

# CONTRAT DE MANDAT

N° CL/2004/02

**Mise à jour majeure de la modélisation EMME2 de  
l'agglomération Lausanne-Morges**

**Rapport final  
par Jean-Pierre Leyvraz**



ÉCOLE POLYTECHNIQUE  
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

**RGR** | Ingénieurs Conseils |  
Spécialistes en planification, exploitation  
et aménagements des systèmes de transport

# TABLE DES MATIÈRES

LE MANDAT .....	3
Objectif.....	3
La démarche .....	3
DESCRIPTION DU PROGRAMME EMME/2 .....	3
REPRÉSENTATION DE L'OFFRE DANS LE MODÈLE 2005 HPM .....	5
Le zonage .....	6
Les nœuds.....	8
Les liens.....	8
Les carrefours.....	10
Les lignes TC .....	11
LE COMPORTEMENT DES USAGERS .....	12
Le comportement des usagers des TIM.....	12
Le comportement des usagers des TC.....	12
LA DEMANDE.....	13
La demande pendulaire selon le recensement fédéral.....	14
L'obtention de matrices de référence fiables .....	14
Les comptages .....	15
L'obtention de matrices de référence HPM .....	16
Le calibrage de la demande sur la base des comptages.....	17
Application à la demande TIM.....	18
Application à la demande TC.....	20
Les documents transmis aux utilisateurs du modèle .....	21

## LE MANDAT

### **Objectif**

La commune de Lausanne et les transports publics de la région lausannoise (TL) avaient co-financé une modélisation EMME2 de l'agglomération lausannoise comme outil de planification. Ce modèle, basé actuellement sur le recensement de la population 1990 et calibré avec les comptages 1995 pour les TL et 2002 pour les transports individuels, a pu servir à diverses études de planification.

Le logiciel EMME/2 peut encore servir pour nombre de projets de l'agglomération Lausanne-Morges, notamment pour le programme d'agglomération (ossature lourde des transports publics), le schéma directeur des TL 2009-2013, le chantier 6 du schéma directeur de l'Ouest lausannois, l'étude du Nord lausannois, le schéma d'intention dans l'Est lausannois et quelques études sectorielles de trafic sur Lausanne (tunnel d'Ouchy, boucle au centre ville). De plus ces données peuvent alimenter l'observatoire de la mobilité de l'Etat de Vaud. Et enfin il peut permettre de diminuer le nombre de comptages routiers dans l'agglomération lausannoise sans diminuer la qualité des relevés, grâce à la reconstitution des comptages manquants et permettre un rendu graphique de ces comptages.

Cependant il est nécessaire pour cela de rajeunir les données sur la demande. De plus la profusion d'études en dehors de la commune de Lausanne nécessite d'augmenter la finesse du zonage et de la description du réseau dans les communes voisines, ainsi que d'agrandir le périmètre de l'étude.

Un mandat a donc été confié au Bureau Robert-Grandpierre et Rapp SA, Ingénieurs Conseils et à l'unité ENAC-IT2 de l'EPFL pour cette mise à jour. Il s'agit d'obtenir une modélisation de l'état 2005 à l'heure de pointe du matin (HPM), soit entre 7 et 8 heures, au point de vue des transports en commun (TC) et des transports individuels motorisés (TIM) en se basant sur le recensement fédéral de la population de 2000 et sur des comptages de 2005. L'extension du périmètre, l'accroissement de la finesse de description et l'introduction des compagnies de TC autres que les TL devraient donner une meilleure base pour évaluer des changements prévus ou proposés.

### **La démarche**

La démarche de l'étude est exposée dans la suite de ce document, après une brève initiation à EMME/2. Le déroulement n'a pas toujours été aussi linéaire que ne le suggère l'exposé. En effet souvent des voies ont été explorées, qui se sont finalement révélées sans issue. De plus, à de nombreuses reprises, une nouvelle étape de la démarche a permis de révéler a posteriori quelques erreurs inévitables dans un modèle de grande taille et de les corriger.

Les mandataires bénéficiaient de l'accompagnement d'un groupe de suivi composé de représentants de l'Etat de Vaud (Service de la mobilité, Service des routes), de la commune de Lausanne (Service des routes et de la mobilité), des TL, de Lausanne Région et du Laboratoire des Voies de Circulation de l'EPFL. Ces personnes – ou tout au moins une partie d'entre elles selon les cas – ont participé à chaque étape clé aux grands choix stratégiques et à la validation des résultats obtenus.

## DESCRIPTION DU PROGRAMME EMME/2

Ce programme de planification des transports urbains a été développé par INRO, Montréal pour estimer à l'avance les effets de modifications dans les réseaux de transport ou dans la demande. Le programme permet d'évaluer l'impact des modifications en comparant les scénarios avant et après. Il permet de simuler des déplacements réalisés soit en TC (avec évidemment quelques recours à la marche à pied), soit en TIM (auto, moto, etc.).

L'espace est découpé en zones et la demande est agrégée sous forme de matrices origine-destination (O-D) donnant pour chaque paire de zones le nombre de déplacements de la première à la seconde.

Le plan simplifié de la ville est modélisé par un graphe constitué de nœuds, appelés nœuds réguliers, et d'arcs, appelés liens réguliers. Aux nœuds réguliers s'ajoutent les centroïdes, nœuds fictifs représentant l'ensemble d'une zone et aux liens réguliers s'ajoutent les connecteurs, liens fictifs raccordant un centroïde à un nœud régulier voisin ; un centroïde peut être raccordé à plusieurs nœuds réguliers. On peut ainsi représenter le trajet d'une personne de son origine à sa destination par une suite de liens commençant et finissant par un connecteur.

Les nœuds ont des coordonnées permettant une description graphique. Les liens sont dotés de divers attributs, dont leur longueur et la liste des modes d'utilisation permis (ouverts aux usagers des TIM, à ceux des TC et / ou aux piétons). Pour modéliser les déplacements en TIM, on donne également un nombre de voies, ainsi que l'adresse d'une fonction calculant le temps de parcours en fonction du volume de trafic horaire, en tenant compte de ce nombre de voies. Ce temps de parcours est censé être le même pour tous les usagers des TIM dans la tranche de temps considérée. Les fonctions ne sont pas prédéfinies dans EMME/2 : chaque gestionnaire d'application peut implanter les fonctions qui correspondent le mieux à son cas.

La représentation du réseau TIM est parachevée par des indications sur les mouvements permis et interdits dans les carrefours complexes. Pour les mouvements permis, on peut recourir à des fonctions donnant le temps de traversés en fonction du nombre de véhicules à l'heure effectuant le même mouvement.

Pour les déplacements TC, il faut encore donner les lignes, qui circulent sur les liens réguliers ouverts aux TC. On donne le tracé des lignes avec leurs arrêts. Les temps de parcours inter-arrêts peuvent être donnés soit directement, soit sous forme de fonctions dépendant de l'état du trafic. Aux arrêts, on peut définir des temps d'arrêt et indiquer certaines particularités (interdiction de descendre ou de monter). On donne également le type de véhicules utilisés, ainsi que la cadence de la ligne, mais pas son horaire : on indiquera par exemple qu'il y a une course toutes les 10 minutes, mais on ne donnera pas la minute de la première course<sup>1</sup>.

On donne également une vitesse de marche à pied pour les usagers des TC dans leurs trajets hors véhicule.

En plus des attributs explicitement prévus par EMME/2, le gestionnaire d'une application peut doter les nœuds, liens, mouvement de traversés de carrefours, lignes et tronçons de lignes d'attributs sur mesure correspondant aux particularités de son problème.

---

<sup>1</sup> EMME/2 a introduit de nouvelles options permettant de recourir à l'horaire complet des lignes. Mais pour que cela soit utile, il faudrait introduire pour les usagers non seulement leur origine et leur destination, mais également l'heure à laquelle ils désirent partir de leur origine (ou arriver à leur destination). On imagine la difficulté d'obtenir ce type de données.

En ce qui concerne la façon dont les usagers des TIM se rendent à leur destination, les hypothèses d'EMME/2 sont extrêmement simples : chaque conducteur cherche à minimiser la durée totale de son trajet, en additionnant les temps de parcours des liens et les temps de traversée des carrefours. Cela a pour conséquence que deux personnes se rendant de la même origine à la même destination emploient le même temps, mais pas forcément le même itinéraire. En effet un itinéraire de kilométrage faible, mais fortement congestionné peut demander autant de temps qu'un itinéraire moins direct, mais moins sollicité par le trafic.

