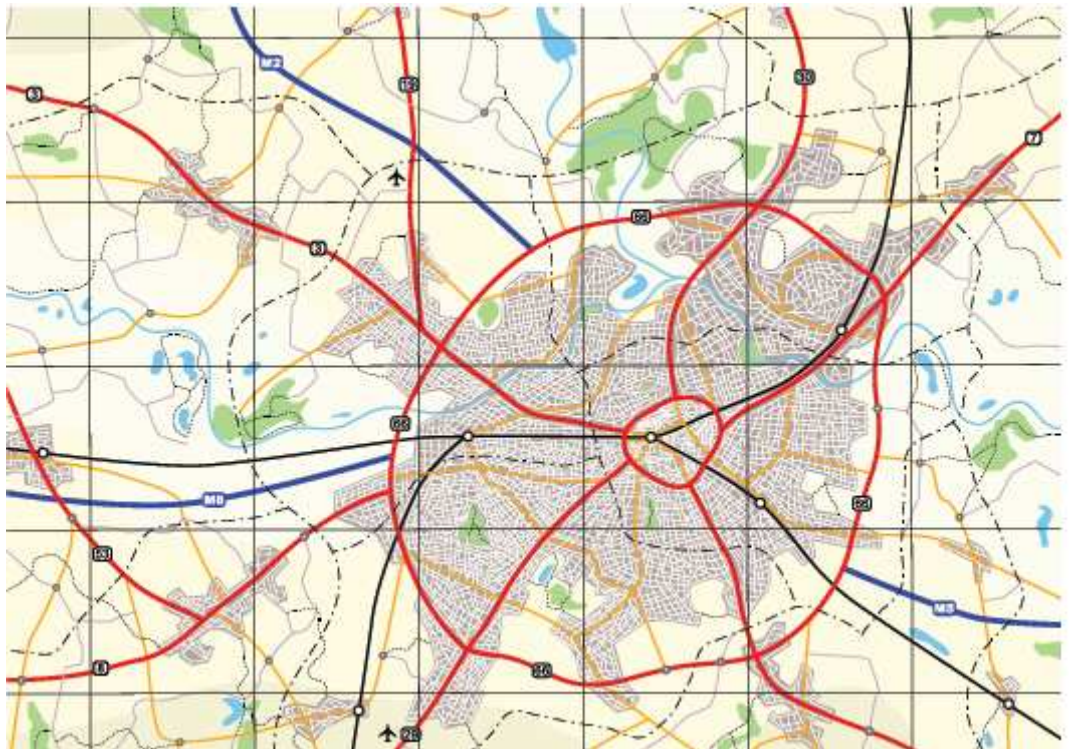


Le calcul scientifique pour la ville intelligente

Siège IFSTTAR - Marne-la-Vallée

Jeudi 12 mars 2015



Coordination Scientifique

Thiên-Hiệp Lê (ONERA)

Xavier Louis (IFSTTAR)

Vivien Mallet (INRIA)



IFSTTAR



Editorial Board

Dr. Thiên-Hiệp Lê (ONERA)

Dr. Roland Sénéor (Ecole Polytechnique)

Dr. Christophe Calvin (CEA)

Prof. Florian De Vuyst (ENS Cachan)

Dr. Christophe Denis (EDF)

Le calcul scientifique pour la ville intelligente

Séminaire Aristote, 12/03/2015 à l'IFSTTAR

Coordination scientifique :

Thiên-Hiệp Lê (ONERA)

Xavier Louis (IFSTTAR)

Vivien Mallet (INRIA)



Parrainage :

Frédéric Bourquin (IFSTTAR)

Sommaire

Le Mot de Vivien Mallet	5
Compte-rendu des interventions :	6
Introduction	6
Thématique :	6
1. De l'unité logement à un parc de bâtiments résidentiels, des usages domestiques aux usages thermiques, une même problématique: simuler le foisonnement.....	8
2. Couplage entre modèle et observation pour la simulation de la qualité de l'air	10
3. Intelligence Artificielle et Simulation multi-agent des comportements humains pour l'animation d'une ville virtuelle	11
4. Modélisation du trafic routier à l'échelle métropolitaine	13
5. Évaluation Collaborative de l'état de la chaussée en ville par les véhicules connectés.....	15
6. Modélisation pour la qualité d'eau dans les réseaux d'eau potable	16
7. Modélisation numérique de la propagation du bruit dans les villes	17
8. Collecte de données 3D pour la modélisation urbaine à l'IGN : résultats, verrous et tendances	18
9. Large-scale quantitative visual analysis of urban environments.....	19

