de temps (prises en compte dans le modèle) et des capacités d'accueil limitées au centre de tri (non prises en compte dans le programme).

- si la tournée implique de partir de i pour se rendre en j (c'est-à-dire si $\sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1$), alors la date d'arrivée en j ne peut être inférieure au cumul de la date d'arrivée en i , augmentée du temps de séjour en i et du temps de transport t_{ij} entre i et j : $d_j \geq d_i + t_{ij}$,
- si l'on ne se rend pas en j en partant de i , il n'y a pas de relation entre d_i et d_j (la date d_i pouvant être aussi bien antérieure que postérieure à la date d_j).

Ces deux cas de figure peuvent se décrire par la Relation 8, qui comporte une constante K arbitrairement élevée :

$$d_{n+1} = 0 \text{ et } [d_i + t_{ij}] - d_j \leq K(1 - \sum_{h=1}^H x_{ijh}), \text{ pour } 1 < i \leq n+1, 1 \leq j < n+1 \text{ et } j \neq i \quad \textbf{Relation 8}$$

Une quatrième série de contraintes concerne la possibilité de n'effectuer un transbordement dans une ville que sur la fenêtre de temps $[min_i, max_i]$ autorisée, cette fenêtre étant supposée unique pour l'envoi considéré, il s'ensuit que :

$$min_i \leq d_i \text{ et } d_i + t_i \leq max_i, \text{ pour } i > 1 \quad \textbf{Relation 9}$$

Les problèmes à traiter concernent la concentration et la dispersion du courrier. La formulation retenue ici est orientée concentration. Cela étant, le problème de dispersion est symétrique de celui de la concentration. Il suffit de permuter dans les données le centre de tri (qui devient la tête de tournée $i = n + 1$) et la localisation fictive (qui devient la destination finale $i = 1$) pour traiter correctement le problème de la dispersion.

3-2 L'organisation des traitements

On examinera successivement le module d'optimisation utilisé (§ 3-2.1) et une description générale des traitements (§ 3-2.2).

3-2.1 L'optimisation

Le problème d'optimisation décrit au § 3-1, page 13, est transcrit dans le formalisme du logiciel GAMS (de Scientific Press, voir Brooke et al., [1]) qui s'appuie sur une séparation du modèle et des données et offre la possibilité d'une description algébrique aisée. Ce logiciel exploite une description analytique du problème par des relations algébriques utilisant directement des variables et paramètres indicés et permettant l'appel aux opérateurs \sum et \prod et utilise l'ensemble des données élémentaires non redondantes, pour générer automatiquement les matrices de données qui seront soumises à un solveur (en l'occurrence, OSL d'IBM, l'un des plus puissants disponibles, voir Murphy et al., [5]).

3-2.2 L'organisation des traitements

Actuellement, tous les départements de la région Île de France de La Poste sont équipés d'une version d'Organist et des versions « professionnelles » de GAMS et d'OSL; le matériel utilisé est de type PC — Pentium 100 (avec gestion d'une mémoire étendue à 16 Mo).

Les programmes d'Organist ont été écrits en Visual Basic et utilisent le gestionnaire de base de donnée Access. La base de donnée utilisée est relationnelle. Il fait appel à des logiciels d'optimisation (GAMS + OSL) dont l'usage est totalement intégré au SIAD. L'utilisateur ignore en fait qu'il est en train de décrire implicitement un problème d'optimisation et qu'il utilise de la programmation linéaire; il définit seulement le temps maximal alloué à la recherche d'une solution.

À titre indicatif, un problème portant sur 10 camions, 30 bureaux de poste conduit à la génération de 3000 variables binaires et 32 variables continues et de 1240 contraintes, ces valeurs étant obtenue après élimination des variables nécessairement nulles (en particulier,

chaque bureau de poste n'étant reliable qu'aux bureaux les plus proches) et des contraintes sans objet.

3-2.3 Le programme GAMS

Ce programme dissocie la description du modèle (§ 3-2.3.1), des données utilisées par le modèle (§ 3-2.3.2) ; le lancement du programme conduit à la génération du programme linéaire effectivement soumis à un solveur (ici OSL). Le fichier des résultats est ensuite utilisé par le SIAD pour exploitation de la solution (cf. § 2-2, page 9).

