

Comment quantifier l'aspect durabilité d'un STI.
Les coefficients de performance clés du projet européen CONDUITS
et leurs premières applications à Bruxelles Mobilité
ir PIERRE SCHMITZ
Bruxelles Mobilité

Résumé

Il existe de nombreux STI qui permettent de rendre la circulation routière plus sûre et plus fluide mais les décideurs politiques et administratifs ont souvent difficile à effectuer le meilleur choix entre les différents STI possibles. En effet, ils ne disposent pas toujours de critères objectifs de comparaison de ces STI en matière de performance pour l'efficacité du trafic, de la sécurité routière, de la réduction de la pollution, de l'inclusion sociale et de l'aménagement du territoire.

Bruxelles Mobilité a participé au projet européen CONDUITS qui a élaboré des coefficients de performance clés dans ces domaines et elle est occupée à les développer pour pouvoir les utiliser de manière systématique dans toutes ses simulations VISSIM et, bientôt, VISUM et OPTIMA.

Er bestaan talrijke ITS die het verkeer veiliger en vlotter kunnen maken maar dikwijls hebben de administratieve en de politieke beleidsmakers het moeilijk om de beste keuze tussen de verschillende mogelijke ITS te maken. Zij beschikken immers niet altijd over objectieve vergelijkingscriteria van deze ITS op vlak van prestaties inzake de doeltreffendheid van het verkeer, de verkeersveiligheid, de vermindering van de milieuverontreiniging, de sociale integratie en de ruimtelijke ordening.

Mobiel Brussel heeft aan het Europese project CONDUITS deelgenomen dat de belangrijkste prestatiecoëfficiënten op deze gebieden heeft uitgewerkt en zij is bezig ze te ontwikkelen om ze op systematische wijze te kunnen gebruiken bij al haar VISSIM en, weldra, VISUM en OPTIMA simulaties.

1. Le projet européen CONDUITS

Personne ne met en doute que les Systèmes de Transport Intelligents (STI) sont des outils très efficaces pour aider les autorités publiques en charge de la mobilité en milieu urbain dans leurs tâches. Il est cependant souvent difficile de procéder au choix du meilleur STI en l'absence d'une méthode simple à utiliser qui permette une étude comparative neutre de leurs possibilités et de leurs limites. C'est pour combler cette lacune que plusieurs villes, aidées par des instituts de recherche et des universités, ont présenté une proposition de projet de recherche européen dans le cadre du 7^e PC RD pour développer un tel outil.

Ce projet a été accepté par la Commission Européenne et s'est déroulé du mois de mai 2009 au mois d'avril 2011. Le but principal du projet était d'établir un ensemble cohérent d'Indicateurs de Performance Clés (en anglais KPIs) pour les STI utilisés pour la gestion de la circulation en milieu urbain.

Les principaux objectifs consistaient à définir le cadre de ces indicateurs de performance clés permettant d'identifier les meilleures pratiques et les meilleures technologies et de tester ces indicateurs au travers d'applications dans différentes villes : Paris, Rome, Tel-Aviv, Munich et Ingolstadt.

2. Les différents indicateurs étudiés

La première partie de l'étude a consisté à rechercher l'ensemble des critères de performance qu'il faudrait pouvoir calculer afin d'évaluer au mieux les STI utilisables en milieu urbain. Les indicateurs clés retenus sont présentés à la figure 1.

