
Evaluation continue de requêtes dans les réseaux de communication inter-véhicules

Nicolas Cenerario – Thierry Delot

Laboratoire LAMIH – UMR CNRS 8530

Université de Valenciennes

Le Mont Houy

59313 Valenciennes Cedex 9

{Nicolas.Cenerario,Thierry.Delot}@univ-valenciennes.fr

RÉSUMÉ. Dans cet article, nous nous intéressons aux systèmes de transport intelligents et plus précisément aux mécanismes de gestion de données nécessaires au développement de systèmes d'aide aux conducteurs de nouvelle génération dans le contexte de la communication inter-véhicules. De telles applications s'inscrivent dans le cadre des systèmes pair-à-pair mobiles. La dynamique de tels systèmes, due essentiellement aux très fortes contraintes de mobilité, remet sensiblement en cause les techniques d'accès aux données traditionnellement utilisées. Les mécanismes d'évaluation de requêtes réparties, y compris ceux basés sur des techniques de dissémination, ne sont alors plus envisageables. Nous proposons dans cet article une solution permettant l'évaluation continue de requêtes dans les réseaux inter-véhicules. Ces requêtes sont évaluées sur les données échangées entre véhicules au fur et à mesure de leurs déplacements.

ABSTRACT. In this article, we focus on intelligent transportation systems and more precisely on data management in inter-vehicles networks in order to develop new Advanced Driver Assistance Systems (ADAS). Such applications belong to mobile peer-to-peer systems. Those systems, that are highly dynamic due to the important mobility constraints, have lead to the evolution of traditional data management techniques in this context. For instance, distributed query evaluation mechanisms, even those based on query dissemination techniques, can not be employed anymore. In this article, we propose a solution to ensure continuous query processing in inter-vehicles networks.

MOTS-CLÉS : pair-à-pair mobile, communication inter-véhicules, gestion de données spatio-temporelles, évaluation de requêtes continues

KEYWORDS: mobile peer-to-peer, inter-vehicles communication, spatio-temporal data management, continuous querying processing

1. Introduction

Avec la prolifération des dispositifs mobiles et des réseaux sans fil, les services dépendants de la localisation suscitent aujourd'hui un vif intérêt. Ces services s'inscrivent dans le champ des applications pervasives et permettent de personnaliser les informations présentées à l'utilisateur sur son terminal mobile en fonction de sa localisation géographique. Les services dépendants de la localisation reposent pour cela sur un évaluateur de requêtes qui exploite les informations transmises par un service de positionnement, comme le système satellitaire américain GPS par exemple, afin de retrouver « les restaurants italiens proches » ou « la place de stationnement libre la plus proche ». Dans cet article, nous nous intéressons au développement de services dépendants de la localisation visant à assister les automobilistes. Nos travaux concernent donc les systèmes de transports intelligents et plus précisément la communication inter-véhicules qui s'inscrit dans le cadre des systèmes pair-à-pair mobiles [XU 04b]. Ces systèmes sont constitués d'un ensemble d'objets mobiles qui communiquent entre eux à l'aide de réseaux sans fil de type IEEE 802.11, Bluetooth, ou Ultra Wide Band (UWB) [LUO 05]. Avec de tels mécanismes de communication, un objet mobile peut recevoir des informations de ses voisins proches ou d'autres plus distants grâce aux techniques de multi-sauts qui exploitent dans ce cas des objets intermédiaires comme relais.

