



Recherche **R&E** Équipement

Revue éditée par la Drast

Juillet 2004 • N°3

Dossier **Les horizons du satellite**

Transports Recherche : l'accélérateur européen

Sécurité Lutter efficacement contre les incendies dans les tunnels

Construction métallique Des ouvrages plus compétitifs grâce à Mikti



Environnement

Les études
aérodynamiques
du viaduc de Millau

Entretien

Michèle Pappalardo,
présidente de l'Agence de
l'environnement et de la
maîtrise de l'énergie



R&E est une revue éditée par la Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques du ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer

Tour Pascal B
92055 La Défense Cedex
Tél. : 01 40 81 14 35
Fax : 01 40 81 63 96
Mél. : DRAST@equipement.gouv.fr

- **Directeur de la publication**
Jean-Michel Etienne
- **Rédaction en chef**
Monique Rostain
- **Conception éditoriale et coordination**
Nathalie Seyer (Natedit)
- **Conception graphique et réalisation**
Brigitte Chapelain (Lenox)
- **Impression** Paper Power

Correspondants dans les organismes

- Dominique Colin de Verdière (Cena) ;
Marc Ellenberg (Certu) ;
Anne-Marie Le Pense (Cete de l'Est) ;
Yves Gras (Cete de Lyon) ;
Patrick Degrange, Philippe Sergent (Cetmef) ;
Marc Tesson, Didier Lacroix (Cetu) ;
Louis Laret, Jacques Rilling (CSTB) ;
Jean Bresson (Enac) ;
Michel Kasser (ENSG) ;
David Chupin (ENPC) ;
Francette Pignard, Robert Thomazeau (ENTPE) ;
Philippe-Jacques Hatt, Alain Lagrange (Ifremer) ;
Marc Pierrot-Deseilligny (IGN) ;
Alix Gicquel, Marlène Choukroun (Inrets) ;
Géraldine Letortu, Rémi Pochat (LCPC) ;
Germaine Rochas, Eric Brun (Météo-France) ;
Michèle Tilmont (Puca) ;
Bernard Duhem (Predit) ;
André Colson (RGCU) ;
Pierre Establet, Bruno Lebental (Sétra).
- avec la contribution exceptionnelle (pour le Cetu) de Benoit Playoust, journaliste.



p.3 **Actualité**

Recherche : l'accélérateur européen p.3

Le RST, à l'heure des Eurocodes p.5

Le rôle clef de la charte de l'expertise p.6

Brèves p.7/8

Predit : un premier bilan p.9



p.10 **Dossier**

Les horizons du satellite p.10 à 20

Le point sur quelques-unes des recherches et des applications en cours de réalisation dans le réseau scientifique et technique.



p.21 **Recherches en cours**

Détecter, combattre et modéliser les incendies p.21

Ne pas oublier les usagers p.22

Mieux connaître l'impact des métaux lourds dans les sols p.23

Un outil de diagnostic pour les marchandises en ville p.24

Des données sur la lumière naturelle p.25



p.26 **Résultats de recherches**

Les études aérodynamiques du viaduc de Millau p.26

Des ouvrages plus compétitifs grâce à Mikti p.28

Deux innovations labellisées p.30

Symphonie-Tunnels : pour mieux anticiper les effets du feu p.31

Les services de proximité, un atout pour les centres villes ? p.32

La mobilité des habitants du périurbain p.33

Un procédé de connexion acier-béton innovant p.34

Simnav, un simulateur de navigation accessible p.35

p.36 **A lire**

Thèses soutenues à l'Inrets, à l'ENTPE et à l'Enac en 2003 p.36

Ouvrages p.37



p.38 **Entretien avec...**

Michèle Pappalardo, présidente de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie p.38

TRANSPORTS

Recherche : l'accélérateur européen



Le 6^e PCRD est organisé selon sept thématiques prioritaires :

- Sciences de la vie, génomique et biotechnologies pour la santé,
- Technologies pour la société de l'information,
- Nanotechnologies, nouveaux matériaux et nouveaux procédés,
- Aéronautique et espace,
- Qualité et sûreté des aliments,
- Développement durable, changement planétaire et écosystèmes,
- Citoyens et gouvernance dans une société basée sur la connaissance.

Ces thématiques sont complétées par une série d'actions horizontales (infrastructures de recherche, mobilité des chercheurs, soutien aux politiques...).

Le 6^e Programme Cadre de Recherche et Développement couvre la période 2002-2006. Il a pour objectif principal la structuration et l'intégration de la recherche européenne, dans le but de promouvoir un Espace Européen de la Recherche, qui ferait disparaître les barrières nationales, favoriserait l'émergence d'un grand marché unique de la recherche et des chercheurs en Europe, et consoliderait des pôles d'excellence européens de niveau mondial. Organisé selon sept thématiques prioritaires, il est doté d'un budget de 17,5 milliards d'euros pour cinq ans.

Globalement ce sont près de 800 millions d'euros qui seront injectés dans la recherche « Transport de surface » (terrestre et maritime) en Europe à travers le 6^e PCRD, à comparer avec le Predit, doté de 300 millions d'Euros sur la même période de cinq ans, pour les seuls transports terrestres.

Un point de contact national

Si le Predit offre aux chercheurs français du secteur transport la meilleure chance de financement, c'est dans le PCRD que les projets les plus importants sont financés, grâce à l'effet de levier de la coopération européenne. Il est donc essentiel que nos équipes y soient présentes.

Le ministère a mis en place un Point de Contact National pour les transports de surface (PCN Transports).

Cet instrument, dont la création est suscitée par la Commission européenne, fait partie d'un réseau national de PCN thématiques qui bénéficie du soutien du ministère de la Recherche. Chaque PCN est l'interface entre la Commission et les acteurs de la recherche dans le domaine couvert. Il est également intégré dans le réseau des PCN 'Transports' de l'ensemble des 30 pays émergeant au PCRD, qu'anime la direction transport de la direction générale de la recherche de la Commission.

En France, le PCN Transport est géré par la Drast. Son point d'appui opérationnel est localisé à Bruxelles à la délégation ●●●

Un PCN est chargé d'assurer :

- Veille et diffusion d'informations sur le PCRD
- Sensibilisation des équipes françaises et promotion du programme
- Assistance, aide au montage de projets

Pour les transports consulter : www.pcn-transport.org

●●● du réseau scientifique et technique du ministère au sein du Clora (Club des organismes de recherche associés) structure qui regroupe l'essentiel des organismes de recherche publics français.

Le poids de la France

Depuis le début du PCRD, sept appels à propositions ont été lancés. Les premiers résultats font apparaître une participation française de l'ordre de 8 à 9 % pour la recherche

echnologique :

	Propositions	retenues	%
Projets présentés	150	57	38,0 %
Coordination française	13	5	38,5 %
%	8,7 %	8,8 %	
Participants	2 514	1 159	46,1 %
Participants français	217	100	46,1 %
%	8,6 %	8,6 %	

En termes financiers, la participation française serait de l'ordre de 10,5 %, les budgets des partenaires français étant supérieurs à la moyenne européenne du fait d'un coût du travail supérieur à celui des nouveaux Etats-membres.

Pour le dernier appel d'offres qui portait sur des aspects politiques et socio-économiques, la position française s'est améliorée :

	Propositions	retenues	%
Participants	556	254	45,7 %
Participants français	51	28	54,9 %
%	9,2 %	11,0 %	

En termes financiers, la participation française s'élèverait à près de 14 %... A noter qu'une proposition française sur deux a été retenue. Ce résultat satisfaisant s'explique notamment par le succès obtenu pour la partie de l'appel dénommée Civitas, qui visait à financer des villes pour leur mise en œuvre de politiques de transports durables innovantes. La Rochelle et Toulouse ont été retenues pour coordonner deux des quatre projets financés, en association avec 17 villes européennes.

Le RST, un acteur européen

Les organismes du réseau scientifique et technique du ministère ont pris leur part de ces succès :

- L'Inrets, partenaire de nombreux projets, est notamment le coordonnateur du réseau d'excellence « Humanist » visant à développer un pôle d'excellence européen sur l'ergonomie appliquée à la sécurité routière ;
- Le Cete du Sud Ouest est co-leader du projet Safetynet qui vise à la constitution d'un « Observatoire de la sécurité routière européenne ». Il est également un des partenaires majeurs du projet coordonné par Toulouse dans le cadre de Civitas ;
- Le Certu est associé au comité stratégique du programme Civitas.

Le PCN Transport est par ailleurs coordonnateur de « l'action support » *Etismarland*, projet en partenariat avec de nombreux autres PCN européens, visant à promouvoir la participation des PME aux programmes de recherche européens dans les transports. ■

Contacts

Michel Billotte, Drast/Clora
billotte@clora.net
Mathieu Goetzke, Drast
mathieu.goetzke@equipement.gouv.fr

Un nouvel instrument : le réseau d'excellence.

➤ Le réseau d'excellence réunit les meilleures équipes européennes travaillant sur le même sujet, et finance leurs efforts d'intégration, c'est-à-dire tout ce qui permettra à ces équipes de n'en former plus qu'une à terme...

Il ne finance pas les recherches conduites dans le réseau.

Ectri, la conférence européenne



Créée en septembre 2001 à l'initiative de l'Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité), l'Ectri - *European Conference of Transport Research Institutes ou Conférence Européenne des Instituts de Recherche en Transport de Surface* - rassemble 1 500 chercheurs appartenant à une quinzaine d'organismes européens de recherche dédiés au transport. C'est une plate-forme d'échange entre les différents membres afin de participer à l'intégration et à la structuration de l'Espace Européen de la Recherche. Fonctionnant depuis 2003 avec un statut d'association, Ectri a centré sa réflexion

autour des thématiques suivantes :

- le transport durable, en privilégiant les approches énergétiques et environnementales liées à l'exploitation des systèmes de transport,
- les systèmes de transport intelligents, en s'appuyant sur les technologies de l'espace (Galileo, GMES) et en portant une attention particulière aux systèmes d'aide à la conduite,
- la sûreté et la sécurité des transports et de la circulation, en s'intéressant en particulier à la conception des véhicules et à la sûreté des infrastructures,

- la prise en compte des aspects comportementaux et sociétaux en termes de trafic et de transport, en adoptant une approche centrée sur l'usager individuel,
- l'économie des transports, en proposant une analyse des coûts et des bénéfices des nouvelles solutions envisagées pour les différents systèmes de transport en Europe. ■

Contact

Secrétariat permanent d'Ectri
Jean-Pierre Médevielle, Inrets,
directeur général adjoint
jean-pierre.medevielle@inrets.fr

Glossaire de la recherche européenne

■ **EER** = l'espace européen de la recherche (en anglais, ERA pour *European Research Area* répond à la volonté de mettre en œuvre une politique commune de la recherche, passant par l'intégration et la concentration des capacités scientifiques et technologiques des Etats membres.

www.europa.eu.int/comm/research/era/index_fr.html

■ **PCRD** = le programme cadre de recherche et développement (en anglais, FP pour *Framework Programme*) est le principal outil de l'Union européenne visant à mettre en place l'EER. Il apporte un soutien financier à des projets et réseaux de recherche, à la mise en place d'infrastructures communes, à la mobilité des chercheurs, et à la coordination des programmes nationaux.

www.fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm

■ **Eurêka** = Eurêka est un dispositif de soutien à l'innovation européenne, qui permet le financement de projets de R&D pouvant déboucher sur des nouveaux produits.

www.eureka.be

■ **Cost** = la coopération européenne dans le domaine de la recherche scientifique et technique, initiative intergouvernementale créée en 1971, permet de financer l'organisation de séminaires, les frais de déplacements de participants à des tables rondes, la publication de contributions scientifiques collectives, et des missions de courte durée de chercheurs dans un pays partenaire.

www.cost.cordis.lu/src/home.cfm

■ **Era-net** = volet du 6^e PCRD visant à aider à la mise en réseau des programmes nationaux de recherche, dans le but de développer des coopérations bilatérales et multilatérales entre les Etats membres.

www.cordis.lu/coordination/era-net.htm

■ **Plates-formes technologiques** = la Commission européenne a fait part de son souhait de lancer des initiatives technologiques à l'échelle européenne, sous forme de « plates-formes » qui seraient des enceintes de concertation associant acteurs et utilisateurs publics et privés. Au cours du 7^e PCRD, elles pourraient aller jusqu'à piloter la mise en application d'un agenda de recherche commun. Dans le champ des transports, des instances de préfiguration ont déjà été mises en place par mode (Acare pour l'aérien, Errac pour le rail, Ertrac pour la route).

www.errac.org et www.ertrac.org

■ **CCR** = le centre commun de recherches (en anglais, JRC pour *Joint Research Center*) est le service de la Commission européenne qui apporte un soutien scientifique et technique à l'élaboration des politiques communautaires.

www.jrc.cec.eu.int

RÉGLEMENTATION

Le RST, à l'heure des Eurocodes

Toutes les divisions d'études spécialisées dans les ouvrages d'art du Réseau scientifique et technique du ministère de l'Equipement (RST) se sont mises à l'heure des Eurocodes et mènent une coopération privilégiée avec le ministère fédéral allemand.

Avec le trafic, le vent, la température... les ponts respirent, s'adaptent, soufflent ou vibrent. Un pont est vivant : au départ on imagine seulement sa silhouette, très vite on a besoin de calculer ses lignes de force. Les experts, conduits très tôt au niveau français par Jean-Armand Calgaro*, confrontent depuis longtemps leurs pra-



Précontrainte de fléau



Instabilités au lancement

tiques pour produire un code unique de calcul pour le génie civil européen.

Les Eurocodes maintenant figés, pour la plupart votés et traduits, demandent encore des guides d'accompagnement, des annexes nationales, tout un suivi... Normalisateurs et projeteurs y travaillent ensemble. L'effort est important : les formations organisées au Service d'études techniques des routes et autoroutes (Sétra) pour la centaine de spécialistes, études, « ouvrages d'art » du RST, ont créé une dynamique ; l'effet réseau permet de développer la compétence collective.

Dix Eurocodes

Le Sétra intervient dans sept Eurocodes sur dix. Les Eurocodes EC 0 et EC 1 traitent des bases de calculs, de la fiabilité et de la sécurité des structures. L'approche du risque y est nouvelle et le Sétra en a profité pour créer un pôle de compétences risques. L'EC 2 concerne les ouvrages en béton, les EC 3 et 4, les structures en métal ou mixtes

acier/béton. Pour les structures en béton, certaines règles forfaitaires laissent la place à des méthodes plus scientifiques. Dans le domaine du métal, le Sétra prolonge son activité de recherche en partenariat avec l'université de Stuttgart sur les problèmes de voilement de plaques, point sensible des grands ponts métalliques. L'EC 7 traite des aspects géotechniques en reprenant pour partie les pratiques françaises. Enfin, l'EC 8 couvre la conception parasismique, des méthodes de dimensionnement jusqu'au procédé d'isolation sismique par amortisseurs et autres appareils spéciaux.

Une série de ponts calculés avec les Eurocodes et des tests plus spécifiques permettent d'évaluer l'ergonomie de ces normes, d'estimer l'impact économique et d'entrevoir les difficultés juridiques. Ces préoccupations constituent les axes de travail entre le Sétra et le ministère fédéral allemand en tant que maîtres d'ouvrages et prescripteurs.

Enfin, n'oublions pas que les Eurocodes ne s'adressent pas qu'aux ouvrages neufs et qu'en matière de réparation, les normes n'offrent malheureusement pas de solution toute prête. ■

*Jean-Armand Calgaro, ancien responsable de la mission recherche et réglementation au Sétra, est aujourd'hui au Conseil général des Ponts "National Eurocodes Correspondent", pour la France.

Contact

Hélène Abel, Sétra, Chef du centre technique des ouvrages d'art
helene.abel-michel@setra.fr

VALORISATION

Le rôle clef de la charte de l'expertise

Les organismes scientifiques s'efforcent de cadrer leurs démarches et d'en garantir la qualité. L'Ifremer et l'Inrets ont chacun formalisé, fin 2003, leurs activités d'expertise dans une charte, en adaptant la norme Afnor à leur contexte spécifique.



Prélèvements d'huîtres dans le cadre du contrôle sanitaire.

Dans une société où les problèmes se complexifient sans cesse, où le besoin de sécurité apparaît plus exigeant, les organismes scientifiques sont confrontés à une demande d'expertise croissante. Pour ceux dont la mission comporte cette activité, comme pour les bénéficiaires, il est devenu important de cadrer la démarche et d'assurer sa qualité, en mettant en place une « charte de l'expertise ».

Une base commune

La norme Afnor NF X 50-110 « Qualité en expertise », qui fait appel aux normes ISO 9000, est le texte de base de ces chartes. Elle peut s'appliquer aux activités scientifiques. Elle définit en effet l'expertise ainsi que l'avis, l'expertise collégiale, l'expertise individuelle, l'expertise institutionnelle, le client, le contrat, la méthode, l'organisme et le produit de l'expertise.

La base commune aux chartes de l'Ifremer et de l'Inrets comprend la for-

malisation du contrat, c'est-à-dire la détermination des modes d'intervention, tant pour les clients que pour les opérateurs, et celle du produit de l'expertise, c'est-à-dire des clauses garantissant la qualité contractuelle du partenariat (conditions de traçabilité) et les responsabilités de l'organisme.

Ainsi, les deux chartes mettent en évidence les cas dans lesquels la responsabilité de l'organisme s'applique, lorsque celui-ci assure la maîtrise d'ouvrage de l'expertise. L'expert qui veut réaliser, à titre privé ou personnel, une expertise doit prendre les précautions adéquates pour ne pas engager son organisme et informer clairement le client de cette dissociation des responsabilités.

Des spécificités

Les chartes restent cependant spécifiques de l'activité de l'organisme.

Pour l'Ifremer, il est ainsi prévu :

- une distinction entre l'avis et l'expertise, l'avis faisant l'objet d'une demande formalisée, cadrée et réservée aux

demandes de l'Etat ou de personnes morales de droit public,

- une note de position,
- une réalisation de l'expertise par des agents en situation de représentants français dans des instances internationales.

La charte de l'Inrets précise :

- le rôle de l'expertise collégiale, notamment dans les groupes du programme Predit ou d'autres groupes de travail,
- une typologie des demandes d'expertise, l'une étant orientée vers les activités de recherche, l'autre vers des domaines opérationnels allant de la participation à des commissions d'enquête jusqu'à l'assistance technique à des professionnels ou à des industriels.

L'élaboration d'une charte de l'expertise constitue, pour un organisme, un pas important dans la valorisation de sa recherche. En déclinant, dans des règles propres au contexte, des principes et des outils, cette démarche accroît la cohérence interne de l'organisme, la pertinence de la demande et la qualité du produit de l'expertise. ■



La charte de l'expertise de l'Inrets met en avant les responsabilités de l'organisme.

Pour en savoir plus :
Anne-Marie Majou, DRAST
Anne-marie.majou@equipement.gouv.fr



Génie civil

Un aperçu de la recherche

Les « entretiens du Réseau génie civil et urbain » réunissent chaque année 150 à 200 personnes, chercheurs et enseignants, représentants des entreprises, des organisations professionnelles (FNTP et FFB) et des administrations, ainsi qu'une quarantaine de doctorants, soit la moitié du total des doctorants de 2^e année inscrits en France.

Temps fort de cette rencontre : une présentation par les doctorants de leurs travaux autour d'une exposition de posters. Ainsi, les doctorants recueillent un avis expérimenté sur la pertinence de leurs travaux et peuvent les réorienter s'il y a lieu, les entreprises découvrent les potentialités de recherche dans les laboratoires.

Les entretiens 2004 ont été l'occasion pour Daniel Boissier, responsable du réseau de formation des doctorants en génie civil et urbain (RDGC), de donner, en analysant « trois promotions d'entretiens RGCU », soit 122 thèses, un rapide aperçu de la recherche et des perspectives.

Dans ce secteur d'activité, la recherche universitaire représente en France environ 350 enseignants-chercheurs ; les équipes de recherche y sont en majorité de petite taille et réparties dans une vingtaine d'écoles doctorales ; on estime le nombre annuel de doctorants à 200.

L'objet de la recherche concerne pour 41 % les géomatériaux et 35 % les ouvrages, et le domaine de l'étude, pour 37 % la mécanique des sols et seulement 11 % le génie urbain. Quant au contexte de la recherche, le financement du chercheur est assuré dans 34 % des cas par une allocation de recherche, 20 % par une convention Cifre, 20 % par des bourses d'autres ministères ou de collectivités locales.

Les recherches sont réalisées en partenariat avec des entreprises (31 % des cas) ou des centres techniques (35 %) et une sur trois avec un laboratoire étranger.

Contacts

- **André Colson, secrétaire permanent du RGCU**
andre.colson@equipement.gouv.fr
- **Daniel Boissier, responsable du RDGC**
d.boissier@cust.univ-bpclermont.fr

Recherche et innovation en génie civil

sous la direction d'André Colson
et Daniel Boissier • Éditions Hermes, 2004,
144 pages • www.hermes-science.com



L'édition 2004 des « entretiens du RGCU », rendez-vous annuel de la recherche professionnelle et universitaire dans le domaine du génie civil et urbain, rend compte des résultats des projets nationaux de recherches Microtunnels (techniques sans tranchée pour la pose de canalisations) et RERAU (réhabilitation des réseaux d'assainissement). L'ouvrage fait également le point sur trois projets menés sous l'égide du RGCU portant sur le fonctionnement sismique des murs en béton faiblement armé, sur des ouvrages de protection soumis à l'action de la neige (PRANE) et sur la gestion des risques liés au changement climatique pour les infrastructures (GeRICI).

Enfin il reprend les fiches synthétiques des travaux exposés par les doctorants sur les recherches conduites dans les laboratoires publics et privés dans ces champs.

Formation

De nouvelles perspectives pour l'ENSG

L'Ecole nationale des sciences géographiques (ENSG) présente la particularité d'être adossée à un établissement public de production, l'Institut géographique national (IGN), et d'avoir pour mission « historique » la formation des seuls personnels de l'IGN (ou d'IGNs étrangers) en formation initiale (14 cycles distincts, du technicien aux Mastères Spécialisés).

Les nouvelles directives ministérielles lui ouvrent d'intéressantes perspectives :

- extension à la géodésie (GPS, Galileo...) du MS de Photogrammétrie numérique,
- amélioration du réseau des quatre écoles d'ingénieurs en géomatique (ESGT, ESTP, INSA-S et ENSG) afin de gagner en visibilité et efficacité, et renforcement des liens avec les universités,
- ouverture à des étudiants non destinés à l'IGN,
- mise au point d'un Master of Science en commun avec l'Ecole nationale des Ponts et chaussées (ENPC).