Le Mot de Vivien Mallet

- Le lieu est très bien. Merci à l'IFSTTAR (qui a mobilisé du personnel), à Régine et à Xavier pour l'organisation
- Dans le cœur de la journée (matin et après-midi), j'ai compté environ 65 personnes dans l'amphithéâtre. En toute fin de journée, il restait presque 40 personnes
- Les participants semblaient contents de la journée, et les fiches le confirment. Il y avait tout de même un ou deux exposés mal calibrés pour cette journée
- Il y avait beaucoup de chercheurs ou ingénieurs d'organismes de recherche ou d'instituts publics. Quelques entreprises étaient aussi représentées, mais il aurait pu y en avoir plus. Peut-être un défaut de publicité dans ce secteur? Olivier Chrétien, responsable de l'impact santé/environnement de l'agence d'écologie urbaine de Paris, était présent. C'est une bonne chose de voir un responsable de la ville venir écouter le potentiel de la simulation numérique pour traiter ses problèmes
- Il me semble que les pauses étaient très utiles car il y avait des interactions entre participants. Elles auraient même pu être plus longues. Sur un tel séminaire, il ne faut pas trop d'interventions et laisser du temps aux échanges.

Compte-rendu des interventions

Introduction

Aristote est une association tournée vers le numérique et les applications. Thiên Hiệp Lê (Aristote, Onera) remercie Xavier Louis et l'Iffstar de nous accueillir pour ce deuxième des 6 à 7 séminaires annuels qu'Aristote organise en 2015. Celui d'aujourd'hui a été organisé par un ancien orateur, Vivien Mallet. Thiên-Hiệp Lê profite de cet exemple pour inciter d'autres membres de Aristote à faire de même. Si quelqu'un a l'envie de monter séminaire, il suffit de contacter Aristote qui l'aidera à l'organiser.

Il donne la parole à Vivien Mallet (INRIA) pour la présentation de la journée. Celui-ci remarque le succès de ce séminaire dans lequel 80 personnes se sont inscrites. Le sujet est d'actualité, mais l'angle pris aujourd'hui n'est pas celui des politiques publiques ou des masses de données. C'est celui du calcul scientifique tout aussi important mais moins visible. En effet, l'utilisation des modèles dans le cadre de la ville intelligente est un sujet en plein essor. Pour qu'elle devienne intelligente, la ville doit d'abord être numérique, donc constituer des bases de données qu'elles soient réduites ou très massives comme on le verra en fin de journée et qui posent des problèmes en terme de calcul scientifique. Ces données sont fournies par les observations (enquêtes de citoyens ou stations de mesure de flux de véhicules ou de bruit, etc.). D'autres stations de mesures apparaissent : ce sont les objets connectés avec une participation citoyenne (comptage des téléphones situés dans une zone). Les modèles de simulation utilisent des équations de la physique et sont générateurs d'un grand flux de données.

Dans la ville intelligente, on cherche à avoir une gestion et un développement maîtrisés pour répondre aux enjeux urbains (transports, énergie, environnement, santé). Ce qu'on vise tous c'est d'avoir des systèmes d'aides à la décision et d'analyse des données qu'on a dans la ville numérique. Ainsi, les services municipaux pourraient avoir des tableaux de bords pour gérer leur ville et voir l'impact des projets futurs.

Le calcul scientifique comprend la construction de modèles numériques, le traitement de données et l'exploitation de ces modèles, en particulier la quantification des incertitudes qui peuvent être très importantes pour ce thème, le couplage avec les observations et enfin la réduction et l'optimisation des modèles. Aujourd'hui, la journée commence avec Guillaume Binet.

