HAL
open science

Surveillance du trafic routier avec un mur d'écrans

Arnaud Prouzeau, Anastasia Bezerianos, Olivier Chapuis

To cite this version:

Arnaud Prouzeau, Anastasia Bezerianos, Olivier Chapuis. Surveillance du trafic routier avec un mur d'écrans. Proceedings of the 27th international conference of the Association Francophone d'Interaction Homme-Machine, AFIHM, Oct 2015, Toulouse, France. pp.8, 10.1145/2820619.2825009 . hal-01219073

HAL Id: hal-01219073

https://hal.science/hal-01219073

Submitted on 23 Oct 2015

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.

Surveillance du trafic routier avec un mur d'écrans

Arnaud Prouzeau
Univ Paris Sud & CNRS (LRI), Inria
Université Paris-Saclay
F-91405 Orsay, France
prouzeau@lri.fr

Anastasia Bezerianos
Univ Paris Sud & CNRS (LRI), Inria
Université Paris-Saclay
F-91405 Orsay, France
anab@lri.fr

Olivier Chapuis
Univ Paris Sud & CNRS (LRI), Inria
Université Paris-Saclay
F-91405 Orsay, France
chapuis@lri.fr

© ACM, 2015. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2015.
http://dx.doi.org/10.1145/2820619.2825009

Résumé
Dans les grandes villes ou sur les autoroutes, le trafic routier est un système complexe qui peut être très instable. La moindre perturbation peut se transformer en embouteillage qui va ensuite paralyser le réseau. Pour éviter cela, des chercheurs travaillent sur la modélisation et l'optimisation du trafic routier. De plus, le trafic est surveillé en continu dans des centres de contrôle. Bien que la plupart de ces salles disposent d'un grand écran dans le but d'avoir une vue globale de la situation, les opérateurs agissent sur le réseau depuis leurs postes de travail personnels, sans la possibilité de voir les résultats potentiels de leurs interventions. Nous présentons un système interactif pour surveiller le réseau routier sur un mur d'écrans. Ce système fournit des techniques de visualisation et d'interaction qui permettent d'agir sur les paramètres du trafic, et de visualiser, grâce à des simulations, l'impact potentiel, global ou local, de ces actions.

Mots-clés
Surveillance de trafic; Mur d'écrans; Collaboration; Modèle de trafic routier; DragMag; lentille magique

ACM Classification Keywords
H.5.2 [Information interfaces and presentation (e.g., HCI)]: User Interfaces – Graphical user interfaces.

Introduction

Le trafic routier est un système complexe difficile à modéliser car il est composé de plusieurs agents au comportement non déterministe. Néanmoins, certains modèles, issus du monde de la recherche, permettent d'approcher son comportement en utilisant des systèmes multi-agents, la mécanique des fluides et les probabilités [8, 9]. Des simulations utilisant ces modèles permettent d'identifier les zones qui risquent d'être embouteillées, mais aussi de tester des nouveaux concepts comme la régulation dynamique de vitesse. La visualisation du résultat de ces simulations est souvent faite a priori et de manière statique sur un écran d'ordinateur, ce qui rend l'interprétation des résultats difficile pour les réseaux complexes.

De plus, ces modèles ne prennent pas en compte les différentes perturbations qui peuvent se produire sur un vrai réseau (accident, excès de vitesse, ...). Pour éviter que ces perturbations ne provoquent des paralysies du réseau, le trafic routier des grandes villes et des autoroutes est surveillé par des centres de contrôle. Dans la plupart de ces salles, une vue globale du réseau est affichée sur un grand écran et les opérateurs utilisent des ordinateurs individuels pour agir sur celle-ci. Malgré leur expertise, il peut être difficile d'évaluer l'impact d'une action ou de choisir une action parmi plusieurs. Mais en utilisant des modèles, les opérateurs pourraient visualiser l'impact potentiel de leurs actions sur le trafic.

