



HAL
open science

Évaluation socio-économique de la régulation dynamique du trafic sur A25

Simon Cohen, Jean-Pierre Orfeuil, Jean-Eric Péruchon

► **To cite this version:**

Simon Cohen, Jean-Pierre Orfeuil, Jean-Eric Péruchon. Évaluation socio-économique de la régulation dynamique du trafic sur A25. Les Rencontres de la Mobilité Intelligente 2018, ATEC-ITS France; Congrès international de l'ATEC-ITS France, Jan 2018, Montrouge, France. hal-04423323

HAL Id: hal-04423323

<https://univ-eiffel.hal.science/hal-04423323v1>

Submitted on 1 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉVALUATION SOCIO-ÉCONOMIQUE D'UNE RÉGULATION DYNAMIQUE DU TRAFIC SUR L'AUTOROUTE A25

Simon COHEN (IFSTTAR), Jean-Pierre ORFEUIL (Université Paris XII), Jean-Éric PÉRUCHON (DIR Nord)

Les pratiques d'exploitation des réseaux autoroutiers se heurtent à des exigences de maîtrise de la congestion, d'augmentation de la mobilité, d'une sécurité accrue et d'une meilleure prise en compte de l'environnement. En zone périurbaine, l'ampleur des phénomènes de saturation incite les gestionnaires à multiplier les opérations innovantes de régulation.

Les technologies des Systèmes Intelligents de Transport introduisent de plus en plus de flexibilité dans la gestion des accès autoroutiers et dans celle des vitesses. Elles autorisent ainsi la prise en compte de limites de vitesse variables, adaptées aux niveaux de trafic et à l'environnement de la route. Les dispositifs d'information embarqués ou déployés le long des routes relayant, en temps réel, ces prescriptions aux usagers.

L'intérêt des exploitants et des décideurs pour la régulation dynamique s'accompagne tout naturellement d'interrogations sur ses impacts réels sur la congestion du trafic, sur sa compatibilité avec les contraintes d'une mobilité durable et plus généralement sur sa rentabilité économique.

Cette communication fournit des éléments de réponse aux interrogations précédentes. Elle s'appuie sur l'exemple d'une opération de régulation dynamique du trafic, mise en œuvre par la DIR Nord à partir de 2016, sur l'autoroute A25. Les composantes particulières de l'expérience - régulation d'accès jumelée avec une régulation dynamique de vitesse - sont d'abord précisées. L'évaluation des impacts est déclinée par la suite à partir d'une analyse coûts/bénéfices. L'originalité de l'approche réside dans le recours aux données FCD (Floating Car Data) pour l'évaluation. Ces données, inhérentes aux véhicules légers (VL) et aux poids lourds (PL) permettent alors de quantifier les gains de temps de la régulation. Les aspects environnementaux sont également abordés. Enfin, l'analyse socioéconomique permet de conclure quant à la rentabilité de ces deux mesures conjointes de régulation dynamique sur A25.

1. LE SITE ET LE DISPOSITIF MIS EN PLACE

Le site principal analysé ici est un tronçon de l'autoroute A25, qui constitue une pénétrante majeure de la métropole lilloise (voir Figure 1). Il supporte une forte demande de trafic, particulièrement aux heures de pointe. Les poids lourds représentent environ 10 % du trafic. Cette demande crée des zones de congestion récurrente au niveau des échangeurs ou en section courante. Le phénomène est accentué par l'effet de perturbations fréquentes. En outre, les faibles réserves de capacité d'éventuels itinéraires alternatifs favorisent la propagation de la

saturation sur d'autres axes du réseau. À l'approche de Lille, cette autoroute supporte un trafic important, de l'ordre de 80.000 véh/jour.



Figure 1 : Tronçon de la régulation dynamique du trafic sur A25 vers Lille (DIR Nord)

En temps normal, la limitation de vitesse sur cette autoroute est de 130 km/h jusqu'à l'échangeur de la Chapelle d'Armentières, et de 110 km/h après cet échangeur. Le projet analysé ici est une régulation dynamique de vitesse (RDV dans la suite) mise en œuvre sur une section de 23 km environ de l'autoroute A25, en direction de Lille. Cette régulation est associée à celle (notée RA) de l'accès La Chapelle d'Armentières (échangeur n°8). Les deux mesures fonctionnent *simultanément* à partir de mars 2016. Le tronçon régulé comprend 7 échangeurs (de l'échangeur 12 au 5). Il présente 2 profils en travers différents : 2x2 puis 2x3 voies, avec 3 limitations de vitesse différentes : 130, 110 et 90 km/h. De plus, il se poursuit, après la courbe du Port de Lille, par une section urbaine à 90 km/h avec des échangeurs rapprochés.

