

# Le modèle multimodal du Grand Clermont Fiche Technique

août 2008

**CERTU**  
9, rue Juliette Récamier  
69 456 Lyon Cedex 06

# **Le modèle multimodal du Grand Clermont**

## **Fiche Technique**

**août 2008**

**CETE de Lyon**  
**25, av. François Mitterrand – Case n°1**  
**69 674 Bron Cedex**  
**Département Villes et Territoires , Groupe des Déplacements Urbains**  
**Responsable de l'étude : Virginie Lasserre, tel : 04-72-14-31-66**  
**Numéro de référence du service documentation : ISRN EQ-CT69-DVT/RE—08-....-FR**

Le modèle multimodal du Grand Clermont est en fait composé de deux outils de modélisation qui sont complémentaires :

- MOSTRA : un modèle stratégique permettant de produire les matrices OD routières et de transports en commun,
- un modèle d'affectation permettant d'estimer les trafics par tronçons de voiries et les clientèles TC par tronçons de lignes.

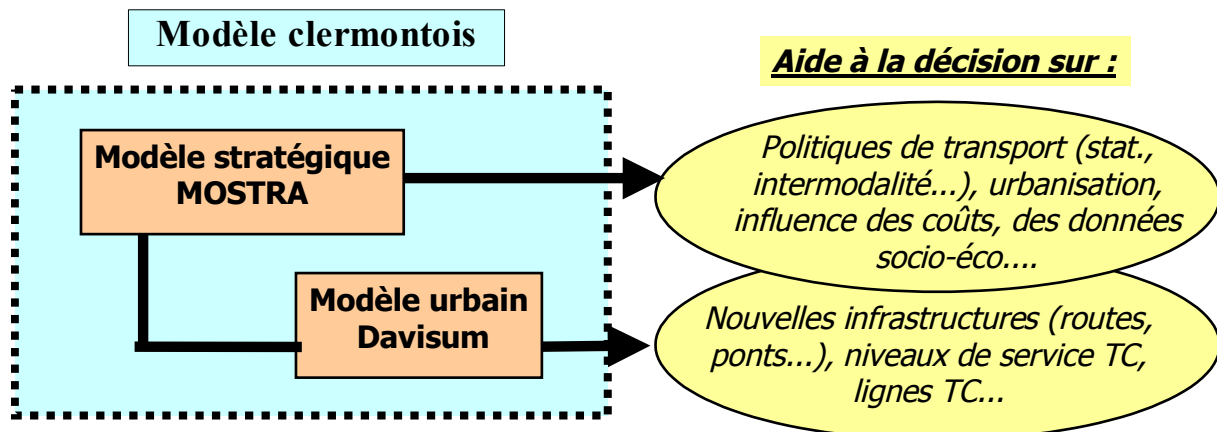


Figure 1 : principe de fonctionnement des deux modèles de déplacement de Clermont

MOSTRA a été développé en 2006 sous Excel par Egis Rail (anciennement SEMALY) d'après un concept initialement développé avec le Laboratoire d'Economie des Transports. Le modèle d'affectation a été développé par Egis Mobilité (anciennement ISIS) en 2006 sous Davisum.

La présente note décrit, pour chacun des deux outils, les zonages et les réseaux utilisés. Elle liste ensuite les données qui ont servi à l'élaboration des deux modèles. Elle précise la méthode utilisée dans MOSTRA pour modéliser la demande des déplacements. Puis elle décrit la phase d'affectation dans le modèle d'affectation et les calages réalisés. Elle présente ensuite des études réalisées à partir des modèles.

## I. Les zonages et les réseaux utilisés pour les deux modèles

MOSTRA et le modèle d'affectation ont des périmètres et des finesses de zonages différents.

### ***1.1. Le périmètre de MOSTRA est le Grand Clermont, son zonage est très macroscopique***

Le périmètre de MOSTRA est le Grand Clermont ; cela correspond à l'aire du SCOT.

Le zonage du modèle est très macroscopique puisqu'il comprend 30 zones internes et 6 postes externes (cf. figure 2).

