

# Publication d'indicateurs d'accessibilité transport dans la métropole marseillaise avec OpenTripPlanner Analyst

le 8 décembre 2014

Auteurs : Frédérique REFFET (DREAL PACA)  
Patrick GENDRE (CEREMA DTer Méditerranée)

## 0. Résumé (Contexte et objectifs)

La Direction Régionale Provence Alpes Côte d'Azur du ministère du développement durable (DREAL PACA) anime auprès de la mission Métropole attachée à la Préfecture la réflexion sur l'organisation des déplacements dans la métropole Marseille Provence. Un des objectifs est de mettre en place une série d'outils mutualisés permettant aux multiples acteurs concernés de travailler ensemble à la construction du projet métropolitain, y compris dans le domaine Transport / Déplacements.

Le logiciel libre Open Trip Planner (OTP) est doté d'un module Analyst permettant de produire des cartes isochrones interactives et de calculer des indicateurs d'accessibilité transport. Ce logiciel porté par une communauté de développeurs à l'état de l'art et dynamique, est désormais relativement stable et conçu pour être utilisé avec des données open data comme celles que lepilote.com a publiées récemment pour les Bouches-du-Rhône. En 2013, le CEREMA Méditerranée a évalué OTP Analyst et a proposé à la DREAL de le mettre en oeuvre dans le contexte du projet métropolitain. La mise en place d'un prototype début 2014 (<http://mim.cete-aix.fr/spip.php?article360>) a permis d'obtenir un premier retour positif et convaincu la DREAL et la mission Métropole de consolider, maintenir et faire évoluer cet outil. Deux orientations se dégagent pour les évolutions : , un outil « grand public » pour présenter l'offre de transport multimodale, en priorité, qui impliquera d'investir en amont dans les données décrivant l'offre multimodale, mais aussi une boîte à outils pour les services d'études.

Cette présentation présente les principes du calcul d'accessibilité avec le logiciel OpenTripPlanner Analyst, le démonstrateur actuel, et les perspective d'évolution du démonstrateur prévus au cours de 2015.

## 1. Le logiciel OTP Analyst

OTP Analyst (OTPA) est un logiciel libre qui permet de produire en mode web des calculs d'accessibilité transport.

Analyst est un module d'un logiciel de recherche d'itinéraires multimodaux OpenTripPlanner (OTP), déployé dans plusieurs villes<sup>1</sup> dont Grenoble en France.

OTP Analyst est mis en oeuvre dans de grandes métropoles telles que New York ou Mexico, ou en Finlande<sup>2</sup>.

### 2.1. principe du calcul d'accessibilité

Les études d'accessibilité transport font partie des outils de plus en plus utilisés pour diagnostic et évaluer l'offre de transport sur un territoire, et font l'objet de nombreux travaux. Un récent rapport du CEREMA fait le point sur les pratiques en France en termes des méthodes, données et logiciels pour les études d'accessibilité multimodale des territoires. Nous renvoyons le lecteur intéressé vers ce document, et nous nous limiterons ici à décrire les principes de fonctionnement d'OTPA pour le calcul d'indicateurs d'accessibilité.

---

<sup>1</sup> <https://github.com/opentripplanner/OpenTripPlanner/wiki/Deployments>

<sup>2</sup> <http://matka-aika.com/>

Open Trip Planner est d'abord un logiciel de recherche d'itinéraires multimodaux, qui a atteint un niveau de maturité suffisant depuis 2 ou 3 ans pour être utilisé en production par plusieurs réseaux comme outil internet de services d'information transport.

Le moteur de calcul d'itinéraires peut aussi être utilisé, en dehors des applications de préparation d'un déplacement, pour répondre à des questions d'analyse spatiale et d'urbanisme, en particulier des études sur l'accessibilité des transports.

Les algorithmes de calcul du plus court chemin<sup>3</sup> produisent une grande quantité d'informations intermédiaires, inutiles pour la recherche d'un point A à un point B, mais qui sont utiles et peuvent être conservés pour des besoins d'analyse spatiale, quitte à faire tourner le calcul à peine plus longtemps pour explorer un peu loin les noeuds du graphe de transport. C'est précisément ce que fait OTP Analyst (et la plupart des outils d'analyse de réseaux de transport) : lors d'une recherche d'itinéraires, tous les chemins au départ d'un point origine sont en fait explorés, et le calcul produit non seulement les plus courts<sup>4</sup> chemins (PCC), mais en fait aussi un **arbre des plus courts chemins** (APC) partant du point origine.

