

Simulation automatique de l'exploitation ferroviaire et évaluation de ses charges de fonctionnement

Michel LEBŒUF

Ingénieur principal, chef du département

« Evaluation des grands projets »

Direction des études, de la planification et de la recherche de la SNCF

Gérard CAMPENON

Inspecteur au département

« Cybernétique et technique »

Lors des études préliminaires des projets de lignes nouvelles ferroviaires, il importe de connaître très rapidement les ordres de grandeur des principales composantes de l'offre de transport. Ces éléments sont effectivement décisifs dans l'économie des projets de cette nature. Afin que les résultats obtenus dans ce domaine ne soient pas biaisés, il est indispensable que les prestations d'exploitation et le parc de matériel roulant envisagés soient correctement proportionnés au trafic. C'est l'objet du modèle SIMECO (*SIMulation et évaluation ECONomique de l'exploitation*) de définir une offre compatible avec le trafic préalablement prévu et d'estimer le coût de sa mise en oeuvre.

*
* *

Le modèle SIMECO a été inventé par "le département recherche cybernétique et technique (RK)" de la S.N.C.F.. Il a été utilisé à de nombreuses reprises, comme aide à la conception de projets de TGV (liaison rapide Paris - Bruxelles - Cologne / Amsterdam, par exemple). Cet outil informatique a été de nombreuses fois modifié pour l'adapter à des situations très différentes. Il a été récemment complété par un module économique permettant d'estimer les charges d'exploitation des transports terrestres à grande vitesse (*roue-rail et sustentation magnétique*), à l'occasion de travaux de coopération franco-allemande.

Au plan de la forme, il se présente comme un logiciel courant sur disquette. Il peut être mis en oeuvre sur un micro-ordinateur doté d'une mémoire de 500 K octets environ. Un système conversationnel (écrit en BASIC) assure l'interface entre l'utilisateur, non averti des problèmes d'informatique, et le programme (écrit en FORTRAN) qui assume l'ensemble des tâches annexes à la simulation et au calcul économique proprement dits : entrée des données, stockage et édition des résultats.

*
* *

1 - A partir d'une demande voyageurs estimée par ailleurs à l'aide de modèles prévisionnels de trafic, le système SIMECO a pour objectifs de :

- bâtir un programme d'exploitation respectant les contraintes imposées par le concepteur,
- calculer le parc de matériel nécessaire pour assurer le service prévu,
- déterminer les indicateurs les plus caractéristiques relatifs au trafic, à la desserte et au matériel roulant,
- évaluer les frais d'exploitation et les charges de capital correspondants.

*
* *

2 - Les données de base nécessaires au fonctionnement du modèle sont entrées dans des fichiers qui caractérisent une application. Un programme conversationnel, comportant des menus organisés en structure arborescente, permet de balayer logiquement l'ensemble des données à introduire, chapitre par chapitre (fig.1 : arborescence).

2.1 - *La demande voyageurs.* Elle est exprimée sous forme de flux annuels, par classe, par sens de circulation et par couple de gares origine/destination. Le modèle transforme cette demande annuelle en demande journalière à la fois pour un jour ordinaire de semaine et pour un jour de pointe hebdomadaire. Les niveaux relatifs de trafic de ces deux jours sont définis par observation de situations réelles existantes en fonction de la durée totale du trajet qui inclut les parcours terminaux. Ces flux journaliers sont ensuite décomposés en flux horaires selon des indications de profil temporel adaptées à chaque relation.