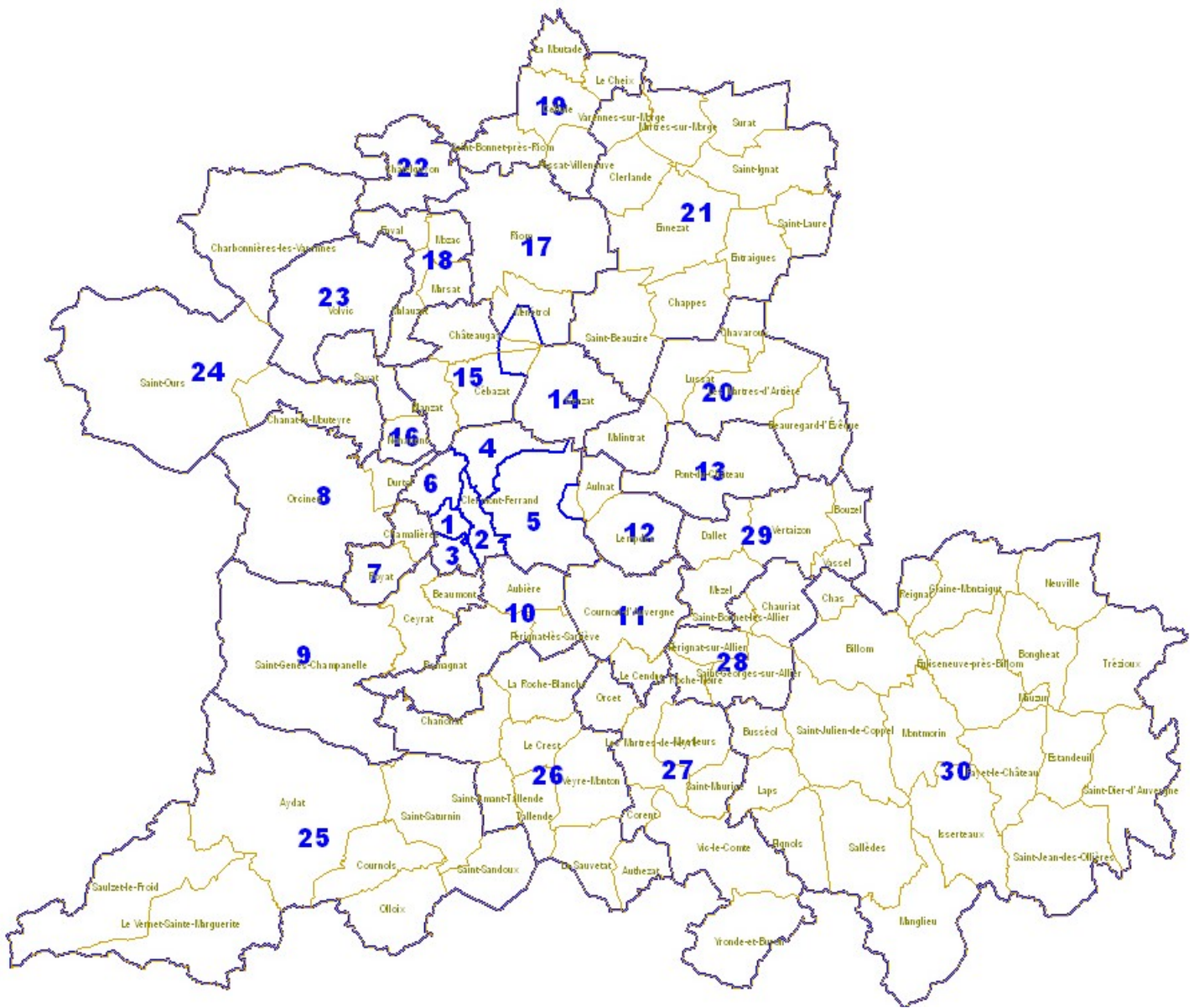
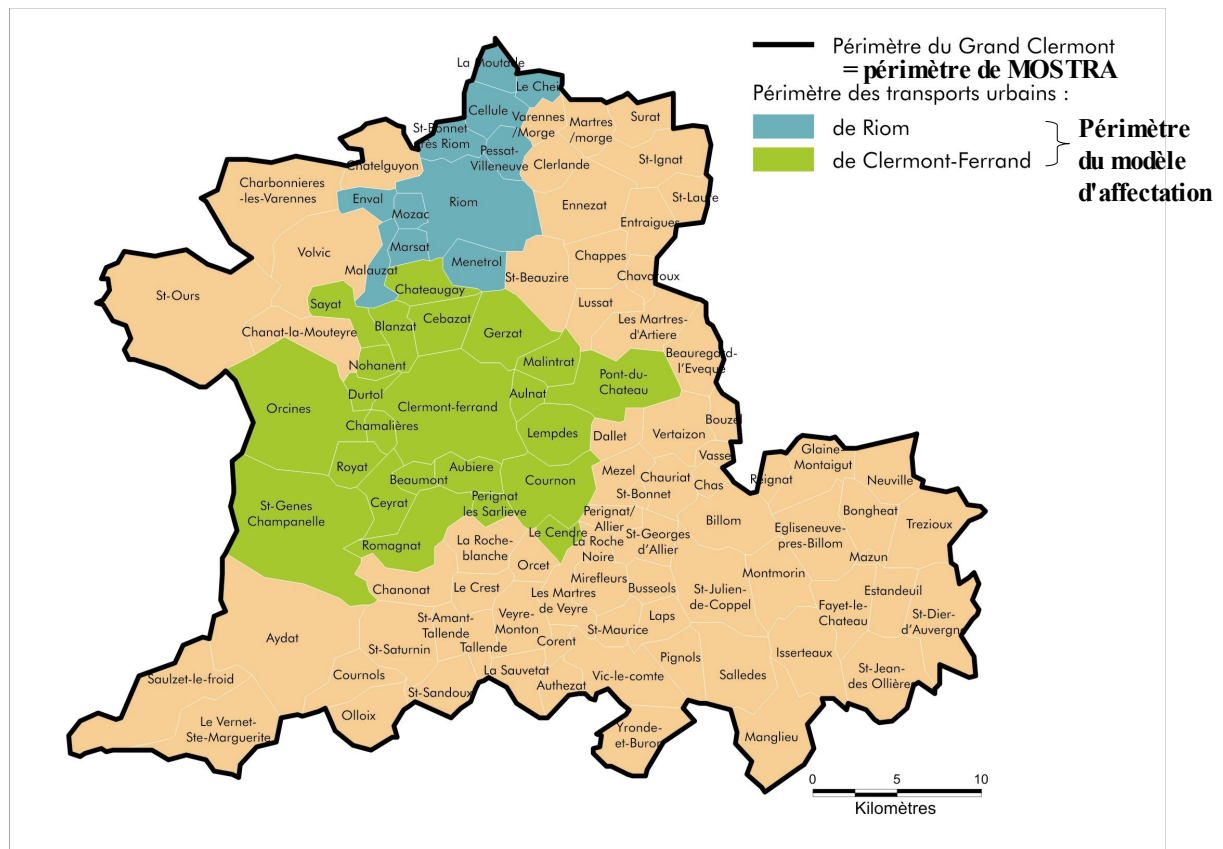