3-2.3.1 Le modèle

Le modèle consiste en une déclaration préalable des indices, des paramètres et des variables, puis à utiliser ces éléments dans des équations. Pour distinguer le modèle, des commentaires, le texte du modèle est encadré.

III-2.3.11 Début du modèle

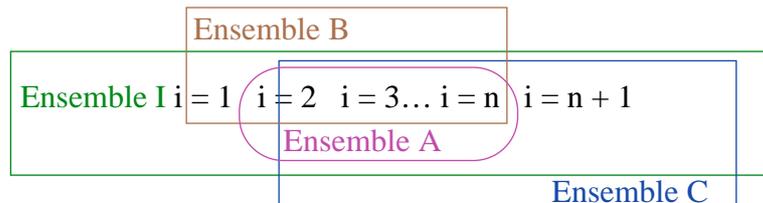
```
* MODEL
```

III-2.3.12 Définition des indices

```
SETS
I      Localisations avec bureau fictif et centre de tri
A      Localisations hors bureau fictif et centre de tri
B      Localisations hors bureau fictif
C      Localisations hors centre de tri
H      Camion
INTER Interdiction des camions
ALIAS (I, J, P);
```

Remarques :

- A, B et C sont des sous-ensembles de I



- le sous-ensemble INTER sera indexé par un indice de localisation et un indice de véhicule, pour restreindre l'ensemble des localisations que peut desservir un véhicule à celui physiquement possible (possibilité de faire manœuvrer le camion dans la cour d'un bureau, par exemple);
- les 3 alias (I, J, P) permettent d'utiliser jusqu'à 3 fois l'indice de localisation

III-2.3.13 Définition des paramètres

PARAMETERS

HI temps de passage au plus tôt dans chaque bureau
 HS temps de passage au plus tard dans chaque bureau
 D Distance entre i et j
 U Capacité de chaque camion
 TTRAJ Temps de trajet entre i et j
 TARRET Temps de chargement de chaque bureau
 TRAF Chargement en provenance de chaque bureau;

Remarques :

- les paramètres peuvent faire l'objet d'une indexation;
- les paramètres HI et HS, après indexation pour un bureau i, définiront la fenêtre de temps $[min_i, max_i]$ autorisée pour ce bureau (voir [relation 9 de la page 15](#)); HI correspond donc à min et HS correspond à max ;
- le paramètre D, après indexation double sur des bureaux, correspond au paramètre c de la fonction objectif (voir [relation 1 de la page 13](#))
- le paramètre U, après indexation sur les camions h, correspond bien au paramètre u (u_h) de la [relation 7 de la page 14](#)
- le paramètre TTRAJ, après indexation double sur des bureaux, correspond au paramètre de temps de transport t (t_{ij}) introduit dans la [relation 8 de la page 15](#) ;
- le paramètre TARRET, après indexation sur les bureaux, correspond au paramètre de temps de séjour (t_i) introduit dans la [relation 8 de la page 15](#) ;
- le paramètre TRAF, après indexation sur les bureaux, correspond à l'utilisation de capacité d'un camion (u_i) par le bureau, introduit dans la [relation 7 de la page 14](#) ;

III-2.3.14 Variables

VARIABLES

X vaut 1 si liaison entre i et j est prise en charge par le véhicule H
 Z Fonction objectif
 T date d'arrivée dans chaque bureau;
 BINARY VARIABLE X;
 POSITIVE VARIABLE T;

III-2.3.15 Équations

Chaque équation générique est repérée par un nom (par exemple SUC), et fera l'objet d'une description par son indexation (par exemple SUC (a (i))) et par une équation faisant intervenir des indices, des paramètres et des variables et, si nécessaire, des conditions limitant la portée de l'équation. GAMS après analyse de l'équation et des valeurs prises par les indices et les paramètres, générera l'ensemble des équations pertinentes pour chaque équation générique. On a conservé la structure effectivement utilisée avec une première partie listant les équations génériques et une seconde partie décrivant chaque équation générique; on ajoutera à chaque description des commentaires