- 2.1 - *Le réseau*. Il n'est que très sommairement décrit puisque le programme n'a à connaître que le nom des gares où naissent des flux de trafic et les distances séparant ces gares en décomposant ces distances en partie sur réseau classique et partie sur ligne nouvelle.
- 2.3 - *Le matériel roulant*. Pour l'unité de base de matériel, il convient de préciser la capacité en places par classe et les possibilités de couplage (plus grande composition possible d'un train).
- 2.4 - *Les règles d'exploitation*. Le modèle prend en compte :
- l'amplitude du service à étudier (heures de début et de fin de service),
 - le coefficient minimal de remplissage des trains sur le tronçon sur lequel ils sont le moins chargés,
 - le coefficient maximal de remplissage des trains sur le tronçon sur lequel ils sont le plus chargés (ce coefficient doit être inférieur à 100 % étant donné que la simulation est faite sur des moyennes et sa valeur est à déterminer en fonction de la distribution du trafic autour de ces moyennes),
 - le coefficient de remplissage dynamique (rapport des voyageurs-km aux places-km offertes sur l'ensemble du parcours du train) exigé pour la mise en marche des trains,
 - les temps de "retournement" du matériel dans les gares terminus (intervalle nécessaire entre deux utilisations successives d'un même matériel).
- 2.5 - *Les coûts unitaires d'exploitation*. Ils se composent :
- des coûts fixes, tels que ceux relatifs au poste de contrôle de la ligne nouvelle,
 - des coûts intermédiaires tels que l'entretien du matériel avec une part fixe annuelle et une part proportionnelle au parcours,
 - des coûts proportionnels aux prestations comme la conduite,
 - des charges de capital du matériel roulant, assimilées aux frais d'exploitation.

2.6 - La liste de missions possibles des trains :

La mission d'un train n'est autre que la série ordonnée de ses arrêts dans les gares avec indication de leur durée et des intervalles de temps entre les gares consécutives.

- 3 - Au cours de son fonctionnement le modèle reproduit par simulation l'évolution du système de transport à étudier. Deux entités fondamentales guident le mécanisme d'ensemble : le voyageur et le train.

Pour une tranche horaire, un jour (en semaine ou en pointe hebdomadaire), une relation (un couple de gares), un sens de parcours et une classe donnés, les voyageurs viennent se ranger, à chaque pas de la simulation, dans autant de files d'attente.

A chaque intervalle de temps, le système explore la demande voyageurs. Il examine, mission par mission, si les conditions de départ d'un train sont réunies (respect des coefficients d'occupation). Dans le cas où plusieurs missions différentes peuvent simultanément être déclenchées, le système sélectionne celle dont le coefficient dynamique d'occupation est le meilleur. Ce processus suppose les étapes suivantes :

- calcul de l'heure et du nombre de voyageurs présents lors du passage du train dans les gares concernées,
- remplissage progressif du train, la logique mise en oeuvre a pour but de prélever équitablement les voyageurs dans les files d'attente des gares composant la mission du train, ce qui est censé se produire effectivement si la réservation des places obéit à un processus totalement aléatoire,
- vérification des conditions d'exploitation sur chaque tronçon et globalement.

Lorsqu'une mission est ainsi reconnue possible elle sera mise en oeuvre à l'heure correspondante à condition qu'aucune autre mission incompatible dans le temps avec celle en cours d'étude n'ait été précédemment engagée. Les files d'attente de voyageurs sont alors mises à jour.

*
* * *

4 - Les résultats

Au terme de cette étape, le modèle est en mesure d'éditer ses premiers résultats : la liste de l'ensemble des trains créés, de leurs horaires d'arrivée et de départ dans chaque gare et des nombres correspondants de voyageurs descendus et montés.

Le modèle va plus loin, et évalue le parc de matériel roulant nécessaire pour couvrir les besoins de la grille de desserte. A partir d'un parc numériquement nul, il va affecter un matériel aux différents trajets prévus selon le processus suivant :

- si un ou plusieurs matériels sont disponibles dans la gare d'origine d'un trajet considéré, le système retient celui dont l'heure de disponibilité est la plus récente,
- si aucun matériel n'est disponible dans cette gare, le système recherche dans d'autres gares si des matériels sont susceptibles d'être rapatriés en parcours à vide et choisit celui dont le kilométrage "haut-le-pied" est le moins élevé,
- si aucun matériel n'est disponible dans cette gare, ni dans une autre, il crée un matériel supplémentaire.

Après le temps de parcours relatif au trajet considéré augmenté du temps de retournement correspondant aux opérations terminales, le matériel est placé en file d'attente dans la gare de destination. Et ainsi de suite. Le parc de matériel, hors réserve d'entretien, correspond donc au nombre maximum de journées de roulement du jour de semaine, ou au jour de pointe hebdomadaire.