Pour en savoir plus
www.ensg.ign.fr

Un dispositif d'aide à la surveillance des digues

Les ministères chargés de l'environnement (direction de l'Eau) et de l'équipement (Drast) et le Cemagref, ont signé le 11 juin 2004 une convention qui met en place un appui technique auprès des services de police de l'eau pour les assister dans leur mission de contrôle des gestionnaires d'ouvrages de protection contre les inondations intéressant la sécurité publique.

Le dispositif mobilise également le Cetmef et trois Cete (Méditerranée, Lyon et Normandie-Centre) pour aider les services déconcentrés à contrôler les projets ou ouvrages en service, et leur apporter un appui en situation de crise. Au niveau national, des actions d'accompagnement sont prévues : doctrine technique, méthodologie, formation, base de données sur les ouvrages, collecte d'informations sur leur vieillissement, valorisation des retours d'expériences.

Pour en savoir plus

Lionel Moulin, Drast
lionel.moulin@equipement.gouv.fr

Environnement

La qualité de l'air intérieur au programme

Le projet européen EnVIE, qui vise à coordonner l'action sur la qualité de l'air intérieur et les effets sur la santé, s'inscrit dans le cadre du 6^{ème} PCRD. Ce projet réunit dix-neuf partenaires, universités technologiques, centres techniques et facultés de médecine sous la coordination du CSTB. Il a démarré en avril pour une durée de trois ans.

Les axes de travail portent notamment sur l'exposition aux polluants de l'air intérieur, les effets sur la santé, la caractérisation des sources de pollution dans le bâtiment.

Pour en savoir plus

Christian Cochet, CSTB
Département développement durable-division santé bâtiment
christian.cochet@cstb.fr

Législation

Un code de la recherche

Une ordonnance portant création de la partie législative du code de la recherche, prise en application de la loi du 2 juillet 2003 sur la simplification du droit, a été publiée au JO du 16 juin. La partie réglementaire viendra compléter le texte.

Le code regroupera l'ensemble des dispositions relatives aux missions, objectifs et activités de la recherche, à l'organisation et au fonctionnement des organismes et établissements de recherche, ainsi qu'aux personnels qui y concourent. Il permettra de mieux intégrer les dispositions de la future loi d'orientation et de programmation pour la recherche, qui est en préparation.

Pour en savoir plus

www.technologie.gouv.fr



Transports

Moins de voiture : les administrations s'y mettent

Le Cete de Lyon intervient en assistance à maîtrise d'ouvrage auprès de la DRE Auvergne et de la DDE de l'Isère pour ces démarches incitatives et pédagogiques que sont les plans de déplacements des administrations (PDA).

L'objectif est de contribuer aux politiques nationales et urbaines (lutte contre l'effet de serre, limitation de l'usage de la voiture, développement des modes de déplacements alternatifs) et de sensibiliser les agents de l'Etat à ces enjeux, que ce soit dans le cadre de leur travail ou dans leur vie personnelle.

A l'issue d'un diagnostic sur les pratiques de déplacements, la démarche consiste à définir un plan d'actions avec le concours de partenaires extérieurs. Un an après, les premières mesures peuvent être engagées (abonnement transports collectifs à tarif préférentiel, vélos de service...) et un suivi régulier doit être assuré (questionnaire d'évaluation, information en continu des nouveaux arrivants...).

Design

Une vision futuriste des transports

Le ministère de l'Equipement était présent au salon européen des Transports publics, organisé par le groupement des autorités responsables des transports (Gart) du 16 au 19 juin à Paris. Il a choisi de présenter les travaux d'étudiants d'écoles de design françaises exprimant leur vision du futur des transports et de la mobilité.

Ces projets étaient issus notamment de recherches menées dans le cadre du Predit avec quatre écoles de design sur les thèmes : le bien être de l'utilisateur et la mobilité (UTC), la mobilité de l'homme dans la ville (Strate College), réflexion prospective sur le transport et les signes de la mobilité

(ENSCI), la mobilité raisonnée : hybridation in motion (Ecole de design atlantique).

Pour en savoir plus

André Perly
et Eliane de Vendevre,
Drast, mission transport
andre.perly@equipement.gouv.fr

Météorologie

Le Game audité avec succès

Le comité scientifique de Météo-France, réuni le 8 avril, sous la présidence de Jean Jouzel, directeur de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), a pris connaissance des conclusions du rapport d'évaluation du groupe d'études de l'atmosphère météorologique (Game), unité de recherche associée CNRS/Météo-France, qui regroupe une grande partie des laboratoires de recherche de Météo-France implantés à Toulouse, soit environ 130 personnes.

Le rapport souligne la qualité de l'action menée, notamment l'effort d'ouverture vers la communauté universitaire (l'IPSL en particulier), la politique volontariste de soutien aux habilitations à diriger des recherches, le bon équilibre des activités scientifiques entre, d'une part, les aspects expérimentaux, météorologiques et de modélisation numérique, et entre recherches cognitives et finalisées, d'autre part.

Sur le plan scientifique, le Game peut se prévaloir d'un excellent bilan et de perspectives prometteuses, qu'il s'agisse de l'avancement des travaux du modèle Arpege-Climat, des scénarios contributifs au rapport du groupement interministériel pour l'étude du climat (GIEC), du système innovant de prévision numérique Arome ou de la campagne de météorologie urbaine Capitoul, qui permettra notamment de préciser le rôle des aérosols sur la pollution.

Pour en savoir plus

Eric Brun, directeur
de la recherche
à Météo-France - CNRM
Eric.brun@meteo.fr

Architecture

Lancement d'European 8 et exposition

Concours d'idées d'architecture et d'urbanisme lancé simultanément dans plusieurs pays autour d'un thème commun pour apporter des réponses innovantes à des situations urbaines contrastées, European s'adresse aux jeunes architectes et concepteurs européens.

La session European 8 a pour thème « L'urbanité européenne ». Les interventions devront intégrer deux données en termes d'enjeux et d'échelles : concilier le vivre ensemble et le vivre chez soi et travailler à l'échelle urbano-architecturale.

Sont concernés les secteurs de la ville en reconversion, la réhabilitation de sites complexes ou de sites industriels obsolètes, ou la requalification de quartiers en difficulté. La pré-sélection des sites a eu lieu en juin, avant une validation européenne en septembre. Le lancement du concours est prévu début 2005.

La précédente session, European 7 a été lancée en janvier 2003 dans 19 pays européens sur le thème du « challenge suburbain, intensités et diversités résidentielles ». En Europe, 2031 équipes ont répondu sur les 68 sites proposés. En France, sept villes se sont engagées dans cette session : Drancy, Eckbolsheim-Wolfisheim, Grigny, Nanterre, Reims, Valence, Villeurbanne. Dix projets ont été primés et trois, cités. Le forum des résultats, organisé en partenariat avec l'Institut français d'architecture, a eu lieu le 29 juin dernier à Paris. Une exposition des projets primés se tient jusqu'au 8 août 2004 au Palais de la Porte Dorée. (un CD-Rom est disponible).

Pour en savoir plus

Anne Vigne, responsable
European-France, Puca
Anne.vigne@equipement.gouv.fr
Sabine Letendre, chargée
de mission, Puca
Sabine.letendre@equipement.
gouv.fr
www.european.france.org

Manifestations 2004

Fête de la science

Du 14 au 17 octobre 2004, à l'occasion de la Fête de la Science, le site du Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) à Nantes ouvrira ses portes au grand public.

Ces journées - les dernières remontant à 1999 - organisées autour du thème du développement durable, seront l'occasion pour le LCPC de rappeler ses missions de recherche et faire découvrir ses grands équipements dédiés aux infrastructures routières sur ses 150 hectares de terrain.

Pour en savoir plus

● www.recherche.gouv.fr/fete/2004/plaquette.pdf

INTERROUTE

Le congrès INTERROUTE 2004 se tient du 29 septembre au 1^{er} octobre 2004, à Montpellier. Il s'adresse aux professionnels français de la route et a pour thème : « Europe et décentralisation ». Le RST (LCPC, Sétra, Cete de l'Est, LROP) intervient dans plusieurs thématiques, notamment granulats et enrobés, normalisation et marquage CE, voirie urbaine, gestion, recyclage et valorisation des déchets de la route, gestion du patrimoine, viabilité hivernale, nouvelles techniques d'entretien des voiries urbaines ou systèmes intégrés pour plate-forme de transport collectif de surface.

Pour en savoir plus

● www.exposium.fr/tch/interoute

ARCOS

Le séminaire de restitution du projet ARCOS (action de recherche pour une conduite sécurisée), organisé par le LIVIC, unité mixte de recherche Inrets-Lcpc, aura lieu le 28 octobre 2004 à Versailles-Satory. Cette action fédérative du Predit sur l'assistance à la conduite et la sécurité, a été lancée fin 2001 et a mobilisé une soixantaine de partenaires publics et privés.

Pour en savoir plus

● www.arcos2004.com

L'ingénieur du XXI^e siècle

Dans le cadre des cérémonies du bicentenaire du Conseil général des ponts et chaussées (CGPC), un colloque prospectif aura lieu à Paris au Conseil économique et social, le 4 novembre 2004, sur le thème « L'art de l'ingénieur, quelle vision pour le XXI^e siècle ? ».

Pour en savoir plus

● www.equipement.gouv.fr/bicentenaire-cgpc

TRANSPORTS

Predit : un premier bilan

Le Carrefour à mi-parcours du troisième Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (2002-2006) se tiendra à Clermont-Ferrand les 15, 16 et 17 mars 2005, trois ans exactement après la signature du protocole d'accord qui a présidé au lancement de ce programme. Sans préjuger des inflexions qui seront données pour les années 2005-2006, on peut déjà tirer quelques éléments de bilan pour les trois domaines prioritaires.

Premier domaine prioritaire, la sécurité routière fait l'objet d'efforts et d'avancées très satisfaisantes. Le groupe « nouvelles connaissances pour la sécurité » est en passe de réussir son objectif d'élargissement et de diversification du milieu de la recherche et va pouvoir se consacrer désormais à des thèmes plus ciblés, en prenant en compte les résultats impressionnants de la politique publique depuis deux ans. En matière de technologie, retenons l'avancement de l'action fédérative sur les assistances à la conduite automobile (Arcos) - dont on mesurera les résultats lors d'un colloque prévu fin octobre -, le lancement de l'action Sari (sécurité pour les infrastructures), qui poursuivra ces efforts dans le domaine des informations liées aux infrastructures, et, enfin, le lancement de plusieurs recherches sur la protection des usagers vulnérables, piétons et cyclomotoristes notamment.

Bons résultats pour la sécurité routière et l'environnement

Second domaine prioritaire, l'effet de serre est renforcé depuis 2003 par le Plan véhicules propres. Là encore, les objectifs tracés dans le Protocole d'accord ont été bien suivis. L'ensemble du domaine énergie-environnement a même pris une place majeure, supérieure aux prévisions, avec 47 % des dépenses engagées sur 2002-2003. Forte activité du Programme Primequal sur la pollution à l'échelle locale et régionale, mise en place d'un programme « bruit et nuisances sonores », plusieurs recherches prometteuses sur la place du critère consommation-pollution dans les choix des ménages et les stratégies d'ac-

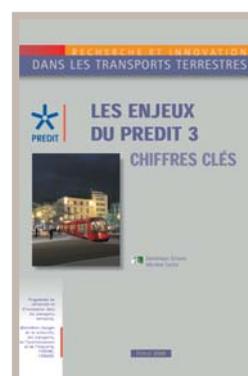
teurs,... voici pour le versant « connaissance et recommandations ». Du côté des technologies, les bons projets sont nombreux (combustion homogène, dépollution des oxydes d'azote, gestion globale de l'énergie électrique...) et ceux qui ne sont pas encore engagés n'attendent que les crédits du Plan véhicules propres.

Retard sur le fret ferroviaire

La troisième priorité, les transports de marchandises, est, elle, sensiblement en retard sur les objectifs, hormis dans le domaine urbain. C'est surtout le fret ferroviaire qui s'avère préoccupant, car la réalité économique et industrielle semble résister à la volonté politique affichée, au point de ne laisser guère de place à l'innovation. Le prochain appel à propositions « Système ferroviaire du fret du futur », qui sera lancé conjointement (initiative à souligner) par le groupe « Logistique et transport de marchandises » et le groupe « Technologies pour le transport de marchandises », pourrait inverser cette tendance. ■



Le Civis, en exploitation à Clermont-Ferrand depuis mai 2003



Des données pour illustrer les enjeux et les objectifs du Predit.

Contact

Bernard Duhem, secrétaire permanent du Predit
bernard.duhem@equipement.gouv.fr

2002-2003 en quelques chiffres

- 96 millions d'euros d'engagements, soit 78 % de l'objectif du Protocole d'accord sur deux ans :
- 47 % de ces moyens consacrés au domaine énergie-environnement
- 26 % à la sécurité
- 18 % à la mobilité des voyageurs
- 9 % aux transports de marchandises

Les chantiers innovants du Predit 3

- une démarche qualité
- trois consultations-forum
- un club collectivités, avec le Gart et le Certu
- le développement de la coopération franco-allemande
- et un site internet rénové : www.predit.prd.fr

Les horizons du satellite

Les techniques satellitaires sont, depuis déjà longtemps, passées du stade de la recherche à celui des applications grand public, notamment dans le domaine des télécommunications. Le géopositionnement satellitaire (aujourd'hui GPS, demain Galileo) est en passe de connaître, dans les champs du ministère de l'Équipement, la même révolution dans les années qui viennent. L'objet de ce dossier de « Recherche & Equipement » est de faire le point sur quelques-unes des recherches et des applications en cours de réalisation dans le réseau scientifique et technique.

Le projet européen Galileo, que la France appuie activement depuis son origine, mobilise en effet beaucoup d'efforts et autorise des espoirs importants : enjeux de souveraineté, enjeux économiques, enjeux technologiques et industriels sont présents dans ce projet. Il ouvre des perspectives techniques innovantes dans des domaines aussi divers que le positionnement de précision pour les engins de chantier, le contrôle des mouvements de terrain, le développement de nouveaux systèmes de contrôle commande des trains ou le suivi de véhicules routiers. C'est la raison pour laquelle, dans le cadre d'un plan d'actions satellitaires, la Drast cherche à développer et mutualiser les compétences du réseau scientifique et technique sur ces technologies, à initier des projets pilotes dans les différents domaines d'activité du ministère et à mobiliser les chercheurs sur des thématiques liées au développement des usages de Galileo.

Si les infrastructures satellitaires peuvent être considérées d'ores et déjà comme les infrastructures du XXI^e siècle, il importe que notre ministère et les milieux professionnels avec lesquels il travaille, soient conscients de ces mutations : information, sensibilisation, formation, sont aussi des défis qu'il nous faudra relever.

François Perdrizet

Directeur de la recherche et des affaires scientifiques et techniques du ministère de l'Équipement



sommaire

- ▶ **Une nouvelle génération de sondeurs satellitaires p12**
- ▶ **Bientôt un concessionnaire pour Galileo p13**
- ▶ **La recherche de la précision en GPS p14**
- ▶ **Mesurer l'altitude grâce au GPS p15**
- ▶ **Détecter les mouvements de terrain p16**
- ▶ **L'apport de Predissat p17**
- ▶ **Les matières dangereuses suivies par satellite p17**
- ▶ **L'autobus et le camion de plus en plus communicants p18**
- ▶ **Les digues de la Loire sous surveillance GPS p19**
- ▶ **Bientôt de nouveaux moyens pour le maritime et le fluvial p20**



Sigles du dossier

GPS	Global Positioning System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPRS	General Packet Radio System
UMTS	Universal Mobile Telecommunication Services
AIS	Automatic Identification System
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service

MÉTÉOROLOGIE

Une nouvelle génération de sondeurs satellitaires

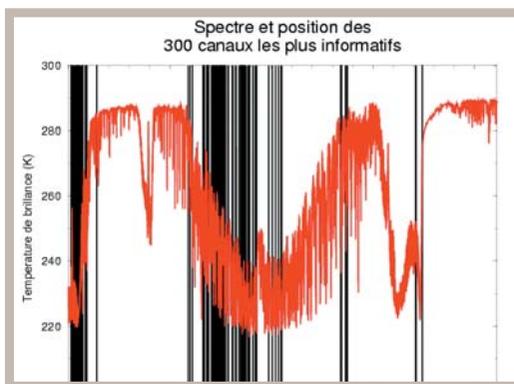
En 2006, le premier satellite opérationnel européen à orbite polaire, Metop, transportera l'interféromètre IASI¹ qui captera 400 fois plus d'informations sur l'état de l'atmosphère que les instruments aujourd'hui en orbite. Le projet Metop de Météo-France vise à utiliser au mieux ces données pour alimenter le plus rapidement possible les modèles numériques à venir.

Depuis plus de vingt ans, des instruments embarqués sur satellites transmettent des données essentielles à la prévision numérique du temps grâce à leur couverture globale. Ils captent le rayonnement thermique émis par l'atmosphère dans plusieurs bandes de fréquences, dans le domaine infra-rouge notamment. A chaque fréquence correspond une information sur l'émission thermique d'une couche de l'atmosphère.

Le traitement de ces mesures permet de restituer des profils de température et d'humidité, c'est-à-dire de « sonder » l'atmosphère. Jusqu'ici, les instruments utilisés permettaient de restituer les profils atmosphériques avec une résolution verticale assez grossière (au mieux quelques kilomètres). Désormais, le développement des nouveaux modèles numériques de Météo-France nécessite une résolution verticale plus fine (quelques centaines de mètres). Or, deux instruments appartenant à la nouvelle génération de sondeurs satellitaires, vont offrir une résolution spectrale exceptionnelle dans le domaine infra-rouge : l'AIRS² lancé en mai 2002 par la Nasa, et l'IASI¹ développé par le Cnes et Eumetsat³ avec la collaboration de Météo-France.

Sélection de l'information

Passer de l'utilisation actuelle d'une vingtaine de canaux dans l'infra-rouge à plus de 8 000 à l'avenir, justifie les études en cours pour optimiser l'information et éviter les données redondantes. Dans une première étape (voir schéma ci-dessus), des canaux (300 parmi 8 461) ont été sélectionnés en fonction de leurs composantes spectrales informatives en termes de température et d'humidité. Dans un second temps, des recherches



Exemple de spectre simulé provenant de l'instrument IASI (en rouge) et position des 300 canaux informatifs pour la température et l'humidité (barres verticales noires)

seront menées pour analyser le contenu en ozone et gaz traces à partir des spectres observés par IASI.

L'accès et l'exploitation opérationnelle en temps réel des données d'IASI posent aussi des problèmes techniques, que le projet Metop devra résoudre d'ici le lancement du satellite. Ces problèmes sont liés au volume considérable des données d'IASI, soit 35 Go par jour quand elles ne sont pas compressées. En ce qui concerne le modèle Aladin (résolution horizontale de 10 km), et son successeur Arome (résolution horizontale de 2 km), les données devront être disponibles en moins de 15 minutes, ce qui implique l'acquisition directe des données brutes de Metop via une station de réception locale HRPT⁴, et le développement de toutes les étapes de pré-traitements nécessaires.

Une première expérience

Météo-France s'est investi en 2002 dans une campagne de validation de l'instrument AIRS de la Nasa, qui fournit des informations dans les mêmes gammes spectrales et constitue ainsi un excellent laboratoire d'essai pour IASI. Pendant

trois mois, à chaque survol du satellite AIRS, deux radiosondes lancées à Toulouse ont permis de mesurer la structure thermodynamique de l'atmosphère jusqu'à 25 à 30 km. Ces profils verticaux enregistrés pendant la campagne servent aujourd'hui à tester la qualité des inversions réalisées par le système d'analyse. Météo-France prépare actuellement l'assimilation de ces nouvelles données dans son futur modèle global opérationnel. ■

¹IASI : infrared atmospheric sounding interferometer
²AIRS : atmospheric infra-red sounder
³Eumetsat : agence européenne d'exploitation des satellites météorologiques
⁴HRPT = High Resolution Picture Transmission

Contacts

**Florence Rabier - Météo-France
CNRM-GMAP à Toulouse**
Florence.rabier@meteo.fr
Alain Dabas - CNRM-GMEI à Toulouse
Alain.dabas@meteo.fr
Hervé Roquet - DP-CMS à Lannion
Herve.roquet@meteo.fr

Les atouts d'I-space

L'association I-space regroupe des fournisseurs d'infrastructures spatiales, en premier lieu le Cnes, des opérateurs de services, des utilisateurs et parmi eux l'IGN, Météo-France, l'Ifremer et l'Inrets. Elle contribue avec ses membres à améliorer l'efficacité et le développement des activités liées à l'utilisation des infrastructures spatiales. Elle travaille en partenariat avec la Drast à préparer notamment le développement des applications de géopositionnement.

Pour en savoir plus
www.i-space.fr

EUROPE

Bientôt un concessionnaire pour Galileo

Un entretien avec Rainer Grohe, directeur général de l'entreprise commune Galileo qui a notamment pour mission de pré-sélectionner le concessionnaire chargé du déploiement de ce système européen de radionavigation par satellite.



Ingénieur civil en électronique, spécialisé en techniques des télécommunications, **Rainer Grohe** est directeur général de l'entreprise commune Galileo depuis juillet 2003. Cet industriel allemand a effectué l'essentiel de sa carrière chez Brown Boveri (BBC/ABB) et Viag. Parallèlement à la direction de Galileo, Rainer Grohe est membre du groupe de travail « affaires industrielles » de l'Unice - le patronat européen - à Bruxelles, et membre du Conseil national allemand pour le développement durable.

Comment pouvez-vous résumer ce que sera Galileo ?

La technique de Galileo me semble fascinante ! Galileo sera un système de navigation par satellite mondial à but civil. Sa constellation démarrera avec trente satellites sur trois orbites terrestres à une hauteur de 23 616 km !

L'inclinaison des satellites sera de 56° et il leur faudra 14 heures et 12 minutes pour effectuer un tour de la terre. Chaque satellite pèsera environ 680 kilos et sera placé dans l'espace par un porteur Ariane ou Soyouz.

Quelle est l'organisation mise en œuvre pour mener à bien ce projet ?