La représentation du choix des usagers des TC est plus complexe pour 2 raisons.

Premièrement, leur déplacement se compose d'opérations de nature différente (marche à pied, attente, accès à la ligne, trajet en véhicule), certaines de ces opérations étant, à temps égal, plus mal ressenties que d'autres. Par conséquent l'utilisateur est censé chercher à minimiser non pas le temps total du trajet, mais un temps généralisé avec diverses composantes (temps de marche à pied, temps d'attente, pénalité de montée en véhicule et temps passé dans le véhicule), chaque composante étant dotée de son coefficient de pondération propre.

Deuxièmement, puisqu'on ne connaît pas l'horaire des lignes, ni d'ailleurs le moment exact où chacun fait son déplacement, les temps d'attente occasionnés par un choix sont aléatoires. Par conséquent l'utilisateur n'est pas censé savoir d'avance combien de temps il va attendre à un arrêt. A supposer qu'à cet arrêt plusieurs lignes (par exemple des lignes parallèles) puissent entrer en considération compte tenu de sa destination, il est censé monter sur le premier véhicule de l'une d'entre elles qui se présente. Ainsi formellement l'utilisateur des TC ne cherche pas l'itinéraire minimisant son temps de trajet, mais une stratégie minimisant l'espérance mathématique de son temps généralisé de trajet. La stratégie lui fournit, compte tenu de la destination qu'il vise, l'arrêt où il doit monter, l'ensemble des lignes entrant en considération et l'arrêt où descendre selon la ligne empruntée.

Dans son utilisation la plus standard, EMME/2 calcule l'espérance mathématique du temps d'attente d'une ligne en prenant la moitié de sa cadence (par exemple 5 minutes pour une ligne cadencée à 10 minutes). Dans le cas où l'on n'attend pas une ligne bien précise, mais où un ensemble de lignes peuvent faire l'affaire, on utilise une sorte de cadence combinée obtenue en sommant les fréquences de ces lignes ; par exemple en cas de 2 lignes cadencées l'une à 10 minutes (6 véhicules à l'heure) et l'autre à 15 minutes (4 véhicules à l'heure), on considère une cadence combinée de 6 minutes (6 + 4 véhicules à l'heure). Quant à la probabilité d'utiliser l'une ou l'autre de ces lignes, on considère qu'elle est proportionnelle à leur fréquence ; ainsi dans le cas ci-dessus on aurait une probabilité 6/10 de monter sur la première et 4/10 de monter sur la seconde.<sup>2</sup>

Cette approche standard peut être légèrement modifiée pour mieux répondre à certaines situations, par exemple en considérant autre chose que la fréquence pour certaines lignes ou tronçons de ligne, ou en prenant autre chose que la moitié de la cadence en certains nœuds.

## **REPRÉSENTATION DE L'OFFRE DANS LE MODÈLE 2005 HPM**

On aurait pu imaginer faire un seul scénario dans la banque de données, dans lequel on aurait modélisé à la fois les déplacements en TC et ceux en TIM. En effet dans la réalité, c'est ainsi

---

<sup>2</sup> L'algorithme exprimant cette affectation des usagers des TC est décrit plus en détail dans *Spiess H. and Florian M. (1989) Optimal strategies : A new assignment model for transit networks, Transportation Research, Vol. 23B, pp. 83-102* ou dans le manuel EMME/2.

que cela se passe : usagers des transport en commun et automobilistes circulent bel et bien au même moment dans la même agglomération.

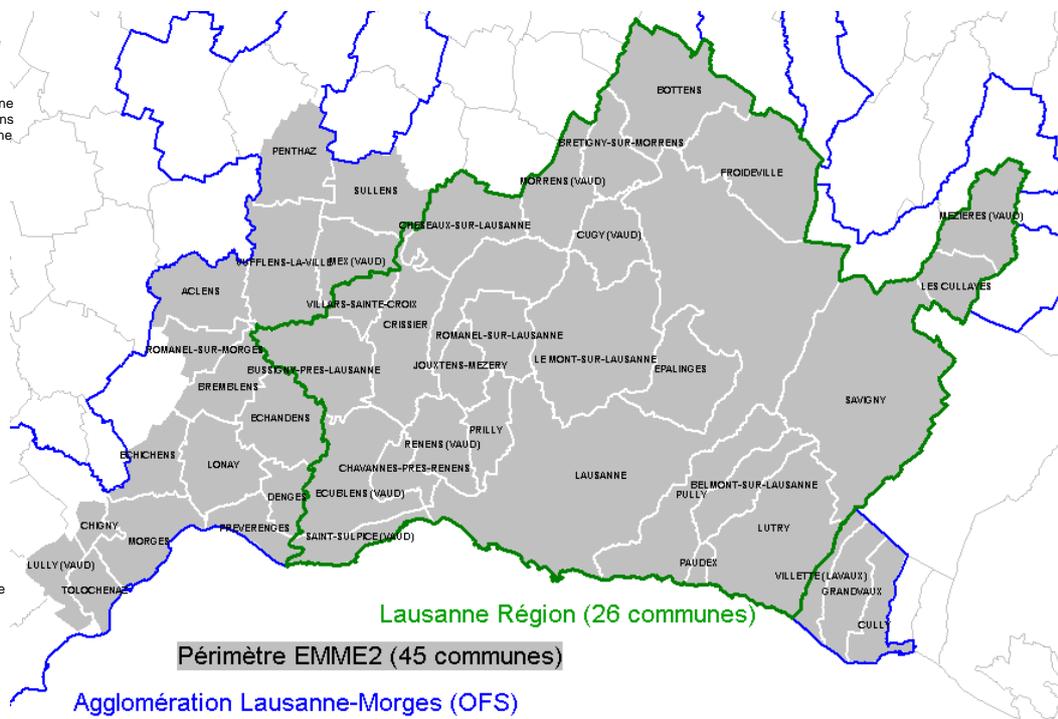
Toutefois pour des raisons de simplicité de manipulation, on a préféré faire 2 scénarios, un pour chacun de ces modes de transport. Ce faisant, on perd évidemment la possibilité de modéliser certaines interactions (véhicules TC freinés par les voitures par exemple) ; mais de toute façon on n'avait pas l'intention d'utiliser ces possibilités, les temps de parcours TC étant fournis explicitement par les compagnies et non pas calculés en fonction du trafic automobile.

## Le zonage

La région modélisée recouvre 45 communes. Elle est plus petite que l'agglomération Lausanne-Morges au sens de l'Office Fédéral de la Statistique, mais contient toutes les communes de Lausanne Région.

### Les 45 communes :

Aclens  
Belmont-sur-lausanne  
Bottens  
Bremblens  
Bretigny-sur-Morrens  
Bussigny-pres-lausanne  
Chavannes-pres-renens  
Cheseaux-sur-lausanne  
Chigny  
Crissier  
Cugy (vaud)  
Cully  
Denges  
Echardens  
Echichens  
Ecublens (vaud)  
Epalinges  
Froideville  
Grandvaux  
Jouxten-mezery  
Lausanne  
Le mont-sur-lausanne  
Les Cullayes  
Lonay  
Lully (vaud)  
Lutry  
Mex (vaud)  
Mézières (Vaud)  
Morges  
Morrens (vaud)  
Paudex  
Penthaz  
Preverenges  
Prilly  
Pully  
Renens (vaud)  
Romanel-sur-lausanne  
Romanel-sur-morges  
Saint-sulpice (vaud)  
Savigny  
Sullens  
Tolochenaz  
Villars-sainte-croix  
Villette (lavaux)  
Vuiffens-la-ville