Thématique

Le thème de cette journée "Le calcul scientifique pour la ville intelligente?", est né d'une proposition de **Vivien Mallet (INRIA)**

Grâce au développement de la ville numérique, de nombreuses données quantitatives viennent alimenter notre connaissance du milieu urbain. Elles permettent une meilleure représentation de la ville et accroissent le champ de la modélisation numérique. En conséquence, le calcul scientifique s'applique de plus en plus aux systèmes urbains, avec l'objectif affiché d'apporter de l'aide à la décision. Cette contribution croissante participe à l'essor de la ville intelligente où le pilotage du développement urbain vise sur une gestion optimale des ressources.

Le calcul scientifique se décline pour plusieurs composantes fondamentales de la ville: gestion des transports, contrôle de la qualité des eaux, suivi de la qualité de l'air, lutte contre la pollution sonore, performance énergétique des bâtiments, etc. Divers modèles numériques et méthodes de calcul permettent d'exploiter la connaissance de la dynamique des systèmes urbains, ainsi que les observations sporadiques ou relevées en masse.

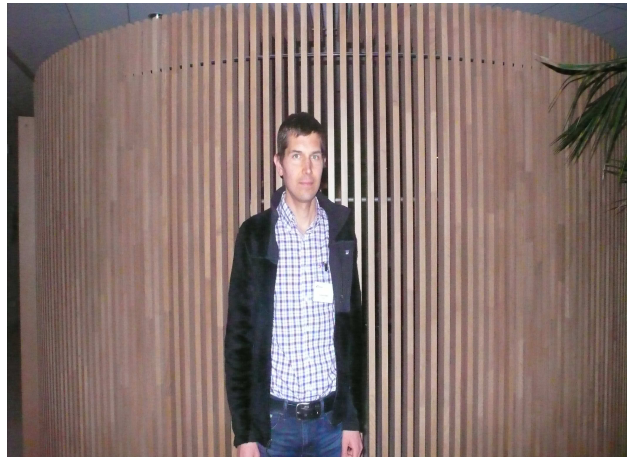
Le séminaire illustrera l'apport du calcul scientifique à la définition de la ville intelligente dans plusieurs domaines. Les objectifs seront de préciser les enjeux, d'exposer l'état de l'art et d'ouvrir sur les prochains défis à relever, parfois à la croisée de plusieurs domaines.

1. De l'unité logement à un parc de bâtiments résidentiels, des usages domestiques aux usages thermiques, une même problématique: simuler le foisonnement

Guillaume Binet (EDF R&D)

Guillaume Binet travaille sur le site EDF des Renardières, à Morêt-sur-Loing (Seine-et-Marne), sur la modélisation en puissance des usages électriques du secteur résidentiel français. Ce secteur consomme 391 TWh d'énergie soit 29% de la consommation finale nationale, soit autant que l'ECS (chauffage, eau chaude, cuisson). Ces 391 TWh sont utilisés à 81% par le chauffage. Depuis 1973, la progression des habitations chauffées à l'électricité a cru fortement. Tous les usages ont une efficacité énergétique qui diminue. Mais il vaut mieux parler en puissance qu'en énergie car le temps intervient forcément. Avec 1kwh, on peut faire une raclette en une heure ou utiliser un réfrigérateur A++ pendant plusieurs jours. Le développement des usages a contribué à aplanir le profil de charge journalier. Suivant le type de journée (hiver, été, semaine, week-end), l'appel d'électricité est différent. La croissance de la puissance de pointe maximale est régulière (+36% depuis 2001).

Il faut planifier et dimensionner le réseau, investir au mieux dans les moyens de pointe, gérer le pilotage et les intermittences (ENR, auto-consommation). La grande difficulté est qu'il n'existe aucun profil résidentiel mesuré. Il n'y a pas de méthode éprouvée pour reconstituer la courbe de charge résidentielle en particulier pour chaque usage. Il faut aussi prévoir les ruptures technologiques (sèche-linge avec pompe à chaleur), les véhicules électriques, les modifications des habitudes de vie et la gestion du réseau à des mailles de plus en plus fines (quartier, ville). Il faut pourtant pouvoir réaliser des études prospectives sur la courbe de charge d'un ensemble de logements.