Figure 2 : périmètre et zonage de MOSTRA

## ***1.2. Le périmètre du modèle d'affectation est réduit à l'aire du PDU, son zonage est microscopique***

Le périmètre du modèle d'affectation est plus restreint que celui de MOSTRA. Il est composé du PTU de Clermont et du PTU de Riom (cf. figure 3).



*Figure 3 : périmètre du modèle d'affectation, en comparaison du périmètre de MOSTRA*

Son zonage est plus fin que celui de MOSTRA puisqu'il est composé d'environ 100 zones internes et de 20 postes externes.

## ***1.3. Les modes pris en compte sont les VP et les TC et les réseaux de MOSTRA sont virtuels, ce sont ceux du modèle d'affectation qui servent pour l'affectation***

Les modes pris en compte par MOSTRA et par le modèle d'affectation sont les VP et les TC (TCU, TER et autocars).

MOSTRA prend également en compte les déplacements en modes légers (marche à pieds, deux-roues).

MOSTRA n'est pas conçu pour fournir des résultats d'affectation des flux de déplacements sur les réseaux d'infrastructures, aussi il ne dispose que de réseaux virtuels pour estimer les coûts généralisés, nécessaires à l'élaboration de la matrice de demande (cf. § III).

C'est le modèle d'affectation qui dispose du réseau routier cf. figure 4) et du réseau de transports en commun modélisés ; c'est à partir de ce modèle que l'on réalisera l'affectation de matrices sur ses réseaux (cf. § III.6 et IV).

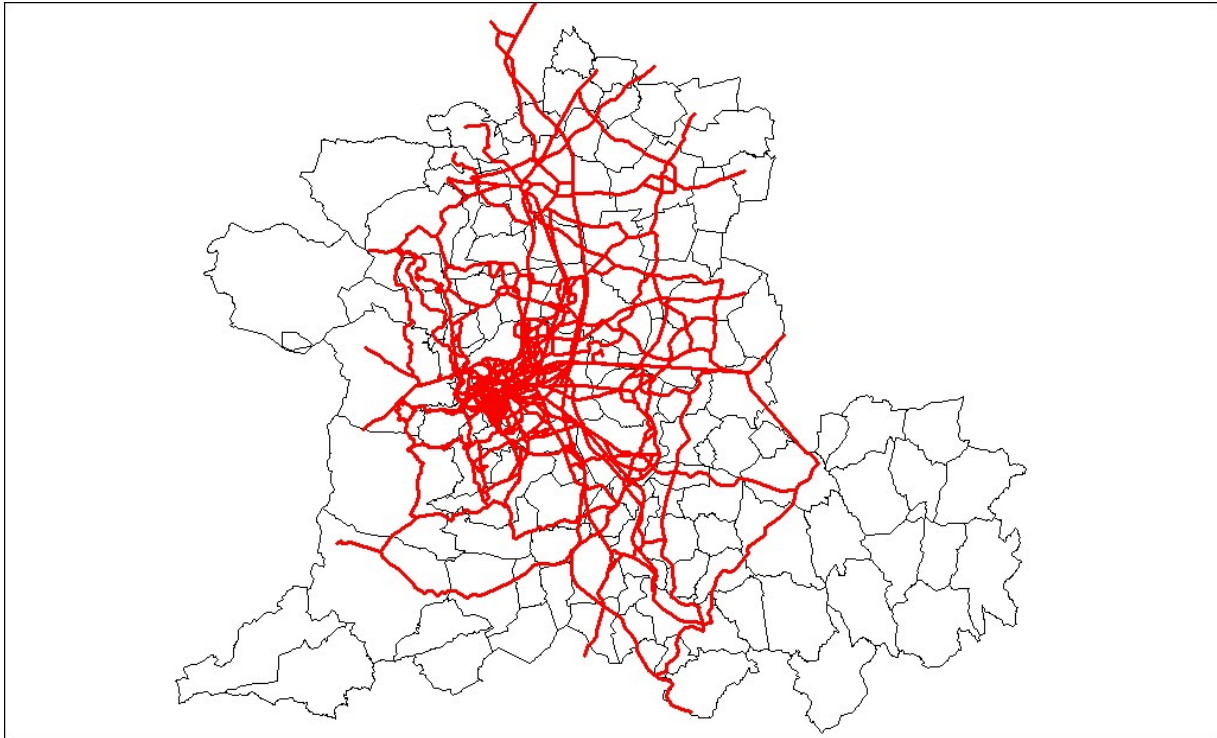


Figure 4 : réseau routier dans le modèle d'affectation par rapport au périmètre de MOSTRA

Pour le réseau TC du modèle d'affectation, les horaires renseignés sont ceux des fiches horaires existantes.