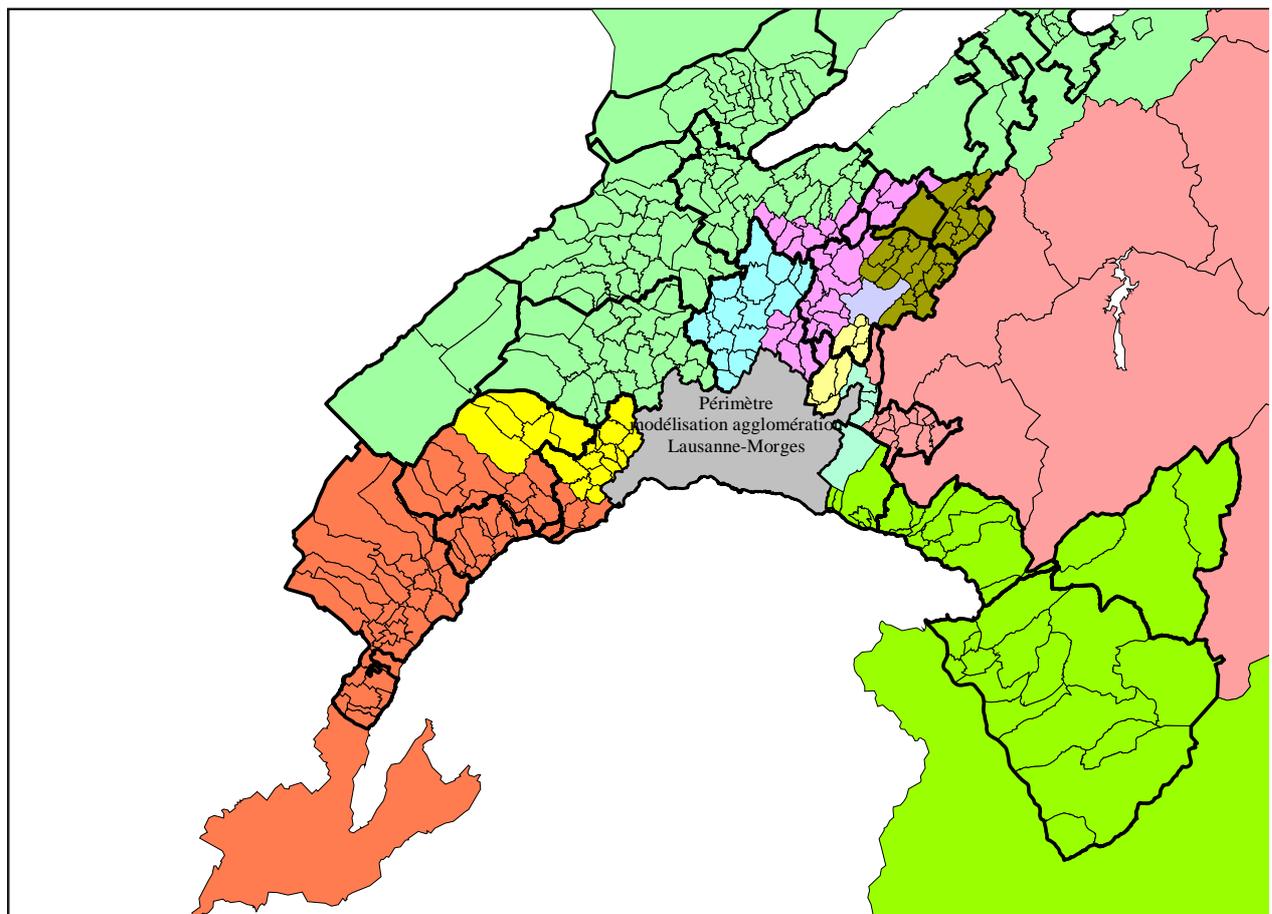
Cette région a été découpée en 485 zones. Par rapport à l'ancienne banque de données EMME/2, cela revient à conserver la même finesse sur Lausanne, à la doubler dans les communes environnantes qui avaient déjà été incluses à l'époque et à adopter un niveau de finesse cohérent pour les nouvelles communes. Le découpage s'est basé sur les principes suivants.

- Dans les communes qui avaient déjà été modélisées<sup>3</sup>, on a évité de mettre une nouvelle zone à cheval sur 2 anciennes. Les seuls changements ont donc consisté à découper plus finement d'anciennes zones.

<sup>3</sup> Belmont, Bussigny, Chavannes, Crissier, Ecublens, Epalinges, Jouxten, Lausanne, Lutry, Le Mont-sur-Lausanne, Paudex, Prilly, Pully, Renens, Romanel-sur-Lausanne, St-Sulpice et Villars-Ste-Croix.

- Le découpage de la partie urbaine de Lausanne (en dehors des zones foraines) n'a pas été modifié, sinon pour préserver des possibilités d'études futures en incluant 3 zones de P+R à la Tuilière, à Sauvabelin et à Valmont.
- Les zones ne sont pas, sauf exception motivée<sup>4</sup>, à cheval sur 2 communes.
- Certains gros pôles de trafic très concentrés (des écoles, hôpitaux ou autres entreprises) constituent une zone à eux seuls.
- Des barrières comme certaines rivières, routes importantes ou lignes de train ont constitué des limites de zone, l'accès à l'ensemble du réseau n'étant manifestement pas le même, que l'on soit d'un côté ou de l'autre de la barrière.
- Les changements dans l'utilisation du sol ont souvent constitué des limites de zones. En effet, les lieux d'habitation, générateurs de trafic et les lieux d'emploi et de formation, attracteurs, induisent des comportements différents.

Outre les 485 zones internes au champ de l'étude, 12 zones externes ont été introduites pour prendre en compte les déplacements ayant leur origine ou leur destination en dehors de ce périmètre. Ces zones ont été découpées en prenant comme critère le point d'entrée dans le champ de l'étude.



<sup>4</sup> Pour l'entreprise Bobst, on a regroupé en une seule zone ses parties sur Mex et sur Villars-Ste-Croix. De toute façon l'entrée dans la fabrique est la même.

Ces zones sont dessinées ci-dessus, à l'exception de celle située au sud du Léman qui ne concerne que les TC (arrivées par bateau à Ouchy).

L'Etat de Vaud dispose de diverses statistiques exprimées par hectare (populations, emplois, etc.). Pour pouvoir appliquer ces statistiques aux zones EMME/2, on a attribué chaque hectare à une zone EMME/2, celle où se trouve le centre de l'hectare. Comme la forme effective des zones n'épouse pas totalement les bords des hectares, il y a un biais : la population effective d'une zone ne correspond pas exactement à celle des hectares auxquels on l'a associée. Notons toutefois qu'on a une cohérence dans les statistiques, puisque ces biais sont les mêmes pour toutes les statistiques établies par hectare.

### **Les nœuds**

Même si l'état TC et l'état TIM sont modélisés dans 2 scénarios différents, ces 2 scénarios utilisent exactement les mêmes nœuds avec les mêmes numéros, afin de faciliter les comparaisons et la compréhension du réseau.<sup>5</sup>

Dans le cas des centroïdes, le nœud a été placé aux alentours du centre de gravité de la zone, du point de vue des transports.

Les coordonnées utilisées pour représenter les nœuds sont les coordonnées topographiques fédérales. Pour les nœuds réguliers, elles sont identiques d'un scénario à l'autre. En revanche il n'en va pas forcément de même des centroïdes. En effet dans le cas de zones périphériques de grande étendue, le centre de gravité des utilisateurs des TC peut différer de celui de ceux des TIM ; en effet les lieux de départ ou d'arrivée des premiers sont beaucoup plus concentrés aux abords immédiats des arrêts.

Vu le relief de Lausanne qui pénalise la marche à pied, on a intégré l'altitude des nœuds dans le scénario TC. Pour ce faire, on a utilisé dans la mesure du possible les données des compagnies sur leurs arrêts. Lorsqu'on ne disposait pas de cette information, pour une partie des arrêts et pour les autres sortes de nœuds, on a utilisé l'altitude moyenne de l'hectare où se trouve le nœud, selon une table fournie par les TL. Pour 1,5 % des nœuds les informations n'étaient pas disponibles ou n'ont pas été prises en compte (dans le cas des centroïdes des zones externes), car elles n'auraient eu aucun sens.

Une table des arrêts a été établie hors EMME/2 pour faciliter la lecture du réseau. Elle donne, pour tous les arrêts 2005 modélisés, la correspondance entre numéro EMME/2 et nom de l'arrêt.

### **Les liens**

Même si les 2 scénarios ont été développés séparément, les liens réguliers sont en forte majorité les mêmes d'un scénario à l'autre. En fait le scénario TC contient tous les liens du scénario TIM, plus 5 % de liens supplémentaires pour ses besoins propres de modélisation.