La régulation dynamique adoptée consiste à moduler les limitations de vitesse sur l'autoroute selon le trafic afin de stabiliser l'écoulement des véhicules, d'éviter les à-coups susceptibles de créer des incidents, et de favoriser une utilisation optimale des voies. En pratique, cette modulation se traduit par un abaissement de la vitesse autorisée par paliers de 20 km/h :

- jusqu'à 90 km/h, en cas de congestion récurrente, aux heures de pointe du matin, les jours ouvrés et le dimanche soir ;
- jusqu'à 70 km/h, à tout moment, en cas d'accident, de travaux ou de pic de pollution.

Ce tronçon d'autoroute, aujourd'hui régulé, débouche sur un tronçon de voie rapide urbaine qui part du PMV1200 et aboutit au Centre Hospitalier Régional (CHR). Cette section, d'une longueur de 6,95 km, ne bénéficie pas de régulation dynamique. En revanche, la fluidité du

trafic sur cette section est directement affectée par la régulation de vitesse sur l'A25 en amont, qui contribue à son alimentation pour une part importante.

2. L'ANALYSE COÛTS AVANTAGES

2.1 Principe général

L'analyse coût-avantages constitue le cadre classique des calculs de rentabilité socio-économique d'un projet, qui fait passer d'une situation S_0 à l'année 0 (situation initiale, sans projet), à une situation S_1 (le projet est réalisé). Pour réaliser le projet, il faut réaliser des investissements avant l'année de mise en service, soit au cours des années -1 à 0 . Les effets (positifs ou négatifs) du projet se déploient dans le temps au fil des années 1 à n . Le projet entraîne chaque année k des coûts d'exploitation C_k ($k=1,n$) et des modifications B_k du service rendu aux usagers et à la collectivité (gains ou pertes de temps, gains ou pertes en matière de sécurité routière, de pollution locale, d'émissions de gaz à effet de serre...) Comme ces gains et ces coûts s'étalent dans le temps, on utilise un taux d'actualisation pour faire le bilan des dépenses et des gains. Ce taux exprime la préférence pour le présent. Le taux d'actualisation choisi pour les actions publiques est fixé par la puissance publique. La dernière recommandation en date (Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013) le fixe à 2,5 %.

2.2 Application au cas d'étude sur A25

Désignons par S_0 la situation initiale, sans régulation dynamique, S_1 la situation résultant des 2 actions d'exploitation conjuguées (RA+RDV) et I l'investissement nécessaire pour passer de S_0 à S_1 , qu'on suppose intégralement réalisé à l'année 0.

La mise en œuvre de la régulation dynamique est susceptible de modifier :

- les véhicules-km parcourus sur l'ensemble du réseau aux différentes années : $VEHK_k$ ($k=0,1,2,\dots,n$), éventuellement différenciés par type de véhicule (véhicules légers VL et poids lourds PL notamment) ;
- les temps passés sur cet ensemble de voies par ces véhicules : T_k , différenciés par type de véhicule ;
- la variabilité de ces temps ;
- les accidents, déclinés par gravité, sur le réseau concerné : ACC_k ;
- les émissions de gaz à effet de serre ES_k et les émissions polluantes EP_k .

C'est donc le bilan du projet sur ces différentes composantes que l'on se propose d'établir.

2.3 Données et paramètres utilisés dans l'analyse et les estimations

Données générales

Longueur du tronçon régulé : 22,94 km ;
Longueur du tronçon aval : 8,49 km ;
Investissement (I) dans le système de régulation : 6,3 millions euros (source DIR Nord) ;
Coût annuel de fonctionnement : 112 000 euros (source DIR Nord) ;
Multiplicateurs pour passer d'une valeur en année 1 à la valeur actualisée sur l'ensemble de la période
40 pour les coûts d'exploitation, les gains de temps et les gains de régularité
14,9 pour la pollution locale
70,4 pour les émissions de CO₂
Nombre de véhicules sur le tronçon régulé : NBVL et NBPL

