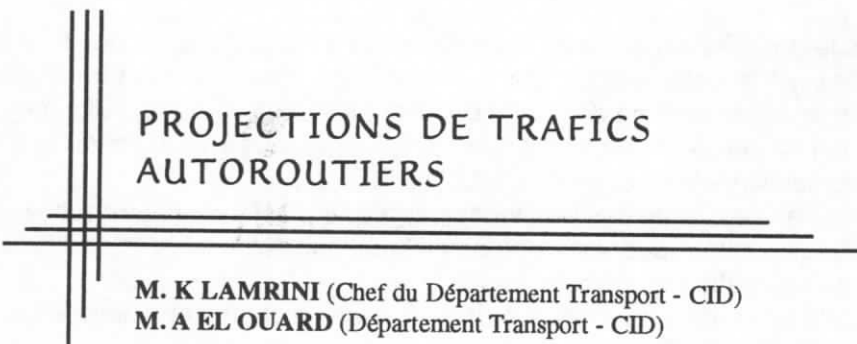




PROJECTIONS DE TRAFICS AUTOROUTIERS

M. K LAMRINI (Chef du Département Transport - CID)

M. A EL OUARD (Département Transport - CID)

INTRODUCTION

En matière de transport, la prévision de trafic constitue un élément majeur qui permet de répondre à des questions fondamentales :

- de planification d'aménagements ;
 - de conception et de dimensionnement de projet (configuration des ouvrages d'échanges, structures de chaussées, ...) ;
 - d'appréciation de l'intérêt d'un investissement et de justification de son opportunité ;
 - d'optimisation du niveau de tarification pour les infrastructures à péage ;
 - d'équilibre intermodal ;
 - etc... .

Dans le domaine autoroutier, la prévision de trafic fait appel à des méthodes basées sur la confrontation entre un modèle d'offre représentant le réseau routier et un modèle de demande décrivant les déplacements. Elles ont pour principe de simuler le comportement des usagers vis-à-vis du choix entre les différents itinéraires concurrents possibles.

La mise en œuvre de ces méthodes passe par plusieurs étapes successives structurées autour des trois thèmes globaux suivants :

- 1 - caractérisation du corridor étudié ;
- 2 - réalisation des enquêtes et constitution des matrices origine-destination ;
- 3 - génération et affectation de trafic à différents horizons.

ZONAGE DE L'AIRE D'ETUDE

Le corridor autoroutier représentant l'aire d'étude est constitué de l'ensemble formé par l'autoroute elle-même et le réseau de surface associé comprenant les itinéraires parallèles concurrents de l'autoroute et la voirie de distribution assurant les échanges avec celle-ci.

Au sein de ce corridor, la demande de déplacement est exprimée de district à district, chaque district représentant une zone pour laquelle il est admissible de faire l'hypothèse selon laquelle tout le trafic émis ou attiré par cette zone est concentré en un point, appelé centroïde. Grâce à cette simplification, la demande de déplacements peut être représentée par des tableaux de flux appelés "matrices origine - destination".

Ce zonage est recherché de façon à mieux cerner les mouvements des usagers sur les différents axes routiers entre les différentes zones définies. Son degré de finesse dépend évidemment du stade de l'étude, du niveau de précision des données disponibles et des objectifs de l'analyse.

ENQUÊTES ET DONNÉES DE BASE

Le but des enquêtes est de réunir toutes les informations utiles sur les comportements en matière de déplacements des usagers au sein de l'aire d'étude. Elles doivent aboutir à la construction de matrices origine-destination définissant les échanges entre les différentes zones.

D'autres éléments sont aussi recherchés et doivent être identifiés par ces enquêtes ; il s'agit en particulier :

- de répartir le trafic par catégorie de véhicule (véhicule léger, poids lourds, taxis, car, etc.) ;
- de déterminer les temps de parcours en heures moyennes et en heures de pointe ;
- de déterminer les motifs de déplacements ;
- de déterminer les caractéristiques du réseau routier (longueur, largeur, état général de la chaussée, traversées urbaines, etc.) et les courbes débit-vitesse à appliquer (c'est à dire la vitesse des parcours en fonction de la densité du trafic sur un itinéraire).