Les contraintes de mobilité dans ce type de systèmes posent de réels challenges en terme de gestion de données et requièrent notamment de nouvelles techniques d'accès. Tout d'abord, ces contraintes imposent la gestion des données et l'évaluation de leur pertinence suivant des critères spatiaux et temporels. Par ailleurs, la mobilité des utilisateurs et l'impossibilité de maintenir un schéma de placement des données à cause de la mobilité des sources de données rendent inexploitable les techniques d'évaluation de requêtes utilisées traditionnellement dans le monde des bases de données réparties ou des systèmes pair-à-pair traditionnels. Même les techniques reposant sur la dissémination de requêtes [THI 05], répondant pourtant parfaitement aux besoins des environnements pair-à-pair hybrides, ne sont ici plus exploitables. Dans ces environnements particulièrement dynamiques, l'accès aux données repose sur des techniques d'échanges d'informations entre les véhicules. Les données pertinentes sont ensuite exploitées localement pour alerter ou informer le conducteur. Un des problèmes essentiels consiste donc à interroger ces données échangées dans des environnements où les contraintes de mobilité sont très importantes. Dans cet article, nous proposons une solution permettant l'évaluation de requêtes continues afin que les conducteurs puissent suivre l'évolution des résultats au fur et à mesure de leurs déplacements.

La suite de l'article est organisée de la manière suivante. Dans la section 2, nous présentons le contexte dans lequel s'inscrivent nos travaux ainsi que la problématique que nous adressons. Nous introduisons dans la section 3 les données à gérer dans le contexte de la communication inter-véhicules puis détaillons notre contribution dans la section 4. Enfin nous concluons et présentons les perspectives de nos travaux dans la section 5.

2. Contexte & Problématique

2.1. Contexte

Aujourd'hui la voiture est de loin le mode de transport le plus utilisé. Ce succès est malheureusement accompagné d'un certain nombre de problèmes (sécurité, environnement, etc.). Ces dernières années, malgré les efforts très importants mis en œuvre pour tenter de le réduire, le nombre de tués sur les routes reste très important, et ce notamment à cause du facteur humain (comportement accidentogène, temps de réponse, etc.). Pour tenter de réduire le nombre d'accidents, différents programmes communément appelés « Systèmes de Transports Intelligents » ont été lancés au Japon, en Europe ou aux Etats-Unis. Ces derniers ont suscité un fort intérêt à la fois des chercheurs et des industriels. Des systèmes d'assistance au conducteur (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) ont ainsi vu le jour. Certains sont d'ores et déjà commercialisés (systèmes de navigation, systèmes de non franchissement de ligne blanche, etc.), de nombreux autres sont à venir. Les systèmes d'aide au conducteur commercialisés à l'heure actuelle, par exemple les systèmes de navigation, exploitent des données stockées localement, ce qui facilite leur traitement et la gestion de leur pertinence. Par exemple, pour déterminer la liste des n stations services dans un rayon d'un kilomètre du véhicule au fur et à mesure de son déplacement, il convient d'évaluer de manière continue une requête dépendante de la localisation. Les localisations de ces stations services étant connues a priori, il est facile de déterminer la liste recherchée dès lors que la localisation géographique du véhicule est disponible, par exemple via l'utilisation de techniques de positionnement satellitaires.

Les réseaux sans fil ont par ailleurs rendu possible la communication inter-véhicules dont l'objectif est d'améliorer la sécurité sur les routes ou encore les aides proposées aux conducteurs. Le principe de base consiste ici en l'échange d'informations entre différents véhicules proches afin par exemple d'avertir le conducteur de la présence d'un accident ou d'un obstacle sur la chaussée quelques centaines de mètres plus loin. Les véhicules peuvent ainsi obtenir des informations très variées grâce à leur voisins. L'exploitation de ces informations repose essentiellement sur les possibilités et sur l'efficacité du processus d'interrogation de ces données. La mise en place d'un évaluateur de requêtes adapté au contexte est donc primordial.

2.2. Etat de l'art

Le pair-à-pair mobile, cadre dans lequel s'inscrit la communication inter-véhicules, est un domaine de recherche très récent. Plusieurs projets de recherche ont toutefois déjà abouti à des propositions intéressantes en terme d'échanges de données. Les solutions proposées actuellement dans le contexte de la communication V2V [FES 02, AIJ 06, MOR 03, XU 04a] se concentrent sur des protocoles d'échanges de données entre les véhicules formant un réseau ad hoc. Leur objectif principal est de limiter le nombre de messages échangés entre les véhicules afin de ne pas saturer la bande passante, condition indispensable au bon fonctionnement des applications. Des

messages sont donc échangés entre les véhicules mais les informations correspondantes sont simplement exploitées pour produire des alertes transmises au conducteur. Une information reçue est ainsi déterminée pertinente ou non, et par conséquent transmise ou non au conducteur.