L'arbre des plus courts chemins depuis un point A contient donc beaucoup d'information sur l'accessibilité au départ de ce point : par exemple, le temps de parcours de A vers n'importe quel point (ou du moins vers la projection de ce point vers le segment routier le plus proche), et de même pour toute autre quantité produite lors du calcul d'itinéraire (nombre de changements, prix du déplacement, distance de marche à pied, etc.). A partir de là, le temps de parcours depuis A est une fonction définie depuis tout point du plan autour de A, fonction que l'on peut stocker en cache mémoire afin de pouvoir la recalculer très rapidement (en pratique, de manière interactive pour l'utilisateur) après modification de divers paramètres.

Un calcul d'itinéraire est une fonction qui dépend de l'offre de transport (réseau routier, avec les détails concernant le cas échéant la marche ou le vélo, le stationnement, la congestion routière, et transports collectifs), des modes et combinaisons de modes, et de diverses options (horaires de départ, préférences de modes, etc.), et qui fournit un ou quelques trajets optimaux d'un point Origine à un point Destination :

**PCC (offre, modes, options) (O, D) -> trajets de O à D : durée, feuille de route, nombre de changements, etc.**

De même, l'arbre des plus courts chemins est une fonction du point origine qui dépend de l'offre, des modes et des options de transport choisies et fournit - en chaque noeud du réseau multimodal - les résultats du chemin optimal : temps de trajet, nombre de changements, etc. On peut dériver facilement de cet arbre, par interpolation, une fonction fournissant - pour tout point (x,y) - les valeurs des résultats du PCC (temps de trajet, etc.) depuis l'origine O.

**Accessibilité (offre, modes, options) (O) (x,y) -> résultats PCC depuis O (durée, feuille de route, nb de changements, etc.) interpolés de l'arbre des PCC à partir du point x,y**

A partir de là, on peut en déduire aussi des courbes ou des surfaces iso-valeurs, notamment les isochrones partant du point Origine : par exemple la surface contenant les points que l'on peut rejoindre depuis O en moins de 30 minutes, pour l'offre de transport et la combinaison de modes choisies.

---

<sup>3</sup> typiquement, des variantes traitant les horaires multimodaux du classique algorithme publié par Dijkstra en 1959

<sup>4</sup> « court » pouvant en fait être la minimisation d'autres critères que la seule distance.

Plus généralement, on peut aussi calculer des scores d'accessibilité, en croisant l'arbre du plus court chemin avec des données localisées sur le territoire étudié : emplois, services, etc. , par exemple :

- nombre d'hôpitaux à moins de 30 minutes en TC+marche, depuis un point O ;
- nombre d'emplois à moins de 30 minutes tous modes confondus, à l'heure de pointe du matin, depuis un point O ;
- nombre d'habitants à moins de 400 mètres d'une station de métro ;
- etcetera.

On peut ensuite combiner des scores, pour autant que les données localisées sous-jacentes soient du même niveau de détail (ou ramenées à un même niveau d'agrégation).

**SCORE (offre, modes, options) (O) (x,y) : croisement de résultats de calcul d'itinéraire avec des données localisées en tout point x,y du territoire, ou somme pondérée de scores**

La manière la plus naturelle de représenter l'accessibilité est sans doute sous forme de carte (ou de couche, semi-transparente) où le temps de parcours (ou tout autre indicateur ou score) est un code couleur calculé sur une grille régulière de points (les pixels de la carte).

Néanmoins, il existe bien d'autres représentations possibles, ne serait-ce que directement l'arbre des plus courts chemins lui-même, ou par des tableaux et graphiques associés (par exemple pour comparer des scores agrégés sur quelques zones du territoire étudié, ou pour comparer différents résultats obtenus selon le mode de transport ou leur combinaisons, ou selon des variantes de l'offre de transport, dans le cadre de scénarios pour un projet de TCSP par exemple).

On voit que l'accessibilité dépend d'une grande combinaison de facteurs, d'un grand « espace de paramètres » possibles:

- localisation sur le territoire
- jour ou heure
- variantes d'offre de transport
- modes et combinaisons de modes
- variables socio-économiques localisées (emplois, population, services, etc.).

Par conséquent, une caractéristique essentielle d'un outil d'étude de l'accessibilité est son degré d'interactivité : la facilité avec laquelle un utilisateur final peut explorer les différents résultats calculés.