L'entreprise commune est une petite structure souple et réactive de 35 personnes en provenance de 14 pays qui a été créée le 1er septembre dernier et devrait achever sa mission - la mise en œuvre du programme et le choix du concessionnaire - courant 2006.

Depuis le 1er mai, l'entreprise commune compte 27 actionnaires : les quinze Etats membres de l'Union européenne, les dix nouveaux entrants et les membres de l'Agence spatiale européenne n'adhérant pas à l'Union, c'est-à-dire la Norvège et la Suisse. Vous voyez : Galileo est déjà un succès politique ; l'Europe est rassemblée autour de ce projet.

En outre, nous avons un Etat associé : le Canada, car nous ne sommes pas un club privé et souhaitons nous ouvrir à d'autres pays. De nombreux Etats ont d'ailleurs déjà manifesté leur intérêt pour Galileo : les Etats Unis, la Russie, la Chine, l'Inde, le Japon, la Corée du Sud, l'Australie, le Brésil... La Chine et Israël souhaitent de leur côté développer une coopération spatiale avec l'Union européenne.

Pourquoi créer un système européen alors que le GPS fonctionne ?

Il est vrai que le système GPS fonctionne mais il s'agit de 22 à 24 satellites de

conception militaire. Or, l'ordre mondial change. Si l'Europe veut peser de tout son poids dans un système de satellites qui lui soit propre, c'est parce que cette technique la rendra plus forte et plus indépendante. En outre, il s'agit de soutenir une politique européenne de transport en créant un système d'infrastructures disponible au niveau mondial.

Quelles seront les applications de Galileo ?

Elles seront très nombreuses et il n'est pas encore possible aujourd'hui de les énumérer toutes. Rien que dans le domaine des infrastructures, Galileo rendra possible le contrôle intégral en temps réel des trafics ferroviaires ou automobiles, par exemple. La fiabilité de son signal sera très précieuse pour la sécurité aéronautique, ses services locaux serviront aux opérateurs téléphoniques...

Nous ne connaissons pas encore complètement aujourd'hui toutes ses applications, d'autant qu'elles ne deviendront réalité qu'en 2008 ou 2009, mais nous savons que de très nombreux emplois seront créés (plus de 140 000) pour la réalisation du système lui-même, mais aussi dans les secteurs de services utilisant Galileo.

Où en êtes-vous du choix du concessionnaire ?

En février, nous avons pré-sélectionné trois consortiums : Eutelsat (Eutelsat, Hispasat, Logica, AENA), ENAVSAT (EADS, Inmarsat, Thalès) et Vinci (Vinci, Alcatel, Finmeccanica). Nous menons actuellement un dialogue transparent, confiant et confidentiel avec ces trois groupements. Nous attendons leurs offres pour le 1er septembre 2004 et les évaluerons courant septembre. Ensuite, l'entreprise commune soumettra la meilleure proposition au Conseil des ministres des Transports européens. Nous pensons que les négociations avec le consortium retenu fin 2004 prendront toute l'année 2005... ■

Contact

Galileo joint undertaking :
www.galileoju.com



Des délais serrés

La période de définition et de développement du système (budget : 1,2 milliard d'euros) doit se dérouler en 48 mois.

Une fois la concession attribuée (avec un tiers de fonds publics et deux tiers de fonds privés) pour une durée à définir, de l'ordre de 20 ans, le concessionnaire devra mettre en place en 24 mois un système test comprenant un satellite test et trois satellites opérationnels.

Ensuite, les 26 satellites restants seront mis en orbite (budget : 2,2 milliards d'euros). Leur durée de vie est estimée à une vingtaine d'années (budget annuel : 220 millions d'euros).

Le relais de l'entreprise commune sera pris à l'avenir par une agence européenne qui deviendra le partenaire juridique de l'exploitant-concessionnaire.

CONSTRUCTION ROUTIÈRE

La recherche de la précision en GPS

Le GPS permet un positionnement extrêmement précis en temps réel, quand on l'utilise dans son mode dit « RTK » (Real-Time Kinematic). Depuis une dizaine d'années, la section « Robotique et Localisation » du centre de Nantes du Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) s'est efforcée, dans le cadre de ses recherches sur la modernisation des chantiers routiers, de contribuer à mieux évaluer ses possibilités et à accroître ses performances. Deux thèses ont apporté leur contribution à ces recherches.

Les principales sources d'erreur qui affectent la précision d'un calcul de point GPS en temps réel sont : les erreurs sur les orbites et les horloges des satellites, les délais dus à la propagation des signaux au travers des couches atmosphériques, les dérives des horloges des récepteurs et les trajets multiples ou les diffractés des ondes électromagnétiques sur des obstacles proches du récepteur. Ces erreurs affectent aussi bien les mesures de distances obtenues par corrélation des codes que celles obtenues à partir des corrélations des phases porteuses, bien que de façon quelquefois différente.

Les techniques différentielles, qui exploitent les mesures effectuées par un autre récepteur placé sur un point connu, permettent d'éliminer pratiquement toutes ces erreurs, à l'exception des dernières. Ainsi, on peut obtenir en temps réel sur un engin de chantier, avec des systèmes GPS RTK, une précision de l'ordre de 2 à 3 cm, même sur la composante altimétrique. Cependant, les tolérances imposées sur certaines couches de chaussées nécessitent de « pousser » le système GPS au maximum de ses possibilités afin d'accroître encore cette précision et de la faire passer en dessous de la barre du centimètre.

Deux thèses se sont déroulées au LCPC pour apporter leur contribution à ce difficile problème. La première (Stéphane Durand, 1999-2002) a porté sur les aspects modélisation et simulation du calcul des solutions de type GPS RTK et la seconde (David Bétaille, 2000-2003), sur l'évaluation et la recherche de nouvelles solutions de réduction de l'effet des trajets multiples de phase.

Modéliser et simuler pour comprendre

Au cours de sa thèse, menée en partenariat avec l'Institut géographique national, Stéphane Durand a réalisé un important travail bibliographique et analytique qui n'avait jamais été fait auparavant en langue française. Il a proposé un modèle complet des équations de mesure (ou « observables ») de phase et des processus de traitement de ces observables qui sont nécessaires au calcul de la position, en particulier la détermination des ambiguïtés de phase, inconnues particulières au sens où elles sont entières et non réelles comme les coordonnées du point.

Une boîte à outils logiciels

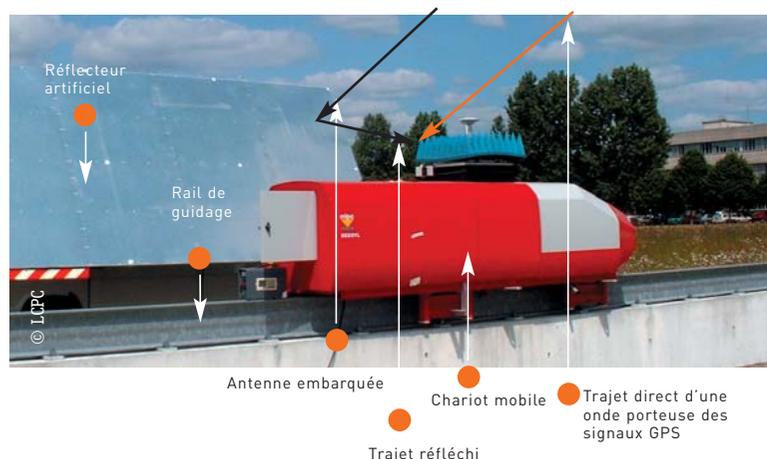
Pour étudier et analyser l'importance respective des différents termes d'erreur, Stéphane Durand a également écrit une boîte à outils logiciels qui lui a permis de chiffrer en simulation, dans des configurations réalistes correspondant à des situations de chantier, les influences respectives des principales sources d'erreur modélisables : délai ionosphérique, délai troposphérique et variation du centre de phase des antennes. Par exemple, ces simulations ont mis en évidence que, même pour des distances entre base et mobile de l'ordre de quelques km, la combinaison d'une dénivellée importante entre les deux récepteurs (supérieure à 10 m) et d'un faible angle de hauteur des satellites (inférieur à 20°) pouvait mener rapidement à des erreurs dues à la troposphère de plusieurs

dizaines de cm, incompatibles avec la précision recherchée.

La chasse aux trajets multiples et diffractés

Dans sa thèse, menée en partenariat avec l'University College de Londres et la société Leica, David Bétaille s'est attaché à étudier une nouvelle stratégie de réduction de l'effet des trajets multiples ou diffractés en temps réel, basée sur la combinaison d'observables de ces multi-trajets dont : le rapport signal sur bruit du corrélateur de phase et l'estimation des erreurs sur les pseudo-distances dues aux multi-trajets. Cette nouvelle stratégie, qui a été évaluée sur des essais réels, a démontré qu'elle apportait un plus par rapport aux techniques existantes dans les récepteurs Leica quant au traitement des multi-trajets provenant d'obstacles très proches. Ce résultat s'est avéré très intéressant pour le domaine d'application visé, car c'est justement ce genre de trajets multiples qui est observé à proximité des récepteurs embarqués sur les machines, ceux-ci étant généralement créés par les châssis des machines elles-mêmes. ■

Pour les besoins des deux thèses, le banc d'essai SESSYL du LCPC a été largement mis à contribution. On peut voir sur l'image ci-dessous le chariot mobile passant à proximité d'un réflecteur métallique artificiel construit et mis en place pour les besoins de la recherche.



Contact

François Peyret - LCPC- Centre de Nantes
francois.peyret@lcpc.fr

GÉODÉSIE

Mesurer l'altitude grâce au GPS

Les mesures de navigation par satellite permettent aujourd'hui de déterminer des positions géométriques avec une exactitude centimétrique dans un référentiel mondial. Il n'en va pas de même pour les altitudes.

Depuis leur détermination par Henri Duquenne en 1998, à l'Ecole nationale supérieure des géographes et topographes (ESGT), le quasi-géoïde (voir encadré) est connu avec une exactitude décimétrique en France métropolitaine, et la surface de référence des altitudes NGF-IGN 69, à une exactitude de quelques centimètres. Les recherches conduites au Laboratoire de recherche en géodésie (Lareg) de l'Institut géographique national (IGN) ont deux objectifs : d'une part, améliorer l'exactitude de la grille de conversion, et donc des altitudes mesurées par GPS, d'autre part, améliorer l'exactitude du quasi-géoïde réalisé (ce qui revient formellement à améliorer la détermination du champ de pesanteur), et donc le référencement global du système français. Elles couvrent plusieurs aspects méthodologiques, tant au niveau du traitement mathématique des observations qu'au niveau instrumental.

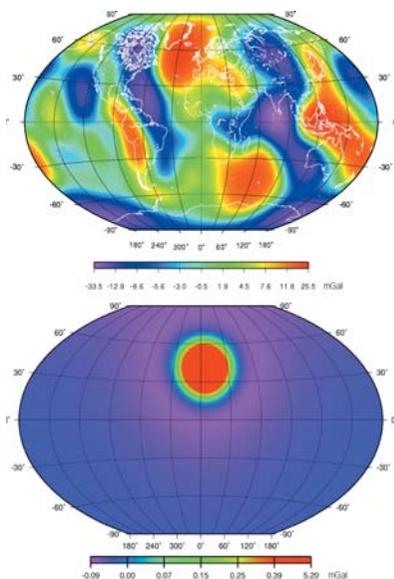
Améliorer mesures et méthodes

Afin d'améliorer la qualité et la densité des mesures du champ de pesanteur avec un coût acceptable, le laboratoire développe, en collaboration avec l'ESGT, un instrument de mesure de la pesanteur, basé sur une mesure accélérométrique tridimensionnelle et destiné à être embarqué sur un vecteur aérien. L'acquisition de nouvelles mesures doit permettre en outre de requalifier les données anciennes du bureau gravimétrique international (BGI) par comparaison avec les mesures récentes. Sur le plan méthodologique, le Lareg met au point, en collaboration avec l'unité mixte de recherche de l'Institut de physique du globe de Paris, des méthodes de calcul du champ en ondelettes sphériques (voir figure ci-contre). Ces méthodes permettront d'exploiter

simultanément, à l'échelle régionale, les mesures du satellite GOCE de l'Agence spatiale européenne (ESA) qui sera lancé en 2006 et des mesures terrestres ou aériennes. Parallèlement, sont développés les logiciels nécessaires au calcul du quasi-géoïde national et les outils permettant d'affiner l'estimation de son exactitude.

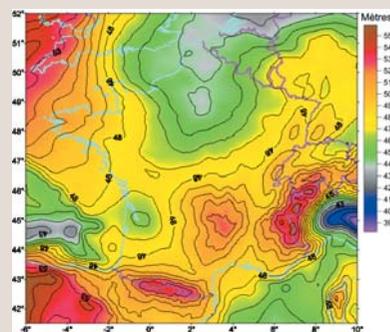
Nivellement moins coûteux

L'objectif de ces recherches est d'atteindre une exactitude centimétrique sur la détermination des altitudes à partir de hauteurs au dessus de l'ellipsoïde. Le résultat obtenu contribuera à améliorer la qualité des mesures de nivellement par GPS, bien moins coûteuses que les techniques de nivellement traditionnelles, et à faire évoluer les méthodes de calcul pour la recherche scientifique en géodésie et en géophysique. ■



En haut : carte des grandes longueurs d'onde des écarts entre le champ de pesanteur réel de la terre et son modèle analytique, calculée sur une famille d'ondelettes sphériques ; en bas : un exemple d'ondelette utilisée dans ce calcul.

Le quasi-géoïde et la surface de référence des altitudes



Carte de QGF98, donnant la hauteur de ce modèle de quasi-géoïde au dessus de l'ellipsoïde de référence du réseau géodésique français.

Deux points voisins de même altitude doivent se situer dans un plan orthogonal à la direction du fil à plomb. Cette direction dépend du champ de pesanteur. Elle est toujours distincte de la direction orthogonale à un ellipsoïde, dont le choix est conventionnel. L'altitude d'un point n'est donc pas égale à la hauteur au dessus de l'ellipsoïde telle qu'on peut la déterminer par GPS : c'est la hauteur au-dessus d'une surface de référence irrégulière, fonction à la fois du champ de pesanteur, des conventions de définition du système d'altitude, et de la réalisation matérielle du réseau de nivellement.

En France, cette surface serait, pour un réseau parfait, un quasi-géoïde. Pour le réseau de nivellement NGF-IGN 69, la surface de référence est déterminée en ajustant une estimation du quasi-géoïde aux écarts mesurés sur un ensemble de points GPS nivelés. ■

GOCE : Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Mission
NGF : Nivellement Général de la France

Contacts

Henri Duquenne et Olivier Jamet
IGN/Lareg
henri.duquenne@ensg.ign.fr
jamet@ensg.ign.fr

MÉTROLOGIE

Détecter les mouvements de terrain

Le réseau d'étude des subsidences urbaines et minières (RESUM™) a développé des méthodes d'interférométrie radar et des services associés pour détecter et surveiller les déformations de terrain. Avec l'accès au domaine satellitaire, deux questions se posent : peut-on élargir les possibilités de métrologie spécifiques aux phénomènes de déformation des terrains et comment contribuer à des outils de diagnostic ?

Trois développements ont été menés afin de pouvoir répondre à ces questions :

- Un pôle « pré-opérationnel » a délivré des produits validés sur une quinzaine de sites documentés par les partenaires utilisateurs. Le service a été jusqu'à la mise en ligne confidentielle, grâce aux développements d'un autre projet (SAFE-TIMES) du réseau Terre et Espace.
- Des tests en « mode coopératif » ont été effectués à Paris et en Lorraine.

Deux nouvelles méthodes, comparées aux techniques d'interférométrie conventionnelle, ont montré leur complémentarité : la technique des interférogrammes empilés (voir schéma ci-dessous) et celle des réflecteurs permanents.

- Enfin, le pôle « recherche » a exploré les possibilités de couplage entre les mesures effectuées par satellite et des modèles déterministes : il s'agit à terme de mieux contraindre le paramétrage du comportement géomécanique des terrains et de localiser en 3D les volumes à l'origine des déformations.

Atouts et limites

La mise en œuvre de l'interférométrie radar s'est avérée parfois complexe en milieu rural, du fait de contraintes liées à ce contexte (relief, végétation, changements agricoles, etc.). Mais en milieu urbain - et à la condition que l'urbanisme n'évolue pas trop vite -, elle est très puissante pour détecter et quantifier avec une précision millimétrique des déformations sur de grandes étendues, en particulier dans le cas des évolutions cinématiques lentes.

En apportant une vision continue et une capacité de rétrospective, cette technique est très complémentaire des techniques de nivellement ou de suivi GPS. On peut ainsi réviser ou optimiser des réseaux de surveillance in situ, encore seuls opposables en cas de litiges, et améliorer les

méthodes de diagnostic pour la prévention ou les techniques de remédiation.

La pérennité de cette technique n'est pourtant pas encore fermement assurée car elle dépend de la continuité de la filière d'observation radar satellitaire. Mais, d'ores et déjà, le groupement RESUM™ associe trois des acteurs (le Bureau de recherches géologiques et minières, Magnitude et Image) pour offrir des produits et services selon un protocole confirmé et adapté aux contraintes des utilisateurs**.

** Le principe de la méthode, ainsi que des exemples de résultats et les références bibliographiques du réseau se trouvent sur <http://resum.brgm.fr>

Contact

Christine King, responsable de l'unité mécanismes des aléas et simulation BRGM-ARN - c.king@brgm.fr

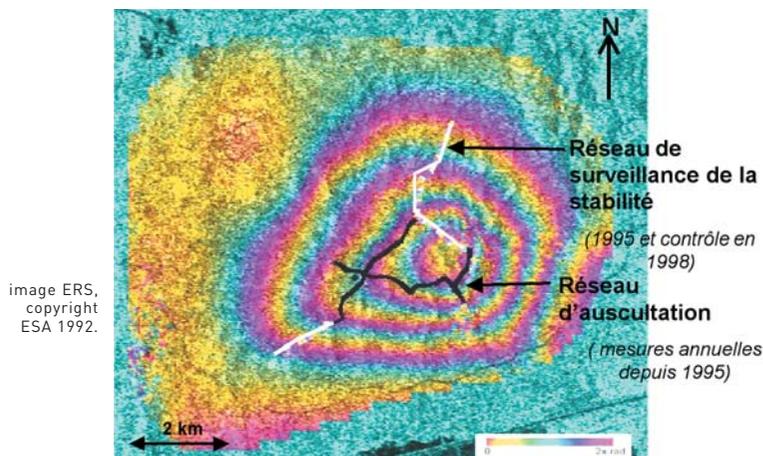
Des compétences complémentaires

Soutenu par les deux réseaux technologiques « Génie civil et urbain » (RGCU) et « Terre et espace » (RTE), le projet RESUM™* a associé le BRGM, le Cnes, Charbonnage de France, Centrale SA, Gaz de France, l'IGN, Image (traitement d'image), Kinoa-Altamira, le LCPC, Magnitude (surveillance géophysique de sites) et TRE, fédérant ainsi des compétences à trois niveaux : expertise de la mesure de subsidence, professionnels en charge des sites déstabilisés par l'activité souterraine et capacités de traitement d'images.

* Marque déposée par le BRGM

Une technique d'observation satellitaire

L'interférométrie radar est une technique d'observation satellitaire permettant de mettre en évidence des déformations du sol avec une précision centimétrique, voire millimétrique, et ce depuis l'espace. Sur cette image d'interférogrammes empilés couvrant la période 1993-1999, chaque frange (soit un cycle de couleur) représente une déformation verticale du sol de 3 cm. La confrontation des taux de déformation obtenus avec ceux estimés par les données de nivellement montre la très bonne concordance des mesures (rms 0,198cm/an). L'interférométrie a permis de redimensionner le réseau d'auscultation pour mieux encadrer le suivi de la déformation.



TRANSPORTS TERRESTRES

L'apport de Predissat

Développé par l'Inrets, l'outil Predissat¹ a pour objectif de prédire la disponibilité des systèmes satellitaires le long d'une voie de chemin de fer ou d'un trajet de bus urbain. Il est utilisé pour le développement d'un nouveau système de contrôle commande ferroviaire dans le cadre du projet Locoprol.

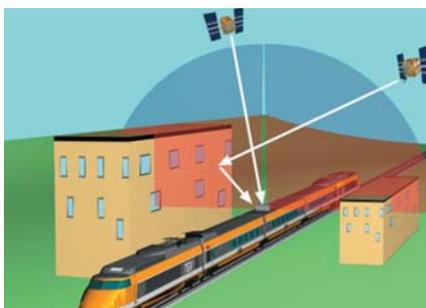
Dans le contexte du nouveau standard européen de contrôle commande ferroviaire ERTMS/ETCS², et pour diminuer les coûts d'exploitation, les systèmes satellitaires sont de plus en plus utilisés dans le domaine ferroviaire. Ces systèmes de navigation par satellite (GNSS), dont le GPS est le plus connu aujourd'hui, présentent un certain nombre d'atouts : le système ne connaît pas de frontières, aucun équipement n'est nécessaire sur la voie, le service offert est continu, la position est absolue et ne dérive pas (contrairement aux capteurs inertiels), le système est facile à installer sur un véhicule.

Des règles impératives

Une application de contrôle commande ferroviaire doit prendre en compte les contraintes de précision, disponibilité de service et d'intégrité de l'information. Pour se localiser, un récepteur utilise les signaux issus de quatre satellites différents (plus si possible). La position est calculée à partir de la mesure du temps de propagation de chacun de ces signaux par triangulation.

Aujourd'hui, la précision de l'information de localisation d'un système classique est de l'ordre de 10 m. Les principales causes des imprécisions relèvent d'une mauvaise estimation de la pseudo-distance : retards liés à la propagation des signaux dans l'atmosphère, erreurs de synchronisation des horloges, mauvaise géométrie des satellites disponibles... Des modèles mathématiques permettent de réduire ces erreurs. Cependant, l'environnement autour de l'antenne (immeubles, arbres, ponts...) peut limiter la précision et la disponibilité, car la réception des signaux peut être masquée par des obstacles ou subir une ou plusieurs réflexions.

L'utilisation de Predissat nécessite un enregistrement vidéo de l'environnement du véhicule pour, en post-traitement, détecter l'ensemble des parties masquées le long d'une trajectoire. La simulation des positions des satellites en fonction du temps détermine ensuite les états de



La position du train est calculé à partir de la mesure du temps de propagation des signaux des satellites

réception (direct, réfléchi ou masqué) de chacun des satellites le long du trajet.