Comment modéliser tous les éléments de façon pertinente ? EDF privilégie la modélisation dite « bottom-up techno-explicite ». Elle permet de comprendre finement la construction de la courbe de charge et d'anticiper les ruptures. Mais cette approche est gourmande en données de mesures et ne marche pas bien pour des populations de faible taille. Le principe est d'analyser les usages pour n ménages. Ces données sont agrégées ensemble. Exemple : avoir un réfrigérateur et s'en servir n'est pas suffisant. Personne ne fait la même chose au même moment. Il faut faire attention au pas de temps, car on peut avoir l'énergie consommée sans avoir la courbe réelle de consommation. L'échelle de modélisation est aussi importante. À l'échelle de la ville, le pas de temps doit être petit, alors qu'à une échelle plus grande, le pas de temps peut être plus long.

Mais si tout le monde utilisait son lave-linge en même temps, tout sauterait. Le foisonnement temporel et la diversité des produits permettent de sauver le système électrique. De plus, chez un ménage, il n'y a pas deux journées identiques. Ce foisonnement concerne donc aussi bien la technique que les comportements, la météo des régions ou la composition du foyer et ses revenus.

Il faut donc connaître par exemple le cycle unitaire de puissance des appareils selon les usages. Avec plusieurs simulations, on peut faire des moyennes des courbes foisonnées. Cela fonctionne par exemple pour les lave-linge ou les sèche-linge ou les usages thermiques. Dans ce dernier cas, il faut construire les modèles des bâtiments, définir les paramètres déterminants pour les besoins de chaud et modéliser la température intérieure selon le nombre d'habitants dans un espace. En assemblant les courbes des différents cas selon la méthode bottom-up techno-explicite, on peut converger si la maille n'est pas trop fine (il faut assez de courbes pour avoir un bon agrégat). Reste que le modèle n'est pas calé, car il n'y a pas de référence. Le groupe manque de données de mesures et de contextes sociologiques.

2. Couplage entre modèle et observation pour la simulation de la qualité de l'air

Vivien Mallet (INRIA)

Vivien Mallet, du Citylab de l'Inria (<http://citylab.inria.fr>), remplace au pied levé Fabien Brocheton, empêché. Sa présentation porte sur le couplage entre modèle et observation pour la simulation de la qualité de l'air. Le travail a été effectué avec Numtech, une société spécialisée dans la modélisation de la qualité de l'air, et l'association Airparif, chargée par le ministère de l'environnement de la qualité de l'air en Ile-de-France. Avec 400 points de mesures du trafic sur Paris, Vivien Mallet calcule le trafic sur certaines rues choisies, puis, à l'aide d'un modèle, évalue les émissions de ce trafic pour un parc moyen de voitures, tandis qu'un autre calcule les interactions de différents polluants et leur transport. Il obtient un niveau de concentration auquel on peut s'attendre pour le NO_2 , l'ozone et autres polluants... Ces concentrations sont calculées à différents pas de temps. Cela prend en compte entre autres la géométrie de la ville (les rues canyons avec des grands immeubles).



Les calculs sont confrontés à des observations qui donnent des valeurs de références. Elles peuvent être très différents des concentrations calculées. Il faut donc améliorer les modèles et caractériser mieux les points de mesures. Les modèles sont corrigés aux lieux d'observations mais aussi ailleurs. On passe ainsi d'une carte simulée à une carte dite analysée qui reproduit bien

mieux la réalité. Des études ont montré que les cartes analysées indiquaient une plus grande diversité des expositions aux polluants. Le déploiement de ce logiciel dans 12 villes est en cours.

Dans le modèle, les niveaux de concentrations sont représentés par un vecteur qui a une erreur supposée et une variance matricielle. Les observations sont aussi représentées par un vecteur de variance différente. On passe de la simulation aux observations par un opérateur qui permet de calculer un estimateur linéaire, sans biais et d'erreur de variance minimale.

Les erreurs peuvent être quantifiées, ce qui est intéressant pour savoir où mettre de nouvelles stations de mesures. Ce travail d'assimilation de données a aussi été effectué sur les particules fines et sur la région parisienne. C'est en train d'être fait sur le bruit à San Francisco avec des téléphones équipés de sonomètres.