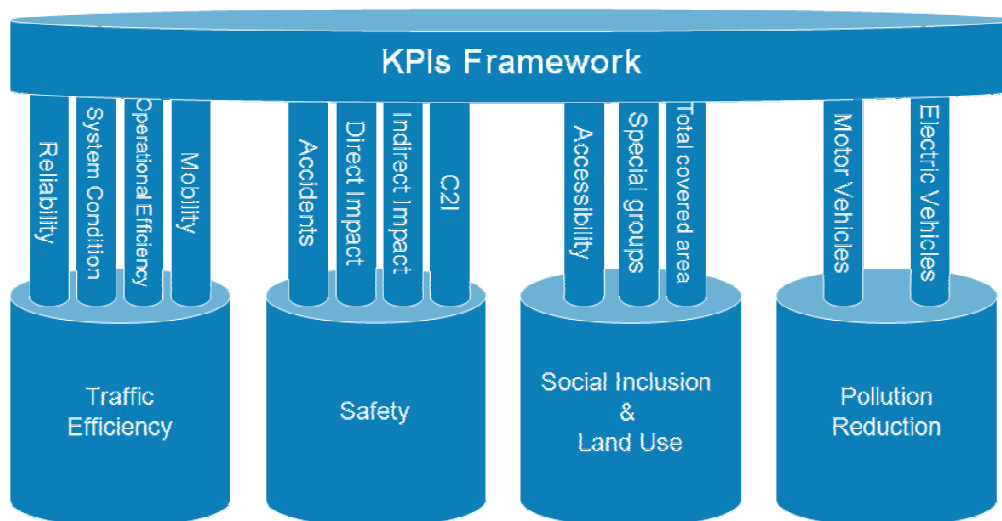


Figure 1 : Ensemble des indicateurs de performance clés du projet CONDUITS

Ces indicateurs doivent satisfaire aux critères suivants. Ils doivent pouvoir utiliser tous les types de données existantes et ne doivent pas imposer des types de données préalablement définis. Il suffit de pouvoir disposer des données quantifiables qui soient pertinentes pour l'indicateur retenu. Leur facilité d'emploi par les utilisateurs et de compréhension par les différents intervenants est également indispensable. Ils ne doivent pas nécessiter une surcharge de travail importante pour les personnes chargées de les calculer et ils doivent être d'une lisibilité aisée pour les décideurs politiques et le public en général. Ces indicateurs doivent également être adaptés à l'individualité des villes et notamment à leurs dimensions spatiales : tronçons, routes, zones, réseau. Enfin ils doivent aussi disposer de possibilités de pondérations.

3. Les études de cas du projet CONDUITS

Le projet CONDUITS a validé ses indicateurs par 5 études de cas.

A Paris, les indicateurs "Mobilité" et "Accidents" ont été testés sur les projets de priorité des lignes bus 26, 91, 96 réalisés en 2006. L'indicateur "Mobilité" utilisé

$$I_{MOB} = w_{PV} \cdot \frac{1}{|R_{PV}|} \sum_{r \in R_{PV}} \frac{ATT_{PV}^r}{D_r} + w_{PT} \cdot \frac{1}{|R_{PT}|} \sum_{r \in R_{PT}} \frac{ATT_{PT}^r}{D_r}$$

permet de pondérer les véhicules de transport public par rapport aux véhicules privés et de calculer leur mobilité séparément. Les résultats obtenus sont présentés sous une forme qui se veut très facile à comprendre pour un non spécialiste (tableau de la figure 2).

min/km	Mobilité Transport Public		Mobilité Véhicules Privés	
	Avant	Après	Avant	Après
Ligne 26	4.46	4.25	4.46	4.65
Ligne 91	4.63	4.33	5.25	5.05
Ligne 96	5.03	4.67	2.71	3.02
TOTAL	4.71	4.42	4.21	4.26

Figure 2 : Valeurs de l'indicateur "Mobilité" pour les véhicules Transport public et Privés

Une ligne de bus a également fait l'objet d'une étude de sécurité avec l'indicateur "Accidents"

$$I_{ACD-L} = \sum_{l \in L} \left\{ w_l \cdot \sum_{se \in SE} \left[w_{se} \cdot \sum_{m \in M} \left(w_m \cdot \frac{ACD_{l,se,m}}{DTV_l} \right) \right] \right\}$$

qui permet une pondération des différents accidents en fonction de leur gravité et du mode de déplacement des victimes lors de l'accident. Les résultats obtenus sans pondération en fonction de la gravité de l'accident sont présentés dans le tableau de la figure 3.

Ligne 91	Pondération	Tués		Blessés graves		Blessés légers	
		Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Piétons	0,40	1	1	6	11	51	51
Vélos	0,25	0	0	0	2	3	5
2 roues mot.	0,20	0	0	3	3	71	36
4 roues	0,15	2	0	0	1	27	20
Victimes/million véhicules		0.07	0.04	0.31	0.63	4.10	3.57

Figure 3 : Valeurs de l'indicateur "Accidents" avec pondération selon les modes de transport

Si on intègre également la pondération en fonction de la gravité de l'accident, on obtient dans ce cas une diminution globale de l'indicateur de 0,30 à 0,28 si on choisit comme pondérations 0,85 pour les tués, 0,1 pour les blessés graves et 0,05 pour les blessés légers.