#### ***1.4. Les périodes de la journée modélisées***

Les périodes de la journée modélisées sont :

- pour MOSTRA : le Jour Moyen Ouvrable,
- pour le modèle statique :
  - l'Heure de Pointe du Soir (17h-18h) pour la matrice VP,
  - la Période de Pointe du Soir (16h30-18h30) pour la matrice TC.

## **II. Données utilisées pour élaborer les deux modèles**

Dans MOSTRA, les données d'entrée utilisées sont :

- les données socio-démographiques par zone : population, emplois, scolaires, effectifs des établissements scolaires, superficie urbanisée,
- les données globales du contexte : valeur du temps et taux d'occupation par motif, motorisation et revenus des ménages, évolution de la mobilité par motif,
- l'offre TC : vitesse, nombre de courses, nombre d'arrêts, pourcentage de la population à proximité de l'arrêt, pour les TER, les TCSP, les cars et les bus, ainsi qu'un coefficient empirique d'intermodalité,
- l'offre routière : capacité, vitesse à vide, distance,

- des données de stationnement : pourcentage d'évolution du nombre de places de stationnement courte et longue durée,
- les coûts de déplacement zone à zone : tarif moyen TC et coûts routiers : coûts kilométriques liés au carburant, coûts de péage classique ou urbain, coûts de stationnement,
- les flux routiers de transit et d'échange, ainsi que le coefficient de croissance annuelle du trafic : il est calculé sur la base des tendances 2000-2004, qui sont de l'ordre de 2 à 3% de croissance de trafic par axe,
- le coefficient empirique jouant sur l'attractivité des 2 roues.

Les sources dont sont tirées ces données sont : l'Enquête Ménage Déplacements 2003, l'Enquête Cordon 1995 recalée sur le modèle statique de la DDE à l'aide de comptages, l'Enquête OD TCU, l'enquête Montées/Descentes pour les TER, des données très détaillées du département sur le lieu de résidence et l'établissement scolaire des scolaires abonnés pour les autocars.

Les sorties de MOSTRA sont les évolutions 2003-2015, 2003-2020, voire 2003-2025 des déplacements par motifs et par modes.

A noter que MOSTRA fournit également des indications sur les itinéraires routiers, c'est-à-dire sur les zones successivement traversées au cours du déplacement, ainsi que sur les trafics, les niveaux de charge et les vitesses de zone à zone, non pas à exploiter en temps que tels mais surtout pour aider à l'analyse des résultats relatifs aux sorties principales de MOSTRA, à savoir les matrices OD.

**Dans le modèle d'affectation**, les matrices sur son zonage fin ont été élaborées à partir des données d'entrées suivantes :

- pour la matrice VP en situation actuelle :
  - l'Enquête Ménages Déplacements 2003,
  - l'Enquête Cordon 1995 recalée à partir du modèle statique de la DDE,
  - l'Enquête OD routière autour de Billom,
  - l'enquête OD TCU, les montées-descentes des TER et les données du département sur les scolaires pour les autocars,
  - le modèle national de trafic routier d'EGIS Mobilité pour le trafic de transit Nord-Sud.
- pour la matrice TC en situation actuelle :
  - l'Enquête Ménages Déplacements 2003,
  - l'enquête Montées-Descentes 1999.
- pour la matrice VP dans les scénarios futurs 2015, 2020, voire 2025 :
  - les évolutions 2003-2015, 2003-2020, voire 2003-2025 de la matrice VP issue de MOSTRA et éclatée sur son zonage fin.
- pour la matrice TC dans les scénarios futurs 2015, 2020, voire 2025 :

- les évolutions 2003-2015, 2003-2020, voire 2003-2025 de la matrice TC issue de MOSTRA et éclatée sur son zonage fin.

A noter que les zonages des deux modèles sont imbriqués l'un dans l'autre, pour permettre ces échanges de MOSTRA vers le modèle d'affectation.

### **III. C'est MOSTRA qui modélise les évolutions de la demande, ensuite éclatées sur le zonage fin du modèle d'affectation**

L'étape de modélisation de la demande se fait à partir de MOSTRA, qui estime des évolutions de déplacements à travers un fonctionnement pas à pas.

#### **III.1. MOSTRA estime des évolutions de déplacements**

La modélisation de la demande sous MOSTRA vise à estimer des évolutions de déplacements entre la situation actuelle et les horizons de projection.

Pour ce faire, MOSTRA modélise les évolutions des déplacements séparément pour chaque mode entre 2003, année de calage, et l'horizon étudié : 2015, 2020 voire 2025. Ainsi :

- les évolutions des déplacements internes VP sont modélisés en fonction du coût généralisé<sup>1</sup>, de la motorisation des ménages et du stationnement offert,
- les évolutions des déplacements internes TC sont modélisés en fonction du coût généralisé<sup>2</sup>,
- les évolutions des déplacements en modes légers sont données par une fonction de la distance à parcourir et de la vitesse de déplacement, celle-ci étant une moyenne entre la vitesse de la marche et celle des deux-roues ; le calcul de cette moyenne tient compte d'éventuelles politiques incitatives en faveur des deux-roues dans les zones concernées.