EQUATIONS

- DIST Distance minimum de la fonction objectif (relation 1 de la page 13)
- CTC Verifie que chaque camion arrive bien au centre de tri (relation 2 de la page 14)
- FICTIF Verifie que chaque camion parte bien du bureau fictif (relation 3 de la page 14)
- SUC Verifie que chaque bureau a un successeur (relation 4 de la page 14)
- ANT Verifie que chaque bureau a un antecedent (relation 5 de la page 14)
- VEHIC Verifie même véhicule arrive et repart d un bureau (relation 6 de la page 14)
- CAPA Verifie que la capacite d un véhicule n est pas depassee (relation 7 de la page 14)
- CHRONO Impose heure de depart sup heure d arrivee plus temps de chargement (relation 8 de la page 15)
- FENETRE1 Impose l heure limite inferieure de relevage (relation 9 de la page 15)
- FENETRE2 Impose l heure limite superieure de relevage (relation 9 de la page 15)

- fonction objectif (relation 1 de la page 13)

$$\text{DIST.. } Z = E = \text{SUM} ((c(i), b(j), H) \$ ((\text{ORD}(i) \text{ NE } \text{ORD}(j)) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h))), D(i, j) * X(h, i, j));$$

$$\text{Min} \left[\begin{matrix} n+1 & n & H \\ i=2 & j=i & h=1 \\ c_{ij} & & x_{ijh} \end{matrix} \right]$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

- Contraintes relatives à l'unicité de l'arrivée au centre de tri (relation 2) et au départ de la localisation fictive (relation 3)

$$\sum_{i=2}^n x_{i1h} = 1, \text{ pour } 1 \leq h \leq H$$

centre de tri

$$\text{CTC (h).. } \text{SUM} (a(i) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)), X(h, i, "V")) = L = 1;$$

$$\text{FICTIF (h).. } \text{SUM} (a(j) \$ (\text{NOT INTER}(j, h)), X(h, "W", j)) = L = 1;$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

$$\sum_{j=2}^n x_{n+1,jh} = 1, \text{ pour } 1 \leq h \leq H$$

centre fictif

- Contraintes relatives à l'arrivée dans chaque bureaux (relation 4) et au départ de chaque bureaux (relation 5)

$$\sum_{i=2}^{n+1} \sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1, \text{ pour } 1 < j < n+1 \text{ et } i < j$$

$$\text{ANT (a(j)).. } \text{SUM} ((c(i), h) \$ ((\text{ORD}(i) \text{ NE } \text{ORD}(j)) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h))), X(h, i, j)) = E = 1;$$

$$\text{SUC (a(i)).. } \text{SUM} ((b(j), h) \$ ((\text{ORD}(j) \text{ NE } \text{ORD}(i)) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h))), X(h, i, j)) = E = 1;$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^H x_{ijh} = 1, \text{ pour } 1 < i < n+1 \text{ et } i < j$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

- Contraintes relatives à l'unicité du camion entrant et sortant d'un bureau (relation 6)

$$x_{ikh} = x_{kjh}, \text{ pour } h = 1 \text{ à } H \text{ et } k = 2 \text{ à } n$$

$$\text{VEHIC } (h, a(p)) \cdot \text{SUM } (c(i) \$ ((\text{ORD}(i) \text{ NE ORD}(p)) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(p, h))), X(h, i, p)) - \text{SUM } (b(j) \$ ((\text{ORD}(j) \text{ NE ORD}(p)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h)) \$ (\text{NOT INTER}(p, h))), X(h, p, j)) = E = 0;$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

- Contrainte de capacité des camions (relation 7)

$$x_{ijh} \leq u_h, \text{ pour } h = 1 \text{ à } H$$

$$\text{CAPA } (h) \cdot \text{SUM } (a(i), (\text{TRAF}(i) * \text{SUM } (b(j) \$ ((\text{ORD}(j) \text{ NE ORD}(i)) \$ (\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h))), X(h, i, j)))) = L = U(h);$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