En revanche, les connecteurs sont très différents, car les besoins de raccordement ne sont pas les mêmes. En effet, comme les usagers des TIM peuvent rouler à peu près n'importe où, il suffit de raccorder leur centroïde de départ ou d'arrivée à quelques nœuds très voisins (1, 2 ou 3). En revanche les usagers des TC ont besoin de lignes TC, et pas de n'importe lesquelles :

---

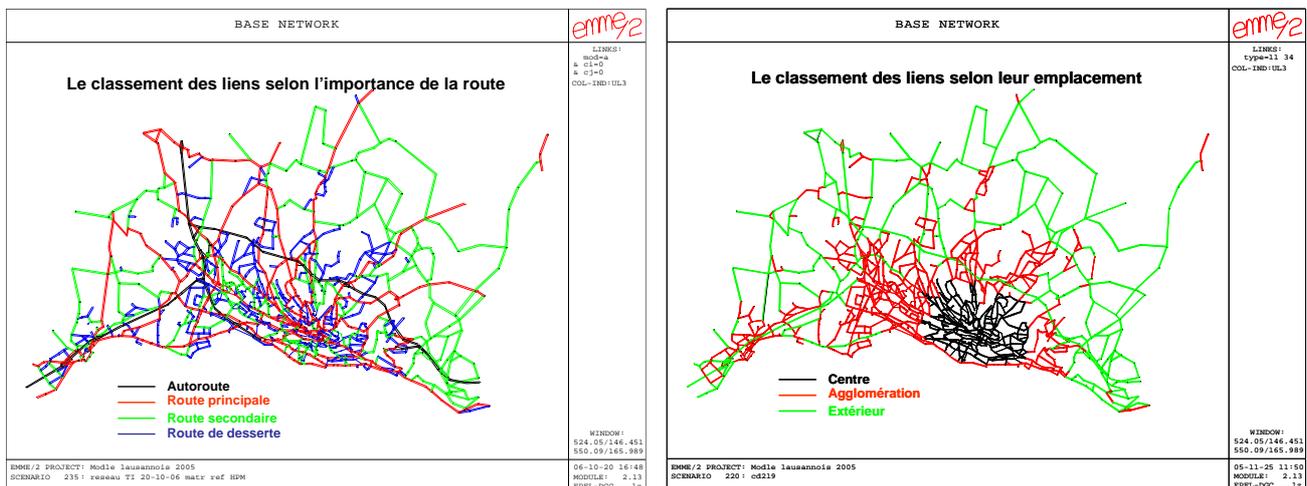
<sup>5</sup> Cependant le même nœud n'a pas forcément le même rôle d'un scénario à l'autre. Par exemple le nœud Chauderon représente l'arrêt dans le scénario TC et le carrefour dans le scénario TIM.

de lignes qui vont dans la bonne direction. Les connecteurs peuvent donc être plus longs parce qu'il faut aller chercher plus loin l'arrêt, et plus nombreux car l'arrêt visé dépend de la destination.

Les nombreux liens communs aux deux scénarios n'ont pas forcément les mêmes attributs dans les 2 cas. Les attributs liés à un mode sont plus à jour dans le scénario correspondant que dans l'autre où il se peut qu'ils n'existent pas.

Un attribut commun aux deux scénarios est la longueur, mais elle n'est pas calculée de la même façon. Dans le scénario TIM où elle sert pour calculer les temps de parcours des véhicules, on choisit la distance horizontale en ligne droite entre les 2 extrémités du lien ; cela sous-estime évidemment les longueurs par rapport à la réalité, mais on peut compenser cet effet en introduisant des fonctions sous-évaluant la vitesse de parcours. Dans le scénario TC où le but est de calculer les temps de marche à pied, on introduit une longueur-effort dans laquelle, à la distance horizontale en ligne droite on ajoute l'effet de la dénivellation si celle-ci est connue, 100 mètres de montée ou 150 mètres de descente comptant comme 1 km. à l'horizontale.<sup>6</sup> Ce mode de calcul de la longueur-effort est facile à modifier, car il est implanté dans une macro EMME/2 (fichier de commandes) directement éditable par les utilisateurs du programme.

Dans le scénario TIM, 2 attributs sont importants pour le calcul du temps de parcours : le nombre de voies de la route et l'adresse de la fonction servant à calculer ce temps. On a utilisé une fonction spécifique pour les connecteurs et 11 fonctions différentes pour les liens réguliers, en croisant le critère de la localisation (centre, agglomération, extérieur) avec celui de la classe de route (autoroute, route principale, secondaire ou de desserte). En ce qui concerne la classe de la route, on ne s'en est pas toujours tenu strictement à la classe officielle ; on a parfois transformé une route officiellement principale en secondaire ou réciproquement lorsque cela permettait de mieux représenter la réaction au trafic.



Dans le scénario TC, on a considéré que presque tous les liens pouvaient être parcourus à pied, à l'exception des tronçons d'autoroutes, de quelques tunnels routiers et des tronçons ferroviaires non accompagnés d'un sentier ou d'une route.

<sup>6</sup> On a prévu des exceptions pour les ascenseurs du Flon et de la Vigie : le supplément dénivellation est plafonné à l'équivalent de 100 mètres parcourus à l'horizontale.

La construction des liens dans les deux scénarios a nécessité peu de travail sur la ville de Lausanne, car la modélisation y était déjà bonne. En revanche hors ville, il a fallu faire des choix sur les routes et liaisons piétonnières méritant d'être modélisées.

Ce sont les connecteurs TC qui ont posé le plus de problèmes. Pour connecter les zones internes, on a procédé aux opérations suivantes.

- raccordement de chaque zone aux arrêts situés à une distance-effort de moins de 450 mètres
- raccordement également aux arrêts ferroviaires situés à une distance-effort entre 450 et 600 mètres
- suppression des connecteurs engendrés en cas de barrière gênant sérieusement l'accès (ravin, autoroute, ligne de chemin de fer difficile à traverser)
- suppression du connecteur quand l'utilisateur peut trouver un autre arrêt significativement plus proche lui offrant les mêmes lignes ; cette suppression n'est pas nécessaire en soi, mais elle permet de diminuer la taille du réseau et d'en améliorer la lisibilité
- introduction d'au moins un connecteur, choisi manuellement, si à ce stade la zone, trop loin des arrêts, n'est pas encore connectée.

En ce qui concerne les zones externes, on les a connectées en général aux points où les lignes TC venant de l'extérieur entrent dans le champ de l'étude. De même, dans le scénario TIM, les zones externes ont été connectées aux points d'entrée des routes importantes dans le champ de l'étude.

### **Les carrefours**

Dans le scénario TIM, on a donné, pour chaque carrefour présentant au moins un sens de traversée interdit, la liste des mouvements permis et interdits.

On sait que la gestion des carrefours joue un rôle important dans l'état du trafic. On aurait donc pu imaginer d'être plus fin, d'utiliser les fonctions d'EMME/2 permettant de définir un temps de traversée pour chaque mouvement.

On ne l'a pas fait, car les hypothèses d'EMME/2 sur le temps de traversée sont trop réductrices. Elles permettent d'exprimer le fait que ce temps s'allonge si beaucoup de véhicules effectuent le même mouvement, ce qui est notamment le cas pour les carrefours à plan de feux fixe. Mais elles ne permettent pas de modéliser les cas où le temps s'allonge en fonction du nombre de véhicules effectuant un mouvement antagoniste ; or cette situation ne se présente pas seulement dans des cas de giratoires ou autres carrefours gérés par des priorités, mais également dans les cas de carrefours intelligents où les antagonistes peuvent avoir plus de temps vert s'ils sont plus nombreux. D'autre part EMME/2 ne tient pas compte des coordinations entre carrefours pour des raisons d'onde verte ou au contraire de rétention de trafic. Un essai de modéliser ces rétentions a échoué, faute de pouvoir exprimer tous les éléments.

On a donc choisi de distinguer seulement entre le permis et l'interdit et on a fait comme si les temps de traversée pour les sens autorisés étaient tous nuls, ce qui revient à les « facturer » au lien amont et / ou au lien aval.

Ce manque de finesse dans la description n'est pas trop grave. En effet, on peut imaginer que dans bien des cas, le biais dans la description va affecter de façon similaire des variantes qu'on désire comparer. De plus EMME/2 n'est pas un modèle pour évaluer le réglage fin d'un système ; des modèles de micro-simulation sont plus adaptés à ce but. EMME/2 sert surtout à évaluer des interventions lourdes, comme la construction de nouvelles routes et à ce niveau de décision on se préoccupe assez peu des stratégies de gestion des carrefours.