Une autre étude a permis de calculer à Paris l'effet sur la mobilité des véhicules privés et les accidents de la construction de ligne de tram T3 en 2006 aux Boulevards des Maréchaux

A Rome, les indicateurs "Mobilité" et "Fiabilité du trafic" ont été utilisés sur l'ensemble des voiries principales de la ville et ont permis ainsi de calculer et de suivre en temps réel les indices globaux de fluidité et de fiabilité du trafic.

A Tel-Aviv, l'indicateur "Fiabilité du trafic" a été utilisé pour optimiser de nouvelles stratégies de gestion de feux tricolores mises en œuvre pour diminuer les congestions récurrentes d'un grand axe de la ville.

A Munich, les indicateurs "Impact direct" et "Impact indirect" ont été utilisés pour étudier l'effet de PMV utilisés pour faire respecter les limitations de vitesse en voirie résidentielle.

A Ingolstadt, l'indicateur "Impact indirect" a été utilisé pour comparer deux algorithmes de gestion des feux sur un grand axe au niveau de leur impact sur la sécurité routière.

4. Le développement d'un module de calcul de l'indicateur "Pollution"

A l'issue du projet CONDUITS, la société autrichienne KAPSCH a souhaité que ce projet continue et elle a offert un sponsoring soumis à un appel à propositions. Bruxelles Mobilité a présenté une proposition qui se basait sur le fait que, si ces indicateurs de performance allaient permettre de constituer une base de données alimentée par tous les utilisateurs afin de pouvoir connaître les performances de différents STI, cette base de données ne serait disponible que dans plusieurs années. Afin de ne pas devoir attendre que cette base de données soit utilisable, il a été suggéré d'utiliser ces indicateurs sur des scénarios de trafic

calculés par des programmes de modélisation largement utilisés dans les villes comme VISSIM. Ces indicateurs permettraient de calculer les indicateurs pour le trafic "avant" (trafic actuel mesuré et introduit dans VISSIM) et le même indicateur pour le trafic "après" estimé selon le scénario retenu pour l'implémentation d'un STI donné. Ces calculs permettraient de comparer les situations actuelles aux situations théoriques calculées par VISSIM. Comme de très nombreuses villes calculent souvent de tels scénarios, il serait possible de constituer très rapidement une base de données permettant de connaître les performances théoriques de différents STI testés en milieu urbain. Dans une seconde phase, lorsque ces STI auront été mis en place, il sera possible de mesurer les valeurs réelles et de les comparer avec les valeurs théoriques qui avaient été générées par VISSIM.

Bruxelles Mobilité a donc suggéré de développer un module de calcul automatique de l'indicateur pollution à partir des fichiers constitués par VISSIM lors des simulations de différents scénarios de trafic dans le cas d'un projet de priorité bus. Le choix de l'indicateur pollution était motivé par le fait que cet indicateur n'avait pas été testé dans le projet CONDUITS alors que la réglementation européenne impose aux villes un contrôle très strict de leur pollution atmosphérique. C'est cette proposition qui a été retenue.

L'indicateur Pollution est le suivant :

$$KPI_{\text{Pollution}} = \frac{\sum_{VT} \sum_{ET} W_{ET} W_{VT} Q_{VT,ET}}{\sum_{VT} \sum_{ET} W_{VT} W_{ET}}$$

- avec KPI : Indicateur de performance Pollution
 W_{ET} : Facteur de pondération des types d'émission
 W_{VT} : Facteur de pondération type de véhicule
 $Q_{VT,ET}$: Emissions par type de polluant et par type de véhicule

Pour le calcul des émissions de polluants, il est fait appel aux données fournies gratuitement par la base de données du modèle AIRE (Analysis of Instantaneous Road Emissions) de l'Université de Graz.

Ce modèle est très précis pour le calcul de la consommation de carburant, de l'émission de NO_x , CO_2 et des particules fines dans les modèles de micro-simulation de trafic.