Les développements récents d'OTP Analyst se sont faits essentiellement dans cette direction, c'est ce que nous allons voir dans le point suivant sur l'architecture du logiciel.

## 2.2. Architecture logicielle

OTP Analyst permet donc de produire des scores et cartes d'accessibilité selon les principes généraux décrits.

Le code source d'OTP est publié sur <https://github.com/opentripplanner> (et pour les développements en cours sur le projet marseillais, sur une branche <https://github.com/otp-dreal-paca/OpenTripPlanner> qui sera fusionnée avec la branche principale une fois la réalisation achevée).

Initialement, OTP est un programme java destiné à fonctionner sur un serveur où sont hébergées les données d'offre de transport (réseau routier au format OpenStreetMap, réseau TC au format GTFS).

L'application de recherche d'itinéraires est une application web qui s'utilise depuis un navigateur, qui fait appelle à ce serveur java.

OTP Analyst a d'abord été développé comme un outil associé au programme de calcul d'itinéraires, utilisable sur le serveur, pour des utilisateurs maîtrisant la ligne de commandes

Linux<sup>5</sup> et connaissant java ; l'outil batch-analyst permet de lancer des calculs par lots (batches, en anglais) sur des jeux de points d'intérêt (listes d'hôpitaux, grille de points, etc.), afin de calculer des scores et autres indicateurs, et produire les cartes correspondantes.

OpenTripPlanner est essentiellement une bibliothèque Java de recherche d'itinéraires multimodaux à partir de réseaux de transport multimodaux construits avec des données GTFS (pour la partie TC) et OpenStreetMap (pour la partie voirie).

L'architecture d'OTP a été conçue dès le départ pour pouvoir utiliser également le serveur via le web (API REST), et les évolutions récentes renforcent cette orientation.

La fonction principale de OTP Analyst est de calculer un arbre des plus courts chemins à partir d'un point origine, puis d'interpoler les valeurs de durée d'itinéraire à partir de cette origine, sur une grille (bitmap) et de les produire sous forme de tuiles cartographiques (images à afficher sur le navigateur du client) ou de couches SIG (contours isochrones).

Les principaux **services web (API REST)**<sup>6</sup> fournis par OTP sont les suivants:

- l'API de recherche d'itinéraire (Routing) : service web REST de recherche d'itinéraire aux formats JSON ou XML. Cette API peut être utilisée en combinaison avec un front-end javascript pour créer des applications interactive de recherche d'itinéraire en mode web.
- l'API "transit index" permet d'interroger en REST les données GTFS hébergées sur le serveur OTP, par exemple les itinéraires desservant un arrêt particulier, les véhicules arrivant à un arrêt, les prochains arrêts sur un itinéraire, etc.
- le service web OTP Analyst fournit des images (raster) de cartes isochrones des temps de trajet à partir d'un point, ou des couches au format vecteur (.SHP, GEOJSON). Comme Analyst fait partie d'OTP, tous les paramètres de recherche d'itinéraires peuvent s'y appliquer : heure de départ, mode et combinaison de modes, durée maximum de marche.

En outre, OTP comprend également, côté client, plusieurs **bibliothèques javascript** qui permettent de construire des applications web adaptées sur mesure à chaque projet.

Une série d'API javascript a ainsi été développée pour OTP Analyst, notamment dans le cadre du projet pour la Métropole Marseillaise, permet d'appeler les API OTP de manière plus souple.

L'idée principale est de stocker en mémoire côté serveur les résultats de calculs (arbres de plus courts chemins), puis de les appeler depuis le navigateur avec différents paramètres, mais sans refaire les calculs, permettant ainsi un bon temps de réponse et une interactivité, pour l'utilisateur final.

D'autres métriques sont également en cours de développement, autour du niveau de service notamment. D'autres représentations graphiques ou cartographiques sont également développées. Il est toujours possible par ailleurs d'exporter les résultats calculés par OTPA sous forme de tableaux vers des outils externes tels qu'un tableur, ou que R, le logiciel libre d'analyse statistique.

Une autre série de développements importants pour un outil d'accessibilité consister à pouvoir gérer différentes versions d'offre de transport. Actuellement, cela se fait « à la main » sur le serveur, mais des outils ont été développés dans le cadre d'un projet outre Atlantique pour téléverser des jeux de données (préalablement qualifiés, un point indispensable pour espérer obtenir des indicateurs pertinents !) et configurer les graphes multimodaux depuis le web.