Une phase d'équilibrage permet ensuite d'assurer la cohérence de l'ensemble des déplacements en reconstituant les transferts s'effectuant entre les modes de transport. Ainsi, pour tester une nouvelle infrastructure TC, on prend des déplacements sur les VP mais aussi sur les modes légers.

#### **III.2. MOSTRA fonctionne en pas à pas**

Le modèle MOSTRA, développé sous Excel, fonctionne en *pas à pas*, c'est-à-dire qu'il réalise des simulations successives de toutes les années, entre la situation de départ et l'horizon final.

---

1 Pour calculer le temps de parcours VP nécessaire dans l'estimation du coût généralisé VP, MOSTRA tient compte d'un temps d'accès moyen à la voiture + le temps de trajet + le temps de recherche de stationnement, lié aux contraintes de stationnement caractérisant la zone.

MOSTRA calcule l'évolution du temps de parcours VP à l'HPM, supposée représentative de l'évolution des déplacements VP de la journée.

2 Pour calculer le temps de parcours TC nécessaire dans l'estimation du coût généralisé TC, MOSTRA tient compte d'un temps moyen d'accès à la station + un temps d'attente + un temps de correspondance + le temps de trajet. MOSTRA calcule les temps moyens d'accès aux gares TER de manière différente pour la population habitant à moins de 1 km de la gare (accès en modes doux) que pour la population habitant à plus de 1 km de la gare (accès en VP ou en TC).

L'évolution sur un an des déplacements par liaisons géographiques, par modes de transports et par motifs de déplacements est estimée à partir de données socio-démographiques (cf. § III.1.) et des modifications de l'offre de transports.

On considère que le flux de déplacements d'une zone  $i$  à une zone  $j$  par un mode  $m$  pour un motif donné varie selon :

- la variation de l'émission de déplacements  $E_i$  dans la zone  $i$ ,
- la variation de l'attraction de déplacements  $A_j$  dans la zone  $j$ ,
- la variation de performance du mode  $m$  entre  $i$  et  $j$ .

Ce dernier terme est mesuré par une fonction d'utilité  $U_{ijm}$  basée sur les temps généralisés (temps, coûts, pénibilités obtenus à partir d'une modélisation virtuelle des réseaux VP et TC : cf § III.4) et englobant, pour le mode VP, des critères de motorisation et de stationnement. La formulation mathématique du modèle s'écrit alors :

$$D_{ijm}^A = D_{ijm}^{A-1} \times \frac{E_i^A \cdot A_j^A}{E_i^{A-1} \cdot A_j^{A-1}} \times \exp(U_{ijm}^A - U_{ijm}^{A-1})$$

où  $D_{ijm}$  représente le nombre de déplacements de  $i$  à  $j$  par le mode  $m$  et les indices  $A$  et  $A-1$  les années considérées.

Dans cette formulation, une variation d'offre de l'un des modes n'est attribuée qu'au mode concerné, contrairement à ce que l'on peut obtenir à partir d'un modèle classique séquentiel à 4 étapes. Ainsi par exemple, une nouvelle infrastructure TC sur une liaison donnée aura les effets suivants :

- dans un modèle classique séquentiel à 4 étapes : une augmentation de l'offre tous modes sur la liaison considérée et donc un nombre de déplacements tous modes plus importants générés à l'issue de l'étape de distribution, soit plus de déplacements TC mais également dans certains cas plus de déplacements VP,
- dans MOSTRA : une augmentation du nombre de déplacements TC uniquement.

### ***III.3. Les émetteurs et attracteurs pour chaque motif de déplacement***

Les émetteurs et attracteurs pour un motif de déplacement donné sont fonction de la mobilité (du motif et de l'année considérée) et des caractéristiques suivantes (cf. figure 5).

<b>motif</b>	<b>émetteur</b>	<b>attracteur</b>
Travail / affaires professionnelles	Population active	emplois
Enseignement primaire et secondaire	Population scolaire	Effectifs scolaires
Enseignement supérieur	étudiants	Effectifs de l'enseignement supérieur
achats	Population totale	Emplois de commerce
autres	Population totale	0.1 x pop. Tot. + emplois tertiaires
Déplacements secondaires	0.1 x pop. Tot. + empl. tertiaires	0.1 x pop. Tot. + empl. tertiaires

Figure 5 : tableau récapitulatif des émetteurs et attracteurs pris en compte dans MOSTRA

### **III.4 La modélisation virtuelle des réseaux VP et TC sous MOSTRA**

L'offre des réseaux routiers et de transports collectifs est modélisée de façon virtuelle dans MOSTRA, pour les besoins d'estimation des temps généralisés dans l'étape d'élaboration de la matrice de demande des déplacements (cf. § III.3).

Pour modéliser ces réseaux, les informations suivantes sont apportées en données d'entrée de MOSTRA, sur les différentes liaisons zones à zones :

- distances sur les réseaux calculées sur la base les distances à vol d'oiseau entre barycentres<sup>3</sup> (centres de gravité de l'urbanisation) :
  - pour les TC : 1,5 x distance à vol d'oiseau
  - pour les VP :
    - si distance à vol d'oiseau > 1km, distance = 1.4 x distance d'oiseau
    - sinon : distance = (2.2 – 0.72 x distance à vol d'oiseau) x distance à vol d'oiseau
- vitesses commerciales TC : le modèle tient compte de l'effet de la congestion routière sur la vitesse commerciale des lignes de bus et d'autocars qui ne sont pas en site propre,
- classes de vitesses pratiquées VP en fonction du type d'urbanisation et du type de voies,
- contribution des 2 roues à l'attractivité des modes légers,
- capacités des réseaux.