Thème gains de temps et de régularité

Taux occupation (OCC) des VL : 1,3 sur le tronçon régulé, 1,2 sur le tronçon aval
Valeur du temps VTVL : 10 euros/h
Valeur du temps VTPL : 38,15 euros/h
Gains de temps, notés GTVL et GTPL pour les VL et les PL, calculés avec les données FCD
Gains de régularité (baisse de l'écart-type) : GETVL et GETPL, calculés avec les données FCD
Coefficient pour les gains de régularité : 0,8. *Une baisse de l'écart-type de 10 secondes équivaut à une baisse de 8 secondes du temps de parcours.*

Thème pollution locale

Coût unitaire de pollution (CUVL et CUPL) :
Sur le tronçon régulé : 1,3 centimes /km pour les VL, 9,4 pour les PL (urbain diffus)
Sur le tronçon aval : 1,7 centimes/ km pour les VL, 17,7 pour les PL (urbain)
Élasticité à la vitesse en vitesse élevée (tronçon régulé) : +0,5 pour les VL et -0,2 pour les PL
Élasticité à la vitesse en vitesse basse (tronçon aval) : -0,7 pour PL et VL

Thème CO₂

Émissions kilométriques de CO₂ (kg/km)
EKCO₂VL : 0,163 kg/ km
EKCO₂PL : 0,897 kg/ km
Élasticités des émissions de CO₂ à la vitesse, vitesses élevées (tronçon régulé) :
e = +0,6 pour les VL, e = -0,2 pour les PL
Élasticité des émissions de CO₂, vitesses basses (tronçon aval)
e = -0,5 pour les VL, e = -0,3 pour les PL
Valeur de la tonne de CO₂ ValCO₂ : 32 euros aujourd'hui, progressant jusqu'à 100 en 2030, stable après.
Gains ou pertes en matière de CO₂ : GCVL et GCPL

3. LES GAINS DE TEMPS ESTIMÉS À PARTIR DES DONNÉES FCD

Des données FCD ont été acquises par la DIR Nord auprès de l'opérateur Autoroutes Trafic. Elles présentent un double intérêt :

- elles permettent d'accéder à des temps de parcours individuels, et donc facilitent l'étude de la variabilité de ces temps ;
- elles permettent de distinguer les voitures particulières et les poids lourds du point de vue de leurs temps de parcours.

Elles ont en contrepartie une limite : elles ne sont pas autosuffisantes, car seules les mesures sur l'infrastructure permettent de connaître les débits, et donc le nombre de véhicules qui gagnent ou perdent du temps, dans une période donnée.

Les données FCD portent sur les temps de parcours de véhicules ayant parcouru l'intégralité du tronçon de l'A25 (22,95 km entre Méteren et Englos, puis les véhicules ayant parcouru l'intégralité d'un trajet aval (8,49 km) entre Englos et le CHR. On dispose ainsi de données sur des périodes de l'année 2015 sans régulation et sur des périodes homologues de l'année 2016 avec régulation dynamique. .

Pour affiner les comparaisons entre les périodes avec et sans régulation, on dispose également d'informations issues de la « main courante » de l'exploitant. Ces éléments permettent notamment d'identifier les périodes correspondant à des événements particuliers comme les accidents ou les incidents divers. De telles périodes sont alors exclues de l'analyse.

Des échantillons statistiques sont alors constitués en restreignant l'analyse à la pointe du matin des jours ouvrés, entre 6h30 et 10h30. Les traitements effectués par trajet portent sur des périodes homologues des années 2015 et 2016. Cette pratique permet généralement de neutraliser les possibles effets saisonniers dans les échantillons.

Le tableau 1 donne l'évolution des temps de parcours moyens et de leur écart-type sur la période de pointe matinale 6h30-10h30 sur chacun des tronçons, par type de véhicule. Ces valeurs, calculées à partir des bases FCD, permettent par la suite le calcul des gains de temps et de régularité.

On constate un gain de la régulation sur les temps de parcours de chaque catégorie VL ou PL. Les gains perdurent sur le tronçon en aval du tronçon régulé. De plus, les écarts types baissent également, soulignant ainsi la plus grande régularité résultant de la régulation dynamique.

Sur le tronçon principal Méteren-Englos, le gain de temps est de 171 s pour les VL et de 136 s pour les PL. Les écarts ainsi constatés sont bien significatifs.

