

# NOTE

MOBILITÉS

Vincent TINET

Mai 2017

## L'ÉVALUATION DE L'AGENDA DE LA MOBILITÉ

### Méthodologie et résultats du mini-modèle dédié

La rédaction de l'Agenda de la Mobilité Métropolitaine, au second semestre 2016, a nécessité de développer un outil spécifique d'évaluation du potentiel de clientèle et du coût d'exploitation des lignes de transport d'échelle métropolitaine. A mi 2016, la métropole ne possédait pas de modèle multimodal calibré à l'échelle de son périmètre. Seul existait un modèle d'échelle marseillaise. Son extension métropolitaine est prévue en 2017.

Cette note décrit les choix méthodologiques retenus dans ce mini-modèle dédié, sa pertinence statistique et les résultats de l'évaluation de MétroExpress, le réseau d'échelle métropolitaine de l'Agenda.

### PRINCIPES DE MODELISATION

Une première option pour évaluer l'Agenda aurait été une méthode par ratio : part modale sur les flux d'un corridor EMD, coût kilométrique, ... Cette méthode présente des limites réelles, qui font qu'elle n'a pas été retenue :

- ▶ Difficulté d'estimer le flux total, d'une part car les zones EMD sont trop grandes en périurbain, d'autre part car les flux sont souvent trop petits, donc avec une trop grande imprécision statistique ;
- ▶ Difficulté à estimer sérieusement un objectif ou une modélisation de part modale, en particulier en lien avec la qualité de l'offre (fréquence...), mais aussi les paramètres externes (contraintes de stationnement en particulier) ;
- ▶ Les coûts kilométriques sont très variables d'une ligne de car à l'autre, ce qui laisse supposer d'autres facteurs explicatifs que le seul nombre de km annuels.

Une seconde option aurait été de développer ou exploiter un modèle 4 étapes classiques, mais cette solution était clairement en dehors des moyens de l'AGAM.

L'option retenue est hybride. Elle consiste à **établir une relation statistique entre d'une part l'usage et le coût d'exploitation des cars et TER existants, d'autre part l'offre et les territoires desservis** : population et emplois, fréquence, temps de parcours entre arrêts.

### Données d'entrées

- ▶ la fréquentation, les horaires et le coût d'exploitation 2015 de 15 lignes de cars de type Express ;
- ▶ une estimation de la fréquentation 2015 par ligne des TER intra-métropolitains, à partir des montées-descentes par gare, ainsi que les grilles horaires 2015 (temps de parcours et fréquences) ;
- ▶ La population et les emplois en valeur 2010 sur le carroyage à 200 m ;
- ▶ un SIG fin et exhaustif des réseaux de voirie et de transports 2014, issu de l'Opendata du Pilote, permettant des calculs de zones de chalandise multimodales précises ;
- ▶ L'EMD pour estimer les contraintes de stationnements selon les territoires économiques.

La phase de calibrage et le fonctionnement du mini-modèle utilisent Excel.

Louvre & Paix  
La Canebière  
CS 41858- 13221  
Marseille cedex 01  
☎ 04 88 91 92 90  
☎ 04 88 91 92 65  
✉ agam@agam.org

## Estimation de l'usage d'une ligne

La meilleure équation identifiée, au vu des données d'entrées est :

$$Usage = Somme (poids * usagers départ * usagers arrivée * \frac{fréquence^2}{temps\ de\ parcours^2}) + cabotage$$

D'un point de vue théorique, cette modélisation reconstitue des déplacements par modèle gravitaire ( $population^2 / temps^2$ ) entre paires d'arrêt, soit les étapes 1, 2 et 4 du modèle 4 étapes, et estime une attractivité de la ligne en fonction de la fréquence au carré. Seule l'estimation de la part modale n'est pas réalisée. Pour plus de réalisme, l'usage est calculé :

- ▶ pour chaque paire d'arrêts de la ligne et sur les lignes métropolitaines en **correspondance** ;
- ▶ pour **3 types de clientèle** : population active, étudiants et visiteurs TGV et aéroport.

Il est à noter que, par manque de données, le modèle **ne prend pas en compte d'effet prix**, alors même qu'il varie de manière non proportionnelle selon les lignes. Cette modélisation nécessiterait de connaître la répartition des recettes par ligne et par type de produit tarifaire. Elle permettrait en retour d'estimer l'impact de la grille tarifaire sur l'usage des lignes.