Ces informations sont indispensables pour analyser de façon approfondie la situation de départ et mettre au point les modèles devant servir à la prévision des déplacements futurs.

Avant de réaliser les enquêtes proprement dites, une analyse préliminaire est nécessaire. Globalement, cette première analyse s'appuie sur deux approches complémentaires :

- 1 - approche qualitative dont le but est de définir un profil de l'utilisateur cible et de son environnement (niveau de vie, valeur de temps, etc.) ;
- 2 - approche quantitative dont le but est de caractériser les conditions de déplacement dans l'aire d'étude.

Cette analyse cherche alors à recueillir l'ensemble des données et informations disponibles (périodes et lieux d'activités économiques, comptages automatiques réalisés, itinéraires actuels des différents flux des usagers à appréhender etc...) et de les analyser afin de définir la démarche pratique pour effectuer les enquêtes sur le terrain.

L'analyse préliminaire vise aussi à identifier les générateurs principaux de trafic dans l'aire d'étude tels les pôles d'activités socio-économiques et touristiques, et d'identifier les différents modes interagissant dans la zone (transport aérien, transport par voie ferrée, transport maritime) et les échanges qui peuvent se produire entre eux.

Cette étape de l'étude permet d'effectuer les choix suivants :

- choix des postes d'enquêtes;
- choix des jours, des horaires et des durées des enquêtes ;
- dimensionnement des équipes des enquêtes ;
- détermination de la taille de l'échantillon d'usagers à enquêter .
- établissement des questionnaires d'enquête et des formulaires de comptage.

A l'issue de cette analyse préliminaire, les enquêtes terrains sont organisées et réalisées en s'appuyant sur des équipes formées et encadrées, le but étant de disposer d'informations fiables pour l'étude. Les principales questions posées aux usagers concernent les points suivants :

- origine et destination ;
- fréquence de déplacement ;
- motif de déplacement ;
- points d'arrêts habituels et raisons de ces arrêts ;
- motifs du choix de l'itinéraire si plusieurs sont possibles.

D'autres informations sont aussi recueillies :

- l'heure de passage;
- la catégorie du véhicule et son état général ;
- le nombre d'occupants.

La connaissance des motivations relatives au choix de l'itinéraire et au choix des points d'arrêts renseigne sur l'importance du trafic captif pour certains types d'aménagements et d'agglomérations. Ce trafic captif, par opposition au trafic détournable ne fait pas l'objet d'affectation et reste généralement

imperméable à une nouvelle offre en matière de transport ; c'est le cas par exemple des taxis et du trafic purement local.

Les enquêtes sont complétées par des comptages directionnels qui distinguent les véhicules selon leur catégorie. Ce sont ces comptages qui permettent d'étendre les données de l'échantillon enquêté à la population mère d'usagers intéressant le projet étudié. Des redressements sont également effectués (facteurs journalier, hebdomadaire et saisonnier) afin de ramener les résultats aux moyennes à prendre en compte dans l'étude, à savoir les moyennes de trafic saisonnières ou annuelles (TMJA).

Des relevés terrain et des mesures de temps de parcours sont aussi effectués pour disposer des caractéristiques du réseau utilisé. Ces informations sont exploitées lors de l'opération d'affectation du trafic (affectation de la demande de déplacement sur le réseau routier).

Des enquêtes d'intentions peuvent être réalisées pour définir les choix prévisionnels d'itinéraire et de mode de transport. Elles consistent à présenter à chaque usager plusieurs possibilités caractérisées par les coûts, les délais et les conditions de confort et à lui demander quel serait son choix. Cette démarche consultative permet de faire des recoupements avec la démarche classique d'affectation prévisionnelle de trafic à l'aide des modèles comportementaux. L'ensemble des données recueillies lors de ces différentes enquêtes devra subir bien entendu, une vérification minutieuse et un nettoyage complet avant son exploitation.

Une codification de ces données est nécessaire puisque leur traitement a recours obligatoirement à des outils informatiques compte tenu de la masse généralement considérable des informations à traiter.