Dans cet article, nous proposons un système de surveillance du trafic routier sur un grand mur d'écrans à très haute résolution. À l'instar des salles de contrôle actuelles, le mur d'écrans fournit une vision globale de la situation en temps réel. Notre système ajoute des techniques de visualisation et d'interaction permettant aux opérateurs d'agir ensemble sur cette représentation globale et de visualiser les conséquences des changements effectués grâce à des simulations. Par exemple, un opérateur peut décider de changer la limitation de vitesse sur une route ou la durée d'un feu, puis visualiser l'impact de ce changement sur une partie ou l'ensemble du réseau.

Le choix des techniques à utiliser dans le cas d'un mur d'écrans où plusieurs utilisateurs peuvent interagir ensemble est problématique. En effet, il est souhaitable que les opérateurs puissent intervenir à différents endroits pour tester des scénarios d'interventions et lancer leurs propres simulations. Pour interagir, nous avons choisi d'utiliser le toucher direct sur le mur pour limiter les problèmes d'attention partagée et le manque de conscience de groupe [6]. Pour visualiser et comparer les résultats de plusieurs simulations, nous proposons d'utiliser d'une part des vues multiples montrant une ou plusieurs simulations pour l'ensemble du réseau, et d'autre part des "DragMagics" qui permettent de visualiser les simulations localement.

État de l'art

Les grands murs d'écrans très hautes résolutions permettent d'afficher une très grande quantité de données, et du fait de l'espace libre devant eux, sont a priori adaptés pour plusieurs utilisateurs pouvant se déplacer pour avoir une vue d'ensemble ou observer des détails [2]. Divers travaux ont montré leurs avantages par rapport à un ordinateur de bureau dans des tâches interactives [12] et l'importance du déplacement physique des utilisateurs [3].

L'utilisation de grand mur d'écrans dans le contexte des salles de contrôle a été considérée comme une piste

de recherche importante en IHM [5]. Mais, il existe seulement quelques travaux sur le sujet (en IHM). Par exemple, Chokshi et al. [7] proposent un système collaboratif autour d'un mur d'écrans pour des exercices de planification en situation d'urgence et Schwarz et al. [17] ont conçu un dispositif qui permet à un opérateur assis devant son poste de travail d'interagir sur un grand écran à l'aide d'une lentille.

Mais, alors que beaucoup de travaux en IHM et visualisation traitent du trafic aérien, e.g. [10] et maritime, e.g. [11], à notre connaissance, il existe que peu de travaux qui traitent spécifiquement du trafic routier (e.g. [17, 1]). Par contre, il existe de nombreux travaux sur des algorithmes de prévision de trafic routier à l'aide de données en temps réel, comme par exemple celui de Ojeda et al. [15].

FIGURE 1 – Le PC Lutèce à Paris.

Motivation et contexte

Pour comprendre comment incorporer les résultats de simulations de trafic dans notre prototype, nous avons contacté deux groupes d'utilisateurs : des chercheurs qui travaillent sur la modélisation du trafic et des opérateurs dans des salles de contrôle de trafic routier.

Modélisation du trafic
La modélisation du trafic routier est nécessaire pour prédire les futures perturbations du réseau et comprendre comment les éviter. Des mathématiciens spécialisés en transport et systèmes complexes travaillent sur ces problèmes. Pour mieux comprendre leurs activités et les outils qu'ils utilisent, nous avons interviewé une spécialiste du domaine (1h).

Le but des algorithmes qu'elle conçoit est de contrôler de manière automatique les différents paramètres du réseau (vitesse limite, temps des feux) de manière à minimiser une fonction modélisant par exemple le temps de trajet sur chaque route en utilisant des conceptes de la mécanique des fluides. A chaque pas de temps, une fonction représentant la densité est calculée pour chaque segment en utilisant des conceptes de la mécanique des fluides. Les visualisations en sortie consistent souvent en des graphiques de la fonction à minimiser en fonction du temps.