Certaines lignes Cartreize ont des arrêts suffisamment proches pour permettre du **cabotage**. Il est estimé dans des zones contiguës en proportion du carré du nombre d'habitants divisés par la racine de la surface de la zone. Cet usage n'est plus utilisé pour modéliser MétroExpress.

La notion de **départ et d'arrivée** permet de gérer l'effet d'asymétrie de l'accès en parc-relais aux TC interurbains. Ce mode n'est utilisé que pour les zones de départ, c'est-à-dire les fonctions résidentielles.

Les usagers à l'arrivée diffusent sur le territoire à pied et en transports en commun urbain, et non en voiture. Ils sont dissociés par motif :

- ▶ Départ : population active > Arrivée : emplois ;
- ▶ Départ : population 16-30 ans > Arrivée : places ESR ;
- ▶ Départ : population > Arrivée : fréquentation journalière moyenne des gares TGV et l'aéroport.

Les **contraintes de stationnement** sont prises en compte au lieu d'arrivée en appliquant une décote au nombre d'emplois. Elle s'appuie sur l'EMD qui montre une proportionnalité forte entre part modale modes actifs+TC et part des actifs ayant une contrainte de stationnement. Ce ratio est de 80% en centre-ville de Marseille, 60% pour Aix, 40% dans les autres centres et 20% en zone d'activité.

Les **zones de chalandise** sont des isochrones de 15 minutes, sur le réseau réel TC (Le Pilote 2014) ou voiture (en heure de pointe). Les isochrones ont été modifiées manuellement pour supprimer des cas particuliers (accès aux parcs relais depuis les centres-villes par exemple). La précision géographique du modèle est ainsi très fine. Le temps d'accès de 15 minutes retenu correspond à 80% des pratiques d'accès (EMD 2009) et à des enquêtes des parcs-relais de Marseille ou de Gardanne.

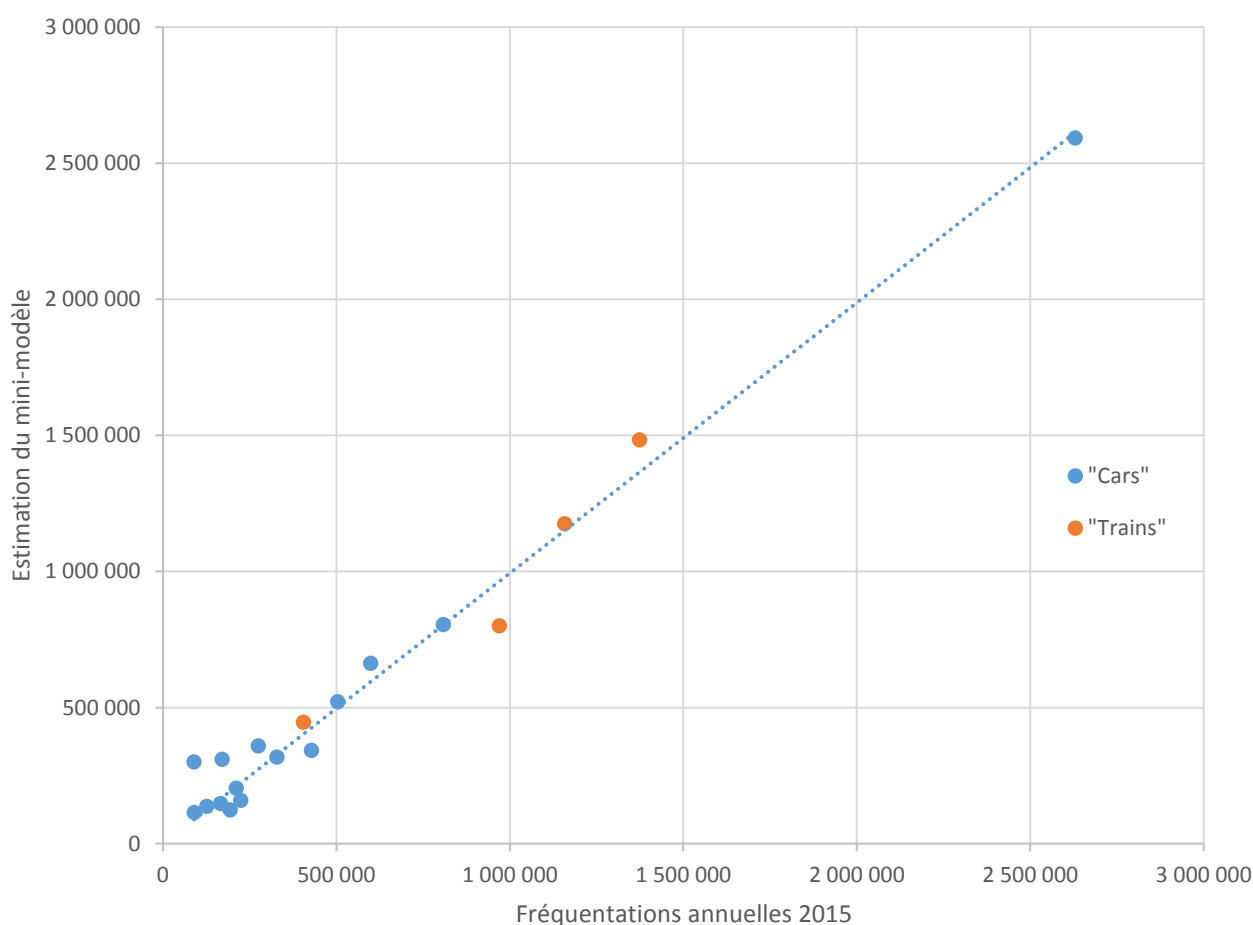
L'utilisation de la **fréquence par jour au carré** pour estimer l'usage permet d'améliorer significativement la qualité de la modélisation. Elle correspond aussi à d'autres résultats de recherche (par exemple PREDIT 5 – LET – APEROL : « *Mesure de l'accessibilité des lignes de transport urbain* », 2012). Cette hypothèse a pour conséquence que, à population et emplois/enseignement/visiteurs et temps de parcours égaux, doubler l'offre permet de multiplier par 4 l'usage d'une ligne.