La baisse des écarts types est considérable. Elle atteint 292 s pour les VL et 255 s pour les PL. Ces réductions sont bien sûr significatives.

Il importe enfin de souligner l'ampleur des gains sur le parcours Englos-CHR, immédiatement en aval de la zone régulée.

Tronçon A25	Principal : Méteren-Englos	Aval : Englos-CHR
Pointe matin	6h30-10h30	6h30-10h30

Catégorie de véhicules	VL	PL	VL	PL
Durée (en s) sans régulation	1048	1187	735	698
Durée (en s) avec régulation	877	1051	541	584
Écart type (s) sans régulation	530	429	787	616
Écart type (s) avec régulation	238	174	280	279

Tableau 1 : Temps de parcours FCD avec et sans régulation

4. LE BILAN DE LA PREMIÈRE ANNÉE POUR LE TRONÇON RÉGULÉ

4.1 Gains de temps moyen

On le note GT. On l'établit pour chaque catégorie VL et PL. Le calcul est simple. Il consiste à étendre le gain moyen observé un jour ouvré à l'ensemble des 260 jours d'une année pleine et à l'ensemble des usagers concernés. Ce dernier paramètre est fourni par les débits issus des stations de comptage.

Pour les VL, la formulation s'écrit :

$$GTVL = NBVL * OCC * VT * \delta T / 3600 = 8620 * 1,3 * 10 * 170,8 / 3600 = 5317 \text{ euros/jour}$$

et pour les PL :

$$GTPL = NBPL * VT * \delta T / 3600 = 1668 * 38,15 * 136,9 / 3600 = 2420 \text{ euros/jour.}$$

On aboutit ainsi à un gain de temps quotidien, tous véhicules, de 7737 euros, et un gain annuel, sur la base de 260 jours, de 2,012 millions d'euros.

4.2 Gains de régularité liés à la baisse de l'écart type moyen sur la période

On le calcule à partir des variations relatives aux écarts types, mentionnées précédemment sans le Tableau 1. Comme pour les gains de temps, le calcul s'effectue par catégorie de véhicules.

Pour les VL, la formulation est régie par

$$GET = 0,8 * NBVL * OCC * VT_{VL} * \delta ET / 3600 = 0,8 * 8620 * 1,3 * 10 * 292 / 3600 = 7272 \text{ euros/jour}$$

et pour les PL :

$$GET = 0,8 * NBPL * VT_{PL} * \delta ET / 3600 = 0,8 * 1668 * 38,15 * 255 / 3600 = 3605 \text{ euros/jour}$$

soit finalement un gain quotidien, lié à la régularité des temps de parcours, de 10877 euros, et un gain annuel de 2,83 millions d'euros.

4.3 Gains ou pertes liés à la pollution locale

Pour les VL, le coût quotidien de la pollution en situation initiale est de :

$$CPoIVL = NBVL * L * CUVL = 8620 * 22,94 * 0,013 = 2570,6 \text{ euros}$$

La variation de ce coût est de

$$\delta CPoIVL = e * (V1 - V0) / V0 * CPoIVL = 0,5 * 0,195 * 2570,6 = 250,6 \text{ euros}$$

Pour les poids lourds, en situation initiale, il est de :

$$CPoIPL = NBPL * L * CUPL = 1668 * 22,94 * 0,094 = 3596,8 \text{ euros}$$

La variation du coût est de :

$$\delta CPoIPL = -0,2 * (V1 - V0) / V0 * CPoIPL = -0,2 * 0,131 * 3596,8 = -94,2 \text{ euros}$$

La variation du coût pour l'ensemble des véhicules est de 156,4 euros par jour, 40 664 euros par an. Dans le bilan, c'est une perte.

4.4 Gains ou pertes en CO₂

Pour les VL, le coût CO₂ en situation initiale est de :

$$CCO_2VL = NBVL * L * EKCO_2VL * ValCO_2 = 8620 * 22,94 * 0,163 * 0,032 = 1031,4 \text{ euros}$$

La variation de ce coût induite par l'augmentation des vitesses moyennes est de :

$$\delta CCO_2VL = e * (V1 - V0) / V0 * CCO_2VL = 0,5 * 0,195 * 1031,4 = 100,6 \text{ euros}$$

Pour les PL, le coût CO₂ en situation initiale est de :

$$CCO_2PL = NBPL * L * EKCO_2PL * ValCO_2 = 1668 * 22,94 * 0,897 * 0,032 = 1098,3 \text{ euros}$$

La variation de ce coût induite par l'augmentation des vitesses moyennes est de :

$$\delta CCO_2PL = e * (V1 - V0) / V0 * CCO_2PL = 0,5 * 0,131 * 1098,3 = 71,9 \text{ euros}$$

La variation du coût pour l'ensemble des véhicules est de 172,5 euros par jour, 44850 par an. Dans le bilan, c'est aussi une perte.