Une des difficultés (qui est sans doute le revers de la médaille de l'open source) est que les développements logiciels sont très actifs : il y a beaucoup de versions d'OTP et également

---

<sup>5</sup> ou Windows d'ailleurs, OTP s'appuyant sur la JVM, qui est portable sur tous les systèmes.

<sup>6</sup> les API REST sont documentées ici : <http://docs.opentripplanner.org/apidoc/>

divers outils à côté d'OTP proprement dits, peu ou pas documentés, et il n'est pas évident de s'y retrouver pour savoir ce qui est vraiment utilisable pour Analyst, « à l'instant t ». A terme un effort de documentation (y compris en français) sera sûrement indispensable. On peut dire qu'OTPA n'existe pas (encore) en tant que produit « packagé » : il s'agit plus d'un ensemble d'outils fournis autour d'OTP et ses différentes versions, qu'il faut assembler et maintenir dans le cadre de chaque projet.

## 2. Développements réalisés pour le prototype à Marseille

Dans le cadre d'un premier marché piloté par la DREAL PACA en 2013, un serveur OTPA a été mis en oeuvre avec les données de voirie et d'offre de transport collectif (TC) du périmètre métropolitain sur une plate-forme publique. La prestation a été confiée au groupement Conveyal / Mecatran / Modulaweb.

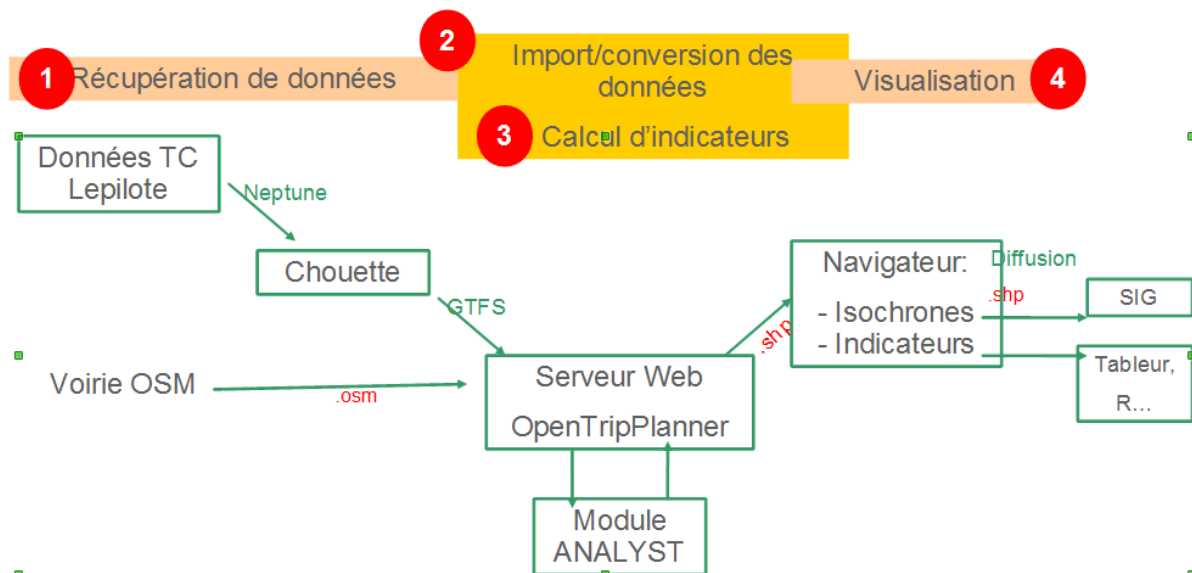
Le projet est documenté ici :

<http://mim.cete-aix.fr/spip.php?article360>

La mise en place du prototype a été rendue possible dans un délai rapide (un mois pour la mise en ligne, deux mois pour les améliorations) à la fois grâce à la disponibilité de données open data normalisées publiées par le Syndicat Mixte des Transports, et par la maturité acquise depuis 2 ou 3 ans par le logiciel libre OTP.

Comme tenu de l'ouverture et de la disponibilité de données à des formats standards dans un nombre croissant de territoires, ces analyses sont répliquables assez facilement à travers le monde. OTPA a ainsi été mis en oeuvre à New York, Mexico ou Buenos Aires.

Les outils permettent à divers types d'acteurs de s'approprier des indicateurs de qualité de desserte multimodale et d'accessibilité.