La **concurrence entre deux lignes métropolitaines** ou deux services d'une même ligne sur une même OD, est modélisée en répartissant les usages de la ligne la plus attractive en proportion du rapport  $fréquence^2/temps\ de\ parcours^2$  de chaque ligne en concurrence. Les fréquences de deux services différentes sur une même ligne sont cumulées (il est possible de prendre un omnibus Aix-Marseille après avoir raté le direct). Ce principe reproduit bien les répartitions modales, par exemple Train/Car entre centres d'Aix et Marseille :

AIX CENTRE <> MARSEILLE CENTRE	TRAIN DIRECT	TRAIN OMNIBUS	CAR
<b>TEMPS DE PARCOURS HP</b>	35 min.	47 min.	49 min.
<b>DESSERTES / J</b>	74		266
<b>POIDS MODELISE</b>	12%	7%	81%
<b>POIDS REEL</b>	490k (est.): 16%		2543k: 84%

### Calibrage du modèle d'usage

Une régression linéaire sur les lignes de cars et de train donne un poids respectif aux clientèles d'actifs (1,35), d'étudiants (5,515), des TGV (20,528), de l'aéroport (6,283) et du cabotage (38,359). La qualité statistique est élevée, avec un  $R^2$  de 0.987, un F très proche de 0 et des variables très significatives.



### COMPARAISON DU MINI-MODÈLE ET DE L'USAGE RÉEL DES CARS ET TRAINS

Il est très intéressant de noter que le mini-modèle est tout aussi pertinent pour le car que pour le train. Il reste deux limites pour le TER : les correspondances TER/Grandes Lignes (et pas que TGV), les usages touristiques des non-résidents et loisirs des résidents (estimés forfaitairement sur la Côte-Bleue, négligés ailleurs, en particulier à Cassis et La Ciotat).