Détecter la mauvaise réception des signaux

L'outil Predissat permet de détecter, avec un minimum de campagnes expérimentales, les zones de mauvaise réception des signaux GNSS. C'est dans ce but qu'il a été utilisé dans le cadre du projet Locoprol visant à développer un nouveau système de contrôle commande ferroviaire fondé sur le système GPS, Egnos et, à moyen terme, Galileo. Les résultats ont mis en évidence la présence de trajets multiples le long des voies susceptibles de perturber la mesure de position. Le consortium a développé un nouvel algorithme robuste et des méthodes de « mitigation » pour pallier ces effets négatifs. Une première démonstration concluante s'est déroulée en Belgique, en mars dernier, en présence de représentants de plusieurs pays européens. Il est envisagé d'expérimenter ce projet sur la ligne à faible trafic Nice-Digne. ■

Projet Locoprol : www.locoprol.org

¹ Predissat : PREDictive Software for SATellite Availability in the field of Transport

² ERTMS/ETCS : European Rail Traffic Management System/European Train Control System

Contact

Juliette Marais
Inrets-Leost à Villeneuve d'Ascq
Juliette.marais@inrets.fr

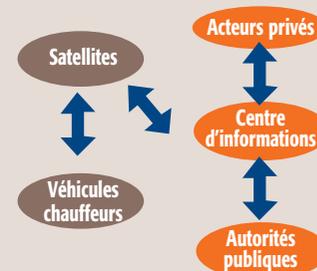
Les matières dangereuses suivies par satellite

Dans le cadre du projet euro-régional ARTS (Advanced Road Telematics in Southwest), cofinancé par la Commission européenne qui associe la France, l'Espagne et le Portugal, le Cete du Sud-Ouest expérimente, en liaison avec la DSCR (direction de la sécurité et de la circulation routières), un système de suivi et de contrôle des véhicules transportant des matières dangereuses et leur positionnement par satellite (programmes Egnos/Galileo)

Le travail a été centré en 2003 sur les contacts préliminaires et les études de besoins afin de définir un projet pilote. En 2004, le système expérimenté sur l'axe France-Espagne, a pour but de produire des données de suivi de transport de matières dangereuses, de les collecter sur un centre d'information pour les distribuer aux différents acteurs (transporteurs, gestionnaires, services d'urgence...), comme le montre le schéma ci-dessous.

A terme, les services offerts répondront à des enjeux essentiels en termes de prévention (connaissance des flux de matières dangereuses, interface avec la gestion du trafic) gestion des véhicules et du fret (protection contre le vol) et gestion des crises (détection immédiate des accidents, connaissance des matières dangereuses, procédures associées, dissémination de l'information, partage des bases de données).

Architecture du système



Contacts

Christine Gassies-Mora
et Bernard Beudou, Cete Sud-Ouest
christine.gassies-mora@equipement.gouv.fr

TRANSPORTS TERRESTRES

L'autobus et le camion de plus en plus communicants

Le projet « Transport, Espace et Société » (TESS) a pour objectif de définir dans quelle mesure il est possible de proposer un ensemble de services innovants dans le cadre des transports terrestres sur la base d'un système composé d'un module de positionnement par satellite et d'un moyen de communication spatial.



© PhotoAlto-Eric Audras

Les études sont menées plus spécifiquement dans le cadre des transports collectifs et des transports de marchandises, deux champs dont les besoins sont très précisément définis soit par les autorités organisatrices et les exploitants, soit par les transporteurs. Deux bouquets de services spécifiques aux deux contextes ont été développés et seront validés sur la base de moyens communs de communication et de localisation.

Après vingt mois d'activité, le projet s'achèvera en novembre 2004 par une présentation officielle des deux démonstrateurs : l'« Autobus communicant » et le « Camion communicant », situés respectivement à Bayonne et à Lille.

Améliorer l'attractivité du transport de personnes

L'évolution des déplacements urbains et interurbains est guidée par la notion de développement durable qui nécessite l'amélioration de l'attractivité des transports collectifs. Le système développé dans ce projet répond au triptyque « mieux informer l'usager, améliorer sa sécurité et valoriser son temps de trajet ». Il complète l'offre proposée aujourd'hui par certains exploitants et autorités organisatrices en diffusant en temps-réel des informations intermodales (horaires SNCF), des informations de type « actualité » et « manifestations culturelles » et en assurant une audio-vidéo surveillance permanente à bord.

Garder le contact

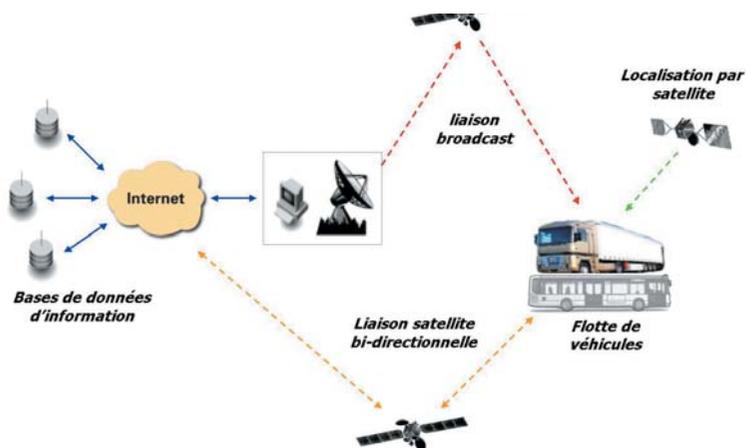
Les informations sont présentées aux usagers sous la forme d'images et en respectant certains critères tels que leur contenu thématique, l'heure de la journée et la position géographique de l'autobus. Elles sont mises à jour à demande de chaque annonceur pendant l'exploitation de l'autobus. La durée de vie de l'information peut varier de quelques mois (événement pro-

grammé à l'avance) à quelques minutes (l'état des correspondances ou les horaires SNCF).

Plus de sécurité

En matière de sécurité des usagers des transports publics, il s'agit d'étendre à l'enceinte des autobus, les recherches en matière de « surveillance vidéo intelligente ». En présence d'une situation potentiellement critique, une alarme pourra être déclenchée de manière

Une architecture intelligente



Le système mis en place regroupe un récepteur GPS et un moyen de communication spatial adapté à chaque service. Deux moyens spatiaux ont été exploités. Le premier est un système bi-directionnel permettant d'établir une liaison point à point entre un central fixe et un mobile à un débit de 9,6kbit/s. Le second offre un débit de 64kbit/s mais uniquement sur un lien

descendant (broadcast) de type multi-points (Worldspace) ; la flexibilité de ce dernier s'accroissant dans le cas d'une facturation à la donnée.

Le milieu urbain, les liaisons spatiales souffrent du masquage dû aux immeubles autour de la voie de circulation. La dégradation des liaisons a été quantifiée grâce à l'outil Predissat déjà exploité avec succès dans le cadre du projet Locoprol (voir p. 17). ■

manuelle ou automatique afin de prévenir l'agent de surveillance situé au poste de contrôle. Celui-ci pourra la valider après avoir visualisé et écouté l'enregistrement de l'incident et déclencher les moyens de la prise en charge les mieux adaptés. L'enceinte d'un autobus présente un degré de confinement plus important, les responsables du projet ont donc suggéré d'enrichir la perception visuelle de l'intérieur de l'autobus par l'interprétation automatique de son ambiance sonore.

Des garanties pour le transport de marchandises

Les services proposés ont pour objectif d'optimiser une opération transport de marchandises pour ses trois composantes –l'expéditeur, le transporteur et le destinataire– et donc de leur garantir :

- le délai de livraison,
- l'intégrité des marchandises transportées,
- le meilleur remplissage des camions et la sécurité des chauffeurs et des marchandises.

Le projet porte plus particulièrement sur :

- l'optimisation de l'affectation des commandes aux chauffeurs selon la distance du véhicule au lieu de chargement et de livraison, l'état du trafic dans la zone géographique du camion tout en respectant certaines contraintes sociales,
- la modification des tournées ainsi calculées avec l'intégration de nouvelles commandes. A cette fonction sont naturellement associés l'envoi aux conducteurs des mises à jour des plans de charge ainsi qu'une capacité de messagerie avec le central. Cet aspect permet de garantir une meilleure réactivité du transporteur vis-à-vis de ses clients ainsi qu'un meilleur taux de remplissage de ses camions. ■

Contact

Sébastien Ambellouis, Inrets
ambellouis@inrets.fr
Gaël Scot, Cnes
gael.scot@cnes.fr

Un partenariat public/privé

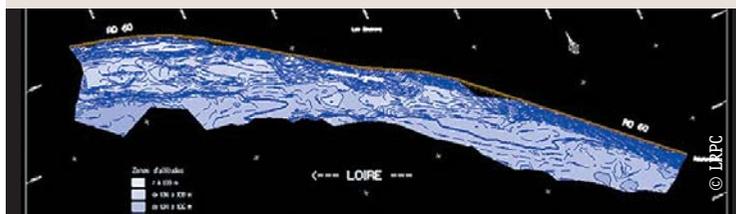
Le projet TESS est labellisé par le Réseau Terre et Espace et soutenu par la région Nord-Pas-de-Calais, l'Etat et la Commission européenne dans le cadre des contrats de plan Etat/région II regroupe :

- quatre centres de recherche : IEMN, UVHC-Lamih, Inrets-Leost, Cnes,
- trois exploitants et transporteurs : Kéolis-Transpole, Bernard Lataste, Norbert Dantressangle,
- trois industriels : IDMS Worldspace, CGx, Miriad Technologies.

ENVIRONNEMENT

Les digues de la Loire sous surveillance GPS

L'étude de l'état des digues de la Loire est un exemple typique d'utilisation du GPS pour le positionnement des points de mesures. Dans le cadre de ce programme d'études, l'unité bathymétrie-hydraulique du laboratoire régional des ponts et chaussées de Blois travaille en collaboration avec l'arrondissement interdépartemental des travaux de la Loire depuis l'an passé.



Carte bathymétrique établie en pied de digue.



Surveillance de digues en Indre-et-Loire (levé bathymétrique) : le bateau Téthys en mesure

Utilisation d'une base GPS

Ici, le GPS est utilisé :

- en topographie classique (implantation de bases GPS dans des zones dépourvues de repères topographiques proches, mesures de profils hydrauliques) ;
- en suivi topographique de digues (surveillance des talus, des enrochements, localisation des affaissements ou des désordres) ;
- en levé bathymétrique en pied de digue (surveillance des zones immergées à l'aplomb des digues pour déceler les affouillements ou les glissements) ;
- pour le positionnement de tout élément (épis, obstacles, îles...) susceptible d'intéresser l'étude.

La facilité d'utilisation du GPS permet de localiser simplement et précisément toute information utile, et cela même, sur de grandes distances. Il existe des inconvénients comme la proximité de la végétation et d'ouvrages (ponts, bâtiments...) ou un nombre insuffisant de satellites, qui dégrade ou empêche la mesure. Il reste cependant indispensable : sa facilité de mise en œuvre, sa rapidité d'intégration des mesures et sa précision en font un outil efficace dans le déroulement d'un chantier.

Contact

Carine Vincenzi
Cete Normandie-Centre/LRPC de Blois
Unité de bathymétrie-hydraulique
Carine.vincenzi@equipement.gouv.fr

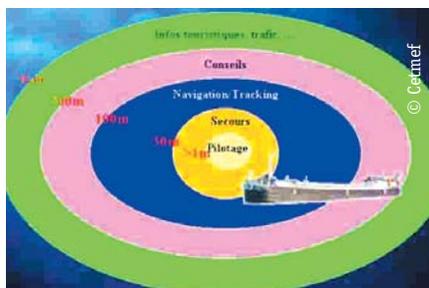
GÉOLOCALISATION

Bientôt de nouveaux moyens pour le maritime et le fluvial

Le transport maritime a, le premier, fait appel aux techniques satellitaires pour échanger communications et signaux de détresse. Désormais, il utilise le système GPS pour ses besoins en positionnement, remplacé par Egnos puis Galileo dès qu'ils seront opérationnels. Ce sera bientôt au tour de la voie d'eau d'utiliser le géopositionnement.



Carte ECDIS recadrée



Contraintes de navigation fluviale



Poste de pilotage

Globalement, les besoins maritimes en moyens de géolocalisation sont aujourd'hui satisfaits par le GPS, la précision à l'approche des côtes françaises étant améliorée par sept stations différentielles qui corrigent les erreurs de mesure sur la constellation GPS, et les transmettent ensuite en temps réel aux récepteurs mobiles (précision inférieure à 5m pendant 95 % du temps). Dans un proche avenir, le système Galileo, offrira des performances accrues en précision et en intégrité.

Le transport maritime utilise également un système de positionnement par ondes terrestres : le Loran C. Ce système repose sur un réseau de stations côtières d'une portée de 1 000 km. Utilisable dans des environnements difficiles, grâce à sa grande résistance au brouillage, et bien que d'une précision inférieure au GPS (et a fortiori Galileo), son utilisation en « secours » de Galileo est envisageable.

Une connaissance en temps réel

L'AIS (système d'identification automatisé) qui viendra prochainement renforcer les moyens de contrôle/surveillance du trafic maritime intégrera les systèmes de géolocalisation. Les données de positionnement figurent dans

les messages d'identification échangés entre bâtiments et avec les autorités de surveillance du trafic. Sa généralisation apportera des avantages appréciables aux pilotes par la connaissance exhaustive de l'état du trafic environnant, comme aux services des Etats, qui connaîtront en temps réel la situation des navires et cargaisons.

La reconnaissance de l'AIS

L'expérimentation menée en 2001 par le Cetmef (Centre d'études techniques maritimes et fluviales) ayant permis de préciser les apports de l'AIS et la portée des stations côtières, la DAMGM (direction des affaires maritimes et des gens de mer) prévoit d'équiper progressivement la totalité de la façade Manche en stations AIS, les autres façades maritimes devant aussi être équipées par la marine.

Pour l'instant, les messages AIS sont transmis par liaisons radio VHF ; à terme, ils utiliseront sans doute le satellitaire, ce qui améliorera sensiblement la portée de l'AIS. Une expérimentation est en cours (projet Nauplios, en partenariat avec la DAMGM, le Cnes et Thales), les premiers résultats devraient être connus prochainement.

Le fluvial aussi

En milieu fluvial, la précision attendue du géopositionnement varie selon le type

d'applications, allant du mètre pour le pilotage, au km pour la diffusion d'informations touristiques. A ce jour, l'utilisation de moyens de géopositionnement est encore peu répandue parmi les usagers de la voie fluviale. Elle devrait s'accroître sous l'impulsion des exploitants après l'adoption par l'Union européenne de la directive « River Intelligent Services », actuellement à l'état de projet. Le système d'identification automatisé AIS peut être utilisé sur la voie fluviale, mais, en raison des coûts induits, son usage sera sans doute limité aux zones à fort trafic et/ou à forte accidentologie. D'ores et déjà, le Cetmef a conduit avec succès une expérimentation de l'AIS sur le bief parisien. Dans les zones non AIS, ce sont les réseaux de radiocommunications publics qui devraient être utilisés pour rapatrier vers l'exploitant les données relatives au positionnement des embarcations. Une première expérimentation en ce sens est actuellement menée sur quelques voies navigables françaises, en équipant les usagers de téléphones mobiles GPRS dotés de la fonction GPS. ■

Contact

Guillaume Pensier, chef du département télécommunications du Cetmef
guillaume.pensier@equipement.gouv.fr

TUNNELS ROUTIERS

Détecter, combattre et modéliser les incendies

Comment détecter vite et précisément un incendie dans un tunnel ? La pulvérisation d'eau est-elle efficace pour combattre un sinistre ? Comment les fumées se déplacent-elles dans le tube ? Ces trois thèmes majeurs, auxquels s'ajoute le comportement au feu des matériaux et des structures, guident depuis 2001 les travaux du centre d'études des tunnels (Cetu) sur la sauvegarde des personnes en cas d'incendie. Les résultats intermédiaires, montrent que les phénomènes en jeu sont d'une grande complexité.*

Pour aborder ce thème dans toute sa complexité, le Cetu participe à deux projets européens, FIT (Fire In Tunnels) et UPTUN (UPgrading of existing TUNnels), qui regroupent près de 50 partenaires dans douze pays.

En France, le Cetu collabore avec l'université Lyon 1 pour la modélisation des fumées, et avec la Direction de la défense et de la sécurité civiles du ministère de l'Intérieur sur le thème de la pulvérisation d'eau : rarement un thème de recherche aura associé autant d'acteurs...



L'exemple des systèmes fixes de pulvérisation d'eau illustre bien ce constat. Un tunnel, espace semi-ouvert de grande longueur, n'est pas un bâtiment équipé de « sprinklers », et les travaux du Cetu montrent même que la pulvérisation peut être dangereuse pour les usagers : « elle peut déstratifier les fumées, c'est-à-dire les rabattre vers le sol alors qu'elles étaient stabilisées en partie haute du tunnel », illustre Bruno Brousse, expert ventilation au Cetu. D'où l'idée d'aborder le problème largement : quels sont les types d'incendies et de tunnels où la pulvérisation présente un intérêt ? Peut-elle améliorer la visibilité dans le tunnel (pour l'auto-évacuation rapide des usagers), réduire la toxicité des fumées (pour l'intervention des secours) et limiter la montée en température (pour l'extinction du foyer) ? « Pour être exhaustif, il faudrait traiter 144 scénarios d'incendie, précise Bruno Brousse. Nous n'en retenons finalement que sept, les plus critiques, pour lesquels nous allons poursuivre l'étude et mener des essais réels en 2005 ».

Diversité des scénarios

La détection d'incendie se heurte, elle aussi, à la diversité des scénarios : feu de palettes, de moteur ou de réservoir, sur véhicule arrêté ou non, dans un tunnel surveillé ou pas, ventilé en longitudinal ou en transversal... L'étude de cas de référence montre aussi qu'un départ d'incendie produit à peine plus de CO² que le trafic, et élève la température de 4°C à peine : pour le détecter à coup sûr, il faut associer plusieurs types de capteurs. « Nous avons bouclé une étape importante : fixer les priorités du système de détection – fiabilité, robustesse, précision de localisation – selon que le tunnel est surveillé ou non, indiquent Pierre Carlotti et Marc Tesson, animateurs des pôles « ventilation » et « sécurité » du Cetu. Maintenant, il faut évaluer les technologies existantes ». Sauvegarder les usagers en cas d'incendie, c'est aussi comprendre les mouvements de fumées dans le tunnel grâce à la modélisation. Le Cetu a développé avec la société Setec, le logiciel Camatt, un outil 1 D de vérification de la ventila-

tion qui prend en compte les phénomènes d'échauffement des parois, décisifs pour la température de l'air. Des logiciels 2 D et 3 D sont à l'étude ; plus proches de la réalité, ils sont encore d'une extrême complexité... « On peut parler pour l'instant d'outils de recherche, pas d'outils à l'usage du concepteur ou de l'ingénieur, comme l'est Camatt », précise Antoine Mos, chargé d'études ventilation au Cetu. ■



A lire : Dossier pilote Ventilation

Édité en mars 2004, le dossier pilote Ventilation est issu des travaux du Cetu. Il complète l'instruction technique d'août 2000, et redéfinit la terminologie de conception des systèmes de ventilation autour de la problématique « incendie », priorité n°1 ■

Les mystères de l'écaillage*

Dans certaines conditions, sous l'action de la chaleur, le béton des parois de tunnel gonfle, éclate et tombe au sol, mettant à l'air libre une surface intacte qui, à son tour, éclate et se détache : c'est le phénomène « d'écaillage », très fréquent lors des incendies les plus graves, qui peut dévorer une bonne partie de l'épaisseur de voûte et menacer ainsi la solidité de l'ouvrage. « L'écaillage ne menace pas directement les usagers, dans la mesure où il ne se produit qu'à des températures très élevées » explique Céline Féron, chargée d'études « tenue au feu des structures » au Cetu.

Le mécanisme de l'écaillage est très complexe et, malgré de nombreux essais, personne n'est encore parvenu à créer une loi de comportement fiable et à modéliser précisément l'écaillage. A ce jour, la prévention la plus efficace consiste à mettre en place des matériaux de protection passive. « Depuis trois ans, le Cetu a constitué un catalogue complet détaillant pour chaque matériau les fournisseurs, les chantiers de référence, les tests réalisés, le mode de mise en œuvre, les caractéristiques physiques et thermiques, le suivi des applications sur chantier, etc. », déclare André Schwenzfeier, chargé de mission tunneliers au Cetu.

Enfin, l'absence presque totale d'écaillage constatée lors de l'accident du tunnel du Mont-Blanc a permis de travailler à un nouveau béton, proche de celui du tunnel haut-savoyard et tout aussi résistant à l'écaillage. Il se distingue par sa forte porosité et ses qualités d'isolation en cas d'incendie : « plus il monte en température, moins il transmet la chaleur ! » souligne René-Michel Faure, chargé de mission « doctrine et recherche génie civil » au Cetu. ■

*Voir aussi p. 31

Contact

Didier Lacroix, directeur de la recherche au Cetu
didier.lacroix@equipement.gouv.fr

Ne pas oublier les usagers

La recherche sur la sécurité dans les tunnels ne peut faire l'impasse sur leur comportement.

Le niveau de sécurité dans un tunnel est le résultat de l'interaction entre ce système et ceux qui le traversent, c'est-à-dire les usagers. Les Autoroutes alpines (autoroutes Rhône-Alpes, autoroutes et tunnel du Mont-Blanc et société française du tunnel routier du Fréjus, concessionnaires de onze ouvrages souterrains en région Rhône-Alpes) et la société Dédale, spécialisée dans la recherche appliquée et le développement d'outils de gestion du risque, conduisent et financent depuis janvier 2003 le projet ACTEURS (améliorer le couplage tunnels/exploitants/usagers pour renforcer la sécurité).

Les Autoroutes alpines qui ont fortement investi et qui continuent à investir dans la sécurité des tunnels ont en effet la volonté de contribuer à élargir la réflexion sur ce sujet en intégrant mieux le comportement des usagers.

Le projet est engagé à hauteur de 40% sur un budget total de 820 000 euros TTC – au titre du groupe 4 – technologies pour la sécurité du Predit. Le Cetu est également associé directement dans le projet. A chaque étape du projet, un comité rassemblant des experts de l'Inrets, de la DSCR (direction de la sécurité et de la circulation routières), de l'école des Mines de Paris, du Cerat (Centre de recherche sur la politique, l'administration, la ville et le territoire de Grenoble), de la société d'autoroutes Escota, ainsi que du TNO hollandais valide le travail effectué.