Opérateurs de salles de contrôle
Dans le cas de la modélisation et de l'optimisation du trafic, les algorithmes sont souvent déterministes et supposent que les conducteurs respectent les règles. Ce n'est pas le cas dans la réalité, et sur les axes fortement utilisés il est nécessaire de surveiller le trafic et d'agir pour éviter qu'une petite perturbation bloque le réseau entier. Par exemple, Paris possède un centre de contrôle du trafic routier intra-muros, le PC Lutèce, Figure 1. Pour comprendre les tâches effectuées par les opérateurs et les outils qu'ils utilisent, nous avons effectué une visite du PC Lutèce et interviewé des ingénieurs et des opérateurs de cette salle (2h).

L'outil qui permet la gestion des paramètres du trafic et leurs modifications s'appelle SURF. Sa principale fonctionnalité est de gérer la durée des feux sur près de 1500 carrefours parisiens. L'outil dispose d'une bibliothèque de plan de feux (ensemble des durées des feux sur tous les carrefours), et choisit le plus adéquat en fonction de l'état du trafic, du jour de la semaine et de l'heure. Le système permet aussi aux contrôleurs de changer le plan de feux pour un secteur prédéfini, ou encore d'agir directement sur une intersection.

La visualisation disponible dans la salle de contrôle est aussi fournie par l'outil. Elle consiste en une

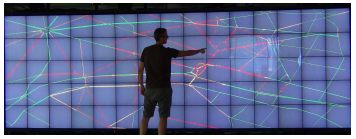

FIGURE 2 – Notre mur d'écrans interactif de 5,9m × 1,96m, pour une résolution de 14 400 × 4 800 pixels. Ce mur est contrôlé par un cluster de 10 ordinateurs et possède un cadre PQ labs qui permet de détecter le toucher sur le mur. Nous utilisons Java avec la bibliothèque zvtm-cluster [16] pour la programmation.

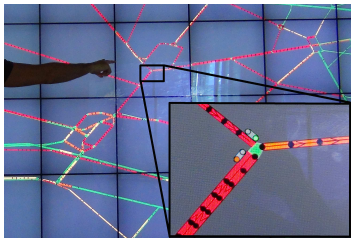

FIGURE 3 – Le prototype sur le mur avec un zoom sur une intersection où l'on peut voir des représentations de feux et de voitures.

visualisation du réseau avec le taux d'occupation sur chaque route représenté grâce à un code couleur : du vert (faible taux d'occupation) au rouge (fort taux d'occupation) en passant par le jaune et l'orange.

La salle de contrôle est composée d'un grand écran mural qui affiche la visualisation pour le réseau complet, et de plusieurs postes de travail individuels pour les opérateurs. Ces postes affichent aussi la visualisation fournie par SURF, mais, pour des raisons de lisibilité, l'opérateur n'a qu'une vue partielle du réseau, et il est obligé de naviguer dans le réseau à l'aide de la souris et du clavier.

Cette disposition soulève deux problèmes. Le premier est un phénomène d'attention partagée [17], dû au fait que l'opérateur est supposé utiliser son poste de travail et le grand écran. En fait, l'opérateur utilise peu l'écran mural et perd donc de l'information sur le contexte global du réseau. Le second est le manque de conscience de groupe [6], dû au fait que les opérateurs travaillent sur des postes individuels, ce qui rend difficile pour un opérateur de voir ce que fait un autre opérateur (actions effectuées ou zone de travail). Ceci conduit à une représentation incomplète de la situation et peut conduire à des actions contradictoires effectuées par deux opérateurs. Ceci étant dit, la station debout pouvant engendrer de la fatigue, il ne s'agit pas de supprimer les postes de travail individuels : nous envisageons l'utilisation du mur dans des situations critiques (e.g., accident) ou lorsque plusieurs opérateurs doivent travailler en collaboration.