EVALUATION DU TRAFIC PREVISIONNEL

Le trafic total attendu sur un projet autoroutier se compose de trois types :

- 1 - le trafic normal : c'est le trafic empruntant l'infrastructure avant la réalisation du projet. Ce trafic est bien entendu nul pour une infrastructure nouvelle.

- 2 - le trafic détourné : c'est le trafic dérouté des autres itinéraires possibles et des autres modes de transport existants.
- 3 - le trafic induit : c'est le supplément de trafic qui est engendré par l'amélioration de l'offre de transport entre les origines et destinations concernées par le projet.

Les deux chapitres suivants présentent les principes et la méthodologie générale d'évaluation du trafic détourné (affectation de trafic) et du trafic induit (génération de trafic).

1 - AFFECTATION DE TRAFIC

Le principe du modèle d'affectation du trafic est que les usagers, lorsqu'ils ont le choix entre plusieurs itinéraires, s'affectent sur celui qu'ils ressentent comme le plus avantageux.

L'affectation du trafic caractérise donc un état d'équilibre entre, d'un côté l'offre définie comme l'ensemble des infrastructures et de leur organisation à disposition des usagers et de l'autre côté la demande définie comme l'ensemble des désirs et des besoins en déplacements de ces mêmes usagers. La formulation de cet état d'équilibre se base sur la quantification de la demande par le biais des enquêtes de trafic et de l'offre traduite en coût de transport perçu par l'utilisateur.

L'offre de transport dépend des données structurelles des zones, ainsi que des données des itinéraires entre origines et destinations. Ainsi, l'offre ne dépend pas que du coût direct de transport, mais également de la qualité de service qui comprend des paramètres tels que le temps de parcours, le confort, la régularité et la sécurité. Ces paramètres peuvent être quantifiés et consolidés dans un indicateur, appelé coût généralisé, qui permet de mesurer l'effort nécessaire pour utiliser un itinéraire donné et caractérise donc son attractivité.

Ce coût généralisé est défini par la formule :

$$C = a + bt + pt + c + s + r + \dots$$

a : coût perçu d'usage du véhicule

b : valeur, perçue, du temps, révélée par le comportement des usagers

t : temps de parcours
p : coût kilométrique du péage
l : longueur du parcours
c : coût perçu du confort
s : coût perçu de la sécurité
c : coût perçu de la régularité

L'affectation de la matrice des déplacements, représentant la demande, à un réseau est basée sur le calcul des itinéraires selon les coûts généralisés minimaux entre la zone d'origine et la zone de destination.

Plusieurs modèles sont possibles :

- chemin le plus court ;
- chemin le plus court avec contrainte de capacité ;
- méthode d'affectation probabiliste ou d'Abraham, etc....

Particulièrement adaptée aux infrastructures à péage, la méthode d'Abraham constitue le modèle de base pour l'affectation du trafic dans le domaine autoroutier. Selon cette méthode l'affectation des différents flux sur les itinéraires concurrents se fait selon la répartition suivante :

$$T1/T2 = (C2 / C1)^K$$

T1 : est le trafic empruntant l'itinéraire 1.

T2 : est le trafic empruntant l'itinéraire 2

C1 : est le coût généralisé de transport, perçu par l'utilisateur sur l'itinéraire 1

C2 : est le coût généralisé de transport, perçu par l'utilisateur sur l'itinéraire 2.

K : paramètre de l'affectation.

Le choix de ce paramètre constitue la difficulté majeure de cette méthode. Habituellement pris égale à 10 en France, il doit être calibré et ajusté au cas marocain.

Il convient de rappeler ici que les réseaux considérés se simplifient rarement en deux itinéraires, et qu'en réalité c'est un ensemble de choix possibles qui s'offre à l'utilisateur. De plus ces itinéraires se décomposent en général en plusieurs sections, considérées comme des sous-itinéraires. L'affectation de trafic se fait en considérant l'ensemble de ces itinéraires offerts, ce qui implique un volume de calcul très important qui nécessite le recours à des outils informatiques sophistiqués.

De plus, à ce choix d'itinéraire s'ajoute souvent un choix de mode de transport (problème du transport modal). Ce choix se base aussi sur la notion de comparaison des coûts généralisés perçus par l'utilisateur caractérisant les différents modes de transport mis en concurrence.