3. Intelligence Artificielle et Simulation multi-agent des comportements humains pour l'animation d'une ville virtuelle

Vincent Corruble (UPMC/LIP6)

Vincent Corruble, du LIP6, Laboratoire d'Informatique de l'université Pierre et Marie Curie, a travaillé dans le cadre du projet TerraDynamica. Ce laboratoire s'intéresse à l'Intelligence artificielle (IA) depuis les années 1970. Depuis quelques années, Vincent Corruble se penche sur les simulations multi-agents. Cela a commencé avec le jeu vidéo puis aujourd'hui la ville intelligente avec TerreDynamica, un projet supporté par Thalès. D'après lui, les travaux étaient focalisés sur les habitants. C'est aujourd'hui la gouvernance qui prend le pas. L'autre axe est la comparaison entre la ville virtuelle et la ville réelle. TerreDynamica s'appuie sur la ville virtuelle, bien que les données viennent de la ville réelle. Le projet s'est terminé il y a 1,5 ans. Il consistait à représenter la vie dans la ville avec 100 000 acteurs urbains, en s'appuyant sur un travail précurseur Terra Numerica, une modélisation et visualisation urbaine. L'animation d'une ville par des piétons et des véhicules fait appel à l'IA pour simuler ces acteurs. TerraDynamica visait plusieurs applications (jeux, services de proximité, sécurité, transport, urbanisme). Le projet visait des interactions à travers le web, le visuel, le son. L'IA haut niveau considère les processus qui induisent des comportements (facteurs humains dont l'état émotionnel). Cela a donné des visualisations en temps réel en 3D, dynamique et sonore. Le projet de représenter la vie est ambitieux, car la dynamique est complexe. Au premier niveau, c'est la routine des déplacements. Ensuite on veut que les agents réagissent aux événements de manière crédible. On peut aussi leur donner des capacités d'anticipation, de planification et même les capacités d'action collective des acteurs, comme les services de surveillance ou de secours.

TerreDynamica veut donc simuler les déplacements de façon crédible. La finalité n'est pas forcément de représenter la réalité, mais au moins que l'observateur ne détecte pas d'incohérences, ce qui est déjà ambitieux. La communauté de l'intelligence artificielle a déjà un demi-siècle en particulier par les sciences mais aussi les arts, comme le cinéma (Metropolis, Blade runner) sans qu'il y ait de



l'interactivité. Dans les jeux vidéo, l'interactivité est contrainte par les scénarios. La crédibilité y est locale. Certains jeux comme Sim city sont plus ouverts, mais la simulation est peu réaliste. Avec l'IA, le groupe voulait une simulation crédible d'environnement et comportements riches en temps réels et à plusieurs échelles spatiales, un haut niveau d'interactivité sans scénario défini a priori et applicable à plusieurs domaines.

Un point clé est la modélisation des émotions des personnages. Cela introduit plus de complexité tout en conservant une simplicité d'utilisation pour les utilisateurs potentiels non spécialistes d'IA et des besoins de calcul plus faibles. Plusieurs thèses sont en cours sur le sujet. Le passage à l'échelle est un point clé. Le groupe a exploré l'équilibre entre la richesse des comportements et l'échelle des agents. Il faut alors que les agents représentent parfois une personne, parfois plusieurs. Pendant la simulation, cet agent peut changer de statut (de un acteur à plusieurs). L'idée est d'évaluer chaque seconde la distance physique et

psychologique des agents, et aussi ce que regarde l'observateur. Loin de lui, un agent peut être un agrégat d'acteurs, ce qui n'est pas le cas quand il regarde un événement particulier. Ces simulations ont été présentées à la conférence AAMAS (conférence internationale sur les agents autonomes et les systèmes multi-agents), qui s'est tenue à Paris du 5 au 9 mai 2014.

4. Modélisation du trafic routier à l'échelle métropolitaine

Vincent Aguiléra (CEREMA)

Vincent Aguiléra était au Laboratoire Ville Mobilité Transport de l'école des ponts Paris-Tech. Depuis 6 mois, il a rejoint le centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema). L'objet de sa présentation est la modélisation de trafic à l'échelle métropolitaine, donc un niveau plutôt macroscopique. Un exemple d'application est le niveau de prix des péages pour répartir les véhicules sur les différents axes.