- Contrainte de chronologie (relation 8)

$$n_{+1} = 0 \text{ et } [i + t_{ij}] - j \leq K(1 - \sum_{h=1}^H x_{ijh}), \text{ pour } 1 < i \leq n+1, 1 \leq j < n+1 \text{ et } j < i$$

$$\text{CHRONO } (c(i), b(j)) \$ ((\text{ORD}(i) \text{ NE ORD}(j)) \cdot T(i) + \text{TARRET}(i) + \text{TTRAJ}(i, j) - T(j)) = L = 50000 * (1 - \text{SUM } (h \$ ((\text{NOT INTER}(i, h)) \$ (\text{NOT INTER}(j, h))), X(h, i, j)));$$

pour éviter la génération de x_{ijh} non pertinents

- Contraintes de fenêtres de temps (relation 9)

$$\min_i t_i \text{ et } t_i + t_i \leq \max_i t_i, \text{ pour } i > 1$$

$$\text{FENETRE1 } (i) \cdot T(i) = G = \text{HI}(i);$$

$$\text{FENETRE2 } (i) \cdot T(i) + \text{TARRET}(i) = L = \text{HS}(i);$$

3-2.3.2 Données

Les données sont stockées dans des fichiers créés par le SIAD en partant des données de la base et de la description du scénario

*DONNEES

SETS

I /

\$INCLUDE "ISET1.INC"

/

A(i) /

\$INCLUDE "ISET2.INC"

/

B(i) /

\$INCLUDE "ISET3.INC"

/

C(i) /

\$INCLUDE "ISET4.INC"

```

/
H /
$INCLUDE "ISET5.INC"
/
INTER (i, h)/
$INCLUDE "ISET6.INC"
/
;
PARAMETERS
U (h) /
$INCLUDE "IPARA1.INC"
/
TARRET (i)/
$INCLUDE "IPARA2.INC"
/
TRAF (i)/
$INCLUDE "IPARA3.INC"
/
HI (i)/
$INCLUDE "IPARA4.INC"
/
HS (i)/
$INCLUDE "IPARA5.INC"
/
D (i, j)/
$INCLUDE "IPARA6.INC"
/
TTRAJ (i, j)/
$INCLUDE "IPARA7.INC"
/
;
X. UP (h, "W", "V") = 0;
X. UP (h, i, i) = 0;

```

4 Bibliographie

- [1] Antony **Brooke**, David **Kendrick** & Alexander **Meeraus**, *GAMS : A User's Guide*, Scientific Press, Redwood City, CA, 1988.
- [2] Nicolas **Curien**, *Economie et management des entreprises de réseau*, Economica, 1992.
- [3] Vincent **Giard**, Roland **André** & Jacques **Le Guluche**, *Organisation de la concentration du courrier : définition des tournées filaires et du niveau de ségrégation du courrier*; paru in *Système de décision*, vol. 4, n° 3, pp.175-198, 1995; initialement publié sous forme de papier de recherche du GREGOR (cahier 1995.03) de l'IAE de Paris.
- [4] V. **Giard**, « Gestion de production et entreprises de réseau », *Le manager des entreprises de réseau*, n° 5, 1994.
- [5] Frederic **Murphy**, Edward **Stohr** & Ajay **Asthana**, « Representation schemes for linear programming models », *Management Science*, vol. 38, n° 7, pp.964-991, juillet 1992.

1997.06

**Organist : un Système Interactif d'Aide à la Définition du
niveau de traitement du courrier des bureaux de poste et
des tournées d'acheminement à un centre de tri**

Vincent Giard*, Christine Triomphe* Roland André **

* IAE — Université Paris 1, **Administrateur de La Poste, Responsable
du Département Système d'information à la Direction du courrier

Les papiers de recherche du GREGOR sont accessibles
sur INTERNET à l'adresse suivante :
<http://www.univ-paris1.fr/GREGOR/>

Secrétariat du GREGOR : Claudine DUCOURTIEUX (Ducourtieux.IAE@univ-paris1.fr)