Le prototype se présente sous la forme d'une carte web avec un menu d'options permettant de lancer un calcul et l'affichage de surfaces isochrones :

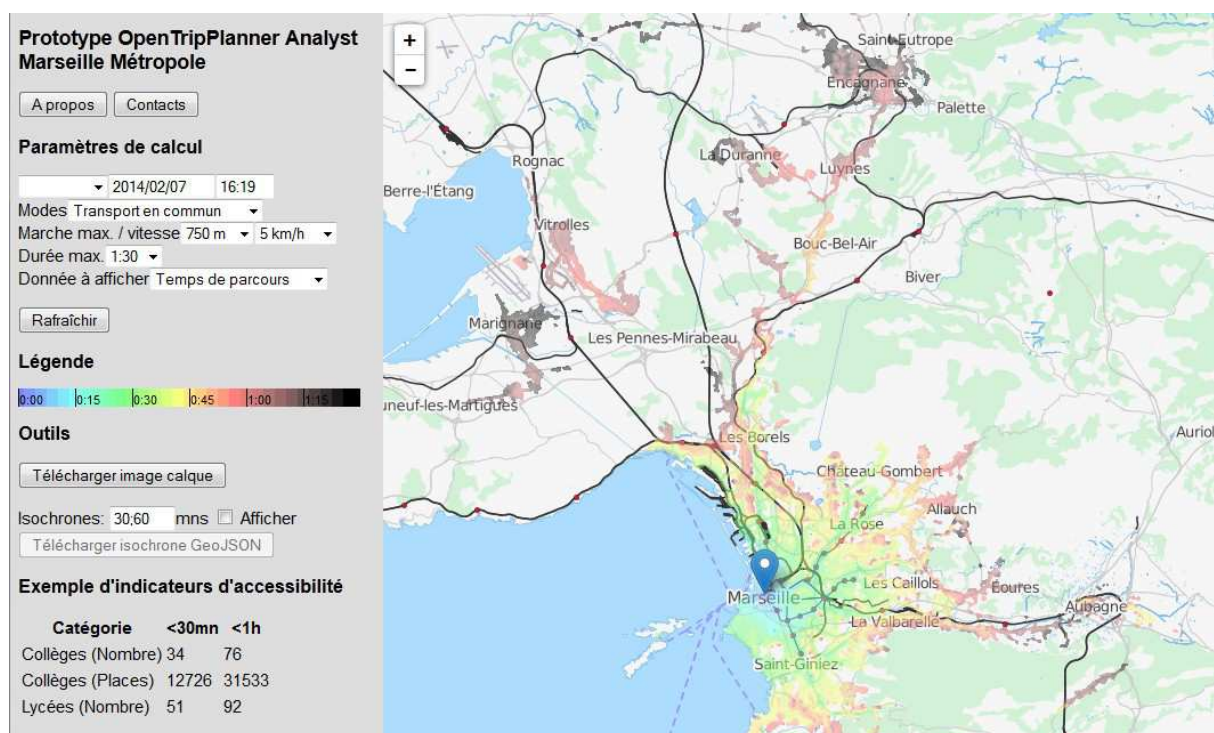
- Départ à (par défaut) / Arriver à: indique l'heure et le jour pour le calcul depuis le point Origine (ou vers ce point);
- Mode: choix des modes de transport (pour Voiture - les données ne tiennent pas compte de la congestion, dans la version actuelle)
- Durée max.: extension maximale des surfaces isochrones calculées (par défaut 1H);

- Pour les modes TC, les paramètres supplémentaires Marche max. / Vitesse permettent de définir la distance maximale de marche au total, et la vitesse de marche;
  - Pour les modes TC également, il est possible de choisir d'autres «Données à afficher» que le temps de parcours: nombre d'embarquements TC, distance de marche.
- On peut aussi afficher les contours isochrones à partir du point d'origine, pour des durées en minutes séparées par un point-virgule (par défaut 30;60).

Il est en outre possible de télécharger :

- l'image des surfaces isochrones au format PNG, qui peut être ensuite utilisée avec des logiciels de bureautique ;
- le fichier vecteur GEOJSON correspondant (similaire au contenu d'un fichier Shapefile, importable dans tout SIG).