Même avec la visualisation globale de la situation, la complexité du trafic routier fait qu'il est difficile pour un opérateur de se rendre compte de l'impact de ses actions. Nous proposons de combiner la visualisation de l'état actuel, avec une visualisation de l'estimation de l'état du réseau dans le futur en prenant en compte l'action que souhaite faire l'opérateur, et cela à une échelle locale (pour une ou plusieurs intersections), ou à une échelle globale (pour le réseau complet).

Problématique de recherche

Nos interviews présentées ci-dessus montrent qu'il existe un manque en visualisations dynamiques et interactives pour la surveillance et la simulation de trafic routier. Dans cet article, nous souhaitons montrer comment l'utilisation d'un mur d'écrans interactif peut être une solution. La grande taille et la haute résolution peuvent permettre l'affichage d'une ou plusieurs simulations. Par exemple, on peut afficher le trafic en temps réel sur le réseau et plusieurs estimations du trafic dans quinze minutes, chacune représentant le résultat d'une action proposée par l'opérateur pour fluidifier le trafic. L'interaction directe avec le mur permet aux utilisateurs d'interagir directement avec la visualisation globale et donc d'éviter le phénomène d'attention partagée. Et, l'utilisation de feedback sur la visualisation permet à tous les opérateurs d'avoir conscience de ce que chacun fait.

Cet article se concentre donc sur la conception d'une visualisation dynamique interactive du trafic routier pour agir sur le réseau, mais aussi pour permettre la comparaison entre plusieurs situations de trafic.

Prototype

Pour permettre l'évaluation de nos visualisations et de nos techniques d'interaction, nous avons développé un prototype qui simule et affiche des situations dynamiques de trafic sur notre mur d'écrans. Voir la Figure 2 et la Figure 3.

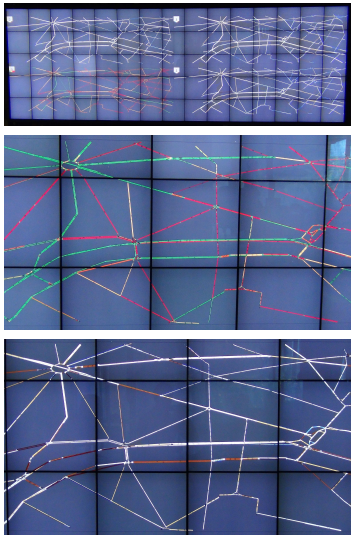

FIGURE 4 – En haut : Affichage de la situation en temps réel en bas à gauche, et de trois cartes de différence. Au milieu : Zoom sur la situation actuelle. En bas : Zoom sur une des cartes de différence, qui représente un trafic moins fluide que dans la situation actuelle (couleur marron en evidence).

Le modèle de trafic routier
Le réseau routier est représenté grâce à un graphe dirigé dans lequel un lien représente une route et un nœud une intersection. Les réseaux utilisés peuvent soit être abstraits (ils sont générés pour avoir une complexité donnée), ou extraits de données OpenStreetMap. Des feux peuvent être ajoutés aux intersections et synchronisés par groupes.

Le comportement des voitures sur ce réseau est modélisé grâce au modèle de Schreckenberg [14]. Il divise chaque route en cellules, et déplace les voitures sur celles-ci en fonction de leur environnement proche (autres voitures, feux). Dans ce modèle, une voiture va accélérer pour aller le plus vite possible sans créer d'accident, ni dépasser la limitation de vitesse. Nous utilisons de plus les travaux de Chrobok et al. [8] pour avoir des routes avec plusieurs voies, avec la possibilité pour une voiture de doubler par la gauche une voiture plus lente puis de se rabattre si cela est possible. De plus, lorsque les voitures arrivent à un feu rouge, elles s'arrêtent. Et, aux intersections, chaque route a une probabilité statique d'être empruntée par les voitures, en excluant la direction directement opposée. Les probabilités sont calculées lors de la génération du graphe.