Le trafic routier est une adéquation entre l'offre (les routes et leurs intersections) et la demande (les véhicules). Quand on regarde l'offre (quel nombre de voies, combien de routes) on peut rester sur des approches statiques. Mais pour aller plus loin, il faut une approche dynamique. On s'aperçoit qu'on peut modifier l'offre et étudier la demande. Certains automobilistes



veulent des routes rapides, d'autres des routes pas chères. Ils choisissent tous leur itinéraire et leur horaire de départ. Comme les routes ont une capacité limitée, il y a des problèmes de congestion. Les services de transports vont s'axer sur la fiabilité du temps de parcours, des prix, des informations disponibles. Tout cela va conditionner la répartition des usagers sur le réseau et créer, ou pas, des phénomènes de congestion. Les gestionnaires de réseau utilisent différentes techniques de gestion de trafic, par exemple la détermination de différents cycles de feux suivant les routes dans une intersection, avec des temps acceptables d'attente. L'exploitant peut agir sur l'offre (les feux, la régulation d'accès, la régulation de vitesse, l'allocation des voies selon les horaires ou selon le trafic ou les voies réservées bus ou taxi. Il peut aussi agir sur la demande : conseils d'itinéraires, d'horaires de départ et modification du montant des péages selon l'heure ou le jour.

Le trafic est caractérisé par l'écoulement des véhicules qui est le rapport est le taux d'occupation de la route avec la vitesse des véhicules ou avec le nombre de véhicules. La modélisation simple du trafic fait intervenir le débit, l'écoulement, le temps inter-véhiculaire et le temps de réaction. Mais on peut modifier les échelles avec une simulation d'un flux de véhicules ou des distribution de valeurs. On peut aussi avoir des modèles de files d'attente ou des fonctions débit-temps. Mais aussi des modèles dits d'affectation qui donnent le heure, le temps de parcours, la répartition des véhicules, etc. Ils peuvent être statiques quand ils calculent la répartition des usagers sur deux routes, mais aussi dynamiques quand on peut jouer par exemple sur l'heure de départ.

Le modèle LTK (Ladta ToolKit) permet de résoudre l'affectation dynamique sur des réseaux de grande taille. Il prend en compte le volume de véhicules entrant sur un chemin et le temps de parcours selon un modèle d'écoulement. La demande est satisfaite quand l'ensemble des possibilités offertes est égal au volume de la demande. En réalité, l'ensemble des paires origine-destination peut atteindre le million. Ce

peut être appliqué à l'émission de polluants à chaque instant et cela permet ainsi de voir, si on empêche les véhicules polluants de circuler au centre de Paris, de voir la répartition des polluants sur la région et constater si les émissions sont constantes ou non.

Le plus difficile est d'estimer la demande et de modéliser de façon approfondie la comportement des usagers.

5. Évaluation Collaborative de l'état de la chaussée en ville par les véhicules connectés

Patrick Bibas (Ellis-Car)

Patrick Bibas présente Ellis Car, la société qui commercialise son logiciel de gestion de flotte automobile du même nom. Les utilisateurs de véhicules recherchent des moindres coûts ou de l'efficacité, mais l'évaluation de l'état de la chaussée intéresse beaucoup aussi les assureurs ou les collectivités. Quand on utilise un véhicule de manière professionnelle ou personnelle, cela peut intéresser les autres membres de la société. L'utilisation collaborative des données permet de réduire les risques d'accidents. L'équation du danger dépend de la voiture, du conducteur et de l'état de la chaussée. La voiture s'est améliorée en terme d'airbag, de pneus, de systèmes de freinage ou de caméras infrarouges. Une mesure nouvelle annoncée par le ministre de l'Intérieur Bernard Caseneuve est l'utilisation de l'informatique embarquée. On a réduit le risque du conducteur par les sanctions. Mais on peut pousser le conducteur à s'auto-émuler par des économies, des moindres usures et l'utilisation de jeux. L'infrastructure routière est le parent pauvre de la connaissance. Certaines routes sont très accidentogènes comme certaines régions, mais on n'a pas les données sur l'état de chacun des segments de routes.