## **Les lignes TC**

Les lignes modélisées dans le scénario TC sont celles des TL (métros compris), les lignes CFF du champ de l'étude, les lignes MBC (BAM y compris), le LEB, les TUB et certaines lignes de Car Postal (Cheseaux-Cugy, Morges-Cossonay via Cottens ou Aclens).

Dans EMME/2 quand on donne des lignes, on entre le trajet et les arrêts. Par conséquent, lorsque des courses d'une ligne officielle dérogeaient au tracé standard ou aux arrêts standard (comme dans le cas d'une course directe), on en a fait une ligne EMME/2 spécifique. Du moment qu'on travaille sur une tranche d'une heure, on considère une course exceptionnelle comme une « ligne » avec une cadence d'une course par heure.

La définition des lignes TC a été faite de façon plus ou moins fine selon l'emplacement. On a en général essayé de représenter chaque arrêt par un nœud régulier. Cependant, dans des communes périphériques on s'est parfois dispensé de créer des nœuds ad hoc pour certains arrêts lorsque les nécessités de la modélisation TIM ne les justifiaient pas, car cela n'aurait eu aucun sens d'avoir une modélisation des lignes beaucoup plus fine que celle des zones. En effet EMME/2 représente de la même façon toutes les personnes partant d'une même zone origine pour aller à une même zone de destination : même si certains habitent près d'un arrêt et que d'autres sont plus proches d'un autre, de toute façon le programme les dirige sur le même arrêt.

Pour ces mêmes raisons, lorsqu'une ligne sort du champ de l'étude, on représente par un seul nœud tous les arrêts successifs hors de ce champ ; la zone externe correspondante est connectée à ce superarrêt virtuel.

Par exemple sur le réseau CFF en direction de Genève, un seul arrêt a été introduit pour tout ce qui est au-delà de Tolochenaz ; cela peut être aussi bien St-Prex, Allaman, Nyon, Genève Cornavin ou d'autres stations encore. Ceci provoque certaines ambiguïtés ; en effet si l'on modélise une ligne partant de Lausanne et finissant à ce nœud, cela peut aussi bien être une ligne se terminant à Genève, avec arrêt ou non à Allaman, qu'une ligne finissant à Allaman, sans donc aller jusqu'à Genève.

On a adopté le même principe pour toutes les autres lignes sortant du champ de l'étude. Pour ne citer que celles des CFF, le superarrêt représente selon les cas tout ce qui est au-delà de Cully, de Grandvaux ou de Vufflens-la-Ville.

Les temps de parcours donnés pour les lignes sont tirés, pour les TL, du système d'aide à l'exploitation et, pour les autres compagnies, de l'horaire officiel. Dans la plupart des cas, le temps d'arrêt est considéré comme nul, ce qui veut dire qu'il est pris en compte dans le temps

de parcours du tronçon précédent. Cependant dans des stations CFF comme Lausanne, Renens ou Morges où il peut être important, il est explicitement pris en compte.

## LE COMPORTEMENT DES USAGERS

### ***Le comportement des usagers des TIM***

Dans EMME/2, les hypothèses de comportement des usagers des TIM sont simples : minimisation du temps total du trajet (temps de parcours des liens et temps de traversée des carrefours). Comme expliqué plus haut, nous avons choisi de ne pas introduire de temps de traversée des carrefours en reportant ceux-ci sur les temps de parcours des liens. Dès lors les seuls réglages ont consisté à choisir les fonctions définissant les temps de parcours sur les liens en fonction du volume de trafic.

Pour les connecteurs, sur lesquels se déroulent le début et la fin du trajet, on a choisi de calculer ce temps en se basant sur une vitesse de 30 km /h, quel que soit le trafic. En effet, cela n'aurait eu aucun sens d'introduire un effet de congestion du trafic, vu qu'un connecteur ne représente pas une route spécifique, mais tout un réseau capillaire au sein d'une zone.

En ce qui concerne les liens réguliers, on a choisi des fonctions de type conique<sup>7</sup>, conseillées par les auteurs de EMME/2. Ces fonctions ont recours à une vitesse de parcours à vide, ainsi qu'à une capacité horaire par voie : on entend par là le volume de trafic horaire par voie propre à diminuer de moitié la vitesse de parcours. Un troisième paramètre, plus abstrait, rend compte de la courbure de la fonction entre la situation à vide et celle à la capacité.

Pour ce troisième paramètre, on a repris les valeurs obtenues dans une expérience de calibrage effectuée à Bâle.<sup>8</sup> Quant aux choix en matière de vitesse à vide et de capacité horaire par voie, le groupe de suivi a fait des propositions en fonction de sa connaissance pratique du réseau et du trafic en général.

Des vérifications ont été faites en demandant à certains pendulaires de donner leur choix d'itinéraire, tant à vide que dans les conditions réelles à l'HPM. On a alors fait fonctionner le modèle d'une part avec une matrice O-D composée du seul utilisateur en question, d'autre part avec une matrice proche de la matrice TIM 2005 à l'HPM.<sup>9</sup> Ces tests de comparaison entre itinéraires effectifs des utilisateurs et itinéraires donnés par le modèle ont permis de reconsidérer le choix de certains paramètres. C'est également dans cette phase de test qu'on a essayé de modéliser la politique de rétention du trafic de la ville de Lausanne, mais sans succès, le modèle EMME/2 n'étant pas très adapté.

### ***Le comportement des usagers des TC***

Dans l'algorithme d'affectation des usagers des TC utilisé par EMME/2, les réglages peuvent porter sur le poids à donner aux temps de marche à pied et d'attente par rapport au temps passé en véhicule, sur la vitesse de marche à pied, sur la pénibilité ressentie à chaque montée en véhicule et sur la base de calcul pour les temps d'attente. Un bon réglage est nécessaire pour bien représenter le choix des usagers en cas de possibilités très contrastées (par exemple

---

<sup>7</sup> Ces fonctions sont décrites dans l'article de Heinz Spiess, *Conical Volume-Delay Functions* à l'adresse <http://www.spiess.ch/emme2/archive/postscript/conic.pdf>.

<sup>8</sup> Spiess H. (1984), *Contributions à la théorie et aux outils de planification de réseaux de transports urbains*, Ph D. Thesis, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Centre de Recherche sur les Transports, Université de Montréal, Publication 382.

<sup>9</sup> La matrice définitive n'était pas encore disponible à ce stade.

une solution lente, mais nécessitant peu de marche et de transbordements opposée à une solution plus rapide, mais demandant plus d'efforts).

Dans un premier temps, on est parti de paramètres provenant d'études antérieures. Deux sortes de tests ont alors été effectués en affectant des matrices O-D partielles. Premièrement on a affecté à partir de Renens une personne par zone de destination en ville de Lausanne et on a affiché l'axe utilisé par la personne pour entrer dans Lausanne (CFE, m1, ligne 7, etc.). Deuxièmement on a choisi certaines paires O-D bien connues des mandataires et présentant des choix intéressants et on a examiné la solution proposée par EMME/2. On a alors confronté les affectations réalisées par le modèle avec les choix supputés par les mandataires et les personnes du groupe de suivi.

Ces tests ont conduit notamment à adapter la vitesse à utiliser pour les piétons. Ils ont également mis en évidence la nécessité de faire intervenir les dénivellations dans la marche à pied en utilisant les distances-effort plutôt que les distances horizontales et à tempérer l'effet de ces dénivellations en cas d'ascenseurs. Ils ont également conduit à ne pas maintenir, sauf exception, des connecteurs TC de plus de 450 mètres-effort (600 en cas de connexion à une station ferroviaire).

En fin de compte, les paramètres validés par le groupe de suivi sont :

- un poids de 2 pour le temps de marche à pied et celui d'attente, par rapport au temps en véhicule
- une vitesse de marche à pied de 4 kilomètres-effort à l'heure
- une pénalité de 2 minutes pour chaque montée en véhicule
- un temps d'attente égal à 50 % de la cadence de la ligne (ou de la cadence combinée des lignes entrant en jeu), ce pourcentage descendant à 30 % pour les lignes ferroviaires.

La différence entre lignes de bus et lignes ferroviaires rend compte de la plus grande fiabilité des secondes, qui incite plus d'utilisateurs à tenir compte de l'horaire plutôt que d'arriver à la station de façon totalement aléatoire.