Certains travaux s'intéressent tout de même à l'évaluation de requêtes plus complexes comme les requêtes continues. Dans le projet Mobi-Dik [XU 04b], les auteurs proposent d'interroger l'ensemble du réseau formé par les véhicules en introduisant un prix. Leurs travaux ont pour but de permettre l'interrogation d'un ensemble plus ou moins important de véhicules. Pour cela, les requêtes sont disséminées dans le réseau en fonction de l'argent qui leur est attribué. Plus nous octroyons d'argent à une requête, plus le nombre de véhicules qui vont la traiter est important. La technique présentée permet ainsi de limiter le nombre de véhicules interrogés. Il s'agit donc d'un mécanisme s'attachant plus à l'aspect communication et inondation du réseau plutôt qu'à l'évaluation proprement dite. Dans [TRA 04], les auteurs utilisent les déclencheurs d'une base de données pour évaluer de manière continue des requêtes sur des données spatio-temporelles. Plus précisément, ils traquent les événements anormaux par rapport au déplacement prévu pour déterminer quand réévaluer les requêtes pour mettre à jour le résultat, par exemple lorsqu'un ralentissement survient sur la route. En effet, supposons la requête : « Quels hôtels seront proches de moi entre 19h et 20h ? », en connaissant le chemin du véhicule et les vitesses moyennes sur ce chemin, il est relativement simple d'évaluer cette requête .

Cette solution est intéressante. Elle ne considère toutefois la continuité que par rapport aux variations de vitesse des véhicules. Pour nous, la continuité ne doit pas se limiter à des données statiques connues à priori (trajet prévu, localisation des hôtels, stations services, etc.). Dans les réseaux inter-véhicules, les données échangées peuvent en effet être très diversifiées et dynamiques (places de stationnement disponibles, accidents, embouteillages, freinages d'urgence, prix des carburants, obstacles sur la chaussée, etc.). L'information concernant une place de parking libre n'est ainsi valide que pour une durée limitée . De plus, certains événements peuvent être mobiles et donc, évoluer aussi au cours du temps comme un véhicule d'intervention d'urgence en circulation demandant aux véhicules le précédant de lui céder le passage ou un véhicule dont le conducteur est en état d'ébriété ou d'hypovigilance. A notre connaissance, aucune des solutions existantes ne prend en compte ces événements mobiles. Dans [DEL 07], nous avons présenté un mécanisme d'échange d'informations valide dans le cadre de la communication inter-véhicules. Nous présentons dans la suite une technique d'évaluation de requêtes continues pour des environnements particulièrement dynamiques tels que les réseaux inter-véhicules. Notre solution supporte en outre les informations dynamiques produites par les différents véhicules. Dans la section suivante, nous commençons par présenter les types d'informations échangées ainsi que le schéma utilisé pour les représenter.

3. Événements et représentation des données

3.1. Classification des types d'événements

Dans le contexte de la communication inter-véhicules, les informations échangées concernent des événements et des ressources qui peuvent être dynamiques. De plus certains événements peuvent être dirigés. Par dirigé, nous entendons ici que les informations ne concernent que les véhicules circulant dans une direction établie et ne sont donc pas pertinentes pour tous les véhicules à proximité. La prise en compte de la direction permet une évaluation plus sélective et donc de ne pas perturber le conducteur avec des informations qui ne le concernent pas. Ainsi, nous avons identifié quatre catégories d'événements à prendre en compte dans le cadre de la communication inter-véhicules :