Antenne expérimentale pour la validation du système de contrôle actif en boucle fermée.

Mieux comprendre les comportements

Le projet ACTEURS se découpe en deux lots.

Le premier vise à mieux comprendre les comportements des usagers en situation normale et en situation de crise, en particulier :

- mieux connaître les perceptions des concepteurs et des exploitants de tunnels sur les comportements des usagers,
- mieux appréhender l'activité des usagers en utilisation normale du tunnel en distinguant les types d'usagers - véhicules légers, poids lourds - et de tunnels (courts, en continuité de l'autoroute ou longs),
- mieux comprendre les comportements des usagers en situation de crise.

Le second lot, sous réserve de la participation de nouveaux partenaires publics et privés, permettra d'identifier et valider expérimentalement des solutions visant à améliorer la prise en compte des comportements des usagers en tunnel, que ce soit au travers d'équipements, d'actions de formation ou d'information. ■

Contacts

Frédéric Ricard, ATMB
frederic.ricard@atmb.net
Armel de La Bourdonnaye, Drast
secrétaire technique, groupe 4 du Predit
armel.de-la-bourdonnaye@equipement.gouv.fr

Mieux connaître l'impact des métaux lourds dans les sols

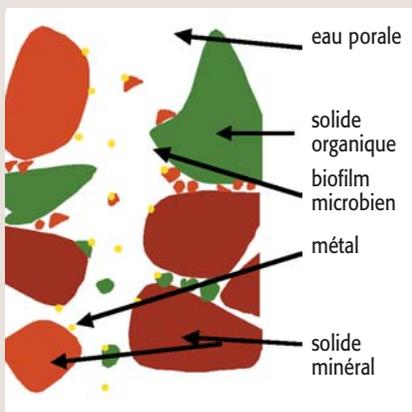
L'infiltration des eaux pluviales urbaines, le dépôt de sédiments contaminés ou la réutilisation de déchets dans les routes conduisent les sols à supporter des flux importants de polluants et notamment de métaux lourds (Zn, Cd, Pb, Cu...) qui menacent sa qualité et celle de la ressource en eau souterraine. Il est donc important de connaître les processus par lesquels les métaux lourds sont retenus dans les sols traversés par les eaux polluées afin de les optimiser ou de les réduire.

Les travaux développés au laboratoire des sciences de l'environnement (LSE) de l'école nationale des travaux publics de l'Etat (ENTPE), depuis dix ans, ont contribué à l'étude de l'écodynamique des métaux lourds dans les sols, déchets et sédiments. Ainsi, il est apparu que le devenir de ces métaux lourds dans les sols est lié à la présence de certains constituants de la phase solide ou dans l'eau des pores (argiles, matières organiques, micro-organismes...). Ces constituants participent soit à la rétention des polluants dans la phase solide, soit à leur transfert via des particules microscopiques décrochées du sol que sont les colloïdes. Les travaux développés ont contribué à comprendre et caractériser le devenir des métaux lourds dans des milieux poreux naturels, en se focalisant plus précisément sur le rôle des micro-organismes qui s'y développent.

Trois thématiques de recherches

Mettant en œuvre une approche pluridisciplinaire comprenant l'hydrodynamique des milieux poreux, la géochimie, la chimie, la microbiologie et la dynamique de systèmes, les recherches se sont développées selon trois thématiques :

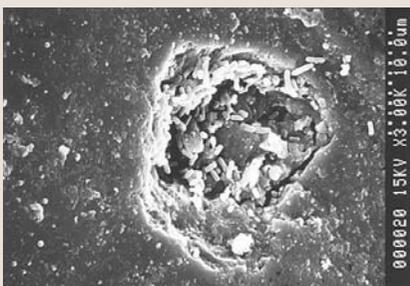
- **Transfert des métaux lourds dans des sols "propres", sableux ou carbonatés, en présence de micro-organismes introduits artificiellement** : les résultats et la modélisation associée ont montré que les parois de certaines bactéries, ainsi que les exopolymères (sucres qu'elles produisent pour s'accrocher au solide) associés, offrent des sites chimiques de rétention des métaux. Le développement et la respira-



L'eau vecteur de la pollution dans le sol

tion des micro-organismes peuvent par contre conduire à une facilitation du transfert des métaux que l'on appelle transfert actif. Ainsi, les micro-organismes facilitent naturellement la rétention des métaux dans les premiers centimètres du sol. On peut, par contre, stimuler leurs activités et faciliter le lessivage des métaux lourds dans le cas de dépollution de sols.

- **Mobilisation de métaux piégés dans des matrices réelles contaminées** : ces travaux ont montré que des cycles de séchage/réhumidification de sédiments de dragage de canaux fortement pollués entraînent une forte modification de la granulométrie des sédi-



Développement de bactéries sur du sable

ments, et, par conséquent, une modification de la mobilisation des métaux initialement piégés. Il faut donc prendre en compte l'évolution du matériau dans les études de risque de contamination des sols et des nappes par des dépôts de sédiments.

- **Caractérisation du compartiment microbien de matériaux réels contaminés** : cette caractérisation, jusqu'alors assez peu développée, montre que l'accumulation sur le long terme de contaminants à très fortes concentrations dans les sols conduit la microflore à s'adapter à ces milieux extrêmes et à présenter des activités importantes de transformation de la matière organique. Après avoir privilégié des études à l'échelle macroscopique, les travaux vont s'attacher à observer les phénomènes de rétention/relargage des métaux de l'échelle microscopique à l'échelle du terrain. Un effort sera particulièrement fait pour comprendre le rôle des particules microscopiques (colloïdes) présentes dans l'eau du sol dans le transfert des métaux vers les nappes. Tout ceci doit permettre d'améliorer l'évaluation des risques liés à ces activités polluantes. ■

En savoir plus

www-rap.obs.ujf-grenoble.fr
www.SESAME-FP5.obs.ujf-grenoble.fr
www.lcpc.fr/fr/recherches/recherches.encours/

Contact

Cécile Delolme * - ENTPE-LSE
Cecile.delolme@entpe.fr

* Habilitation à Diriger des Recherches obtenue le 3 juin 2003 à l'université J. Fourier de Grenoble dans la spécialité "Sciences de la Terre", voir p.36

TRANSPORTS

Un outil de diagnostic pour les marchandises en ville

Issu du programme national « Marchandises en ville », le logiciel Freturb, développé par le laboratoire d'économie des transports (LET), est diffusé auprès des collectivités locales et des bureaux d'études.

Le transport de marchandises en ville a longtemps été envisagé seulement sous l'angle des flux de véhicules. Parallèlement, les restrictions de circulation imposées aux camions par les décideurs locaux ont durablement occulté cette activité, pourtant essentielle pour l'économie urbaine. Or, l'approvisionnement quotidien de la ville recouvre des domaines extrêmement divers, tels l'organisation logistique, le système de localisation des plates-formes et des établissements, ou l'urbanisme commercial. Et les flux de marchandises sont responsables du quart de l'occupation de la voirie, ce qui montre bien leur importance pour l'environnement et le développement durable de la ville.

Améliorer la connaissance des livraisons et enlèvements

Le transport de marchandises en ville a fait l'objet de recherches quantitatives à la faveur du lancement, en 1993, du programme national « marchandises en ville », soutenu par le ministère de l'Équipement et l'Ademe dans le cadre du groupe 5 – logistique et transport de marchandises – du Predit. Les enquêtes réalisées, entre 1994 et 1996, à Bordeaux, Marseille et Dijon ont permis de mieux connaître l'importance et la genèse des flux de marchandises. Le laboratoire d'économie des transports (LET) a construit une base de connaissances avec le développement d'outils de modélisation pour l'aide à la décision, dénommé Freturb. Contrairement aux modèles traditionnels, fondés sur les matrices origine-destination, la démarche porte sur l'ensemble des opérations de livraison et d'enlèvement des établissements dans une agglomération.



Un outil de simulation simple

Le modèle Freturb est actuellement diffusé sous forme d'un logiciel aux collectivités locales et bureaux d'études spécialisés. C'est un outil pédagogique destiné à aider les gestionnaires de la ville et les acteurs économiques à engager un dialogue avec les acteurs concernés par la logistique urbaine.

Son utilisation ne nécessite pas d'être spécialiste de la modélisation, ni de faire une enquête quantitative préalable. Il permet de réaliser sur n'importe quelle agglomération française un diagnostic

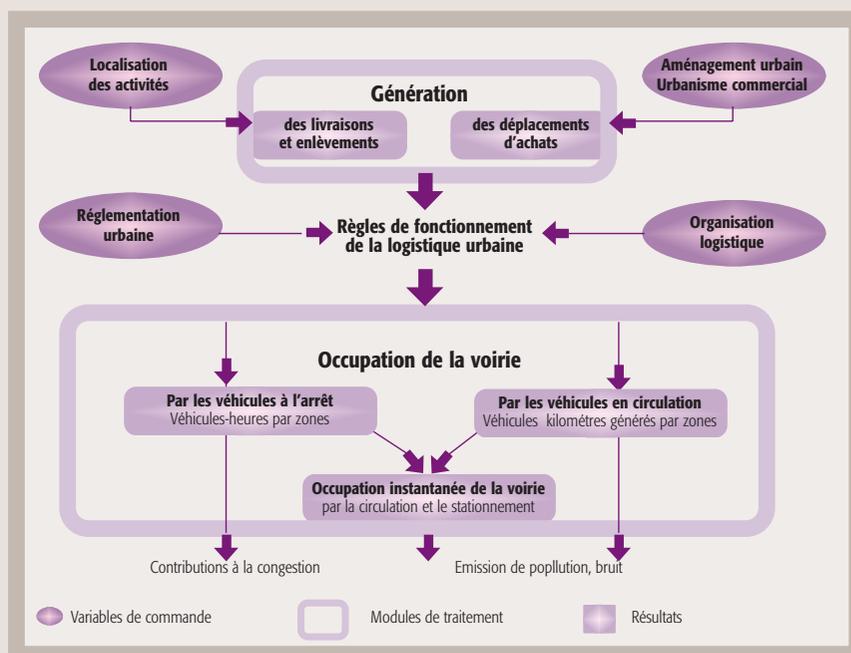
par zone du transport de marchandises, de l'occupation de la voirie par les véhicules de livraison en circulation (véhicules*km) ou en stationnement sur voirie (heures*km) et des rythmes journaliers des livraisons.

Une première version de Freturb est utilisée par une vingtaine de villes, essentiellement pour introduire la dimension marchandises dans leurs Plans de déplacements urbains (PDU).

La nouvelle version permettra de réaliser des simulations de scénarios d'évolution des localisations des activités dans l'espace et selon leurs modes de gestion ou d'organisation. ■

Contact

Jean-Louis Routhier
LET/ISH (Institut des sciences de l'homme) à Lyon
unité commune ENTPE/CNRS
Jean-louis.routhier@let.ish-lyon.cnrs.fr



BÂTIMENT

Des données sur la lumière naturelle

A l'école nationale des travaux publics de l'Etat (ENTPE), au laboratoire des sciences de l'habitat (LASH), le groupe Lumière et rayonnement électromagnétique (LRE) développe des outils et des méthodes pour produire des informations sur la lumière naturelle et permettre leur prise en compte lors de la conception des bâtiments.*

La lumière naturelle n'a jamais été mesurée par les services météorologiques. On dispose donc de très peu de données sur le climat lumineux. Pour pallier ce manque, la commission internationale de l'éclairage (CIE) a initié, en 1991, un programme international de mesures de la lumière naturelle appelé IDMP (International Daylight Measurement Program). Comme une vingtaine d'autres équipes de recherche en Europe, dont le CSTB de Nantes, le groupe LRE a mis en place une station de mesures répondant aux recommandations de l'IDMP. Cette station, installée sur le toit de l'ENTPE, mesure depuis 1992, toutes les minutes, l'éclairement lumineux sur une surface horizontale ainsi que sur quatre surfaces verticales d'orientation Nord, Est, Sud et Ouest.** Les données statistiques issues de ces mesures peuvent directement être utilisées pour caractériser les performances des ouvertures en toiture ou en façade des bâtiments de la région lyonnaise.

Des informations tous les 5 km

La couverture géographique assurée par la vingtaine de stations IDMP européennes est insuffisante pour permettre de caractériser les variations du climat lumineux en Europe. En 1996, le groupe LRE s'est donc orienté vers l'utilisation des images du satellite géostationnaire européen Meteosat. L'image de la terre produite toutes les demi-heures par Meteosat fournit une information différente tous les 5 km environ : une résolution impossible à obtenir avec un réseau de stations de mesures. Deux projets européens Satel-Light (1996-1999) et Soda (2000-2003) ont permis de développer et valider les méthodes permettant de déterminer les éclaircissements lumineux



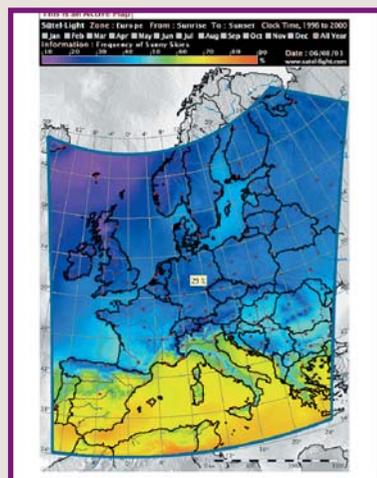
La station de mesures spécialisée dans la lumière naturelle de l'ENTPE

à partir des pixels de l'image satellite. La précision est meilleure qu'une interpolation entre stations de mesures, dès lors que l'on se trouve à plus de 25 km d'une de ces stations.

Un serveur internet

Ces deux projets ont conduit à la création d'une base de données appelée Satel-Light***, résultat du traitement de cinq années d'images Meteosat. Ce serveur Internet permet aux ingénieurs de bureaux d'étude, aux industriels, aux architectes, aux étudiants, de produire facilement et rapidement des statistiques sur la lumière naturelle pour un lieu précis ou pour une zone géographique en Europe. Depuis l'ouverture du site en 1999, plus de 3 000 personnes utilisent régulièrement le serveur.

Grâce au projet européen Heliosat-3, le groupe LRE travaille actuellement sur les améliorations apportées par la nouvelle génération du satellite Meteosat : des images tous les quarts d'heure, une résolution spatiale allant jusqu'à 1 km, des informations plus précises sur le contenu de l'atmosphère. ■



Exemple de carte produite par Satel-Light : Fréquence annuelle des ciels ensoleillés en Europe.

*Ce travail est mené par Dominique Dumortier, nouvellement habilité à diriger des recherches (voir p.36), deux doctorants (C. Chain et F. Maamar) et un ingénieur (F. Van Roy) en collaboration avec d'autres groupes de recherche en Europe et dans le monde.

** Les mesures sont accessibles en ligne à <http://idmp.entpe.fr/vaulx/mesfr.htm>.

*** Cette base de données est en ligne à l'adresse www.satel-light.com.

Contact

Dominique Dumortier
ENTPE/LASH
Dominique.dumortier@entpe.fr

GÉNIE CIVIL

Les études aérodynamiques du viaduc de Millau

A quelques mois de l'entrée en service du viaduc qui reliera sur la A75 les deux rives de la vallée du Tarn, retour sur les études menées par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) pour appréhender une contrainte essentielle pour cet ouvrage : l'impact du vent.



Millau en chiffres

- ➔ Hauteur totale au sommet des pylônes : 343 mètres
- ➔ Hauteur du tablier au-dessus du Tarn : 270 mètres
- ➔ Longueur totale : 2 460 mètres
- ➔ Tablier en acier : 36 000 tonnes de charpente métallique
- ➔ Huit travées (six de 342 mètres et deux de 204 mètres) reposent sur sept piles et sont soutenues par des haubans fixés à sept pylônes de 90 mètres de hauteur chacun
- ➔ Culées et piles : 85 000 mètres cubes de béton dont plus de 50 000 mètres cubes de béton haute performance, soit au total plus de 205 000 tonnes de béton.

Source : Compagnie Eiffage du viaduc de Millau

La connaissance du vent sur le lieu de construction a commencé par une période d'observation sur site. Des instruments ont été installés afin de mesurer les caractéristiques du vent pendant plus d'un an. Ensuite, la comparaison de ces données de terrain avec les valeurs enregistrées pendant la même période par la station météorologique proche (Millau Soulobres) a permis de transposer les statistiques climatiques, issues de plusieurs dizaines d'années de mesures à la station météo, sur le site de construction. La hauteur exceptionnelle des piles du viaduc de Millau ne permettant pas l'utilisation des seules techniques traditionnelles d'anémomètres portés par des mâts de grande hauteur, une méthode de sondage de l'atmosphère par ondes

sonores (Sodar) a été adoptée. L'utilisation combinée de ces deux techniques a permis de définir les caractéristiques du vent en quelques points de la vallée. Un modèle numérique représentant l'ensemble du site et celui de la station météo de Millau Soulobres et un modèle physique à échelle réduite du 1/1250^e, étudié en soufflerie à couche limite atmosphérique, ont corroboré et complété ces mesures.

Des « modèles » de vent

La synthèse de ces études climatiques a permis de définir des « modèles » de vent, en fonction de la direction du vent et de la position sur le viaduc. Ces modèles permettent, à partir des statistiques issues de plusieurs dizaines d'années passées, d'ex-

trapèze aux années à venir quelles seront les conditions de vent les plus sévères auxquelles le pont devra résister. Ces modèles de vent ont été utilisés pour le dimensionnement de l'ouvrage.

Chacun des éléments du pont est sujet à l'effort des vents violents : les piles, dont la hauteur est un record mondial, le tablier, dont la légèreté facilite l'apparition de vibrations, les pylônes qui sont les points les plus hauts du pont et les câbles qui sont tendus comme les cordes d'une harpe entre le tablier et les pylônes.

Une première approche a donc consisté à étudier séparément chacune de ces parties au moyen de maquettes sectionnelles simples. Des maquettes de ce type ont été utilisées pour connaître les efforts du vent sur un tronçon de pile, sur un morceau de hauban, sur une partie de pylône.

Des essais de stabilité

Des essais de stabilité ont complété les mesures d'efforts sur la maquette de tablier du viaduc pour vérifier la qualité du profil géométrique vis-à-vis des problèmes de vibration verticale ou de torsion. Pour



Maquette du Viaduc de Millau pour le projet final en phase de construction "arrêt sur $\pi/2$ "

ce type d'essais, la maquette est montée sur un système de suspension dont les caractéristiques sont déduites de la raideur de l'ouvrage réel. L'observation du comportement de la maquette en fonction de la vitesse du vent en soufflerie permet d'en déduire celui de l'ouvrage réel.

C'est à cette étape que le tablier du viaduc de Millau a évolué, d'une forme initiale d'abord trapézoïdale, puis triangulaire chère à l'architecte, à une forme finale tra-

pézoïdale à base étroite très performante d'un point de vue purement aérodynamique, alliant faibles efforts transversaux et très bonne de stabilité malgré les écrans pare-vent latéraux (protection des véhicules sur l'ouvrage) très pénalisants. Le dialogue entre l'architecte, les concepteurs et les ingénieurs spécialisés a donc été permanent tout au long de l'étude car du choix des formes retenues peuvent dépendre les matériaux et solutions constructives qui sont adoptés par la suite.

Une simulation temporelle

Mais le vent est variable dans le temps et dans l'espace : une « rafale » de vent n'agit à un instant donné que sur une partie de l'ouvrage. Le calcul des actions du vent sur l'ouvrage complet nécessite donc d'introduire cette variabilité spatio-temporelle du vent : il a fallu tout d'abord générer la vitesse du vent en chaque point du pont au cours du temps par une « simulation temporelle du champ de vent ». Cette

carte, en trois dimensions, des vitesses instantanées du vent a ensuite été transformée en un « champ des efforts », en associant en chaque point du pont la vitesse du vent aux propriétés aérodynamiques de l'élément de pont concerné mesurées en soufflerie. De tels calculs ont été conduits d'abord par le groupement des concepteurs, les bureaux d'études EEG, Serf et Sogelerg dans les phases de définition du viaduc, puis par le bureau Greisch pour le concessionnaire Eiffage.

L'ensemble des phases de construction ont ainsi été étudiées en utilisant comme entrée les modèles de vent issus de l'analyse climatique et les propriétés aérodynamiques du viaduc mesurées sur maquettes sectionnelles en soufflerie.

Le confort des automobilistes

Si on adapte la structure au vent, encore faut-il que les véhicules qui empruntent le pont ne subissent pas non plus ses effets. Un brise-vent a donc été conçu et a été étudié, du point de vue de son ●●●



Maquette sectionnelle du tablier du viaduc équipée de prises de pression pariétales pour la mesure de la fonction d'admittance aérodynamique.

Les interventions du CSTB

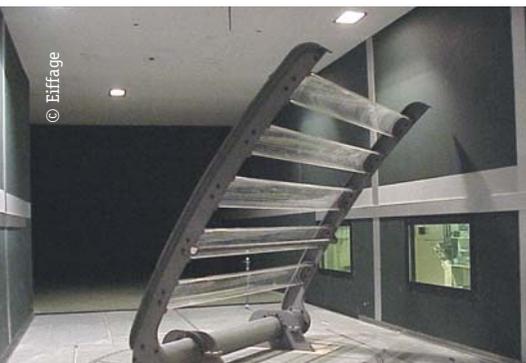
■ Le Centre scientifique et technique du bâtiment a été associé au projet dès 1993.

■ Il a d'abord défini les conditions de vent sur ce site bien particulier à l'aide de mesures in situ, de modèles numériques, et d'études sur maquette topographique pour le compte du ministère de l'équipement du maître d'ouvrage.

■ En 1996, au stade des études de définition de deuxième phase, il a réalisé les essais aérodynamiques du tablier et des pylônes du projet multi-haubané pour le compte du groupement Sogelerg/EEG/SERF/Norman Foster, en collaboration avec l'ingénieur/concepteur Michel Virlogeux.

■ Lorsque ce projet est lauréat du concours, les études aérodynamiques sont poursuivies avec un projet dont la géométrie s'affine et se finalise (1997,1998). Deux variantes du projet, « métal » et « béton » sont étudiées parallèlement, la phase de construction par encorbellement à partir des piles de la variante béton, croix immense de 340 m de haut pour 340 m de large, fait l'objet d'une étude spécifique sur maquette aéroélastique au 1/300° en raison de son caractère particulièrement sensible au vent.