Visualisation et technique d'interaction
Les routes sont colorées en fonction de la densité de trafic, avec les couleurs utilisées par la visualisation de SURF : du vert au rouge en passant par le jaune et le orange. Il est possible d'afficher les voitures sur le réseau, elles sont représentées par un rond avec une ligne qui représente leur vecteur vitesse.

Les interventions sur le réseau (vitesse limite, durée des feux, blocage d'une route) sont effectuées grâce à des pie menus et des sliders (temps et vitesse) qui s'affichent lors de la sélection d'une route ou d'une intersection.

Pour les raisons expliquées précédemment, nous donnons la possibilité à un opérateur de visualiser l'impact potentiel sur le trafic d'une action sur le réseau. L'information intéressante est la tendance de l'évolution du trafic (une amélioration ou une dégradation). Pour cela nous utilisons des cartes de différence comme le fait Lampe et al. [11] pour comparer deux situations de trafic maritime. Pour représenter la différence nous utilisons 3 teintes de bleu lorsqu'il y a une amélioration, 3 teintes de marrons lorsqu'il y a une dégradation et du blanc lorsque la situation n'évolue pas.

Pour visualiser ces différences, le prototype à la possibilité d'afficher des vues multiples, une vue pour la situation "réelle" et des vues en carte de différence pour les simulations correspondant à différentes modifications des paramètres du réseau. Figure 4.

Dans certains cas, les opérateurs se focalisent sur des endroits particuliers du réseau (rues ou intersections avec un trafic important ou zone de travaux). Dans ce cas, il n'est pas forcément nécessaire d'effectuer une comparaison globale, une plus locale suffit. Pour cela nous utilisons une lentille magique [4] qui affiche une carte de différence de la zone d'intérêt, mais que nous décalons à la manière des DragMags [18] (mais sans zoom), comme le fait [13], pour éviter de cacher et donc de perdre l'information sur le trafic actuel au point d'intérêt. De plus, dans le cas où l'utilisateur veut tester plusieurs actions possibles, le prototype affiche plusieurs cartes de différence locales, les unes à cotés des autres, relié à la zone d'intérêt. Nous appelons cet

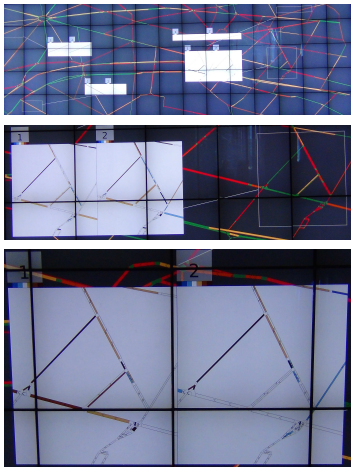

FIGURE 5 – En haut : Affichage de la situation en temps réel avec quatre DragMagics (en blanc) qui permettent la comparaison avec deux autres simulations. Au milieu : Zoom sur un des DragMagics (les deux cartes de différence, avec les labels "1" et "2" sont visibles, ainsi que le lien avec le point d'intérêt et son contour). En bas : Zoom sur les deux cartes de différence.

objet un [Multi-]DragMagic, voir la Figure 5. Le prototype supporte un nombre arbitraire de DragMagic, ce qui permet à plusieurs opérateurs de travailler sur différentes zones du réseau indépendamment.

Conclusion

Dans cet article, nous avons décrit notre projet d'utilisation d'un mur d'écrans pour visualiser dynamiquement le trafic routier. Nous avons exposé nos motivations qui reposent sur des vrais cas d'études et les problématiques que nous en avons dégagées. Notre premier prototype permet de visualiser le trafic, de modifier des paramètres de trafic et de visualiser la différence entre plusieurs simulations de manière globale (vues multiples) ou locale (DragMagic).