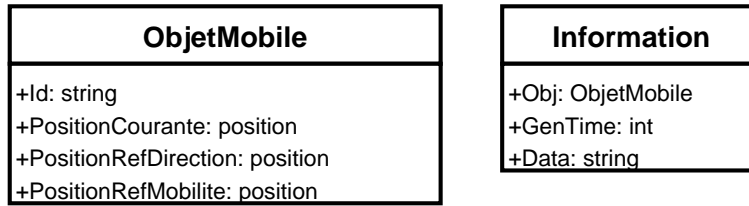
- Les informations correspondant à des événements immobiles non dirigés
- Les informations correspondant à des événements immobiles dirigés
- Les informations correspondant à des événements mobiles non dirigés
- Les informations correspondant à des événements mobiles dirigés

Pour illustrer notre classification, citons ici quelques exemples. Les places de stationnement disponibles correspondent à des événements immobiles non dirigés puisqu'elles concernent tous les véhicules proches de cette ressource, indépendamment de leur direction. Les informations relatives à un accident correspondent à un événement immobile dirigé car ces informations ne doivent être considérées que par les véhicules qui vont rencontrer l'événement et surtout pas par les véhicules circulant sur la voie opposée. Un véhicule d'intervention d'urgence (SAMU, pompiers, etc.) demandant aux véhicules le précédant de lui faciliter le passage correspond à un événement mobile dirigé. Enfin, l'information concernant la présence d'un conducteur en état d'hypovigilance¹ circulant sur une route départementale est un événement mobile non dirigé puisqu'il concerne tous les véhicules susceptibles de rencontrer ce conducteur, quelque soit leur sens de circulation.

3.2. Représentation des données

Les quatre types d'événements que nous avons identifiés précédemment représentent l'ensemble des événements présents sur nos routes. Ils doivent donc également être pris en compte dans notre évaluateur de requêtes. Outre les données permettant de caractériser les événements eux-mêmes, il convient également de caractériser leur mobilité et leur direction de propagation. Nous conservons donc plusieurs positions précédentes de référence avec une estampille temporelle afin de déterminer la direction et le déplacement de l'événement. De cette manière, chaque véhicule peut évaluer la pertinence des différents événements reçus.

1. L'hypovigilance d'un conducteur est aujourd'hui détectée via l'utilisation d'occulomètres grâce à des techniques consistant essentiellement à compter ses clignements d'œil.

**Figure 1.** Représentation des données

<i>Id</i>	PositionCourante	PositionRefDirection	PositionRefMobilite
A1	(150, 278, 10, 954)	(150, 278, 10, 954)	(150, 278, 10, 954)
A2	(160, 297, 11, 1025)	(150, 278, 10, 954)	(100, 218, 8, 842)
B1	(200, 324, 10, 1048)	(184, 304, 10, 1000)	(162, 254, 10, 948)
...

Tableau 1. Tableau d'objets mobiles

La figure 1 montre la représentation des informations que nous considérons. Les objets mobiles possèdent un identifiant unique et les positions de référence permettant de définir leur mobilité et leur direction. Il n'est pas nécessaire de représenter la catégorie de l'objet puisqu'elle peut être déterminée à partir des autres données. Plus précisément, il est non dirigé dans le cas où la position de référence pour la direction est identique à la position courante. De manière analogue, si la position de référence pour la mobilité est identique à la position courante, la mobilité de l'objet est nulle et il s'agit donc d'un objet immobile. Ainsi, quelque soit la nature de l'objet, la représentation utilisée est uniforme. Notons qu'il est important de pouvoir déterminer le type de l'événement représenté pour différencier les traitements en fonction du type d'événement. Les positions utilisées correspondent à des relevés GPS et comportent donc les coordonnées en 3 dimensions ainsi qu'un relevé de l'heure GPS. L'utilisation du temps GPS nous permet ainsi d'éviter tout problème de synchronisation entre les horloges des véhicules.

Pour ce qui est des informations décrivant les événements, elles comportent tout d'abord une référence sur un objet mobile, ce qui permet de récupérer les informations spatiales associées à l'information. Pour évaluer la pertinence temporelle, nous conservons également une date de génération. Enfin, nous caractérisons un événement par un message décrivant sa sémantique proprement dite.