Sur le plan pratique et dans le cas particulier de deux itinéraires concurrents, il s'agit de répartir sur ces deux itinéraires le trafic total connu (T_{tot}), relatif à une origine-destination donnée de la matrice O/D projetée à l'année considérée, ce qui se traduit par :

$$T_1 = T_{tot} / (1 + (C_1 / C_2)^K)$$

$$T_2 = T_{tot} / (1 + (C_2 / C_1)^K)$$

Il faut donc calculer les coûts généralisés correspondant à chaque itinéraire. Comme décrit plus haut, ces coûts généralisés dépendent de plusieurs paramètres dont le temps de parcours, c'est-à-dire de la vitesse pratiquée sur l'itinéraire. Cette vitesse dépend :

- du volume de trafic, à travers les courbes débit-vitesse ;
- de la capacité de l'infrastructure en matière d'écoulement du trafic.

On imagine alors facilement la complexité du processus d'affectation. En effet, le schéma de résolution est de type itératif où chaque nouvelle distribution du trafic introduit de nouvelles vitesses et donc de nouveaux coûts généralisés. L'affectation du trafic est prononcée quand le processus itératif converge.

Cette affectation est réalisée année par année et par catégorie de véhicules afin de constituer une base de données regroupant les TMJA (Trafic Moyen Journalier Annuel) prévisibles sur l'infrastructure.

Il est souvent nécessaire de compléter la démarche décrite plus haut par une prise en compte de projets particuliers existants ou simplement projetés et qui peuvent influencer les affectations voire même les imposer.

Enfin, il convient de rappeler que la précision des prévisions de trafic dépend de la qualité des données et de la fiabilité des paramètres utilisés et de leur capacité à reproduire le comportement de l'utilisateur dans un contexte donné. Ces paramètres doivent donc être calibrés et actualisés aussi souvent que nécessaire afin qu'ils puissent garder toute leur pertinence.

2 - GENERATION DE TRAFIC

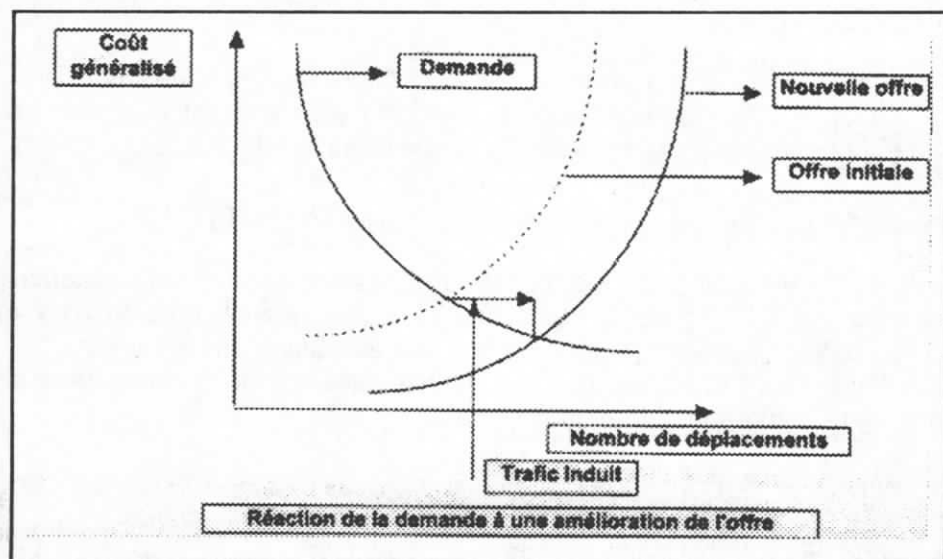
L'amélioration des conditions de circulation qui se traduit par la baisse du coût généralisé entre deux destinations provoque une augmentation du trafic, appelée le trafic induit.

Ce trafic induit est appliqué non pas au trafic sur une arête donnée mais aux divers échanges entre générateurs de trafic intéressés par la projet.