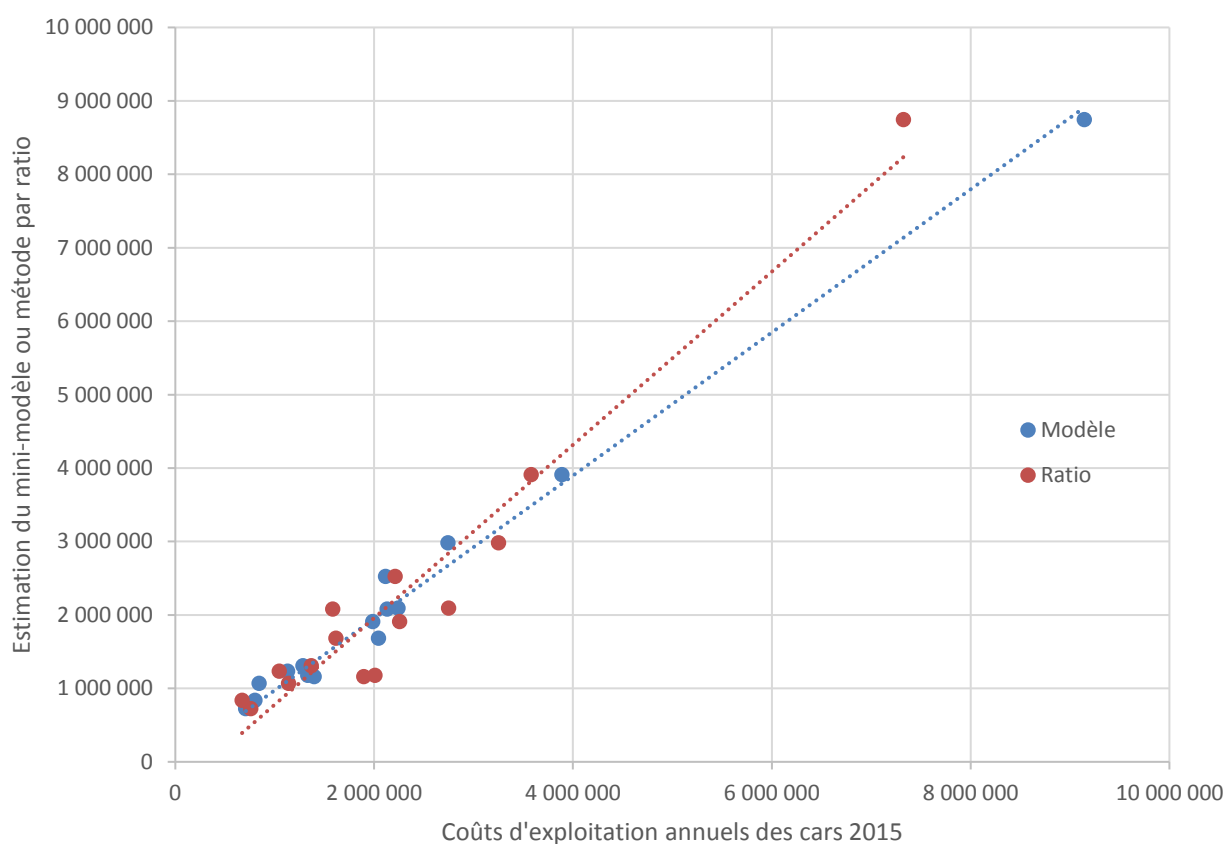
## Estimation du coût d'exploitation des cars

L'estimation du coût d'exploitation par ratio kilométrique pose problème car il varie du simple au double d'une ligne à l'autre. Une raison peut être issue des exploitants, ce qui est difficile à modéliser.

Mais des différences de coût sont aussi dues à des questions d'exploitation, en particulier l'effet dimensionnant des heures de pointes. Après différents tests, il est apparu que le meilleur facteur explicatif est le nombre de minutes passées en heure de pointe (temps de parcours en heure de pointe \* nombre de service en période de pointe 7h9h - 17h19h).

La formule d'estimation du coût retenue est ainsi la suivante, avec des paramètres estimés par régression logistique :

$$\text{Coût} = \text{temps heure de pointe}^{0,34} * \text{km annuels}^{0,905}$$



### COMPARAISON DU MINI-MODÈLE ET DU COÛT D'EXPLOITATION DES CARS

Le calibrage de ce modèle est de bien meilleure qualité que la méthode par ratio, la première ayant un  $R^2$  de 0.99 contre 0.94 pour la seconde.

L'introduction du temps en heure de pointe présente l'intérêt de pouvoir évaluer **l'impact sur le coût d'exploitation d'un grain de temps**, par exemple suite à la mise en place d'un site propre. Ce gain de temps a aussi un impact sur la clientèle (cf. modèle de fréquentation).