■ En 2001, la décision est prise de concéder l'ouvrage au groupe Eiffage qui propose un mode original de construction du projet métal : le lancement du tablier métallique depuis les plateaux latéraux en utilisant, outre les piles béton définitives, des palées intermédiaires et provisoires métalliques, dont plusieurs mesurent près de 180 mètres de haut. Des études aérodynamiques complémentaires sont alors conduites au CSTB, pour la phase de construction notamment, et aussi pour vérifier la non sensibilité des pylônes métalliques aux phénomènes aéroélastiques (vibrations) que leur relative grande légèreté est susceptible d'engendrer.



© Eiffage
Prototype grandeur nature du brise-vent du viaduc de Millau utilisé pour la mesure du bruit

●●● efficacité, sur des maquettes à échelle réduite, en soufflerie. Il s'agissait alors de protéger les véhicules contre les rafales, de la moto au camion, sans augmenter outre mesure les efforts du vent sur le pont. Le principe retenu est une structure poreuse de 3 m de hauteur en matériaux transparents qui réduit les effets du vent tout en conservant aux usagers du viaduc la possibilité d'apercevoir la vallée. Car le confort c'est aussi de se sentir bien sur l'ouvrage !

Dans le même esprit il a été décidé de se prémunir contre la génération de bruit aéroacoustique avec ce brise-vent, car il est arrivé à d'autres ouvrages de « siffler » à des kilomètres à la ronde les jours de grand vent.

La validation a été réalisée sur un prototype à pleine échelle dans la veine haute vitesse de la soufflerie climatique du CSTB. C'est le stade ultime des études relatives à un pont où l'on « teste » plus que l'on « étudie » ses composants alors que le projet en est déjà à la phase de réalisation. Pour faire suite à ces études et pour les compléter, il sera utile de vérifier, en cours de réalisation et une fois l'ouvrage achevé, que les marges de sécurité avec les hypothèses retenues sont bonnes. Le « monitoring » assurera le relevé des déplacements, des vibrations et des efforts au sein de l'ouvrage, en même temps que les conditions réelles de vent. Cet outil, outre la sécurité qu'il apporte aux utilisateurs, sera aussi très utile pour la maintenance de l'ouvrage et apportera nombre d'enseignements aux concepteurs de futurs ouvrages. ■

Contacts

G. Grillaud, O. Flamand, CSTB, département climatologie, aérodynamique, pollutions, épuration (CAPE) à Nantes
grillaud@cstb.fr; flamand@cstb.fr

CONSTRUCTION MÉTALLIQUE

Des ouvrages plus compétitifs grâce à Mikti

Lancé en septembre 2000, le Projet National de recherche coopérative Mikti progresse conformément aux objectifs définis aux termes des travaux préparatoires de montage, et acceptés par le Réseau génie civil et urbain (RGCU) en septembre 1999. Il s'agit d'un effort collectif de la profession des constructeurs métalliques, en liaison avec des maîtres d'ouvrage et des bureaux d'études, et avec le concours du réseau technique de l'Équipement, pour augmenter la compétitivité des ouvrages de génie civil utilisant la technique des structures mixtes acier-béton : les ponts et passerelles dits « mixtes ».

Plusieurs pistes sont explorées pour parvenir à cet objectif d'accroissement de compétitivité : la première consiste à rechercher les simplifications dans la constitution de la structure, en examinant par exemple si l'on peut (et avec quels avantages et inconvénients), supprimer les entretoises qui raidissent classiquement la structure (le tablier du pont ou de la passerelle) transversalement, et contribuent ainsi à une bonne répartition des charges entre les différentes poutres de l'ouvrage.

Cette recherche fait l'objet d'une thèse d'un étudiant de l'Insa de Lyon, dans laquelle les comportements respectifs d'un tablier, avec entretoises et sans entretoises, sont comparés par méthodes aux éléments finis. Les comportements sont également comparés en matière de vibration, le phénomène de la vibration étant particulièrement important dans le cas du passage des trains TGV.

La piste des poutres « Preflex »

Une autre piste porte sur la technique dite des poutres "Preflex", très utilisée en Belgique et beaucoup moins en France : une étude théorique de comportement de ce type de poutre mixte, où la poutre métallique est maintenue fléchie pendant le coulage d'un enrobage de béton autour de la membrure tendue, puis relâchée une fois que le béton est durci (ce qui a pour effet de mettre l'enrobage de béton en compression) a été confiée au laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC) afin, notamment, d'approcher le comportement à long terme de l'ensemble, en prenant en

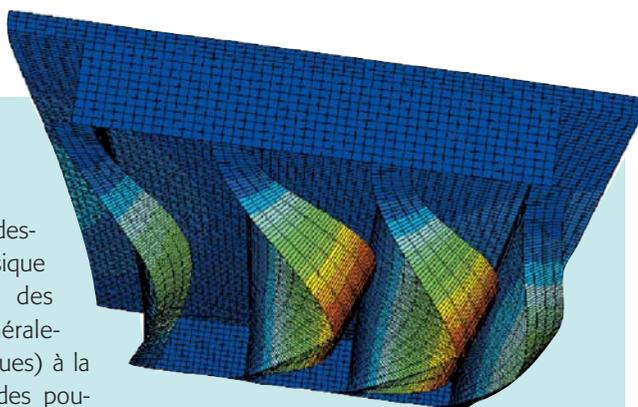
compte les effets du retrait du béton.

Afin de mieux associer béton et métal, le Projet national s'est attaché à étudier diverses façons innovantes de réaliser l'association du béton (qui va constituer la dalle supérieure du pont) et de l'acier (les poutres

Une équipe multidisciplinaire

Bruno Chabrolin (CTICM) assure le pilotage général de l'ensemble et les actions de valorisation, Thierry Kretz (LCPC) dirige le comité scientifique, et les animateurs de thèmes sont : Philippe Ramondenc (SNCF), Louis Demilecamps (Vinci-Construction), Fereydoun Tavakoli (Cete de Lyon), Thierry Kretz et Christian Cremona (LCPC).

Exemple de quadripoutre sans entretoises



métalliques situées en dessous). La méthode classique consiste à souder des « connecteurs » (généralement des tiges métalliques) à la membrure supérieure des poutres, et ces connecteurs sont ensuite « noyés » dans le béton. Deux façons innovantes sont étudiées activement : la première, mise au point dans son principe mais jusqu'alors peu testée, est une initiative du Cete de l'Est et de l'IUT de Strasbourg, (voir p.34) qui consiste à supprimer la membrure supérieure de la poutre, et à venir couler le béton autour de la partie supérieure de l'âme, découpée avec des ondulations. Des essais poussés jusqu'à rupture ont démontré le bon fonctionnement de cet assemblage. Il reste maintenant à évaluer la validité économique de cette solution.

Une deuxième innovation est en cours de validation également : il s'agit de réaliser l'assemblage acier-béton par collage. Voie prometteuse, mais qui a nécessité la rédaction d'un cahier des charges précis soumis aux fabricants de colles car il y a des conditions précises à respecter si l'on veut obtenir à la fois une mise en œuvre commode et une bonne tenue à long terme, indispensable pour des ponts qui doivent durer, et pour la tenue d'un assemblage qui est fondamental dans la capacité portante.

Comparer les structures de ponts mixtes

Une grande étude a été menée par les Cete de Lyon et du Nord-Picardie, agissant en conducteurs d'opération avec des bureaux d'études, pour comparer diverses structures de ponts mixtes (parmi lesquelles la solution classique

du « multipoutres »), soumises aux mêmes chargements et calculées avec le même règlement, mais différant les unes des autres par divers types de simplifications ou de modifications : suppression des raidisseurs longitudinaux d'âme, ajout d'un hourdis inférieur dans les zones d'appui ou sur toute la longueur de l'ouvrage.

La solution qui paraîtra la plus prometteuse, au terme de cette quête dans l'amélioration du « bi-poutre traditionnel », fera l'objet ensuite d'une étude de dimensionnement plus détaillée.

A noter aussi : la mise au point d'un ouvrage mixte avec un béton de très hautes caractéristiques, donc une dalle très mince qui n'est pas sans rappeler les dalles orthotropes utilisées sur les très grands ponts métalliques.

Et, enfin, une recherche, pilotée par le LCPC, qui vise à développer une méthodologie d'inspection spécifique aux ponts mixtes. ■

Pour en savoir plus

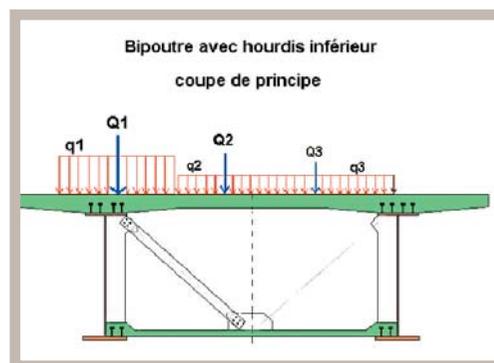
Site MIKTI : www.pnmikti.free.fr

Site projets nationaux : www.irex.asso.fr

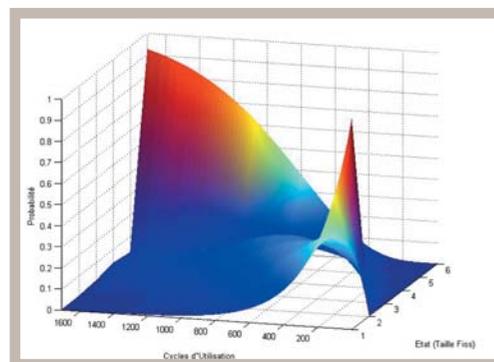
Contact

Jacques Laravoire, président du comité directeur du programme Mikti

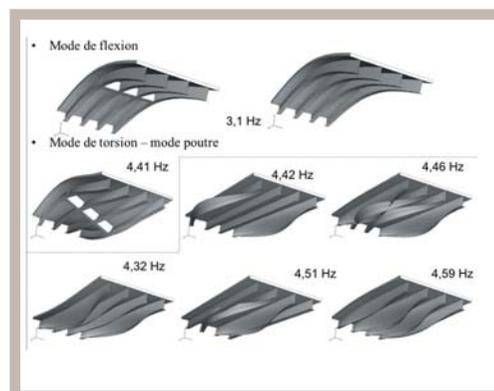
Jacques.laravoire@club-internet.fr



Coupe transversale d'un pont bi-poutre avec hourdis inférieur



Chaîne de Markov pour l'étude de la propagation d'une fissure



Etude dynamique d'une poutraison avec ou sans entretoise intermédiaire

MATÉRIAUX

Deux innovations labellisées

Quatre candidatures expertisées ont été soumises au comité Ivor en décembre dernier. Si deux dossiers nécessitaient un complément d'instruction et ont fait l'objet d'un report à une séance ultérieure, le label Ivor a été attribué à deux nouvelles « innovations validées sur ouvrages de référence ».

Un coulis auto compactant et réexcavable pour le remblayage de tranchées



Ce coulis fluide non essorable a été mis au point par les Ciments Calcia avec la collaboration du Laboratoire d'essais des matériaux de la ville de Paris. Il est particulièrement bien adapté aux tranchées très encombrées par de nombreux réseaux, comme la tranchée ouverte, puis remblayée, dans la rue du Faubourg Saint Antoine, dans le 12^e arrondissement de Paris, par la société Suburbaine pour la pose d'une conduite GdF.

Le Coulipac permet une réduction importante du coût de ce type de remblayage par rapport à l'utilisation de matériaux classiques. Ce résultat est obtenu grâce à l'emploi en proportion importante dans le mélange (80 %) de cendres volantes ; à leur teneur en eau de stockage, avec un dosage faible en ciment et une fabrication du produit en centrale de malaxage.

Il en résulte un remblai dont la portance est suffisante dans un délai relativement court (24 h pour les piétons et trois à quatre jours pour les véhicules) et dont la réexcavabilité à la pioche est garantie par une évolution limitée dans le temps de la résistance à la compression qui reste inférieure à 2 MPa après 180 jours. La réexcavabilité à la pioche a été démontrée sur le site, cinq mois après l'exécution du chantier. Le procédé contribue à une démarche environnementale en valorisant un sous-produit des centrales thermiques à charbon, dont les stocks sont importants. ■

Une avancée dans la charpente de couverture



Pour cette poutre creuse à section triangulaire, composée de trois membrures en bois massif reliées par trois âmes en panneaux OSB, l'ouvrage de référence est un bâtiment de la communauté de communes du Monpaziérois, en Dordogne.

La poutre Jappy, développée par Jean-Denis Chansard, résulte de l'envie de fabriquer une poutre qui n'aurait besoin d'aucun dispositif complémentaire pour assurer sa stabilité dans les deux plans de chargement. Sa forme triangulaire lui donne une inertie transversale très importante (seize fois supérieure à une poutre rectangulaire) qui lui permet d'être posée sans entretoise ni feuillard et économise ainsi une importante main-d'œuvre de chantier.

Des méthodes de fabrication éprouvées

Le dimensionnement des poutres est effectué sur ordinateur par un programme conçu spécialement pour ces poutres et permettant d'en optimiser l'emploi. Les poutres sont fabriquées avec une machine spécifique d'assemblage et pressage qui s'adapte à chaque modèle de poutre (9 modèles différents). La machine calibre les poutres en largeur et en hauteur à la cote exacte. Elles sont utilisées pour les bâtiments industriels, agricoles, la maison à ossature bois, la maison traditionnelle. La procédure d'Agrément Technique au niveau européen (ATE) est en cours et devrait aboutir prochainement. ■

Des Innovations Validées sur Ouvrages de Référence

Le comité Ivor est un groupe d'experts indépendants, présidé par Georges Mercadal, chargé d'examiner des innovations et de signaler celles dont l'intérêt et la validation technique sont suffisants pour intéresser des maîtres d'ouvrage, en leur donnant des informations objectives sur ces matériaux ou ces procédés innovants. Le secrétariat du comité (la mission génie civil de la Drast) reçoit les candidatures à n'importe quel stade de réalisation de l'ouvrage contenant l'innovation.*

L'innovation doit avoir été utilisée sur un ouvrage mis en service, qui constitue l'ouvrage de référence. Depuis 1995, 28 matériaux et procédés de construction ont reçu le label Ivor. A l'appui de ces labels, les fiches Ivor, qui contiennent les éléments techniques de validation des innovations, sont largement diffusées aux acteurs du génie civil (maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre publics et privés, architectes, entreprises, bureaux d'études, industriels).

*La fiche de candidature est téléchargeable sur le site internet du ministère, rubrique Recherche et Innovation : <http://www.equipement.gouv.fr/recherche>

Contact

Hervé Thuillier
Drast, mission génie civil
Herve.Thuillier@equipement.gouv.fr

MODÉLISATION

Symphonie-Tunnels : pour mieux anticiper les effets du feu

Issu des recherches approfondies sur le comportement rhéologique du béton à hautes températures, engagées depuis plusieurs années au sein du Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), ce logiciel qui permet de simuler l'endommagement des bétons dans les tunnels en cas d'incendie, a été primé par la SNCF.

La fin du XX^e siècle a été marquée par des incendies de tunnels aux conséquences catastrophiques, en termes de vies humaines mais également en termes économiques. Les principes de conception et de vérification de ces ouvrages souterrains en matière de sécurité incendie étaient donc à réactualiser. Il fallait notamment mieux comprendre le comportement des revêtements de tunnels lors d'un incendie, en tenant compte de certains constats paradoxaux : alors que le béton ordinaire du tunnel de Mont Blanc s'est localement dégradé jusqu'à la mi-épaisseur (20 cm) du revêtement à l'issue de l'incendie, le béton à hautes performances des voussoirs du tunnel de La Manche s'est écaillé sur une grande étendue, et s'est localement détérioré sur toute l'épaisseur (40 cm) du voussoir*.

Des questions se sont donc posées :

- Quels sont les phénomènes qui entrent en jeu dans le mécanisme de dégradation du béton à haute température ?
- Quelles interactions existent entre ces phénomènes ?
- Quelle loi de comportement faut-il introduire dans les modèles numériques pour dimensionner les revêtements de béton en tunnel ?
- Comment tenir compte du comportement global de la structure, en interaction avec le terrain encaissant ?

Modélisation innovante

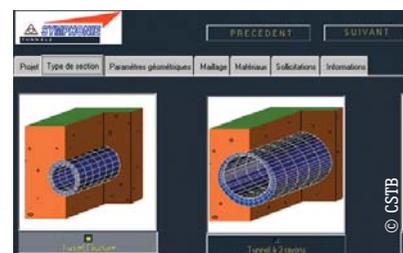
La division Modélisation, Calcul et Développement (Mocad) du CSTB a mis au point un outil de modélisation innovant, baptisé Symphonie-Tunnels, en partenariat avec RFF et le Bureau d'ingénierie de la SNCF.

Cet outil est destiné aux calculs thermomécaniques non linéaires des tunnels. Il est capable de reproduire la dégradation progressive des ouvrages en béton ordinaire ou en BHP sous l'influence des chargements mécaniques et thermiques d'origines macroscopique, microscopique et physicochimique.



Symphonie-Tunnels permet d'effectuer des simulations thermomécaniques non linéaires en régime transitoire instationnaire en prenant en compte le rayonnement, les sollicitations au feu, les contraintes géostatiques dans le sol, les différentes techniques de construction des tunnels, l'existence éventuelle d'une nappe phréatique...

Les propriétés des matériaux peuvent, au choix, être introduites en se basant sur les documents normatifs concernés (Eurocode ou DTU) ou tout simplement être introduites librement par l'utilisateur. Un soin particulier donné à l'interface graphique, permet de réaliser automatiquement le maillage, les conditions aux limites (thermiques et mécaniques), les conditions initiales, les sollicitations (feu, surcharges d'exploitation, nappe phréatique...) avec une intervention rapide et simple de l'utilisateur. Unique sur le marché de l'ingénierie des ouvrages d'art, Symphonie-Tunnels



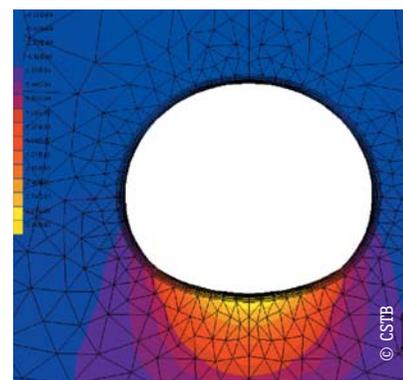
Interface de saisie simplifiée

permet donc aujourd'hui de modéliser le comportement au feu des revêtements de tunnels dans leur contexte géotechnique, et dans le cadre réglementaire en vigueur.

Les résultats des premières analyses bousculent déjà les idées préconçues dans notre connaissance du comportement « à chaud » des revêtements en béton.

Ce logiciel, en licence exclusive pour RFF qui accorde son utilisation à la SNCF, permet à l'ingénierie française de se positionner sur le marché des études de sécurité des tunnels. ■

*Voir aussi en p. 22



Zones plastifiées dans le sol

Contact

Ghassan Mounajed
CSTB division modélisation
calcul et développement (Mocad)
mounajed@cstb.fr
www.mocad.cstb.fr

SERVICES

Les services de proximité, un atout pour les centres villes ?

La mobilisation des acteurs publics et privés sur la création de nouveaux services de proximité – tels que le portage à domicile – qui ont un lien direct avec la circulation et les transports de marchandises, pourrait permettre, à terme, une meilleure gestion du centre ville.

L'Institut du développement économique des cœurs de villes a mené, pour le compte de la Drast, dans le cadre du groupe 5 – logistique et transport de marchandises – du Predit, une étude visant à recenser les expériences les plus innovantes en matière de services de proximité parmi plus de 100 villes. Un diagnostic approfondi a été engagé sur dix sites significatifs (Amiens, Aulnay-sous-Bois, Bayonne, Bordeaux, Chambéry, La Ciotat, Lille, Rennes, Saint-Etienne et Versailles).



Portage à domicile (PAD) caisson de livraison

Objectifs publics variés

Cette étude montre que la mise en place de ces services – portage à domicile, navettes de transport, boutiques services, agents d'accueil itinérants ou management de centre-ville – et, malgré leurs moyens limités, va dans le sens d'un développement solidaire et durable de la ville. La démarche partenariale des acteurs publics et privés contribue à une meilleure gestion des centres villes sur les plans économique, social et environnemental :

- d'un côté, les commerçants tentent par une série de services à la clientèle de répondre aux attentes et aux nouveaux modes de consommation,
- de l'autre, les acteurs publics favorisent des outils communs pour mieux maîtriser les flux liés aux marchandises et à la consommation.

Il se confirme donc que les stratégies de développement commercial peuvent, à travers la création de services innovants et l'utilisation de véhicules propres, répondre à des objectifs publics variés (la réduction des flux de marchandises et des déplacements automobiles, l'emploi, le maintien des commerces de proximité ou l'aide aux

personnes âgées...), à condition d'encadrer ces initiatives, souvent associées à des structures associatives fragiles, par des moyens financiers et juridiques, spécifiques et pérennes. Un comité de pilotage national a été constitué sous l'impulsion de la Drast et de l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) avec la DEcas (secrétariat d'Etat au Commerce), la caisse des Dépôts et l'ACFCI (assemblée des chambres françaises de commerce et d'industrie) et le Centre d'études et de recherches sur l'urbanisme.

Ce comité réfléchit aux moyens de promouvoir la professionnalisation de ces services, en s'appuyant notamment sur de nouvelles expérimentations soutenues par le Predit, et d'évaluer leur impact pour la collectivité. Un colloque, à l'initiative de la DEcas et d'Idée Cœurs de Villes a rassemblé, en octobre 2003 à Bercy, 250 personnes (élus, commerçants, techniciens...) sur cette thématique. ■



la navette électrique de Bayonne



Pieto+ service à Amiens



Le "boubalou" à Chambéry



Mobilités et territoires urbains : la ville sans borne

Le programme de recherche du Puca « Mobilités et territoires urbains » s'est déroulé de 2000 à 2003.

L'étude réalisée sur l'agglomération toulousaine est un exemple parmi les nombreux projets présentés lors des différents colloques qui ont jalonné le déroulement du programme et ont contribué à la production des connaissances et à la mise en convergence des recherches. Un colloque de restitution, point fort de la valorisation, a eu lieu les 23, 24 et 25 juin 2004 au ministère de la Recherche. Quatre questions portant sur le devenir des villes y ont été débattues : comment se caractérisent les espaces-temps de la mobilité ? comment qualifier les modes de vie et l'urbanité dans la « ville sans bornes » ? de nouvelles pratiques territoriales sont-elles en train d'émerger ? quelles sont les voies et les moyens d'une « mobilité soutenable » ? Une synthèse des séminaires d'accompagnement, un annuaire des recherches, les actes du colloque et un ouvrage collectif sont disponibles au Puca (Plan urbanisme construction et architecture).