La prévision de trafic induit suppose :

- que la composition du trafic, par origines et destinations est connu ;
- que les coûts de circulation peuvent être évalués, non seulement sur l'arête directement concernée par le projet, mais sur tous les itinéraires entre origines et destinations du domaine d'influence du projet.

La détermination du trafic induit pour un projet donné consiste à déterminer son aptitude à réduire le coût de parcours qui se traduit alors par l'introduction d'une nouvelle loi d'offre. Cette modification de la loi de l'offre crée un nouvel état d'équilibre offre/demande où les usagers adaptent leurs déplacements en nombre, longueur, moyen et mode de transport. Le trafic induit devient alors la réaction de la demande à cette modification de l'offre.



En matière de prévision de trafic, Le recours à la simulation numérique en matière de prévision de trafic s'impose comme un moyen d'investigation et d'analyse efficace voire même indispensable vu la complexité croissante des réseaux. Il s'impose aussi comme seul moyen de modélisation des lois de comportements complexes qui représentent l'offre et la demande et permet d'intégrer une multitude de facteurs et d'identifier leur apport et leur interaction.

Plusieurs modèles de simulation sont maintenant disponibles ; ils reflètent l'important travail de recherche entrepris dans ce domaine. On peut, à titre d'exemple, citer les trois modèles suivants :

- POLDROM/POLYTOX de Systèmes Consult ;
- TRIPS de MVA Consultants ;
- EMME/2 de INRO.

La validité et la précision des résultats obtenus dépend essentiellement de :

- la qualité des données utilisées et leur capacité à reproduire le comportement des usagers (nécessité d'enquêtes sérieuses, de paramètres fiables, etc...) ;
- la finesse et la souplesse des algorithmes utilisés et de leur capacité à s'adapter à un contexte donné et à intégrer ses particularités (nécessité d'une bonne analyse des inputs et d'une exploitation réfléchie des outputs).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Pour tirer le meilleur parti des réseaux routiers existants et pour concevoir des infrastructures nouvelles optimales, il importe d'identifier les besoins en déplacements des usagers et de prévoir leur évolution dans le temps. Les prévisions de trafic revêtent un caractère vital et sont à la base de toute prise de décision en matière de transport.

La démarche préconisée pour établir ces prévisions repose sur une approche économique où l'offre existante et future est confrontée à la demande afin d'établir un point d'équilibre traduisant l'adéquation optimale.

Cette démarche cherche donc à caractériser l'offre et la demande en les traduisant sous forme de lois de comportement des usagers basées sur la notion de coût généralisé qui consolide de manière linéaire différents paramètres tels que le coût d'usage, le péage, la valeur du temps, etc.

La fiabilité de l'opération repose évidemment sur la maîtrise de ces nombreux paramètres et des facteurs qui permettent de les estimer (courbes débit-vitesse, capacités des infrastructures, etc.). Une bonne connaissance de ces facteurs constitue une condition nécessaire à la qualité des prévisions et à leur fiabilité et un effort considérable doit être déployé afin de les maîtriser.

L'affectation de trafic introduit des questions complexes qui doivent être approchées de manière structurée en s'inscrivant dans un cadre de prévision clair et maîtrisé qui définit les objectifs à atteindre, les données à collecter et à exploiter, les hypothèses à adopter et les moyens à utiliser.

Le recours aux outils informatiques offre des possibilités intéressantes dans ce domaine et permet de s'affranchir de la lourdeur des calculs nécessaires à la modélisation. Cependant, les résultats issus des simulations doivent toujours être considérés dans le cadre de prévision préétabli en tenant particulièrement compte de leur domaine de validité.

Ils doivent non seulement être interprétés et expliqués mais le plus souvent nécessitent d'être adaptés. En effet, il convient de garder à l'esprit que les algorithmes mathématiques utilisés, dont le domaine de prédilection est incontestablement le moyen terme, ne donnent que des résultats approximatifs pour le court et le long termes. L'ingénieur doit savoir tirer profit de ces résultats obtenus afin de les compléter et de les ajuster (Build Up, interpolation et extrapolation, etc.) grâce à sa bonne connaissance du contexte du projet et du comportement des usagers et grâce notamment aux études et aux expériences cumulées.