Ellis Car travaille sur la valorisation des données, mais il faut pouvoir les récupérer à partir d'un ordinateur de bord connecté au réseau, ou aux flottes d'entreprise ou de collectivités. À cela, il faut ajouter les données ouvertes, comme la météo ou les données de la gendarmerie. Mais l'automobiliste

peut aussi fournir lui-même ses données, par les flux RSS. Ces informations sont déterminantes pour prédire les pannes et les accidents. Avec ces données, on peut prévenir les conducteurs de différents paramètres (vitesse, freinages, virages, etc.) en comparaison avec les autres véhicules de la flotte à laquelle il appartient, et voir son évolution. Cela contribue à améliorer globalement la flotte. Un conducteur peut revenir sur ses performances et étudier ses performances selon les trajets.

Les bénéfices de ces tableaux de bords et des formations qu'ils induisent sont multiples. Économies pour les collectivités, améliorations de la sécurité, choix d'itinéraires avec moindres risques.

Aujourd'hui certains véhicules avec électronique embarquée détectent les problèmes de chaussées. Ces données sont transmises en temps réels aux responsables de ces routes afin que les travaux soient réalisés au plus vite.

Ainsi, plus de véhicules auront d'électronique embarquée, plus les routes seront sûres.

6. Modélisation pour la qualité d'eau dans les réseaux d'eau potable

Rachida Chakir (IFFSTAR)

Les travaux de Rachida Chakir (IFFSTAR) permettent d'identifier s'il y a des fuites ou des polluants dans les réseaux d'eau. Il faut pour cela faire des simulations des champs de vitesse des écoulements et des concentrations de polluants. Les méthodes inverses partent des mesures de vitesse dans les canalisations et permettent de récupérer les données de départ, entre autres les vitesses d'entrée du flux et des polluants, ici le chlore. À partir des équations de Navier-Stokes, le groupe construit des modèles simplifiés qu'ils itèrent afin de converger. La méthode des bases réduites est basée sur le fait qu'on peut choisir un ensemble de paramètres tel que l'ensemble des solutions puisse être approché. Si ce nombre de paramètres est petit, la méthode est très prometteuse. Ces paramètres sont choisis soit au hasard, soit par décomposition orthogonale propre ou par la méthode « glouton ». Les coefficients sont approchés par itération convergente. Cela permet de résoudre des petits systèmes linéaires. La méthode a été testée sur une jonction en forme de T. Avec la méthode éléments finis, le calcul prend 640 secondes, alors qu'avec la méthode des bases réduites, le groupe parvient au même résultat en 4,2 secondes.

Parmi les perspectives, le groupe essaie d'appliquer la réduction de modèles à l'échelle d'un quartier. Mais il note le risque de perdre les échelles de la turbulence.

7. Modélisation numérique de la propagation du bruit dans les villes

Judicaël Picaut (IFSTTAR)

Judicaël Picaut est le directeur du laboratoire d'acoustique environnementale de l'Iffstar de Nantes. Son sujet d'étude : le bruit. Une nuisance pour 2 français sur 3 en ville et le deuxième facteur de risque environnementaux selon l'OMS. C'est aussi un problème économique et réglementaire. Dans ce contexte, la modélisation numérique est à la base de tout outil de prévision du bruit dans l'environnement. Cela permet de simuler les salles, les quartiers, les villes. La propagation acoustique est un phénomène ondulatoire régie par des conditions aux limites. Les bruits se propagent, se dispersent, se réfléchissent sur les façades se diffractent par les arêtes des bâtiments, sont absorbés par l'air et dépendent de la nature du sol... La propagation du bruit est donc complexe. La complexité fait que la résolution analytique est à oublier pour des approches numériques, comme les éléments finis. Mais la taille de la mémoire et le temps de calcul sont importants. Pour pallier ce problème, le laboratoire utilise des approches dites hybrides dans lesquelles le bruit est décrit comme un champ sonore plutôt qu'une onde. Cela permet de simuler, les murs antibruit, la propagation d'un bruit dans un village ou sur des façades.

Une méthode temporelle originale est basée sur la physique de sources secondaires occasionnées par la propagation d'un bruit sur différents obstacles. Cela a permis de se rendre compte que des toitures végétalisées permettent d'atténuer la propagation des bruits d'une rue à l'autre.