Outre les tableaux récapitulatifs des trains créés et de leur utilisation ainsi que le roulement du matériel roulant, le modèle élabore les principales grandeurs caractéristiques de l'offre :

- les trains et éléments-kilomètres,
- les trains et éléments-heures,
- les parcours totaux,
- les rendements du matériel roulant (en parcours, en heures d'utilisation en nombre de trajets),
- les places-kilomètres offertes,
- le coefficient moyen global d'occupation,
- ...

Ces quantités physiques servent à leur tour de données pour l'élaboration des résultats économiques qui comprennent :

- l'évaluation des recettes,
- l'estimation des frais d'exploitation et des charges de capital du matériel roulant,

cumulés sur l'année en tenant compte des nombres annuels de jours de semaine et de jours de pointe hebdomadaire et assimilés.

*
* *

Bien entendu, l'utilisateur peut analyser ces résultats finaux pour optimiser la desserte en testant successivement l'influence de tel ou tel paramètre introduit dans les données.

Par exemple, l'utilisateur peut imposer de nouvelles contraintes au système, comme :

- exiger une fréquence minimale de desserte pour une mission déterminée reliant deux gares données ;
- demander le regroupement en un seul train sur une partie de leurs parcours de deux missions différentes, pour économiser des dépenses de conduite ou réduire l'effet des contraintes de circulation.

D'autre part, s'il constate qu'un départ avancé de quelques minutes pour un train permettrait d'économiser un matériel, il peut imposer l'horaire de départ de ce train.

A la limite, il peut indiquer les horaires de tous les trains d'une desserte et n'utiliser le modèle qu'à des fins de confection du roulement du matériel et de connaissance de l'utilisation des trains.

CONCLUSION

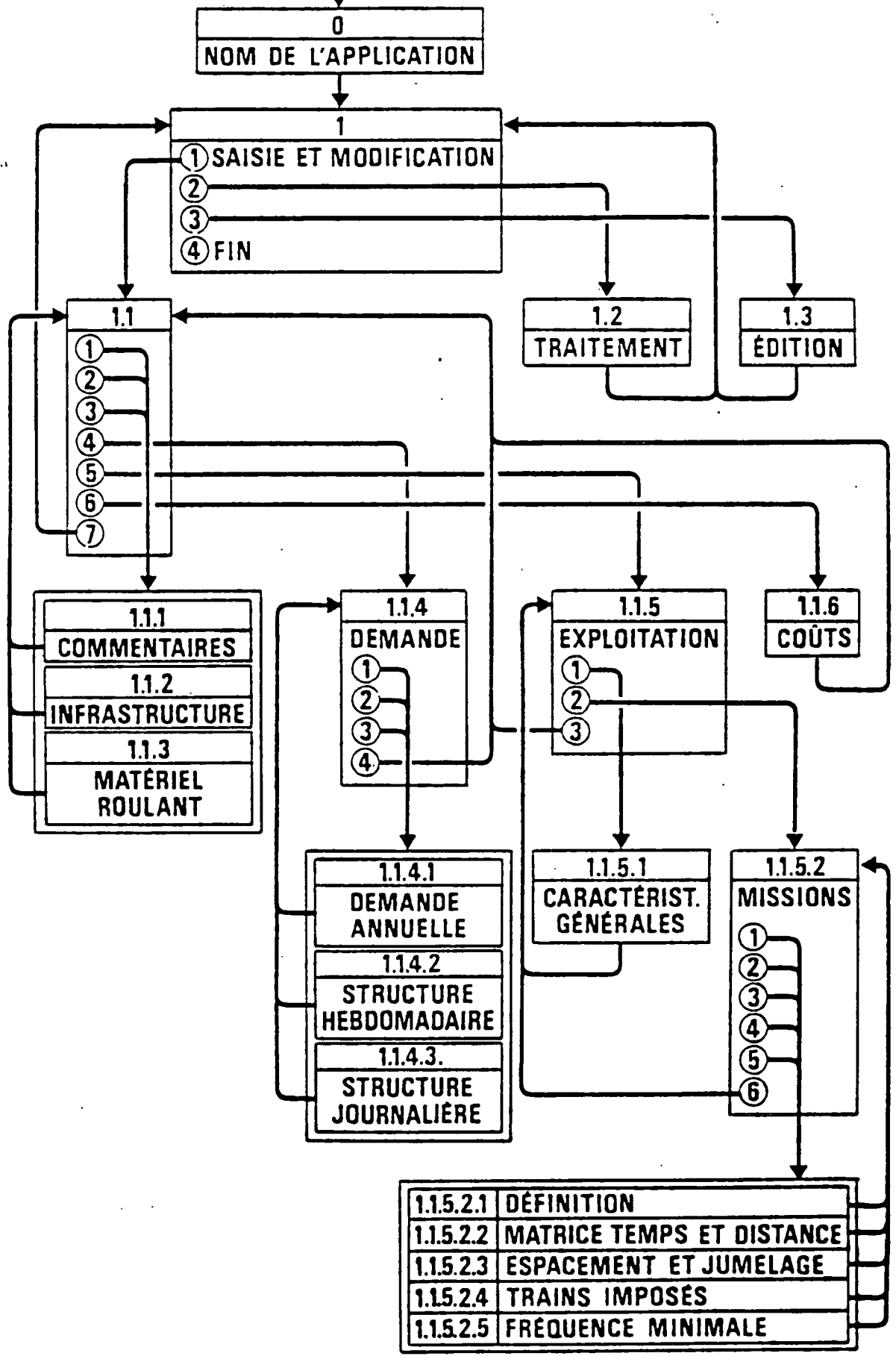
La conception modulaire du programme ainsi que son système conversationnel le rendent très pratique et très efficace. Sans prétendre donner la desserte optimale correspondant à un trafic défini dans ses structures géographique et temporelle, il produit des solutions possibles dans des délais rapides. Il permet de tester de multiples combinaisons de paramètres. Ses possibilités d'interaction laissent à l'utilisateur l'initiative de faire converger le processus vers l'optimum.