Un véhicule pourra alors posséder un certain nombre d'information sur des objets mobiles ou non, dirigés ou non (*cf.* tableau 1). De même, il pourra avoir connaissance de plusieurs événements (*cf.* tableau 2). C'est tout au long de leur parcours que chaque véhicule se construit un ensemble d'informations. La suite de cet article présente notre solution pour interroger de manière continue ces informations.

Obj	GenTime	Data
A1	954	Place de parking libre
A2	1025	Conducteur en hypovigilance
B1	1048	Ambulance
...

Tableau 2. *Tableau d'informations*

4. Evaluation de requêtes

4.1. Evaluation sur des critères spatio-temporels

Ne considérer que la position à un instant t ne permet d'évaluer que la distance entre deux objets et l'âge des données. Grâce à notre représentation, nous pouvons introduire d'autres critères très intéressants. Tout d'abord, un critère de colinéarité. Pour cela, nous utilisons les positions courantes et les positions de référence pour la direction. Pour chaque objet, nous obtenons ainsi un vecteur direction. La pertinence d'une information peut alors être déterminée en fonction de l'angle formé par les vecteurs directions des objets associés aux deux informations. Pour les véhicules d'interventions ou encore les accidents par exemple, il n'est pas envisageable de ne pas considérer ce critère. En effet, ce type d'événement ne concerne que les véhicules circulant dans le même sens. Ils pourraient même être dangereux que d'autres véhicules en tiennent compte.

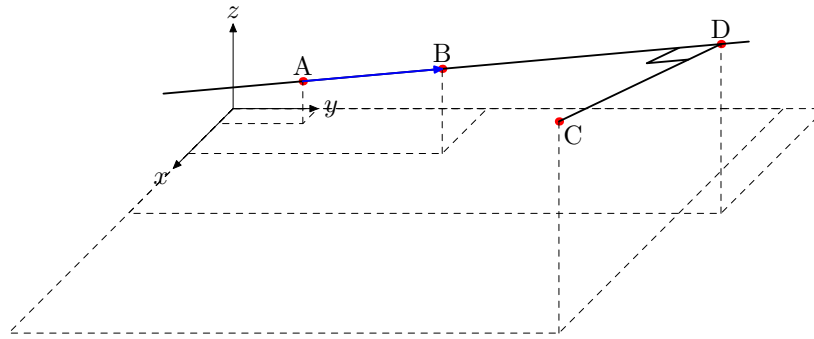


Figure 2. *Représentation géométrique pour le calcul de Δd et Δt*

Ensuite, nous pouvons estimer :

- la distance géographique minimale au cours du temps entre les deux objets (Δd),
- la distance temporelle séparant le temps courant et le temps où les objets mobiles seront les plus proches l'un de l'autre (Δt)

La figure 2 montre la construction géométrique permettant d'obtenir ces deux valeurs. Les points B et C représentent les positions de deux objets O_1 et O_2 . A est la position de référence permettant de caractériser la mobilité de l'objet O_1 . O_2 est un objet immobile². D est obtenu en contruisant le triangle rectangle d'hypothénus (BC) et dont l'un des coté est la droite (AB). $|DC|$ représente donc la distance minimale au cours du temps entre les deux objets. Il s'agit de notre Δd . Le segment $[BD]$ représente, quant à lui, la distance à parcourir pour arriver au point D . Grâce aux dimensions temporelles des positions de O_1 , nous pouvons traduire $|BD|$ en notre Δt en utilisant le vecteur \overline{AB} . Ces deux nouvelles valeurs permettent de considérer l'état futur des objets. Ainsi, pour la requête « Quelles sont les places de parking libres qui seront à moins de 200 mètres de moi au cours des 10 prochaines minutes ? », les places de parking dont : « $\Delta t < 10 mn$ » et « $\Delta d < 200 m$ » seront sélectionnées. Dans le cas où « $\Delta t \geq 10 mn$ » et « $\Delta d < 200 m$ », il faut évaluer la distance entre la place de parking et le véhicule au temps $t + 10 mn$ pour savoir si la distance maximale autorisée, ici 200 m , n'est pas dépassée.