## **LA DEMANDE**

Il serait difficile de connaître de façon directe la demande de déplacement TC et TIM à l'HPM en 2005, car cela signifierait questionner un très grand nombre de personnes. L'idée a donc été de partir d'une source d'information déjà disponible, à savoir les déplacements des pendulaires selon le recensement fédéral de la population de 2000. Etant donné que 2005 n'est pas si loin de 2000 et que la plupart des déplacements réalisés à l'HPM sont des déplacements pendulaires aller, on peut raisonnablement imaginer que les matrices O-D TC et TIM des déplacements pendulaires aller en 2000 servent de référence pour la construction des matrices HPM 2005. On construirait donc les dernières en ajustant les premières sur la base de comptages réalisés en 2005 à l'HPM.

## ***La demande pendulaire selon le recensement fédéral***

Le recensement fédéral de 2000 a fourni, pour chaque habitant de la Suisse, son lieu d'habitation ainsi que, le cas échéant, son lieu de travail et / ou de formation avec le(s) mode(s) de transport utilisé(s) pour s'y rendre. Pour chacun de ces lieux, le recensement fournissait également la commune et le plus souvent l'hectare dans lequel il se situe.

Dans la banque de données du recensement fédéral, le Service de la mobilité de l'Etat de Vaud a sélectionné les déplacements pendulaires ayant leur origine et leur destination en Suisse, l'une des deux au moins se trouvant dans le canton de Vaud. Dans ce sous-ensemble, il a retenu ceux effectués en TIM (comme conducteur et non passager) et en TC, la chaîne de déplacements pouvant inclure en plus de la mobilité douce ; il n'a pas retenu ceux utilisant successivement ou alternativement TIM et TC. Dans les cas où une personne avait 2 types de déplacements pendulaires différents, un pour le travail et un pour la formation, il a comptabilisé pour chacun de ces 2 déplacements non pas une personne, mais une fraction de personne, la somme des fractions valant 1 et le partage étant effectué au prorata des nombres de jours de travail et de formation.

Pour chacun de ces déplacements, connaissant l'hectare de l'origine et celui de la destination, le Service de la mobilité a pu en déduire les zones EMME/2 origine et destination. Dans la minorité de cas où l'indication de l'hectare manquait (c'était essentiellement le cas pour les destinations), la commune a permis d'obtenir la zone EMME/2 lorsqu'il s'agissait d'une commune entièrement comprise dans une seule zone. Dans les cas où l'hectare manquait et où la commune avait plusieurs zones, on a ventilé les déplacements au prorata de ceux déjà expressément attribués à chaque zone.

On a pu obtenir ainsi 4 matrices origine-destination pour les déplacements des pendulaires en croisant le motif (travail ou formation) et le mode (TC ou TIM). A ces 4 matrices on a enlevé les déplacements reliant une zone externe à une autre zone externe ; en effet, vu la grossièreté des zones externes, il était difficile de savoir lesquels passent réellement à travers le champ de l'étude.

## ***L'obtention de matrices de référence fiables***

Les matrices des pendulaires TC et TIM pourraient faire de bonnes matrices de référence pour 2005, à condition qu'elles soient fiables. Or on sait que les informations sur les destinations sont parfois douteuses. Comme on l'a dit plus haut, l'hectare de destination manquait parfois, ce qui a parfois conduit à « dévier » le déplacement vers une autre zone de la commune. Mais il y a encore un autre problème : pour des entreprises avec plusieurs sites de travail, le recensement a souvent donné comme destination non pas le lieu de travail du pendulaire, mais le siège de la société. On a donc effectué des tests de plausibilité en comparant les déplacements obtenus avec les données sur la population et le nombre d'emplois par zone EMME/2<sup>10</sup>.

On a d'abord examiné par acquit de conscience la corrélation entre populations des zones et déplacements générés par elles. La corrélation était en général bonne et les anomalies les plus marquantes explicables. Ainsi les cas avec une génération élevée par rapport à leur population concernaient souvent des zones de villas nouvellement construites à l'extérieur avec une population jeune ne pouvant pas se rendre à son travail sans emprunter les TC ou les TIM.

---

<sup>10</sup> Tirées respectivement du recensement fédéral de la population de 2000 et du recensement fédéral des entreprises de 2001 qui contiennent ces informations par hectare.

Inversement les cas avec une génération relativement basse concernaient des zones plutôt centrales et étaient habitées par une forte proportion de retraités.

En revanche la corrélation entre nombre d'emplois et déplacements pendulaires attirés pour le travail s'est révélée nettement moins bonne, et même catastrophique dans le cas des Hautes Ecoles : très peu de déplacements d'actifs avaient été codés avec leur destination sur ce site, les recenseurs ayant probablement été embarrassés par ces adresses un peu particulières.

Dès lors, 2 actions ont été menées.

Premièrement, tous les déplacements à destination des Hautes Ecoles, dans les 4 matrices de pendulaires issues du recensement, ont été remplacés par d'autres tirés de l'enquête Rumba 2005. Cette enquête demandait à tous les usagers du site leur statut (étudiant, employé), l'origine de leur déplacement vers le site et le mode de transport utilisé ; les résultats ont été redressés par sexe et statut en fonction du taux de réponse, en admettant une répartition similaire pour ceux n'ayant pas répondu.

Deuxièmement, en ce qui concerne les autres zones de destination, on a comparé le nombre d'emplois et le nombre de déplacements attirés pour le travail. Quand ce dernier était anormalement bas ou anormalement haut (moins de 60 % du nombre d'emplois ou plus de 90 %), on a corrigé la moitié de l'écart. Pour ce faire on a multiplié par le même coefficient tous les termes des 2 matrices TC actifs et TIM actifs correspondant à la même destination. Si l'on n'a corrigé que la moitié de l'écart, c'était faute de pouvoir trancher si les erreurs se trouvaient plutôt dans la matrice des pendulaires ou plutôt dans la statistique du nombre d'emplois.

On a ainsi obtenu, en additionnant les 2 motifs de déplacement pour chaque mode de transport, une matrice de référence pour les TC et de même pour les TIM. Ces 2 matrices ont été validées par le groupe de suivi.

### **Les comptages**

Pour pouvoir ajuster ces matrices de référence, on a eu recours à des comptages pour les 2 modes de transport, réalisés entre 7 et 8 heures en général un mardi ou un jeudi en 2005, hors des vacances scolaires.