Ces résultats ont été obtenus grâce à un compromis raisonnable entre l'apport de l'ingénieur qui, de par son expérience d'exploitant, a l'intuition des thèmes de desserte les plus appropriés, et les possibilités de calcul et de mémoire de l'ordinateur qui peut simuler en quelques minutes les conséquences de choix à priori.

Dans sa forme actuelle, le modèle est un outil incomparable et unique.

Il est néanmoins certain qu'il peut encore recevoir de nombreux perfectionnements. Dans l'avenir, c'est l'interaction offre / demande, sous forme d'un "couplage" de ce modèle d'exploitation avec un modèle de prévision de trafic qui doit être un axe privilégié de recherche. Il ne fait pas de doute que l'aboutissement d'un tel travail modifiera l'algorithme de SIMECO. Toutefois il semble que le principe d'interactivité permettant de tirer parti de la compétence de l'utilisateur sera conservé.

MODÈLE *SIMECO*



0
NOM DE L'APPLICATION

1
① SAISIE ET MODIFICATION
②
③
④ FIN

1.2
TRAITEMENT

1.3
ÉDITION

1.1
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦

1.1.1
COMMENTAIRES
1.1.2
INFRASTRUCTURE
1.1.3
MATÉRIEL ROULANT

1.1.4
DEMANDE
①
②
③
④

1.1.5
EXPLOITATION
①
②
③

1.1.6
COÛTS

1.1.4.1
DEMANDE ANNUELLE
1.1.4.2
STRUCTURE HEBDOMADAIRE
1.1.4.3
STRUCTURE JOURNALIÈRE

1.1.5.1
CARACTÉRIST. GÉNÉRALES

1.1.5.2
MISSIONS
①
②
③
④
⑤
⑥

1.1.5.2.1 DÉFINITION
1.1.5.2.2 MATRICE TEMPS ET DISTANCE
1.1.5.2.3 ESPACEMENT ET JUMELAGE
1.1.5.2.4 TRAINS IMPOSÉS
1.1.5.2.5 FRÉQUENCE MINIMALE