### **III.5. Synthèse du fonctionnement général de MOSTRA au pas à pas**

Au final, MOSTRA réalise donc les traitements représentés dans l'organigramme suivant (cf. figure 6).

3 Les formules utilisées sont celles proposées dans le guide du CERTU : « Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements », octobre 2005.

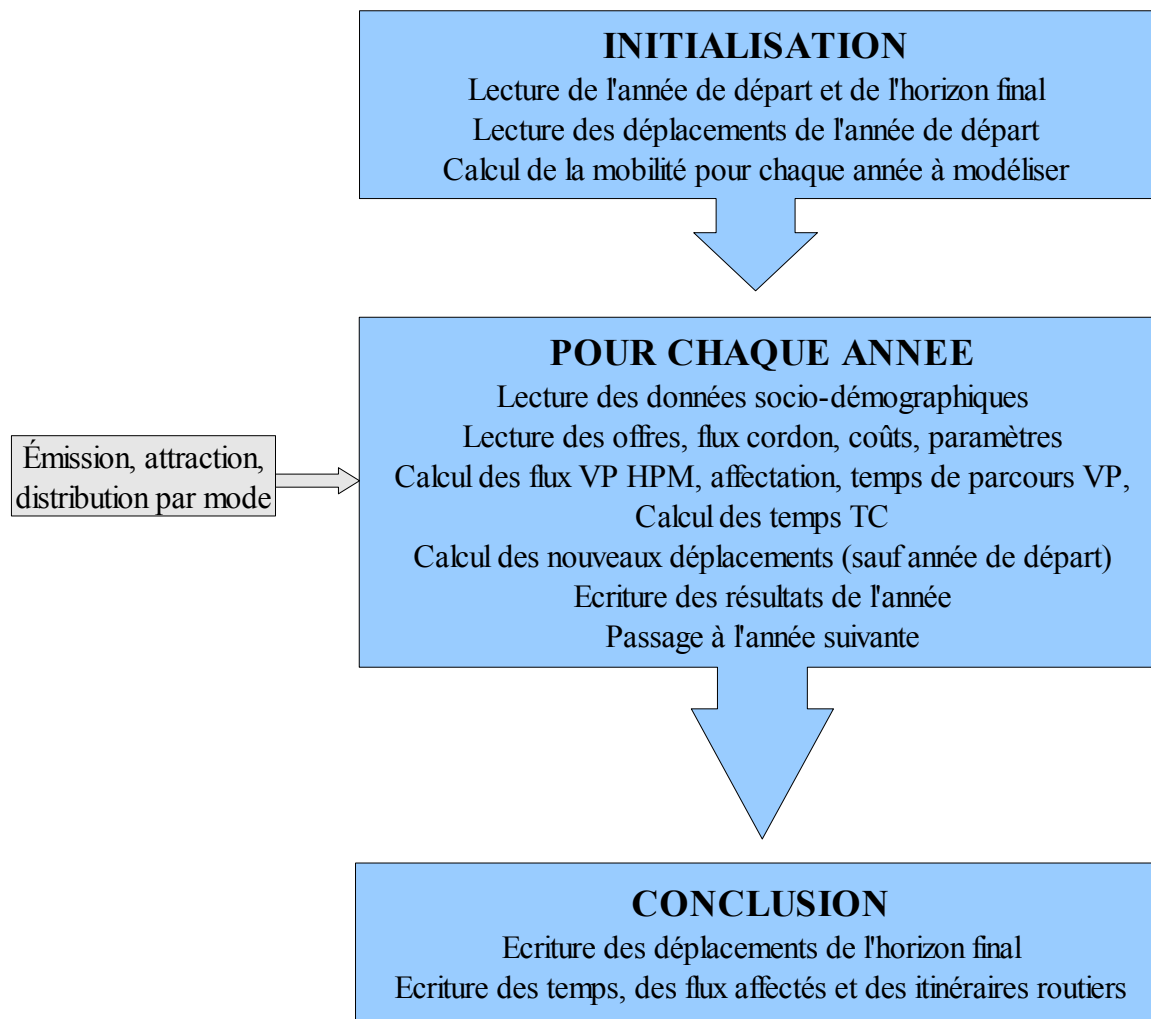


Figure 6 : organigramme du fonctionnement de MOSTRA

### III.6. Eclatement des évolutions de la demande interne VP et TC sur le zonage fin du modèle d'affectation

Dans le modèle d'affectation, ISIS a élaboré les matrices VP et TC de situation actuelle directement à partir de données observées (cf. §II).

Concernant les matrices VP et TC internes des horizons futurs, elles sont obtenues à partir :

- des matrices VP et TC de situation actuelle,
- des matrices d'évolutions des déplacements internes VP et TC résultant de MOSTRA.

Ainsi, les matrices d'évolutions des déplacements internes VP et TC, sur le macrodécoupage de MOSTRA, sont utilisées comme des matrices de coefficients d'évolutions des déplacements qui sont appliqués aux zones fines correspondantes de la matrice de situation actuelle d'ISIS.