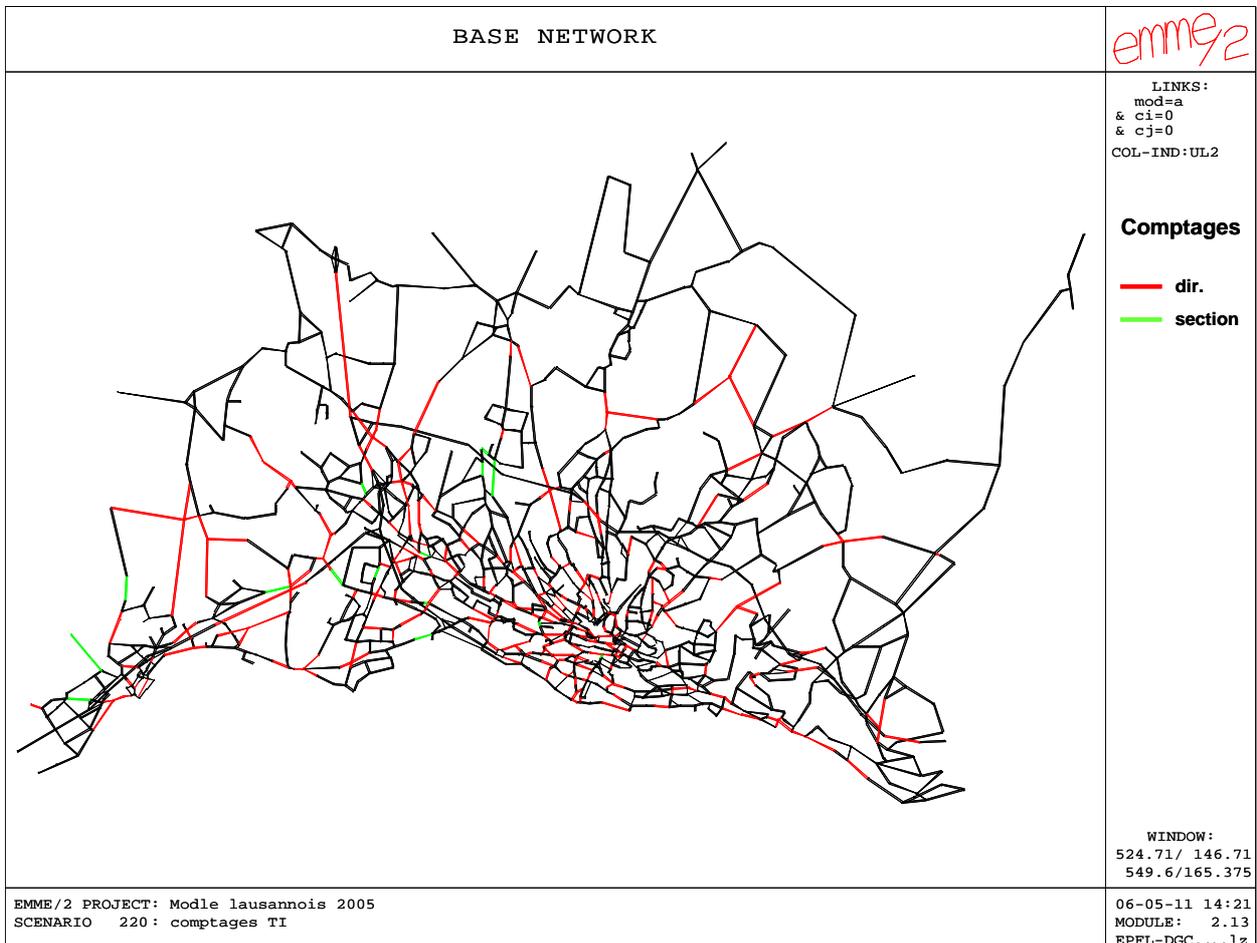
Les comptages TIM proviennent de diverses sources. Un grand nombre ont été réalisés spécialement dans le cadre d'une étude de Lausanne Région au moyen de compteurs automatiques. D'autres comptages, manuels ou automatiques, ont été réalisés par le Service des routes de l'Etat de Vaud dans le cadre de sa campagne de comptages quinquennaux. Et enfin d'autres encore proviennent de compteurs automatiques permanents de la Ville de Lausanne ou de la Confédération.<sup>11</sup>

Certains comptages ne séparaient pas les 2 sens du trafic. Ils ont donc pu être utilisés dans le compte des véhicules franchissant un écran ou un cordon, mais pas dans les autres opérations de l'ajustement.

---

<sup>11</sup> Ces comptages sont décrits dans *Lausanne Région, Comptages TI-TC 2005, Transports individuels (TI), rapport technique, août 2006.*

Certains comptages ont pu être biaisés par des chantiers qui se sont déroulés durant la période de comptage. Parmi ces chantiers, 2 ont entraîné une fermeture complète de route, respectivement à l'avenue Mon Repos et à la Bernadaz. Par cohérence, on a donc procédé à l'ajustement des matrices sur un réseau dans lequel ces 2 routes étaient interdites au trafic.



Quant aux comptages TC, ils n'ont pas été réalisés ponctuellement, comme les comptages TIM, mais partout sur une même ligne. Ils concernaient en principe la tranche de temps entre 7 et 8 heures, mais une course à cheval sur cette tranche, par exemple commençant avant 7 heures et finissant après a été ou bien totalement comptée ou bien totalement omise. On a parfois récupéré une course légèrement en dehors de cette tranche horaire, par exemple quand il n'y avait pas de course sur la ligne dans la tranche.

Les comptages sur les TL ont été fournis par cette compagnie, ceux sur les autres compagnies régionales par le Service de la mobilité. Il n'a pas été possible d'obtenir des comptages CFF sous une forme adéquate.

### ***L'obtention de matrices de référence HPM***

Le nombre de déplacements pendulaires aller en 2000 est beaucoup plus élevé que le nombre de déplacements à l'HPM en 2005, et ceci pour chacun des 2 modes ; en effet beaucoup de pendulaires se déplacent avant ou après cette tranche horaire. Par conséquent, si l'on affectait les déplacements d'une de ces matrices de référence au moyen d'EMME/2 et qu'on examinait les volumes obtenus sur les liens comptés, on trouverait systématiquement des valeurs fortement supérieures aux comptages.

C'est pourquoi avant de procéder au calibrage des matrices sur la base des comptages, il a été décidé, pour chacune d'entre elles prise séparément, de réduire tous les termes d'un même facteur, le but étant qu'après réduction la somme totale des volumes affectés sur un sous-ensemble de liens corresponde à la somme totale des volumes comptés sur les mêmes liens.

Contours et écrans d'analyse



Pour les TIM, comme sous-ensemble on a choisi les liens du cordon 1 aux limites de l'hypercentre, du cordon 2 autour de la ville de Lausanne et de l'écran B qui traverse la ville du nord au sud. On n'a pas voulu retenir les liens plus extérieurs comme ceux de l'autoroute par exemple, et ceci pour des motifs de cohérence. En effet, dans les volumes comptés sur l'autoroute on trouve beaucoup de trafic de transit allant d'une zone externe à une autre zone externe, alors que dans la matrice de référence dont on est parti, ces déplacements ne figuraient pas.

Pour les TC, on a considéré l'ensemble de tous les liens sur lesquels on disposait de comptages. En effet, le problème du transit ne concerne guère que les lignes CFF sur lesquelles on n'a pas de comptages.

On a obtenu ainsi 2 matrices de référence dimensionnées à l'HPM.

### ***Le calibrage de la demande sur la base des comptages***

L'opération suivante a consisté, pour chaque mode de transport, à ajuster la matrice de référence HPM sur la base de comptages HPM 2005 pour obtenir une matrice HPM 2005 plausible.

Cet ajustement repose sur les principes suivants.

- Les déplacements à l'HPM 2005 ont une distribution très proche de ceux contenus dans la matrice de référence HPM puisqu'il s'agit avant tout de déplacements pendulaires. On peut donc arriver à une bonne matrice HPM 2005 par des retouches apportées à la matrice de référence HPM.
- Si par ajustement on arrivait à une matrice proche de la situation effective à l'HPM 2005, les volumes obtenus en affectant cette matrice devraient être proches des volumes observés dans les comptages.

Le principe du calibrage utilisé est donc le suivant : essayer à coup d'itérations, au prix de modifications aussi faibles que possible de la matrice de départ, jugée correcte dans sa structure, de rapprocher le plus possible les volumes calculés des volumes observés<sup>12</sup>. On cherche seulement à rapprocher ces volumes, et non pas à les rendre identiques. En effet, même avec la meilleure matrice possible HPM 2005, ils pourraient ne pas l'être, entre autres pour les raisons suivantes :

- incohérence entre la demande contenue dans la matrice et le trafic observé dans les comptages, par exemple si dans le trafic compté il y a beaucoup de trafic non pris en compte dans la matrice (trafic interne à une zone ou trafic de transit)
- description de l'offre et découpage des zones trop grossiers dans la banque de données EMME/2, surtout en périphérie
- volumes observés qui auraient pu être sensiblement différents si les comptages avaient été faits un autre jour
- imprécision dans les comptages
- hypothèses de comportement de EMME/2 inadéquates dans certains cas particuliers.

Pour ces raisons, il n'est pas forcément bon de prendre en considération dans le calibrage tous les comptages disponibles ; il faut négliger ceux sur lesquels on sait d'avance qu'on ne pourra pas obtenir une bonne coïncidence. Pour les mêmes raisons, on ne va pas « tordre » totalement la matrice de la demande pour faire coïncider exactement les volumes ; lorsqu'après un certain nombre d'itérations on n'arrive plus à réduire sensiblement les différences, on s'arrête.

### ***Application à la demande TIM***

Avant de commencer les itérations du calibrage, une mesure importante a dû être prise. Le trafic observé sur l'autoroute compte une bonne part de transit, de zone externe à zone externe, alors que la matrice de référence TIM HPM ne tient pas compte de ce trafic. On risquait donc de fausser tout le calibrage avec des volumes affectés trop bas de trafic sur l'autoroute, rendue de ce fait trop attractive. Il a été décidé d'inclure dans la matrice de référence HPM des

---

<sup>12</sup> L'algorithme utilisé pour la demande TIM est décrit dans l'article de Heinz Spiess, *A gradient approach for the O-D matrix adjustment problem*, disponible à l'adresse <http://emme2.enif.ch/demadj/demadj.html>. Pour la demande TC, le principe est pratiquement le même.

déplacements entre les 3 grandes zones externes contenant Vevey, Yverdon et Genève afin de pouvoir charger ainsi l'autoroute.