4.2. Evaluation continue

Les contraintes de mobilité dans le cadre des réseaux inter-véhicules imposent de considérer une évaluation de requêtes continue tant l'ensemble des résultats pour une requête est susceptible de changer rapidement. Avec une évaluation continue, les résultats d'une requête sont mis à jour en temps réel de manière à ce que l'utilisateur puisse toujours consulter l'ensemble des résultats voulus. Cela implique que toute modification de la base d'information (ajout, suppression, mise à jour) doit être pris en compte dans le résultat de la requête continue si il est pertinent. La difficulté réside ici dans la gestion des mises à jour des résultats afin de ne pas réévaluer systématiquement la totalité de la requête de manière périodique. Pour bien comprendre notre mécanisme, nous commençons par présenter la manière dont les résultats d'une requête sont représentés.

4.2.1. Représentation des résultats d'une requête

Soit une requête r , par exemple « Quelles sont les places de parking libre les plus proches que je vais rencontrer dans les 10 prochaines minutes ? », nous extrayons, dans un premier temps, une requête simplifiée r_s représentant la même requête que r mais en enlevant les critères spatio-temporels. Dans notre exemple, nous obtenons ainsi « Quelles sont les places de parking libres ? ». En évaluant r_s , nous récupérons les références (un ensemble d'identifiants) sur les résultats pouvant répondre à r . Soit S_{r_s} cet ensemble. S_{r_s} contient bien tous les résultats de la requête r puisque r_s est moins sélectif que r . De cette manière, pour avoir les résultats de r , il n'est pas nécessaire d'évaluer l'ensemble des données mais seulement celles appartenant à S_{r_s} .

2. Dans le cas où O_2 est mobile, la même construction est possible, simplement en changeant de référentiel.

Ce mécanisme permet de n'évaluer les critères spatio-temporels que sur les données pouvant effectivement répondre. Cela permet d'avoir les résultats initiaux.

4.2.2. *Maintien de la cohérence*

Lorsque la base d'information est modifiée, les résultats de la requête r doivent prendre en compte cette modification. En effet, au cours de son parcours, le véhicule peut recevoir de nouvelles informations, d'autres peuvent devenir obsolètes (par exemple lorsqu'une place de parking libre devient occupée). Pour les informations dynamiques, les nouvelles positions peuvent remettre en cause les résultats des requêtes. Le mécanisme permettant la prise en compte de ces modifications consiste à d'abord vérifier l'impact de la modification sur S_{r_s} . Dans le cas où la modification consiste en l'ajout d'une nouvelle donnée (par exemple l'apparition d'une nouvelle place de stationnement libre), l'évaluation de r_s sur cette donnée nous permet de savoir s'il y a effectivement un impact S_{r_s} . Nous évaluons alors r sur la donnée ajoutée pour savoir si elle fait partie des résultats. Par contre, dans le cas où il s'agit de la mise à jour d'une position d'un objet mobile, le problème est différent. Nous vérifions qu'un résultat candidat (un élément de S_{r_s}) possède bien une référence sur l'objet mobile mis à jour. Si c'est le cas, alors la mise à jour risque de modifier le résultat de la requête et nous devons alors réévaluer r sur les informations possédant une référence sur l'objet mobile mis à jour. Dans le cas d'une suppression d'information, aucune évaluation n'est nécessaire. Nous vérifions simplement si S_{r_s} possède une référence sur cette information, si c'est le cas, alors, elle est supprimée de S_{r_s} . Elle est également retirée de l'ensemble r .