Pour en savoir plus

Michel Bonnet et Patrice Aubertel
Responsables du programme au Puca
michel.bonnet@equipement.gouv.fr
patrice.aubertel@equipement.gouv.fr

Contacts

Pierre Creuzet, IDEECV
pcreuzet@ideecv.com
Michel Julien, Drast
Michel.Julien@equipement.gouv.fr

Un second colloque qui s'inscrit dans le cadre d'une réflexion plus large et prospective sur la ville en 2025, sera organisé par le ministère de l'Équipement au cours du mois de novembre prochain. Il rassemblera les responsables politiques locaux et les acteurs et initiateurs de ces démarches exemplaires et complémentaires autour de trois thèmes : « accessibilité et solidarité », « emploi et économie », « nouveaux modes de transport et environnement ».

SOCIOLOGIE

La mobilité des habitants du périurbain

Trois enseignants chercheurs, un géographe et deux sociologues de l'université de Toulouse Le Mirail* ont coordonné, de 2002 à 2004, une étude auprès de ménages habitant à plus de 40 kilomètres de

Toulouse et au moins 45 minutes de leur lieu de travail auquel ils doivent se rendre en voiture. Ces ménages, après avoir habité Toulouse, avaient tous fait le « choix » de s'en éloigner. L'objectif était de connaître l'impact de cette décision sur leurs modes de vie et d'apprécier la réaction à leur arrivée des élus des communes choisies.



Le premier constat porte sur le profil socio-démographique des ménages étudiés qui est assez proche de celui d'autres couples avec enfants vivant dans les zones périurbaines : représentants des classes moyennes avec des revenus situés entre 1700 et 5500 euros mensuels, ils ont opté pour une maison individuelle tout en imaginant d'en partir le grand âge venu. Ils diffèrent toutefois sur le choix de leur environnement : les ménages interrogés dans cette enquête valorisent clairement « la campagne » et ses valeurs de liberté mais aussi de « sécurité » pour les enfants.

Eloignement voulu ou subi

Trois types de raisons expliquent leur décision de s'éloigner de la grande ville :

- Un éloignement « contraint », leurs moyens financiers ne leur permettant pas de disposer des surfaces suffisantes en ville. Dans ce cas, leur « localité » n'est pas un espace d'implication.
- Un éloignement « voulu » pour bénéficier d'un site ou d'un paysage dans une maison d'architecte ou « de caractère ». Ces ménages à forte mobilité interviennent plutôt en experts quand un problème d'environnement intervient dans leur commune.
- Un « retour aux sources » dans un lieu où ils ont des racines familiales ou des habitudes antérieures, de pratiques sportives par exemple. La localité est, pour cette catégorie de ménages, un véritable espace « d'appartenance » et ils s'impliquent dans la vie locale, politique et associative.

Nouveaux modes d'organisation

Le mode d'organisation des activités de ces ménages est souvent lié au caractère voulu ou subi de leur éloignement :

- Les ménages qui vivent leur éloignement comme une contrainte s'efforcent de réduire le nombre et le temps de leurs déplacements ainsi que les distances parcourues. Ils « repolarisent » en conséquence leurs activités, soit en optant pour trois ou quatre lieux « à proximité » de leur domicile, soit en optant pour la petite ville bien équipée la plus proche de chez eux.
- Les ménages les plus aisés privilégient la qualité de l'offre d'activité et la variété des choix sans être contraints par les distances. Qu'ils circulent sur l'axe entre Toulouse et leur lieu de vie ou dans un périmètre beaucoup plus large – en France, voire en Europe –, il semble que pour ces « élites circulantes », ce sont les déplacements qui assument désormais une fonction de continuité et d'organisation.

Tous les ménages ont en tout cas accepté le prix à payer de leur éloignement : les déplacements en voiture, même si ce coût a été mal apprécié contrairement aux traites pour payer la maison. Au cours des déplacements, hommes et femmes en profitent pour mener des activités parallèles à la conduite et opèrent non pas des parcours automatisés et répétitifs, mais bien une gestion stratégique de leurs déplacements, afin notamment de parer aux différents aléas possibles. ■

Trois types d'accueil

Face à cette nouvelle population, les chercheurs ont observé trois logiques d'actions des élus locaux :

- Une logique de non intervention et parfois de crispation car ces maires souvent ruraux (« maires traditionnels ») ne veulent pas modifier leur action pour satisfaire ces nouveaux venus, estimant que c'est à ces derniers de s'intégrer ;
- Une logique d'accompagnement du changement : sans grande marge de manœuvre financière, les élus (« maires participationnistes ») satisfont une partie seulement des souhaits de leur nouvelle population, essentiellement en matière scolaire ;
- Une logique managériale : les maires sont conscients de l'attractivité de leur commune (« maires modernistes ») et souhaitent, notamment au travers des documents d'urbanisme, anticiper et organiser le changement.

* Marie-Christine Jaillet, Nicolas Golovtchenko, Maryse Pervanchon

Contacts

Jaillet@univ-tlse2.fr
Golovtchenko@univ-tlse2.fr
Pervanchon@univ-tlse2.fr

CONSTRUCTION

Un procédé de connexion acier-béton innovant

L'IUT Robert Schuman, le Cete de l'Est-LRPC de Nancy et l'Insa de Strasbourg se sont associés pour réaliser, dans le cadre du Projet national Mikti (voir page 28), une étude expérimentale d'un procédé de connexion innovant pour les poutres mixtes acier-béton. Cette étude comprend trois essais « push-out » identiques et un essai de flexion trois points d'une poutre de 8,50 mètres de portée.

Dans ce procédé où aucune soudure n'est nécessaire, le profilé métallique est un té renversé dont la partie supérieure (l'âme) est découpée en forme de créneaux noyés dans le béton. La connexion dalle-profilé est assurée par des butées horizontales en appui sur chaque créneau. La dalle en béton armé est renforcée par un frettage dans la zone de connexion. La figure ci-dessous montre le procédé dans la poutre testée.

Les résultats des essais push-out réalisés permettent de classer ce procédé de connexion dans la catégorie des connecteurs semi-rigides avec un glissement à la ruine de l'ordre de 3 mm.

Bonne transmission des efforts

Les résultats de l'essai de flexion montrent que, comme pour les connecteurs standards, le comportement de la poutre présente un domaine élastique et un domaine plastique avec une bonne ductilité. La ruine de la poutre est due à la ruine des matériaux dans la section centrale sous l'effet des contraintes normales dues au mouvement fléchissant et non par rupture de la connexion, dimensionnée au plus juste à partir des résultats d'essais push-out. Ainsi, ce nouveau pro-

céde de connexion assure efficacement la transmission des efforts de cisaillement, avec de faibles mouvements relatifs entre la dalle et le profilé, garantissant ainsi le fonctionnement en poutre mixte.

Par conséquent et même si certaines questions restent posées, l'étude réalisée valide le dispositif de connexion étudié sur le plan mécanique (dans les conditions des essais et en particulier sous chargement statique). Elle montre qu'une poutre mixte acier-béton munie d'un tel procédé de connexion présente un comportement en flexion très satisfaisant, conforme aux exigences réglementaires. Ces résultats permettent donc d'envisager son utilisation dans le domaine du bâtiment et des travaux publics. ■

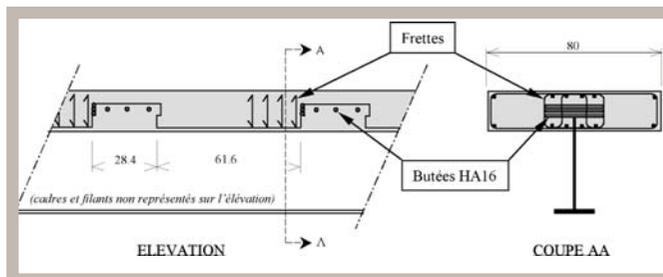


Schéma de la poutre testée (cotes en cm)

Contact

B. Jurkiewicz, maître de conférences, université Robert Schuman, Strasbourg
Bruno.Jurkiewicz@urs.u-strasbg.fr



L'équipe « métal » du Cete de l'Est

Basée au laboratoire de Nancy, cette équipe de quinze personnes, unique dans le réseau scientifique et technique, intervient depuis de longues années, non seulement en France mais aussi en Europe, notamment pour des actions liées à la réglementation. Ses domaines de compétences, au delà des traditionnelles missions de surveillance des ouvrages d'art, concernent l'expertise des structures métalliques, qu'il s'agisse d'ouvrages neufs ou anciens, et portent notamment sur la reconnaissance des matériaux.

Ce pôle offre une palette de prestations et d'investigations dans les domaines suivants :

- métallurgie des métaux,
- métallurgie de soudage,
- traitement thermique,
- spectrographie des métaux,
- caractéristiques mécaniques,
- contrôles non destructifs,
- protection anti-corrosion.

Dans le domaine de la recherche, le Cete entretient un partenariat privilégié avec la sidérurgie, dans le cadre d'études spécifiques de structures d'ouvrages d'art innovantes ou de nouveaux matériaux.

Quelques références d'expertises récentes :

Ouvrages d'art

- pont de Richemont sur l'A31 (57),
- pont de Belleville (54),
- pont de la grande duchesse Charlotte (Luxembourg).

Patrimoine historique

- le pont tournant de Selles (70), ouvrage de 1880 classé monument historique,
- rénovation du hall de la gare de La Rochelle,
- grande coupole de l'observatoire de Meudon,
- château de Blois.

Pour en savoir plus Jacques Fuchs - Cete de l'Est, chef du groupe ouvrages d'art
Laboratoire de Nancy - Jacques.fuchs@equipement.gouv.fr

MARITIME ET FLUVIAL

Simnav, un simulateur de navigation accessible

A l'état de prototype, il doit permettre aux pilotes de se former à un coût raisonnable et contribuer à l'amélioration de la sécurité de la navigation maritime et fluviale.

Comme pour les autres modes de transport tels que l'aviation, le routier ou le ferroviaire, il est nécessaire de former les pilotes à la navigation qu'elle soit maritime ou fluviale. Si, dans les domaines précités, l'usage de simulateurs pour la formation est largement répandu depuis de nombreuses années, ce n'est pas le cas en ce qui concerne la navigation pour laquelle seuls quelques exemplaires imposants et onéreux existent dans certains grands ports maritimes européens et sont quasi inexistantes pour le fluvial. Partant de ce constat et fort de sa longue expérience dans l'étude et la simulation

Partenaires professionnels et scientifiques

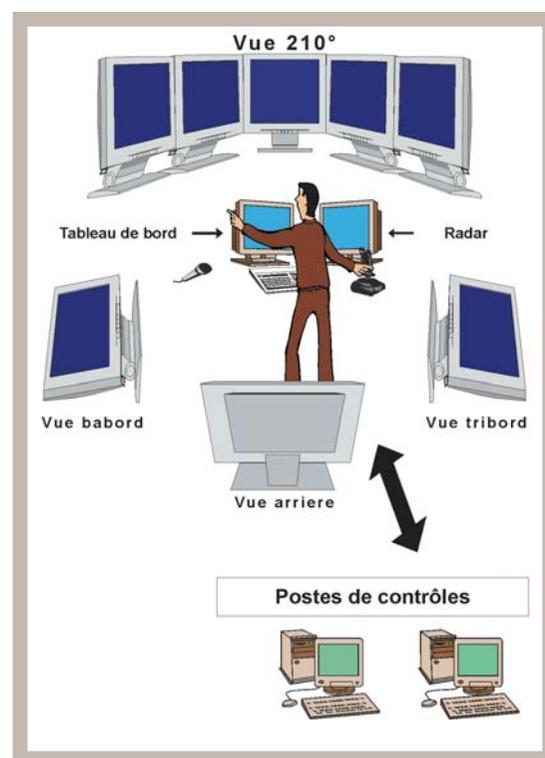
Le Cetmef, pilote du projet, s'est entouré pour la réalisation de deux catégories de partenaires :

- des professionnels, comme la société de pilotage du Havre-Fécamp, le PAH (Port autonome du Havre) et le SNS (Service de Navigation de la Seine) ;
- des partenaires techniques et scientifiques, tels que l'UTC (Université de Technologie de Compiègne) pour l'informatique et la modélisation numérique, et le Siriatech pour les domaines de l'infographie et de la réalité virtuelle.

Le projet Simnav vient d'aboutir à la réalisation d'un prototype, installé dans les locaux de l'UTC, dont le principe est schématisé ci-contre.

Formation et étude

Outre la formation, le simulateur peut être utilisé pour étudier l'impact d'aménagements qu'il s'agisse d'installation ou de modification d'infrastructures (digue, quai, pile de pont...), de la mise en place ou de changement de signalisation, de la mise en service ou de l'évolution des règles de navigation... ainsi que pour l'analyse à posteriori d'accidents ou d'incidents. Quelle qu'en soit l'utilisation, le simulateur conçu dans le cadre du projet Simnav se positionne comme un outil d'amélioration de la sécurité de la navigation maritime ou fluviale. ■



Un prototype du simulateur Simnav a été installé dans les locaux de l'université de technologie de Compiègne.

du comportement des bateaux, le Cetmef (Centre d'études techniques maritimes et fluviales) a souhaité concevoir un simulateur accessible, tant par sa taille que par son coût, à l'ensemble des services concernés par les problèmes de navigation. Ce projet, présenté fin 2000 au RNTL (Réseau National des Technologies), a été retenu et, de ce fait, a été financé en majeure partie par le ministère de la Recherche.

Contacts

Philippe Sergent, Cetmef à Compiègne
Alain Pourplanche, département recherche, informatique et modélisation
alain.pourplanche@equipement.gouv.fr

Thèses

THÈSES SOUTENUES EN 2003 À L'INRETS

LABORATOIRE DE BIOMÉCANIQUE ET MÉCANIQUE DES CHOC

Barbara AUTUORI

Modélisation par éléments finis de la face humaine en vue de la simulation du comportement au choc

Directeurs de thèse : Jean-Pierre VERRIEST - Michel BRUNET

Arnaud MALAK

Etude des butées et modélisation cinématique du complexe épaule-membre supérieur

Directeurs de thèse : Michel FAYET - Lionel MAIFFREDY

Raquel SANTOS

Analyse cinématique des gestes de travail en vue de leur simulation au moyen d'un mannequin graphique informatisé

Directeur de thèse : Kelo CORREIA DA SILVA

LABORATOIRE ERGONOMIE ET SCIENCES COGNITIVES

Pascale DANTAN

Définition des fonctionnalités d'un système d'aide au déplacement, de cartographie et de guidage pour flottes de poids lourds longue distance

Directeurs de thèse : Claude BASTIEN - Jean-Luc PERIS

DÉPARTEMENT ÉCONOMIE ET SOCIOLOGIE DES TRANSPORTS

Valérie GACOGNE

Impact des coûts de transport sur les systèmes : logistiques par la modélisation en dynamique des systèmes : le modèle SANDOMA

Directeur de thèse : Emile QUINET

Vesselin SIAROV

Évaluation stratégique des projets de développement d'infrastructures du transport trans-européen, dans le cadre du corridor d'Helsinki n°10

Directeur de thèse : Claude FRIOUX

Louis SIMARD

Conduite de projets et concertation : le cas des lignes THT en France et au Québec

Directeur de thèse : C. MUSSELIN

Sadrine WENGLANSKI

Une mesure des disparités sociales d'accessibilité au marché de l'emploi en Ile de France

Directeur de thèse : Jean-Pierre ORFEUIL

EVALUATION DES SYSTÈMES DE TRANSPORTS AUTOMATISÉES ET DE LEUR SÉCURITÉ

Dorian PETIT

Etude de la génération automatique de code sûr à partir de spécification B

Directeurs de thèse : Arnaud FREVILLE - Vincent POIRRIEZ

Christelle ROZE

Agents intelligents au service de la personnalisation de l'information
Application à un système d'information multimodale pour le transport des personnes

Directeur de thèse : Christophe KOLSKI

En savoir plus

Marlène Choukroun, Inrets
Communication
marlene.choukroun@inrets.fr

LABORATOIRE ÉLECTRONIQUE, ONDES ET SIGNAUX POUR LES TRANSPORTS

Virginie DENIAU

Recherche des caractéristiques optimales d'un nouveau moyen d'essais électromagnétiques appliqué aux tests d'équipements électroniques embarqués sur véhicules

Directeurs de thèse : B. DEMOULIN - M. HEDDEBAUT

Bruno FREMONT

Conception et réalisation d'un système de détection et localisation de véhicules par des moyens hyper-fréquence

Directeurs de thèse : M. ROUAVEN - A. RIVENOQ - M. HEDDEBAUT

Mourad LAOUFI

Localisation d'usagers de la route en détresse par réseau de communication cellulaire d'appel d'urgence dédié

Directeurs de thèse : Jean-Michel ROUAVEN - Marc HEDDEBAUT

LABORATOIRE DES TECHNOLOGIES NOUVELLES

Stéphane CARUBELLI

Contribution à l'identification et à l'estimation des contraintes de fatigue thermique des convertisseurs intégrés pour la traction électrique

Directeurs de thèse : Gérard COQUERY - Shahrokh SAADATE

LABORATOIRE DE BIOMÉCANIQUE APPLIQUÉE

Samuel BIDAL

Reconstruction tridimensionnelle d'éléments anatomiques et génération automatique de maillages éléments finis optimisés

Directeurs de thèse : Jean BONNOIT - Marius FIESCHI

DÉPARTEMENT MÉCANISMES D'ACCIDENTS

Frédérique HERNANDEZ

Le processus de planification des déplacements urbains entre projets techniques et modèles de ville

Directeurs de thèse : Daniel PINSON - Dominique FLEURY

Marine MILLOT

Développement urbain et insécurité routière : l'influence complexe des formes urbaines

Directeurs de thèse : Dominique FLEURY - Thierry BRENAC

LABORATOIRE TRANSPORTS ET ENVIRONNEMENT

François-Xavier BECOT

Bruit de pneumatique au-dessus d'une surface d'impédance donnée : application efficiente de la méthode des sources équivalentes

Directeurs de thèse : Jean-Louis GUYADER - Wolfgang KROPP

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE ÉPIDÉMIOLOGIQUE TRANSPORT TRAVAIL ENVIRONNEMENT

Lucie ANZIVINO

Évaluation de l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine automobile, dans le cadre d'études épidémiologiques : application à l'étude VESTA

Directeurs de thèse : Alain BERGERET - Anne MAITRE

Patrice REUNGOAT

Évaluation de l'exposition à la pollution atmosphérique d'origine automobile, dans le cadre d'études épidémiologiques : application à l'étude VESTA

Directeurs de thèse : Isabelle MOMAS - Bernard LAUMON

CENTRE INFORMATIQUE DE RECHERCHE

Alexis CHAMPION

Etude sur la coordination multi-agent : application à la simulation de trafic routier par simulateur de conduite (cas du trafic aux carrefours)

Directeurs de thèse : Christophe KOLSKI - René MANDIAU

THÈSES SOUTENUES EN 2003 À L'ENTPE

LABORATOIRE D'INGENIERIE, CIRCULATION, TRANSPORTS

Emmanuel BOURREL

Modélisation dynamique de l'écoulement du trafic routier : du macroscopique au microscopique

Directeur de thèse : Jean-Baptiste LESORT

LABORATOIRE DES SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

Lucile BARTHET

Contribution à l'évaluation de l'impact sur les écosystèmes de la valorisation de résidus de procédés thermiques en BTP

Directeurs de thèse : Claude DURRIEU - Yves PERRODIN

Habilitation à diriger des Recherches

Cécile DELOLME

Contribution à l'étude de l'écodynamique des métaux lourds dans les sols, déchets et sédiments

LABORATOIRE DE RECHERCHES INTERDISCIPLINAIRES VILLE ESPACE SOCIÉTÉ

David GUERANGER

Intercommunalités en Rhône-Alpes. L'exemple de l'agglomération chambérienne

Directeur de thèse : Gilles POLLET

Anaïk PARENNE

L'action publique par le bas. Les transports urbains de la Communauté Urbaine de Lyon.

Directeur de thèse : Jean-Claude THOENIG

LABORATOIRE DES SCIENCES DE L'HABITAT

Olivier DAZEL

Synthèse modale pour les matériaux poreux

Directeurs de thèse : Franck SGARD - Claude-Henri LAMARQUE

Mohamed EL MANKIBI

Développement et évaluation numérique et expérimentale de stratégies de régulation de la ventilation hybride

Directeur de thèse : Pierre MICHEL

Julien FAURE

Influence des paramètres structuraux d'une plaque rayonnante sur la perception sonore

Directeurs de thèse : Gérard GUARRACINO - Catherine MARQUIS FAVRE

Sylvia PEZZANA

Optimisation des techniques d'éclairage naturel à partir de techniques numériques expérimentales

Directeur de thèse : Marc FONTOYNOT

Yannick SUTTER

Etude analytique et expérimentale du pilotage de stores vénitiens en vue d'obtenir des conditions de confort optimales dans le cas de travail sur écran de visualisation

Directeur de thèse : Marc FONTOYNOT

Habilitation à diriger des Recherches

Dominique DUMORTIER

Lumière naturelle et rayonnement solaire. Mesures au sol et estimations à partir d'images satellites. Développement de services webs pour l'éclairage naturel des bâtiments

LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS

Valérie LAINEZ

Les déterminants du choix du titre de transport public urbain : une approche par la méthode des préférences déclarées

Directeur de thèse : Bruno FAIVRE D'ARCIER

Habilitation à diriger des Recherches

Didier PLAT

Mobilités quotidiennes en Afrique subsaharienne

LABORATOIRE GEOMATERIAUX

François OLARD

Comportement thermomécanique des enrobés bitumineux à basses températures. Relations entre les propriétés du liant et de l'enrobé

Directeur de thèse : Hervé DI BENEDETTO

Cédric SAUZEAT

Etude du comportement des sables des petites aux moyennes déformations

Directeur de thèse : Hervé DI BENEDETTO

Virginie TROMPILLE

Etude expérimentale et théorique du comportement d'un tunnel renforcé par boulonnage frontal

Directeur de thèse : Henry WONG

Habilitation à diriger des Recherches

Laurent ARNAUD

Matériaux hétérogènes évolutifs : mesures et modélisation

En savoir plus

Francette Pignard, ENTPE
Recherche et formations
pignard@entpe.fr

THÈSES SOUTENUES EN 2003 À L'ENAC

Marianne RAFFARIN

Le contrôle aérien en France : congestion et mécanismes de prix

Directeurs de thèse : David ENCAOUA - Nathalie LENOIR

Frederic LEGRAND

Modèles de boucles de poursuite de signaux à spectre étalé et méthodes d'amélioration de la précision de mesures bruitées.