Le module de calcul recherche les fichiers fzp générés par VISSIM (par exemple le statut de chaque véhicule toutes les demi secondes), interroge la base de données AIRE et calcule les émissions. Les fichiers fzp sont convertis en fichiers fzpp en y ajoutant les émissions NO_x , CO_2 et Particules pour chaque véhicule chaque 1/2 seconde. Les émissions de chaque véhicule sont ensuite agrégées en émissions totales par véhicule comme le montre le schéma de principe de la figure 4.

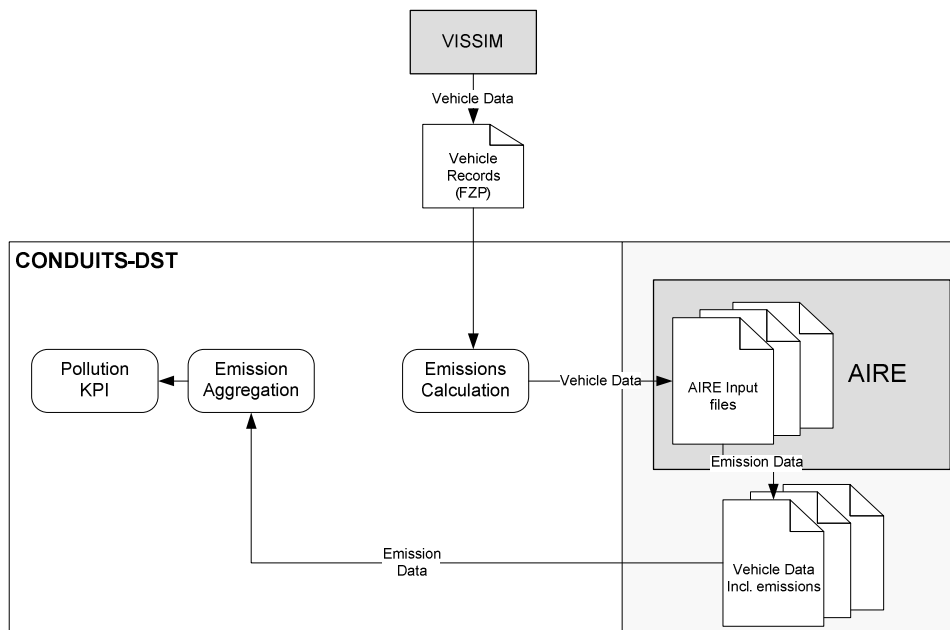


Figure 4 : Schéma de principe du module de calcul "Pollution"

5. L'étude de cas à Bruxelles

La ligne de bus étudiée est la ligne 49 dont le trajet est montré dans la figure 5. La priorité bus de cette ligne avait été étudiée avec VISSIM et cette ligne comportait de nombreux carrefours à feux. Ce cas était idéal pour évaluer l'effet de ce STI sur le trafic et la pollution. A court terme il devait améliorer la vitesse moyenne des bus, diminuer le nombre d'arrêts aux feux de signalisation mais très certainement augmenter la pollution.



Figure 5 : Etude de cas ligne bus n° 49 à Bruxelles

Cette étude de cas a analysé différentes simulations VISSIM du scénario qui a été implémenté : pointe du matin, pointe du soir, direction Gare du Midi, direction Bockstael, avant implémentation et après implémentation.

Les résultats obtenus reflètent les résultats escomptés et se présentent comme suit.

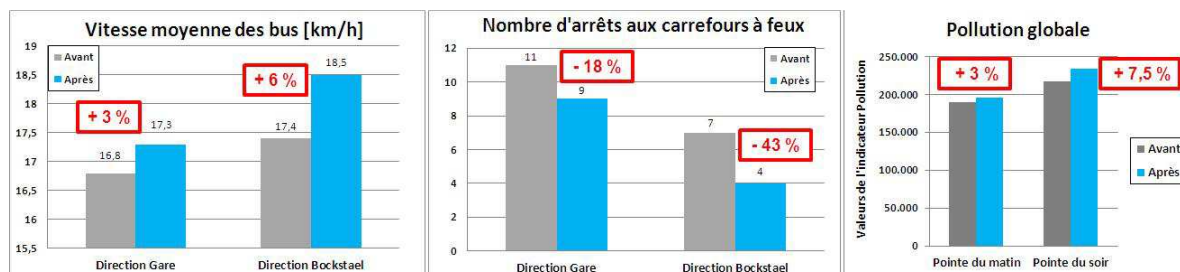


Figure 3 : Résultats des indicateurs "Mobilité" et "Pollution"

L'intérêt principal de ces indicateurs est de permettre une quantification et une visualisation très simple des résultats. Pour cette étude de cas, on peut donc espérer un gain de vitesse moyenne de l'ordre de 5 % et une réduction du nombre d'arrêts aux feux de l'ordre de 30 %.