Un point intéressant est de combiner ces simulations avec la géomatique, c'est-à-dire les systèmes d'information géographique (SIG). Cela a été réalisé sur Nantes avec le logiciel open-source NoiseM@p (noisemap.orbisqis.org).

8. Collecte de données 3D pour la modélisation urbaine à l'IGN : résultats, verrous et tendances

Bruno Vallet (IGN)

Bruno Vallet est chargé de recherche au laboratoire Matis de l'IGN. L'organisme possède le référentiel à grande échelle RGE, un modèle 3D de l'ensemble du territoire au mètre près, mais a envie de faire mieux. À quoi ça sert ? Les modèles de ville sont indispensables pour faire des calculs sur ce domaine. La collecte de données dépend de la résolution et de l'échelle. Les satellites peuvent le faire pour le Globe, mais pour avoir des résolutions de 10 cm, il faut utiliser des avions. Il faut passer au sol pour des résolutions de 1 cm. L'IGN le fait avec un véhicule appelé Stéréopolis, des drones ou des véhicules qui vont sur les trottoirs. Un système laser sur trépieds permet d'approcher le millimètre. Ces données brutes sont utilisées pour des reconstructions de surface, ce qui donne une vision assez précise des villes ou des bâtiments. Avec Stereopolis II, 2 à 3 terabytes d'information sont récupérés par jour. Le problème est la précision. Elle atteint 10 cm en valeur absolue, et à 1 cm pour des distances relatives. En passant plusieurs fois sur les mêmes lieux, le GPS donne un nuage de points qu'il faut recalculer. L'imagerie arienne, bien connue à l'IGN, peut être recalculée sur des zones connues tels les passages piétons. Cela donne un logiciel semblable à Google Street View. Si un aménageur veut installer un équipement, les données permettent de faire de la réalité augmentée.

Comme la ville n'est pas statique, un logiciel permet de distinguer les changements. C'est aussi possible avec les pointages laser. L'IGN essaie de mettre aujourd'hui de la sémantique dans ses modèles, pour reconnaître ce que sont les objets présents dans les images. D'autres travaux essaient de remonter aux matériaux et aux couleurs originels. De même, avec les



images aériennes, l'IGN essaie de reconstruire les modèles 3D des bâtiments. On peut même reconstruire les superstructures visibles sur les toits pour, par exemple, voir si on peut y mettre des panneaux solaires. Avec l'Onera, les images multi-spectrales permettent de visualiser plus précisément les matériaux. Le travail de reconstruction peut aussi être fait sur les trottoirs afin par exemple de proposer des itinéraires piétons ou handicapés ou pour les mobilités douces comme le vélo. La composante temporelle peut être introduite en utilisant les données 3D et en les appliquant par exemple à l'étude de trafic routier.

Le problème est la masse de données récupérées. Il faut pouvoir traiter la nuit les données récupérées le jour. Ce n'est pas encore le cas.

9. Large-scale quantitative visual analysis of urban environments

Josef Sivic (INRIA)

Josef Sivic, membre de l'Inria, travaille au département d'informatique de l'École normale supérieure. Son travail se situe dans le cadre du CityLab de l'Inria. Il essaie de répondre aux questions : qu'est-ce qui fait que Paris est Paris ? Quels sont les éléments remarquables typiques ? Si les hommes peuvent reconnaître une ville, une machine peut-elle le faire ?

La réponse à ces questions par de la reconnaissance de différents éléments typiques présents dans les images et, en même temps, de voir qu'un autre élément n'y est jamais présent. Ce travail doit être effectué sur des millions de vues, donc des milliards de patches. L'approche est de trouver les éléments déterminants (réverbères, fenêtres, balcons, végétation, etc.).



Pour aller plus loin, on peut différencier dans une ville différents quartiers et même l'époque de prise de vue. L'étude des métadonnées des images permet d'élaborer une fonction des tendances de construction. L'utilisation des œuvres d'art permet de revenir à l'image 3D de ces constructions et à leur évolution dans le temps.

Ainsi les différentes sources de données et d'archives permettent de développer une analyse quantitative des visuels. Cela permet de comprendre, simuler et optimiser les environnements urbains.