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article une solution permettant de représenter les différents événements pouvant survenir sur nos routes et pertinents dans le cadre de la communication V2V. L'évaluation de requêtes continues sur ces événements a ensuite été abordée. De tels mécanismes sont particulièrement importants et permettent d'envisager de nouveaux services d'aide au conducteur. En exploitant les données, particulièrement dynamiques, présentes dans les réseaux ad hoc inter-véhicules, un évaluateur de requêtes permet de ne plus se limiter aux alertes présentées aux conducteurs dans les premiers prototypes apparus sur le marché (pour avertir les véhicules concernés lors d'un freinage d'urgence par exemple), mais de pouvoir répondre de manière plus fine à leurs attentes.

Les perspectives de ces travaux sont nombreuses. Nous devons tout d'abord évaluer la solution que nous avons présentée. Nous nous intéressons par ailleurs à l'historisation des données, de manière assez similaire à ce qui est fait dans les réseaux de capteurs. Notre objectif est ici de pouvoir déterminer par exemple le lieu où il est le plus probable de trouver une place de stationnement disponible lorsqu'aucune place libre n'a été diffusée par les véhicules voisins. Contrairement aux approches existantes, nous ne considérons donc pas une donnée « périmée » (par exemple une place

de stationnement qui est trop lointaine du véhicule) comme une donnée totalement inutile qu'il convient de supprimer. Au contraire, nous voulons la conserver pour enrichir les « connaissances » embarquées dans les véhicules. La définition de groupe de véhicules [LUO 05] potentiellement connectés pendant un laps de temps un peu plus important, par exemple parce qu'il circulent dans la même direction, pourrait par ailleurs permettre de partager ces « connaissances » en échangeant certaines données historisées en plus des échanges spontanés déjà mis en place.

6. Bibliographie

- [AIJ 06] AIJAZ A., BOCHOW B., DÖTZER F., FESTAG A., GERLACH M., KROH R., LEINMÜLLER T., « Attacks on Inter Vehicle Communication Systems - an Analysis », *Proc. of the 3rd International Workshop on Intelligent Transportation (WIT 2006)*, 2006.
- [DEL 07] DELOT T., CENERARIO N., « Evaluation de requêtes spatio-temporelles dans les environnements pair-à-pair mobiles », rapport, 2007, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.
- [FES 02] FESTAG A., FÜSSLER H., HARTENSTEIN H., SARMA A., SCHMITZ R., « Fleetnet : Bringing car-to-car communication into the realworld », *Proc. of the World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS)*, 2002.
- [LUO 05] LUO J., HUBAUX J.-P., « A Survey of Research in Inter-Vehicle Communications », *Embedded Security in Cars - Securing Current and Future Automotive IT Applications*, Springer-Verlag, 2005.
- [MOR 03] MORSINK P., HALLOUZI R., DAGLI I., CSEH C., SCHÄFERS L., NELISSE M., BRUIN D. D., « CARTALK 2000 : Development of a cooperative ADAS based on vehicle-to-vehicle communication », *Proc. of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services*, 2003.
- [THI 05] THILLIEZ M., DELOT T., LECOMTE S., « Requêtes dépendantes de la localisation. Evaluation distribuée et optimisation », *Ingénierie des Systèmes d'Information*, vol. 10, n° 5, 2005, p. 39-58.
- [TRA 04] TRAJCEVSKI G., SCHEUERMANN P., WOLFSON O., NEDUNGADI N., « CAT : Correct Answers of Continuous Queries Using Triggers », *Proceeding of the International Conference on Extending Database Technology (EDBT04)*, Heraklion, Greece, March 2004, p. 837-840.
- [XU 04a] XU B., OUKSEL A. M., WOLFSON O., « Opportunistic Resource Exchange in Inter-Vehicle Ad-Hoc Networks. », *Proc. of the 5th IEEE International Conference on Mobile Data Management*, 2004, p. 4-12.
- [XU 04b] XU B., WOLFSON O., « Data Management in Mobile Peer-to-Peer Networks », *Proc. of the 2nd International Workshop on Databases, Information Systems, and Peer-to-Peer Computing (DBISP2P'04)*, Springer Verlag Lecture Notes in Computer Science, 2004.