Pour ce qui concerne la pollution, on doit s'attendre à une augmentation comprise entre 3 et 7,5% pendant les périodes de pointe. Une analyse de sensibilité permet ensuite d'avoir un ordre de grandeur de la diminution du trafic à atteindre à moyen terme pour pouvoir compenser cette augmentation de la pollution. Pour estimer cette diminution de trafic nécessaire, on a repris les simulations en réduisant par incrément de 1% tous les nombres de voitures concernés. On obtient alors les résultats présentés à la figure 5.

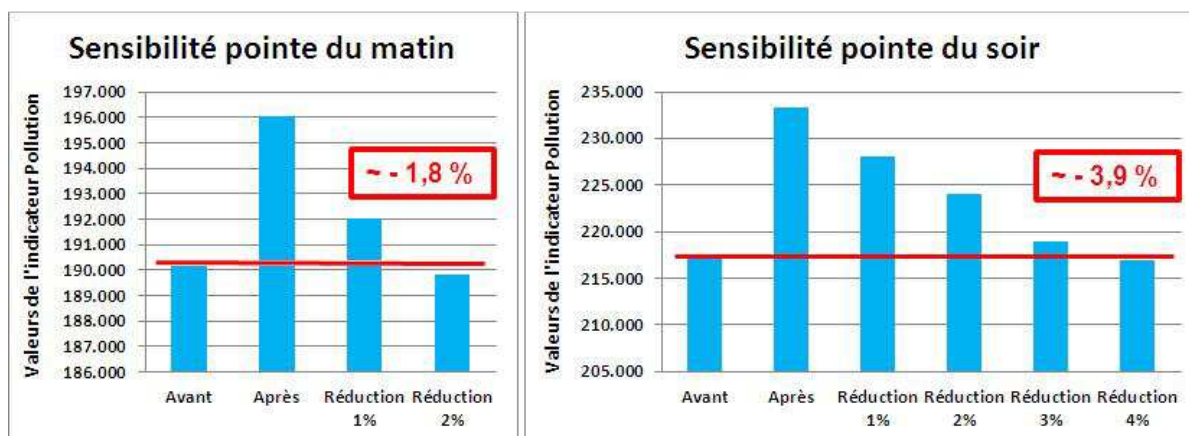


Figure 5 : Analyse de sensibilité de l'indicateur Pollution

On peut estimer que les diminutions nécessaires de - 2% à - 4% sont envisageables à moyen terme mais qu'il sera peut-être nécessaire de prendre des mesures supplémentaires pour optimiser le trafic de la pointe du soir.

6. Les autres applications en cours à Bruxelles Mobilité

Bruxelles Mobilité a décidé de généraliser l'emploi des indicateurs de performance clés dans les phases d'études de tous les nouveaux STI à installer. Cela doit permettre de comparer entre eux différents types de STI qui peuvent chacun aider à résoudre un problème identifié. Il sera alors possible de classer ces STI en fonction de leurs performances et de procéder au choix final en se basant sur une analyse comparative neutre.

Le plus grand intérêt vient cependant du fait que, si on doit par exemple évaluer l'effet de certains STI sur la fluidité du trafic, il sera possible de calculer également l'effet de chacun de ces STI sur la pollution, la sécurité routière et, à terme, sur l'aménagement du territoire et l'inclusion sociale. Il sera alors plus facile de procéder à un choix final qui prend en compte toutes les composantes de la durabilité du STI.

Bruxelles Mobilité va participer à une deuxième étude sponsorisée par Kapsch pour, dans les scénarios VISSIM, ajouter au module de calcul automatique de l'indicateur "Pollution" l'indicateur "Fluidité du trafic". Dans une phase ultérieure, il est prévu d'ajouter également l'indicateur "Sécurité routière".