Le schéma de la figure 7 illustre ce fonctionnement.

1- Matrice de coefficients d'évolution 2003-2015 issue de MOSTRA

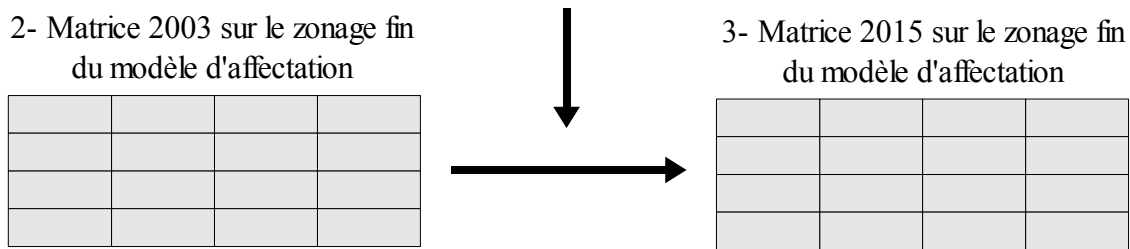



Figure 7 : Schéma de fonctionnement d'obtention de la matrice future sur le zonage fin

### **III.7. Elaboration de la matrice externe VP dans le modèle d'affectation**

Dans le modèle d'affectation, EGIS utilise l'enquête cordon 1995 mise à jour à l'aide du modèle de trafic de la DDE pour élaborer sa matrice externe.

Puis il utilise les croissances observées entre 2000 et 2004 sur les trafics du cordon de l'aire du PDU pour estimer les trafics externes 2015 : de +2 à +3% pour chaque axe.

## **IV. C'est le modèle fin qui réalise les affectations VP et TC**

Une fois que les matrices VP et TC aux horizons futurs sont élaborées, elles peuvent être affectées sur les réseaux modélisés VP et TC respectivement, à l'aide du logiciel Davisum.

La méthode d'affectation utilisée est l'équilibre de Wardrop, utilisée dans Davisum.

## **V. Exemples d'études réalisées à partir de MOSTRA et du modèle d'affectation**

Les trois exemples d'études présentées ici ont été réalisées à partir de MOSTRA et/ou du modèle d'affectation, dans le cadre de la révision du PDU de l'agglomération en 2006. La première consiste à comparer différents scénarios d'offres de transports et d'urbanisation en matière d'évolution des mobilités. La deuxième porte sur la comparaison de la fréquentation journalière des transports collectifs dans deux des scénarios. La troisième concerne l'analyse du scénario retenu pour le PDU, en matière d'évolution de la clientèle TC et du trafic routier.

### **V.1. Comparaison de différents scénarios d'offres de transports**

Plusieurs scénarios d'offres de transports et d'urbanisation ont été modélisés dans MOSTRA, dans le but de retenir un scénario pour le PDU du Grand Clermont de 2006 :

- scénario 1 : scénario central + développement de l'offre TC,
- scénario 2 : scénario 1 + restriction de capacité viaire,
- scénario 3 : scénario 2 + redistribution du stationnement,

- scénario 4 : scénario 3 + grand contournement.

Ces quatre scénarios conduisent à différentes évolutions des mobilités par modes, à l'horizon 2015 (cf. tableau de la figure 8).

	Scénario tendanciel	Scénario central	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3	Scénario 4
Voiture	+27,4%	+23,4%	+23,2%	+23,0%	+22,4%	+22,4%
Transports en commun	+31,9%	+43,1%	+45,8%	+47,0%	+48,6%	+48,6%
Modes légers	+21,8%	+31,2%	+31%	+31,2%	+32,2%	+32,2%

**Le scénario retenu  
dans le projet de PDU**

*Figure 8 : évolutions des mobilités par modes, à l'horizon 2015.*

## **V.2. Comparaison de la fréquentation journalière des TC dans deux scénarios de transport et d'urbanisation**

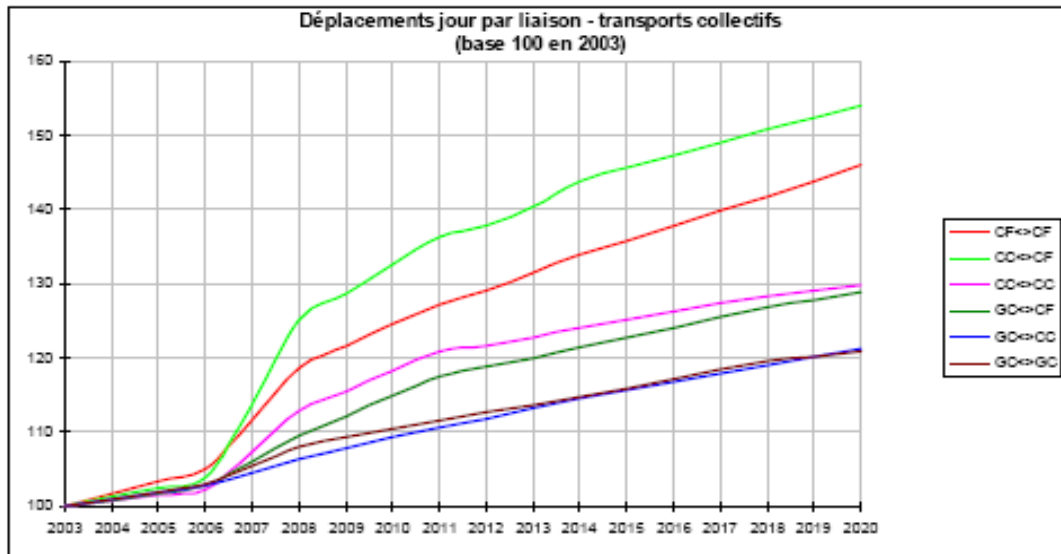
Ces études d'élaboration du PDU du Grand Clermont, en 2006, prévoyaient l'analyse et la comparaison des différents scénarios de la figure 8, dont les deux scénarios suivants :