Enfin, à titre de test, un premier calcul d'exemples d'indicateurs d'accessibilité illustre les possibilités d'OTP Analyst, à partir de 2 fichiers fournis par l'Agence d'Urbanisme (AGAM) localisant les collèges et les lycées sur le territoire métropolitain: nombre de collèges, nombre de places en collège, nombre de lycées, à moins de: 30 et 60 minutes, 0 et 1 correspondances, 400 et 800m de marche (en fonction du type de donnée affichée). Pour savoir comment fonctionne le calcul techniquement, il est possible d'étudier le code source (javascript) de la page.



*prototype OpenTripPlanner Analyst pour la métropole Marseillaise (février 2014)*

L'apport du projet se situe à 2 niveaux : d'une part il met en évidence la pertinence des indicateurs d'accessibilité transport, d'autre part il se place dans un cadre de travail en « innovation ouverte ».

Un des intérêts est que les développements conduits pour le site de Marseille (librairie javascript de calcul d'indicateurs) sont mutualisés : réciproquement, nous pouvons bénéficier d'évolutions qui auront pu être développées pour un projet à Mexico ou Washington.

### 3. Perspectives pour 2015

Le prototype est en ligne depuis janvier 2014. La présentation proposée démontrera le fonctionnement d'OTP Analyst, avec les améliorations qui auront pu être apportées d'ici fin janvier 2015.

Ce prototype a été présenté à plusieurs acteurs métropolitains à Marseille en février 2014, et il a été jugé pertinent de l'améliorer notamment dans 2 directions:

- 1- mettre en place un site destiné au grand public et aux décideurs permettant comparer l'accessibilité depuis un point donné, de calculer un certain nombre d'indicateurs pré-définis et le cas échéant de comparer quelques scénarios d'offre de déplacements pré-définis.
- 2- fournir aux différents services d'études une boîte à outils leur permettant de calculer leurs propres indicateurs et d'effectuer leurs propres analyses.

De manière évidente mais qu'il semble utile de rappeler, les résultats des calculs sont dépendants des données utilisées ; plus on voudra modéliser finement l'offre multimodale, plus il sera difficile d'obtenir et de qualifier ces données. C'est une composante majeure du coût de tout projet d'outil d'accessibilité transport, qui dépend d'un investissement à faire en amont par les collectivités partenaires impliquées sur un territoire<sup>7</sup>.

Fin 2014, la DREAL PACA a confirmé la décision de prolonger le prototype et de lancer les actions suivantes :

- actualisation du site (hébergement d'une nouvelle version d'OTP) ;
- remise à jour des données TC et OSM ;
- définition de données associées et d'indicateurs d'accessibilité à calculer ;
- modélisation a minima de la saturation routière.

Dans un deuxième temps, au printemps 2015, il est envisagé de lancer un marché de maintenance permettant de pérenniser le dispositif et d'effectuer un travail plus lourd sur les données, les développements logiciels, la représentation des résultats sur le web et la communication.

Plus largement, cet outil nous semble répondre à certains besoins récurrents d'études Mobilité/Transport des agences d'urbanisme, et l'équipe projet est intéressée à développer des échanges techniques et des collaborations avec d'autres agglomérations qui travaillent avec ce type d'outils.

#### Références.

<http://mim.cete-aix.fr/spip.php?article360>

<https://github.com/opentripplanner/OpenTripPlanner>

<http://www.mouvement-metropole.fr/>

<http://conveyal.com/projects/analyst/>

<http://www.mecatran.com/?q=fr/content/demo-otpa-marseille>

<http://ao.umn.edu/about/accessibility/>

Accessibilité urbaine et politiques publiques : vers des « stress tests » pour une mobilité durable ? Yves Crozet, Aurélie Mercier et Nicolas Ovtracht

<http://books.openedition.org/pressesmines/1556?lang=fr>

Accessibilité multimodale des territoires, État des lieux des pratiques en France, CEREMA Direction Territoriale de Lyon, Aurélie Bousquet, David Bousquet, à paraître, 2015.

---

<sup>7</sup> voir par exemple <http://mim.cete-aix.fr/spip.php?article352>

### Orateurs

\* **Frédérique Reffet** est chargée de mission à la DREAL PACA à Marseille, responsable de l'Unité Politique Transport Déplacements.

\* **Patrick Gendre** est chargé de mission Information Multimodale au CEREMA Méditerranée à Aix-en-Provence. Ingénieur télécom de formation, il a occupé différents postes au sein du réseau technique Cerema dans le domaine de l'information transport/trafic et les transports intelligents depuis 20 ans.

<http://mim.cete-aix.fr/>