En l'absence d'information plus détaillée, et en particulier de ventilation par ligne, un coût d'exploitation de 23,6M€ par train.km a été retenu pour le TER.

## APPLICATION DU MODELE A METROEXPRESS

Le mini-modèle étant très bien calibré pour reproduire l'usage des cars et trains métropolitains et le coût d'exploitation des cars, il a été utilisé pour estimer l'usage et le coût de MétroExpress.

Cela sous-entend quelques hypothèses :

- ▶ Une répartition socio-économique territoriale, des contraintes macro-économiques (coût énergie...) ou comportementales inchangées, ce qui est évidemment faux à l'horizon 2025. MétroExpress est donc évolué « toutes choses égales par ailleurs » ;
- ▶ Des coûts unitaires constants, leur évolution étant évaluée en dehors du mini-modèle ;
- ▶ La non-prise en compte d'autres effets de l'Agenda : unification tarifaire, effet « abonnement » sur la génération de flux secondaires week-end ou loisirs, concurrence du covoiturage... ;
- ▶ Intégration de l'amélioration des temps de parcours par les sites propres autoroutiers et urbains ;
- ▶ Elargissement des zones de rabattement par les TCSP urbains nouveaux prévus à l'Agenda ;
- ▶ Suppression du cabotage intra-urbain des cars (rocade marseillaise ou Aix-centre / les Milles).

### Réseau modélisé

**Les estimations pour Valtram sont issues des études de ce projet.**

MODE	LIGNE	FREQUENCE / J	COÛT	VOYAGES ANNUELS
Car	Aix-Marseille	386	12 M€	6,4 M
TER	Marseille Aéroport Miramas Salon	100	40 M€	5,6 M
Car	Aix Aéroport Martigues Istres	240 (Aix aéroport) 120 aéroport Istres	9 M€	4,9 M
Car	Fos Martigues La Fourragère	120	6 M€	2 M
TER	Marseille Aubagne La Ciotat	120	23 M€	2 M
TER	Marseille Aix Pertuis	90	29 M€	1,8 M
Car	Marignane Vitrolles / Valmante	240	7,5 M€	1,4 M
Car	Fos Salon Aix	120	7,6 M€	0,6 M
Car	St-Jérôme La Ciotat	120	3,6 M€	0,5 M
TER	Marseille Martigues Miramas	30	14,5 M€	0,4 M (dt 0.3 loisirs)
Car	Pertuis Les Milles	120	2,7 M€	0,2 M
Car	Trets Les Milles	120	3,1 M€	0,2 M
Car	Salon Lambesc Aix	120	4,4 M€	0,1 M
Car	Valmante Aubagne	120	1,5 M€	0,1 M
<b>Tram</b>	<b>Valtram</b>	120	Surcoût nul	1,1 M
TOTAL METROEXPRESS			58 M€ car 107 M€ TER	27 M
REFERENCE 3 RESEAUX DE CAR + TER			46 M€ car 84 M€ TER	14 M

La modélisation confirme bien la possibilité d'atteindre l'objectif de doubler la fréquentation des transports métropolitains.

**Après vérification, une erreur de calcul des estimations du surcoût des lignes de cars de MétroExpress a entraîné leur sous-estimations pour environ 7 M€ par an (5 au lieu de 12 M€).**

## Quelques commentaires

- ▶ La forte hausse de la fréquentation d'Aix-Marseille est due d'une part à la desserte du pôle d'activité des Milles (non compris les échanges internes à Aix) mais aussi aux échanges avec la rocade marseillaise. Le niveau de clientèle sur Aix-Marseille devient très élevé, et devra probablement s'accompagner de véhicules plus capacitaires.
- ▶ Le très fort potentiel de l'axe Marseille – aéroport – Miramas est une conséquence directe de l'hypothèse de suppression des navettes de cars Marseille Aéroport.
- ▶ La ligne Aix / Aéroport / Istres est potentiellement trop longue, et avec des enjeux de dessertes différents, et pourrait nécessiter d'être coupée.
- ▶ Les petites lignes de moins de 500 000 voyageurs jours mériteraient une modélisation plus affinée, en particulier en croisant avec les enjeux de rabattement scolaires (en particulier Salon-Lambesc-Aix) ou le cabotage local.