4.5. Coûts et avantages du projet pour le tronçon régulé

Le bilan des gains liés à l'amélioration des temps de parcours, de la baisse de leur écart-type et des coûts d'exploitation sur le seul tronçon régulé est pour la première année de :

$$G1 = 2,01 + 2,83 - 0,11 = 4,73 \text{ millions d'euros.}$$

Cette somme est considérablement plus élevée que les gains ou pertes en matière de pollution et d'effet de serre (respectivement 40664 euros et -44856 euros) dont le processus d'actualisation est plus complexe. La comparaison avec un investissement de 6,3 millions

d'euros indique l'opération de régulation dynamique sur A25 se rentabilise en 16 mois de fonctionnement. Cette opération d'exploitation apparaît donc extrêmement rentable.

Le bilan pour le tronçon situé aval n'implique pas de prise en considération de coûts d'investissement et de fonctionnement. Les calculs sont conduits de la même manière, en commençant les gains pour la première année d'exploitation.

5. LES CONCLUSIONS MAJEURES

Les conclusions supposent que les deux périodes analysées (avec et sans régulation dynamique) sont bien comparables et que toutes les données de base utilisées sont fiables. Elles supposent aussi que la seule cause des écarts observés est la mise en œuvre de la régulation dynamique (régulation d'accès jumelée à la régulation de vitesse) sur A25.

À ces conditions, et sur la base des analyses menées, on peut souligner plusieurs éléments majeurs :

- Avec l'utilisation des données FCD pour le calcul des gains de temps, la valeur ajoutée nette du projet est très largement positive, y compris si l'on ne tient compte que du seul tronçon régulé, y compris hors prise en compte des effets de régularité. L'opération de régulation dynamique est rentabilisée en 16 mois de fonctionnement.
- La valeur des gains liés à l'amélioration de la régularité des temps de parcours est du même ordre de grandeur que celle des gains de temps.
- La prise en compte de l'évolution des conditions de circulation sur le tronçon aval, plus chargé, augmente considérablement la valeur ajoutée de l'opération.
- La valeur des effets sur l'environnement est très inférieure à la valeur des effets sur les temps de parcours et leur régularité.
- Seule une augmentation forte de l'accidentalité aurait été susceptible de remettre en cause ces conclusions. Sa mesure sur deux seules années (avant/après) a certes peu de validité statistique. Elle suggère néanmoins que l'accidentalité n'a pas varié sur ce tronçon de l'autoroute A25 et conforte donc les conclusions précédentes.

RÉFÉRENCES

Cohen S., 2016 Évaluation a posteriori de la régulation dynamique de vitesse sur l'autoroute A 25, rapport de convention DIR Nord/IFSTTAR, juin 2016.

Cohen S., Orfeuil J-P., 2005 Gestion dynamique des voies et mobilité durable : quelle compatibilité ? Leçons d'une expérience francilienne, 10 pages, Congrès ATEC-ITS, janvier 2005.

Commissariat général au développement durable, 2013 Dossier d'analyse économique des politiques de transport. Les externalités des différents modes de transport : identification et évaluation, 180 pages in CGDD Références Les comptes du transport en 2011, Tome 2.

Commissariat général à la stratégie et à la prospective, 2013 Évaluation socio-économique des investissements publics, rapport de la mission présidée par Emile Quinet, 354 pages.

Commission des comptes transport de la nation, 2016, Les transports en 2015.

France Stratégie, 2017 Le taux d'actualisation dans l'évaluation des projets d'investissement public.

OCDE / Itf 2010 Améliorer la fiabilité des réseaux de surface.

Orfeuil J-P, 2004 Évaluation socio-économique d'une action d'exploitation routière. Le cas de l'utilisation d'une bande d'arrêt d'urgence, 8 pages, L'Oeil / Université Paris XII.

Setra, 2012 Fiabilité des temps de parcours, éléments de valorisation économique, 39 pages.