Pour savoir combien de déplacements inclure, la procédure utilisée a été la suivante. Selon une étude conjointe des bureaux Transitec et RGR<sup>13</sup>, en 2005 la part du transit dans le trafic autoroutier aux limites du champ de l'étude était de 29 % sur l'ensemble de la journée. On peut raisonnablement imaginer qu'à l'HPM la part du transit est plus faible. Si maintenant on considère la part du transit HPM sur le seul trafic entrant (et non plus sur le trafic entrant et sortant), le pourcentage devient encore plus faible puisqu'à cette heure les volumes entrants sont largement supérieurs aux volumes sortants.

On a donc admis une part de transit de 15 % sur chaque branche d'entrée autoroutière dans le champ de l'étude. Restait à répartir ce trafic de transit entre les 2 branches de sortie correspondantes, par exemple entre les directions de Genève et d'Yverdon pour les véhicules venant de Vevey. On a admis une répartition proportionnelle aux volumes observés sur ces 2 branches au sortir du champ. Ces hypothèses peuvent paraître simplistes, mais de toute façon ces nombres de déplacements devaient être ajustés par la suite par le calibrage.

On aurait pu imaginer d'utiliser le même processus pour obtenir dans la matrice du trafic de transit pour d'autres routes, comme par exemple l'avenue Paderewski à Morges<sup>14</sup>, mais on ne l'a pas fait. En effet la part du transit y est probablement plus faible que sur l'autoroute. Mais surtout, comme elles ont plus de points d'entrée et de sortie qu'une autoroute, il est beaucoup plus délicat de comprendre où passe le trafic de transit qui les emprunte en amont ou en aval de ces routes.

Certains comptages ont été écartés du calibrage soit avant les opérations, soit en cours de route, vu l'impossibilité, pour des raisons explicables, d'obtenir une bonne adéquation entre volumes observés et affectés. Ces cas appartiennent aux types suivants :

- routes périphériques avec une bonne part de transit n'ayant pas son correspondant dans la matrice, comme l'avenue Paderewski
- routes de faible importance par rapport à la grossièreté du découpage<sup>15</sup> : une bonne part de leur trafic est modélisé sur d'autres liens voisins (réguliers ou connecteurs)
- route très utilisée par des automobilistes se rendant à un grand parking pour continuer à pied<sup>16</sup> : le modèle « croit » qu'ils vont en voiture jusqu'à leur destination
- voies d'entrée dans le giratoire de la Maladière : le modèle traite mal les carrefours à perte de priorité.

Finalement, les nombres de déplacements TIM à l'HPM 2005 obtenus après calibrage sont les suivants, sans les déplacements de zone externe à zone externe qu'on a omis ici vu leur côté artificiel.

---

<sup>13</sup> *Lausanne Région, Comptages TI-TC 2005, Transports individuels (TI), rapport technique, août 2006.*

<sup>14</sup> Utilisée par exemple par des personnes allant de St-Prex à Vufflens-le-Château, des communes situées toutes deux hors du champ de l'étude.

<sup>15</sup> Sur le site des Hautes Ecoles, au nord de Morges, à Grandvaux.

<sup>16</sup> Rue des Charpentiers à Morges, pour aller au parking de la place des Sports.

Origines	Destinations		
	Lausanne sans zones foraines	Reste de l'agglomération	Zones externes
Lausanne sans zones foraines	7'749	5'345	2'225
Reste de l'agglomération	8'258	15'279	4'935
Zones externes	5'238	8'218	0
<b>Total</b>	<b>57'246</b>		

### **Application à la demande TC**

Dans le calibrage de la demande TC, on n'a pas rencontré les mêmes problèmes avec le trafic de transit que pour les TIM. En effet les seules lignes TC du champ de l'étude avec une part importante de passagers allant d'une zone externe à une autre zone externe sont les lignes CFF sur lesquelles on n'a pas de comptages.

En revanche on a été confronté à un autre problème de cohérence entre la matrice de référence TC HPM et les comptages TC HPM 2005 : le problème des frontaliers venus du sud du lac en bateau. Ceux-ci ne figuraient pas dans la matrice de référence, issue d'un recensement purement suisse, mais une fois débarqués du bateau, une part d'entre eux emprunte bel et bien les lignes TC de l'agglomération lausannoise. On a donc ajouté à la matrice de référence TC HPM 200 déplacements avec origine au sud du lac et on les a répartis entre les diverses destinations de la même façon que les usagers ayant Ouchy comme zone origine.

Le calibrage a posé peu de problèmes. D'importantes différences entre volumes calculés et observés se sont cependant maintenues dans 2 cas explicables.

- Cela a été le cas dans les 2 sens entre la place de l'Ours et Montagibert. Le problème est dû à une zone située à l'ouest de ces 2 arrêts et comportant un pôle hospitalier au nord et un pôle scolaire au sud. Vu l'impossibilité de distinguer les déplacements vers un pôle ou l'autre, le modèle ne peut que faire descendre indistinctement tous les passagers des lignes montantes à l'un des 2 arrêts, en négligeant l'autre. Le même raisonnement s'applique aux lignes descendantes.<sup>17</sup>
- Le calibrage n'a pas réussi à affecter assez de déplacements entre Signal d'Echichens et Marcelin. Le problème est dû à la grossièreté du découpage de la zone externe toute proche, qui contient entre autres Bière, Apples, Vullierens et St-Saphorin-sur-Morges. Dans EMME/2, l'algorithme d'affectation fait monter au même premier arrêt toutes les personnes ayant une même zone origine et une même zone destination (ce qui ne correspond pas forcément à la réalité, tellement les conditions de déplacement sont différentes, vues de Bière ou Vullierens). Or les connecteurs de cette zone externe ont été réglés pour faire monter les usagers plutôt sur le BAM que sur les 2 lignes passant par Signal d'Echichens et Marcelin<sup>18</sup>. Si le réglage avait été fait différemment, c'est plutôt sur le BAM qu'on aurait eu un problème.

<sup>17</sup> Le problème n'existera plus à l'entrée en service du m2, puisqu'il y aura encore un arrêt à la place de l'Ours, mais plus à Montagibert.

<sup>18</sup> Lignes Cossonay-Morges via St-Saphorin-sur-Morges et Apples-Morges via Monnaz.

Finalement les nombres de déplacements TC à l'HPM 2005 obtenus après calibrage sont les suivants.

Origines	Destinations		
	Lausanne sans zones foraines	Reste de l'agglomération	Zones externes
Lausanne sans zones foraines	5'910	2'044	708
Reste de l'agglomération	3'935	3'084	738
Zones externes	2'901	1'630	0
<b>Total</b>	<b>20'950</b>		

### **Les documents transmis aux utilisateurs du modèle**

Le cédérom envoyé aux utilisateurs du modèle contient non seulement ce rapport, mais également la banque de données EMME/2 elle-même, un descriptif des particularités de cette application spécifique, divers fichiers aidant à localiser les éléments de cette banque de données, les documents fixant le contexte administratif de l'étude et divers documents de travail intermédiaires. Voici la description du contenu.

emme2ban	Banque de données EMME/2
rapport2005.pdf	Rapport technique de l'étude
descriptif.pdf	Descriptif des particularités de la banque de données EMME/2
tabelle.xls	Tablette des correspondances entre numéros EMME/2 et noms des arrêts TC de la banque de données
emme2_zone_v2.pdf	Plan des zones EMME/2
zone_Emme2_V10.zip	Description Mapinfo des zones EMME/2
callghor.txt	Macro EMME/2 pour calculer les longueurs des liens en distance horizontale en ligne droite
calgalt.txt	Macro EMME/2 pour calculer les longueurs des liens en distance-effort
descriptiftechnique.pdf	Offre faite par les mandataires
contrat.pdf	Contrat signé
convention.pdf	Convention entre les mandants
archive.zip	Divers documents de travail produits au cours de l'étude, permettant de comprendre la méthode utilisée ; certains de ces documents intermédiaires peuvent contenir des erreurs qui ont été corrigées par la suite