- un scénario tendanciel : poursuite des tendances 90-99 d'évolution de la population et des emplois, et réalisation des projets de lignes de trams A et B,
- un scénario central : accroissement de la population et des emplois sur Clermont, Riom, Chamalières, Cournon et Beaumont et sur 7 pôles de vie, à offre d'infrastructures constante, et réalisation des projets de lignes de trams A et B .

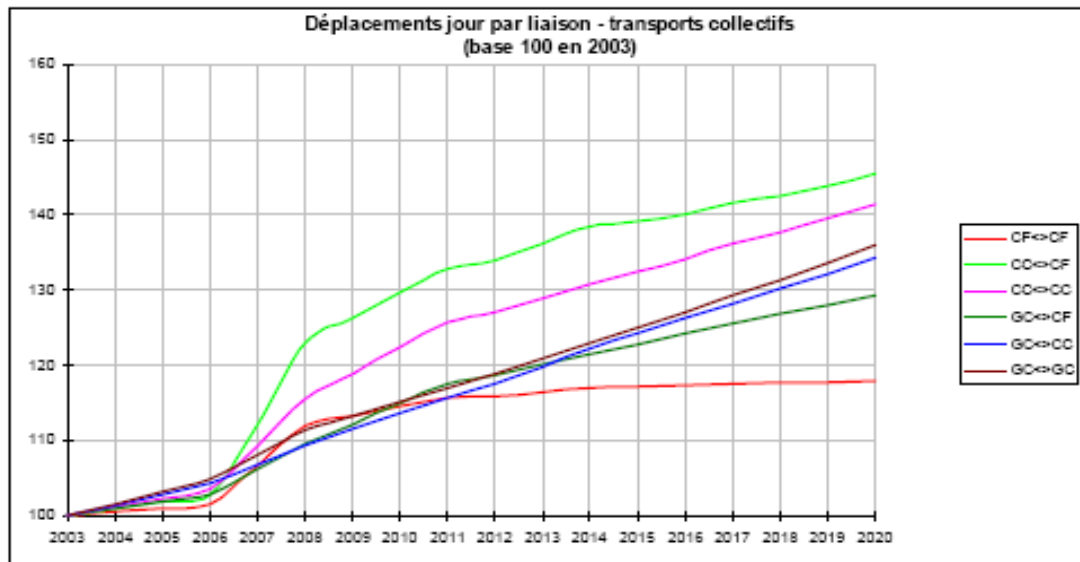
L'étude à partir du modèle MOSTRA donne en particulier les résultats suivants (cf. figure 9) :

- impact marqué de la réalisation des lignes de trams A et B...
- ... impact qui s'estompe rapidement dans le scénario tendanciel.

### Scénario central



### Scénario tendanciel



#### Légende des macrozones :

- CF : clermont Ferrand
- CC : Couronne Centre
- GC : Grande Couronne

Figure 9 : nombre de déplacements Jour en TC, macrozone à macrozone, issus de MOSTRA

### **V.3. Évolution de la clientèle TC et du trafic routier dans le scénario du PDU**

Une analyse du scénario 3 (cf. figure 8), scénario retenu pour le PDU de 2006, a permis de mettre en évidence à partir de MOSTRA et du modèle d'affectation :

- une progression de la fréquentation des TC avec notamment 57 000 voyages/jour pour la ligne A et 22 000 voyages/jour pour la ligne B en 2025,
- une diminution du trafic routier dans l'agglomération notamment dans les centres urbains les plus denses (cf. figure 10).

Ces outils ont également servi à évaluer les effets environnementaux attendus en termes d'émissions de polluants et de nuisances sonores.



Figure 10 : charges des tronçons routiers à l'HPS pour le scénario de référence en 2025

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

- « *Plan de Déplacements Urbains : note explicative sur la construction du modèle urbain de l'agglomération clermontoise sous Davisum* », Version 2, Egis Mobilité, janvier 2008.
- « *Modèle stratégique de déplacements du Grand Clermont – Guide d'utilisation* », SEMALY, juillet 2006.
- « *Calcul a posteriori des distances dans les enquêtes ménages déplacements* », CERTU, octobre 2005.

**CETE**  
de Lyon

département  
Villes et Territoires

**25, avenue  
François Mitterrand  
Case n°1  
69674 Bron cedex**

téléphone :  
**04 72 14 30 30**

télécopie :  
**04 72 14 30 35**

mél : [dvt.cete-lyon  
@equipement.gouv.fr](mailto:dvt.cete-lyon@equipement.gouv.fr)

**Le CETE de Lyon  
appartient au Réseau  
Scientifique et Technique  
de l'Équipement**