Bruxelles Mobilité a également soumis une nouvelle proposition de projet dans le 7^e PCRD qui vise à utiliser les indicateurs de performance clés de CONDUITS pour les déplacements multimodaux. Dans ce projet il est prévu d'utiliser ces indicateurs dans deux autres logiciels de modélisation : VISUM et OPTIMA.

Le cœur de ce projet consistera à développer un module de calcul automatique des indicateurs de performance de CONDUITS qui soit commun pour les scénarios générés par les programmes de modélisation VISSIM, VISUM et OPTIMA. Ces études seront réalisées en collaboration avec PTV.

Le logiciel VISUM est actuellement en cours d'installation à Bruxelles Mobilité. Il est prévu d'y tester l'indicateur "Inclusion sociale". Les études porteront sur les nouveaux projets d'aménagement des voiries. Pour chacun de ces projets, on étudiera l'effet sur les cyclistes. Si des effets négatifs étaient constatés pour les cyclistes, l'étude devrait être reprise pour les réduire.

Le logiciel OPTIMA est également en cours d'installation à Bruxelles Mobilité. On y ajoutera le module de calcul des indicateurs de CONDUITS qui permettra, pour chaque scénario étudié, de voir les effets sur la fluidité du trafic, la pollution et la sécurité routière. L'étude portera essentiellement sur les recherches d'itinéraires alternatifs en cas de fermeture de voirie programmée (fermeture de nuit des tunnels) ou non (fermeture suite à un accident). OPTIMA effectuera les simulations de trafic pour les itinéraires alternatifs en se basant sur le trafic mesuré en temps réel. Il sera alors possible de retenir le meilleur scénario en fonction

des conditions du moment : solution offrant la meilleure sécurité routière, meilleure solution en matière de pollution en cas de pic d'ozone, ...

7. Conclusions et futurs développements

Les responsables de projets de mobilité urbaine ne peuvent plus se limiter à rechercher des solutions en se concentrant exclusivement sur les effets escomptés sur le trafic. Les effets sur la sécurité routière et sur la pollution doivent impérativement être pris en compte avec le même degré d'importance. De plus, dans la plupart des cas, plusieurs STI peuvent apporter une solution au problème à résoudre. Afin de rechercher la solution la plus durable à retenir, l'application des critères de performance clés établis par le projet européen CONDUITS est fort prometteuse.

A Bruxelles Mobilité, il est prévu de calculer ces critères de performance de manière systématique dès que les modules de calcul automatique auront été développés dans le cadre des projets de recherche en cours au moment de la rédaction de cet article. Dans un premier temps, un premier module de calcul automatique des indicateurs d'efficacité du trafic, de sécurité routière et de pollution sera appliqué systématiquement lors de toutes les simulations de STI dans les programmes de modélisation VISSIM, VISUM et OPTIMA.

Références

1. Kaparias, I., Bell, M. G. H., Eden, N., Gal-Tzur, A., Komar, O., Prato, C. G., Tartakovsky, L., Aronov, B., Zvirin, Y., Gerstenberger, M., Tsakarestos, A., Nocera, S. & Busch, F. (2011). Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems. CONDUITS Deliverable 3.5.
2. Kaparias, I., Eden, N., Tsakarestos, A., Gal-Tzur, A., Gerstenberger, M., Hoadley, S., Lefebvre, P., Ledoux, J. & Bell, M.G.H. (2012), Development and application of an evaluation framework for urban traffic management and Intelligent Transport Systems, Transport Research Arena Europe 2012.
3. Tsakarestos, A., Nocera, S., Kaparias, I. & Eden, N. (2011). Performance evaluation of urban traffic management and ITS: The Rome case study. SIDT National Conference and Scientific Seminar 2011.
4. Zavitsas, K., Kaparias, I. & Bell, M.G.H. (2011). Transport problems in cities. CONDUITS Deliverable 1.1.
5. Eden N., Tsakarestos A., Kaparias I., Gal-Tzur A., Schmitz P., Hauptmann S., Hoadley S., Using Key Performance Indicators for traffic management and Intelligent Transport Systems as a prediction tool: ITS World Congress 2012 Vienna
6. <http://www.polisnetwork.eu/eu-projects/eu-projects-2/conduits-city-pool>