Directeurs de thèse : Francis CASTANIÉ - Christophe MACABIAU

Nicolas BARNIER

Application de la programmation par contraintes à des problèmes de gestion du trafic aérien

Directeurs de thèse : Joseph NOAILLES - Pascal BRISSET

Geraud GRANGER

Détection et résolution de conflits aériens : modélisations et analyse

Directeur de thèse : Jean Marc ALLIOT

A. C. ESCHER

Contrôle de l'intégrité et de la continuité pour le GPS par hybridation avec l'inertie

Directeur de thèse : Christophe MACABIAU

En savoir plus

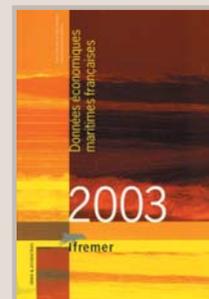
Jean Bresson, Enac
Recherche et relations universitaires
jean.bresson@enac.fr

Ouvrages

Données économiques maritimes françaises

Sous la direction de Régis Kalaydjian

Editions Ifremer, 96 pages, mai 2004, 20 € • INRA-editions@versailles.inra.fr



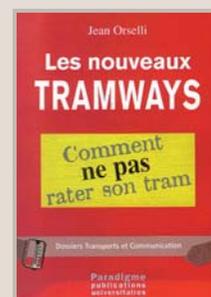
L'ouvrage donne une synthèse cohérente de la dimension économique du monde maritime français et des activités liées à la mer. Il fait partie intégrante des activités de l'Ifremer, dont l'une des missions est d'accompagner le développement socio-économique du monde maritime.

Conservant la même structure que les éditions précédentes (analyse des secteurs industriel et public non marchand), l'édition 2003 est enrichie, d'une part, par des compléments sur les coûts de protection de l'environnement littoral, tels que les coûts associés à la gestion des littoraux protégés et au nettoyage des plages, et les dépenses publiques engagées pour la lutte contre les pollutions accidentelles ; d'autre part, par un essai d'évaluation de l'importance des activités indirectement liées au secteur maritime à partir d'une étude réalisée sur la zone portuaire de Dunkerque.

Les nouveaux tramways Comment ne pas rater son tram ?

Jean Orselli, CGPC • Dossiers transports et communication n° 64

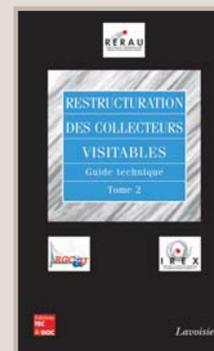
Editions Paradigme, 2004, 33 € • www.paradigme.com



Ce livre présente les divers « transports en commun en site propre » (TCSP). Il établit la très grande proximité des services rendus entre les différents types de TCSP sur un site propre identique. Il propose d'abandonner les querelles de dénominations revendiquées ou déniées et de classer les TCSP en cinq catégories : tramways sur rails, tramways à guidage par rail unique, tramways à guidage immatériel, tram-trains et autobus (non guidés) en site propre. Parmi ceux-ci, les tramways à guidage par rail unique et les tramways à guidage immatériel constituent des innovations dont les premières réalisations commerciales, postérieures à 2 000, ont néanmoins une durée d'exploitation suffisante pour établir leurs coûts de fonctionnement et d'investissement détaillés, ainsi que leurs « bilans environnementaux » et pouvoir les comparer à des tramways classiques sur rail. Le livre met également en lumière la contestation récente des politiques coûteuses de sophistication du confort et de l'esthétique des véhicules, dont les surcoûts sont payés en définitive par les usagers.

Guide technique Restructuration des collecteurs visitables

Editions TEC & DOC-Lavoisier, 250 pages, mars 2004, 65 €



L'enjeu de la gestion patrimoniale des ouvrages d'assainissement, maintenance et réhabilitation, est considérable pour les collectivités. Le guide technique (tomes 1 et 2) rédigé à l'initiative du projet national de recherche RERAU (réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains) est un outil de référence pour une démarche globale structurée. Le tome 1 décrivait les anomalies, défauts, dégradations et désordres de la structure et les méthodes d'auscultation pour le diagnostic. Il détaillait le rôle respectif des différents acteurs dans le déroulement des opérations et les familles de techniques de restructuration disponibles. Le tome 2, illustré de fiches de cas, précise les performances à imposer à la restructuration, propose une procédure originale de choix des techniques, détaille la démarche du plan d'assurance qualité et de gestion environnementale, traite des dispositifs de sécurité et de protection de la santé attachés à ces travaux.

Guide pratique de valorisation des projets

Louis Berreur, Bernard Bellot, Benoît Rivolet - Nodal consultants

Le guide est consultable sur le site du RGCU : www.rgcu.prd.fr

Le Réseau Génie Civil et Urbain (RGCU) met en œuvre une démarche systématique de valorisation des projets qu'il labellise (voir aussi p.7). A sa demande, Nodal consultants a réalisé un guide méthodologique destiné à aider les porteurs de projets à valoriser les résultats, en phase de préparation, en cours de réalisation et après livraison de l'ouvrage, pour en mesurer les impacts socio-économiques, réglementaires, techniques et scientifiques, sociétaux ou environnementaux. Ce guide pratique propose, en fonction d'une typologie de projets et d'acteurs, des outils pratiques (critères d'évaluation, échéancier, tableaux de bord...) qui peuvent être déclinés dans d'autres domaines.

■ Entretien avec... Michèle Pappalardo, présidente de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. Elle précise les priorités de l'agence et insiste sur le travail nécessaire pour mieux comprendre les comportements des acteurs et les faire évoluer. Elle confirme ses espoirs pour les projets de Prebat et de Fondation sur les bâtiments à énergie positive. En formulant ses souhaits de coopération accrue avec le Réseau scientifique et technique du ministère de l'Équipement, elle insiste sur l'intérêt de la convention signée entre l'Ademe et le CSTB.



Mieux étudier les comportements

R&E Quelles sont les grandes priorités qui vous mobilisent actuellement ?

En 2003, nous avons beaucoup travaillé sur la refondation de notre politique de gestion des déchets, en donnant désormais la priorité à la réduction des flux de déchets. Nous développons actuellement notre politique de maîtrise de l'énergie. Nous sommes très concernés par le projet de loi sur l'énergie et par le Plan climat et nous avons lancé, fin mai, une vaste campagne de mobilisation nationale pour sensibiliser le grand public aux conséquences des dérèglements climatiques et à la

nécessité de faire des économies d'énergie. Cette campagne de mobilisation, qui a donné lieu avant l'été à des spots TV et à des spots radio, reprendra à la radio en octobre prochain. Elle doit être démultipliée par un réseau de partenaires publics et privés (SNCF, WWF, La Poste, la fédération des

magasins de bricolage...) qui vont relayer nos efforts.

Nous travaillons par ailleurs à l'intégration du développement durable dans notre fonctionnement et nos actions. Notre réorganisation, au 1^{er} janvier dernier, reflète ce souci de transversalité. Mais nous veillons également à ce que toutes les politiques que nous menons intègrent les trois composantes du développement durable – le social, l'économique et l'environnement –, et souhaitons proposer des outils à nos différents partenaires afin de les aider à progresser dans leurs propres démarches de développement durable.

R&E Comment jugez-vous votre coopération avec le ministère de l'Équipement ?

Comme vous le savez, l'Ademe a trois tutelles : les ministères chargés de la recherche, de l'environnement et de l'énergie. Mais nous travaillons avec d'autres ministères, au premier rang desquels figure celui de l'équipement. Nous souhaitons poursuivre et intensifier notre collaboration avec

ce ministère, notamment dans les domaines de l'habitat et des transports, mais aussi au « croisement » de ces deux thèmes, dans les domaines de l'urbanisme et de l'aménagement où je suis convaincue que nous pourrions faire plus. Nous avons du mal à nous organiser sur ces sujets, or je pense qu'il est essentiel pour nous de coopérer sur ces questions d'aménagement et de mobilité. Il en va de même pour tous les sujets combinant les préoccupations d'énergie et de mobilité. C'est d'ailleurs avec ce souci que nous avons réorganisé l'Ademe en incluant les transports et l'habitat dans une même direction.

Je pense que nous devons aussi nous attacher à développer plus et mieux tout ce qui est « sciences molles » afin de mieux comprendre comment on peut faire évoluer les comportements et avec quels types d'outils.

Aujourd'hui, on a trop tendance à se réfugier dans la recherche technologique en pensant qu'elle trouvera les solutions techniques à nos

« Aujourd'hui, on a trop tendance à se réfugier dans la recherche technologique en pensant qu'elle trouvera les solutions techniques à nos problèmes sans se préoccuper suffisamment du changement des comportements ! »

problèmes sans se préoccuper suffisamment des changements des comportements qu'elle suppose ou qui seraient suffisants pour résoudre une partie de nos difficultés !

R&E Un projet de convention entre le ministère de l'Équipement et l'Ademe avait été mis au point avant votre nomination. Que comptez-vous faire de ce projet ?

En arrivant, en janvier 2003, j'ai voulu tout naturellement disposer d'un état des lieux de l'Ademe et de ses partenariats, notamment lorsqu'ils prennent la forme de conventions. Je pense en effet qu'il ne faut pas dévaloriser ce type d'outils ; il faut qu'une convention serve à quelque chose ! Aujourd'hui, nous avons donc remis à plat les principes de ces accords cadres : une durée – fixée à trois ans en général –, un comité de pilotage qui se réunit au moins une fois par an et une évaluation effectuée à la fin des trois années pour savoir si on renouvelle la convention et comment on la fait évoluer. J'ai signé des conventions de ce type avec EDF, la SNCF, la RATP ou le CSTB.

R&E Qu'attendez-vous de la convention signée début février avec le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment ?

Une convention de ce type a pour objectif d'indiquer les grandes lignes de notre travail en commun et ses méthodes pour les trois ans qui suivent.

Dans le cas de l'accord cadre 2004-2007 signé avec le CSTB, nous avons fixé deux domaines de coopération prioritaires : la lutte contre le changement climatique et le développement durable dans le bâtiment et la ville.

Nous prévoyons des actions à court et moyen termes (c'est-à-dire à l'horizon 2010/2020), mais aussi des actions à long terme dans l'optique d'une réduction par un facteur de 4 à 5 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Nous nous fixons des objectifs pour les bâtiments neufs comme pour les bâtiments existants, en particulier en poursuivant

ensemble le projet de développer des « bâtiments à énergie positive ». Et nous avons inscrit dans ce texte notre volonté de mettre l'accent sur les réflexions économiques et institutionnelles ainsi que sur les études portant sur l'organisation, les comportements des acteurs et les processus de décision, en plus des travaux à dominante scientifique et technique.

R&E Quel genre de « formalisation » de vos relations avec le ministère de l'Équipement pouvez-vous envisager ?

Signer une convention entre l'Ademe, qui est un Epic, et un ministère, cela ne me semble pas avoir beaucoup de sens. J'imagine plutôt, par exemple, un échange de lettres avec la Drast pour cadrer ce qui pourrait être fait avec le Réseau scientifique et technique. Ce serait une sorte d'accord « chapeau » qui pourrait servir de « cadre » à nos relations avec les établissements du réseau, y compris pour signer ensuite avec certains d'entre eux, comme c'est le cas pour le CSTB, des conventions. Je suis tout à fait favorable à une telle approche.

R&E Quels types de coopérations nouvelles imaginez-vous avec le réseau scientifique et technique ?

Au-delà des actions strictement liées à la « recherche » qui doivent être poursuivies, on peut sûrement faire plus en matière de formation et développer en commun, notamment des modules de formation destinés aux professionnels et aux maîtres d'ouvrage, notamment sur la Haute qualité environnementale ou sur l'urbanisme intégré.

R&E Et pour les transports ?

On va avancer avec le Plan véhicules propres, mais il y a encore des efforts à mener pour disposer d'informations plus précises sur les comparaisons entre les différents modes de transports, l'intermodalité ou la logistique des entreprises... Là aussi nous pourrions travailler de manière plus étroite. Il y a, sur ces sujets, une mine de recherches et d'études à faire progresser !

R&E Comment avance le projet de Fondation sur les bâtiments à énergie positive ?

De tous nos projets de fondations, c'est celui qui avance le mieux. Nous avons déjà obtenu l'accord de quatre industriels fournisseurs du bâtiment pour participer financièrement à cette fondation, dont le projet est porté par l'Ademe et le CSTB. Si tout se passe bien avec la demande de reconnaissance d'utilité publique, j'espère qu'elle sera créée d'ici à la fin de l'année. Je crois vraiment à ce projet car, à la différence d'autres projets de fondation, comme celui des véhicules propres, les thèmes de recherche de cette fondation sont placés suffisamment en « amont » des actions de développement et de mise sur le marché pour que les industriels trouvent un intérêt à sa création sans que le problème posé par la propriété industrielle des résultats ne les gêne trop. Et le concept de bâtiment à énergie positive est très mobilisateur : on sait que c'est un objectif réalisable, mais il faut le rendre possible à un coût acceptable.

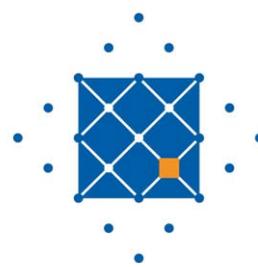
R&E Quelles chances d'existence donnez-vous au projet Prebat ?

Comme le Predit pour les transports, le Prebat devrait permettre de mieux coordonner et animer la recherche sur le bâtiment. Je pense que cette approche transversale d'un sujet aussi compliqué que le bâtiment est essentielle. Il faut que toutes les problématiques soient prises en compte. Nous sommes d'ardents promoteurs de ce projet et il me semble qu'il avance bien. La Fondation, qui est tournée sur les bâtiments neufs, est d'ailleurs un des éléments du Prebat qui doit aussi nous aider à travailler sur les bâtiments existants où il existe d'importants gisements de progrès, notamment en matière d'efficacité énergétique.

La loi d'orientation sur l'énergie, comme le Plan Climat vont dans ce sens. Le sujet est donc mûr. Reste à trouver les financements... ■



« L'accord cadre 2004-2007 signé avec le CSTB, a fixé deux domaines de coopération prioritaires : la lutte contre le changement climatique et le développement durable dans le bâtiment et la ville. »



Organismes scientifiques et techniques

CENA

Centre d'Études de la Navigation Aérienne

■ 1, rue Champagne
92100 Athis-Mons
Orly-Sud n° 205 94 542
Orly-Aérogare CEDEX
Tel.: 33 (0) 1 69 57 70 11
www.cena.fr

CSTB

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

■ 4, avenue du Recteur Poincaré
75782 Paris CEDEX 16
Tel.: 33 (0) 1 40 50 28 28
www.cstb.fr

IGN

Institut Géographique National

■ 136, bis rue de Grenelle
75700 Paris
Tel.: 33 (0) 1 43 98 80 00
www.ign.fr

IFREMER

Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer

■ Technopolis 40,
155, rue Jean Jacques Rousseau
92138 Issy-les-Moulineaux
Tel.: 33 (0) 1 46 48 21 00
www.ifremer.fr

INRETS

Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité

■ 2, avenue Général Malleret-Joinville -
94114 Arcueil CEDEX
Tel.: 33 (0) 1 47 40 70 00
www.inrets.fr

LCPC

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées

■ 58, boulevard Lefebvre
75732 Paris CEDEX 15
Tel.: 33 (0) 1 40 43 50 00
www.lcpc.fr

MÉTÉO FRANCE CNRM

Météo-France

■ 2, avenue Rapp
75340 Paris CEDEX 07
Tel.: 33 (0) 1 45 56 73 22
www.meteo.fr

Centre National de Recherches Météorologiques

■ 42, avenue Coriolis
31057 Toulouse CEDEX
Tel.: 33 (0) 5 61 07 93 70
www.cnrm.meteo.fr

Écoles

ENAC

École Nationale de l'Aviation Civile

■ Complexe scientifique de Rangueil
BP 4 005
7, avenue Édouard Belin
31005 Toulouse CEDEX
Tel.: 33 (0) 5 62 17 40 00
www.mis.enac.fr

ENM

École Nationale de Météorologie

■ 42, avenue Gustave Coriolis
31057 Toulouse CEDEX
Tel.: 33 (0) 5 61 07 90 90
www.enm.meteo.fr

ENMM

Écoles Nationales de la Marine Marchande

■ Le Havre - 66, rue du Cap
BP 27 - 76310 Sainte-Adresse
Tel.: 33 (0) 2 35 54 78 00
■ Marseille
39, rue du Corail
13285 Marseille CEDEX 08
Tel.: 33 (0) 4 91 76 82 82
■ Nantes
Rue Gabriel Péri - 44100 Nantes
Tel.: 33 (0) 2 40 71 01 80
■ Saint-Malo
4, rue de la Victoire
35402 Saint-Malo CEDEX
Tel.: 33 (0) 2 99 40 68 80

ENPC

École Nationale des Ponts et Chaussées

■ 6-8, avenue Blaise Pascal
Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée CEDEX 2
Tel.: 33 (0) 1 64 15 30 00
www.enpc.fr

ENSG

École Nationale des Sciences Géographiques

■ 8, avenue Blaise Pascal
Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée CEDEX
Tel.: 33 (0) 1 64 15 30 00
www.ign.fr

ENTE

École Nationale des Techniciens de l'Équipement

■ Aix-en-Provence
ZI Les Milles BP 65 000
13792 Aix-en-Provence
Tel.: 33 (0) 4 42 37 20 00
■ Valenciennes
11, rue de Roubaix, BP 65 000
59305 Valenciennes CEDEX
Tel.: 33 (0) 3 27 23 73 00

ENTPE

École Nationale des Travaux Publics de l'État

■ École Nationale des Travaux Publics de l'État
Rue Maurice Audin
69518 Vaulx-en-Velin CEDEX
Tel.: 33 (0) 4 72 04 70 70
www.entpe.fr

Services techniques centraux

CERTU

Centre d'Études sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques

■ 9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon CEDEX 06
Tel.: 33 (0) 4 72 74 58 00
www.certu.fr

CETMEF

Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales

■ 2, boulevard Gambetta
BP 60039 - 60321 Compiègne
Tel.: 33 (0) 3 44 92 60 00
www.cetmef.equipement.gouv.fr

CETU

Centre d'Études des Tunnels

■ 25, avenue François Mitterrand
Case n° 1 - 69674 Bron CEDEX
Tel.: 33 (0) 4 72 14 34 00
www.equipement.gouv.fr

CNPS

Centre National des Ponts de Secours

■ 62, rue de la gare - BP 8
77390 Verneuil-l'Étang
Tel.: 33 (0) 1 64 42 55 25
www.equipement.gouv.fr

SEATM

Service d'Études et d'Aménagement Touristique de la Montagne

■ Aéroport Tour de contrôle
73190 Challes-les-Eaux
Tel.: 33 (0) 5 61 07 80 80
www.equipement.gouv.fr

SETRA

Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes

■ 46, avenue Aristide Briand BP 100 -
92220 Bagneux CEDEX
Tel.: 33 (0) 1 46 11 31 31
www.setra.fr

SFACT

Service de la Formation aéronautique et du Contrôle Techniques

■ 48, rue Camille-Desmoulins
92452 Issy-les-Moulineaux
Tel.: 33 (0) 1 41 09 43 21
www.stba.dgac.fr

STBA

Service technique des Bases Aériennes

■ 31, avenue
du Maréchal Leclerc
94381 Bonneuil-sur-Marne
Tel.: 33 (0) 1 49 56 80 00
www.stba.dgac.fr

STNA

Service Technique de la Navigation Aérienne

■ 1, av. du Docteur Maurice Grynfolgel -
31035 Toulouse CEDEX
Tel.: 33 (0) 5 62 14 52 00
www.stna.dgac.fr

STRMTG

Service Technique des Remontées Mécaniques et des Transports guidés

■ Domaine universitaire
14/61, rue de la Piscine
38400 Saint-Martin d'Hères
Tel.: 33 (0) 4 76 63 78 78
www.equipement.gouv.fr

Centres d'études techniques de l'équipement

CETE DE L'EST

■ 1, boulevard de la Solidarité
Technopole Metz 2000
BP 5320
57076 Metz CEDEX 03
Tel.: 33 (0) 3 87 20 43 00
cete-est@equipement.gouv.fr

CETE MÉDITERRANÉE

■ 30, rue Albert Einstein
BP. 37 000
Pôle d'activités d'Aix-les-Milles
13791 Aix en Provence CEDEX 3
Tel.: 33 (0) 4 42 24 76 76
cete-mediterranee@equipement.gouv.fr

CETE DE LYON

■ 25, avenue François Mitterrand
Case n° 1 - 69674 Bron CEDEX
Tel.: 33 (0) 4 72 14 30 30
cete-lyon@equipement.gouv.fr

CETE NORMANDIE CENTRE

■ Chemin de la Poudrière - BP245
76121 Le Grand-Quevilly CEDEX
Tel.: 33 (0) 2 35 68 81 00
cete-nc@equipement.gouv.fr

CETE NORD PICARDIE

■ 2, rue de Bruxelles - BP 275
59019 Lille CEDEX
Tel.: 33 (0) 3 20 49 60 00
cete-np@equipement.gouv.fr

CETE DU SUD-OUEST

■ Rue Pierre Ramond - BP C
33 165 St-Médard-en-Jalles CEDEX
Tel.: 33 (0) 5 56 70 66 33
cete-so@equipement.gouv.fr

CETE DE L'OUEST

■ M.A.N. rue René Viviani - BP 46223
44062 Nantes CEDEX 02
Tel.: 33 (0) 2 40 12 80 00
Fax: 33 (0) 2 40 12 84 44
cete-ouest@equipement.gouv.fr

DREIF

■ Direction Régionale de l'Équipement de l'Île-de-France
21, 23, rue Miollis
75732 Paris CEDEX
Tel.: 33 (0) 1 40 61 83 71
dre-ile-de-France@equipement.gouv.fr