Nous conduisons à l'heure actuelle une expérience contrôlée pour mieux comprendre les différences entre les deux techniques de comparaison de simulations : vues multiples vs. DragMagic, en faisant varier le nombre de simulations et le nombre de points d'intérêt. Par la suite, nous comptons tester notre système avec des utilisateurs experts.

Remerciements

Nous remercions Paola Goatin, Luc Charansonney et Nessrine Acherar pour leur disponibilité. Ce travail a été réalisé avec le soutien de l'EquipEx DIGISCOPE – Investissements d'avenir ANR-10-EQPX-26-01.

Références

[1] Andrienko N., Andrienko G. & Rinzivillo S. Exploiting spatial abstraction in predictive analytics of vehicle traffic. *ISPRS International Journal of Geo-Information 4*, 2 (2015), 591–606.

[2] Ball R., North C. & Bowman D. A. Move to improve : promoting physical navigation to increase user performance with large displays. *CHI '07*, ACM (2007), 191–200.

[3] Bezerianos A. & Isenberg P. Perception of visual variables on tiled wall-sized displays for information visualization applications. *IEEE TVCG 18*, 12 (2012), 2516–2525.

[4] Bier E. A., Stone M. C., Pier K., Buxton W. & DeRose T. D. Toolglass and magic lenses : The see-through interface. *SIGGRAPH '93*, ACM (1993), 73–80.

[5] Boring R. L., Hugo J., Richard C. M. & Dudenhoeffer D. D. Sig : The role of human-computer interaction in next-generation control rooms. *CHI EA '05*, ACM (2005), 2033–2034.

[6] Butscher S., Müller J., Schwarz T. & Reiterer H. Blended interaction as an approach for holistic control room design. In *CHI Workshop on Blended Interaction* (2013), 6 pages.

[7] Chokshi A., Seyed T., Marinho Rodrigues F. & Maurer F. ePlan multi-surface : A multi-surface environment for emergency response planning exercises. *ITS '14*, ACM (2014), 219–228.

[8] Chrobok R., Hafstein S. F. & Pottmeier A. Olsim : A new generation of traffic information systems. *Forschung und wissenschaftliches Rechnen*, 63 (2004), 11–25.

[9] Colombo Rinaldo M., Goatin P. & Rosini Massimiliano D. On the Modeling and Management of Traffic. *ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis 45*, 5 (2011), 853–872.

[10] Hurter C., Conversy S., Gianazza D. & Telea A. C. Interactive image-based information visualization for aircraft trajectory analysis. *Transport. Res. C-Emer. 47* (2014), 207–227.

[11] Lampe O. D., Kehrer J. & Hauser H. Visual analysis of multivariate movement data using interactive difference views. *VMV '10*, EG (2010), 315–322.

[12] Liu C., Chapuis O., Beaudouin-Lafon M., Lecolinet E. & Mackay W. Effects of display size and navigation type on a classification task. *CHI '14*, ACM (2014), 4147–4156.

[13] Lobo M.-J., Pietriga E. & Appert C. An evaluation of interactive map comparison techniques. *CHI '15*, ACM (2015), 3573–3582.

[14] Nagel K. & Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic. *Journal de physique I 2*, 12 (1992), 2221–2229.

[15] Ojeda L., Kibangou A. & de Wit C. Online dynamic travel time prediction using speed and flow measurements. *ECC '13*, IEEE (2013), 4045–4050.

[16] Pietriga E., Huot S., Nancel M. & Primet R. Rapid development of user interfaces on cluster-driven wall displays with jBricks. *EICS '11*, ACM (2011), 185–190.

[17] Schwarz T., Butscher S., Mueller J. & Reiterer H. Content-aware navigation for large displays in context of traffic control rooms. *AVI '12*, ACM (2012), 249–252.

[18] Ware C. & Lewis M. The dragmag image magnifier. *CHI '95*, ACM (1995), 407–408.