

TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS

TRANSPORTS, ROUTES ET TERRASSEMENTS. LGV EST EUROPEENNE : TERRASSEMENTS DANS LA PLAINE D'ALSACE. UNE ROUTE DE MONTAGNE AU BURUNDI. AUTOROUTE A89, LE CHANTIER LINEAIRE TOARCCH EST PRES DE LYON. LE PONT RAYMOND BARRE A LYON. CONFORTEMENT PAR PIEUX D'UN REMBLAI AUTOROUTIER. RELEVES TOPOGRAPHIQUES HAUTE RESOLUTION PAR LASER HELIPORTE. TERRASSEMENTS DURABLES

N° 890 JUILLET/SEPTEMBRE 2012



LGV EST
EUROPÉENNE
© SETEC

**LES TRAVAUX
PUBLICS**
FÉDÉRATION
NATIONALE



eiffage travaux publics.com

Inventivité.

[évativité] n.f. (lat. *invenire*)

Capacité, faculté d'imaginer quelque chose de nouveau, d'avoir des idées originales et intéressantes.

Pour construire le Grand Stade Lille Métropole

en 45 mois, des études préliminaires à la livraison, avec une pelouse rétractable lors des concerts, avec une toiture amovible unique au monde,

notre inventivité a fait toute la différence...

 **EIFFAGE**
TRAVAUX PUBLICS

Savoir faire la différence.

Directeur de la publication
Patrick Bernasconi**Directeur délégué**
Rédacteur en chef
Michel Morgenthaler
3, rue de Berri - 75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 03
Email : morgenthalerm@fnfp.fr**Comité de rédaction**
Laurent Boutillon (Vinci Construction
Grands Projets), Jean-Bernard Detry
(Setec TPI), Stéphane Monleau
(Solétanche Bachy), Louis Marracci
(Bouygues), Jacques Robert (Arcadis
ESG), Anne-Sophie Royer (Vinci
Construction Grands Projets),
Claude Servant (Eiffage TP), Philippe
Vion (Systra), Jean-Marc Tanis (Egis),
Michel Duviard (Egis), Florent Imberty
(Razel), Michel Morgenthaler (FNTP)**Ont collaboré à ce numéro**
Rédaction
Monique Trancart, Marc Montagnon**Service Abonnement et Vente**
Com et Com
Service Abonnement TRAVAUX
Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot
92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22
Fax : +33 (0)1 40 94 22 32
Email : revue-travaux@cometcom.frFrance (10 numéros) : 190 € TTC
International (10 numéros) : 240 €
Enseignants (10 numéros) : 75 €
Étudiants (10 numéros) : 50 €
Prix du numéro : 25 € (+ frais de port)
Multi-abonnement : prix dégressifs
(nous consulter)**Publicité**
Emmanuelle Hammaoui
9, rue de Berri
75008 Paris
Tél. : +33 (0)1 44 13 31 41
Email : ehammaoui@fnfp.fr**Site internet : www.revue-travaux.com****Réalisation et impression**
Com'1 évidence
Immeuble Louis Vuitton
101, avenue des Champs-Élysées
75008 PARIS
Tél. : +33 (0)1 82 50 95 50
Email : contact@com1evidence.comLa revue Travaux s'attache, pour l'information
de ses lecteurs, à permettre l'expression de
toutes les opinions scientifiques et techniques.
Mais les articles sont publiés sous la
responsabilité de leurs auteurs. L'éditeur se
réserve le droit de refuser toute insertion, jugée
contraire aux intérêts de la publication.Tous droits de reproduction, adaptation, totale
ou partielle, France et étranger, sous quelque
forme que ce soit, sont expressément réservés
(copyright by Travaux). Ouvrage protégé ;
photocopie interdite, même partielle
(loi du 11 mars 1957), qui constituerait
contrefaçon (code pénal, article 425).Editions Science et Industrie SAS
9, rue de Berri - 75008 Paris
Commission paritaire n°0116 T 80259
ISSN 0041-1906

TERRASSEMENT ET DÉVELOPPEMENT DURABLE



© DR

L'évaluation des travaux de terrassements au regard du développement durable est aujourd'hui un enjeu essentiel des années à venir, qui va prendre une place grandissante dans le jugement des solutions techniques proposées par les maîtres d'œuvre et les entreprises.

Dans cette perspective, le Syndicat Professionnel des Terrassiers de France (SPTF) conduit des actions dans différents domaines. Le premier concerne le projet de recherche baptisé TerDOUEST qui réunit le Laboratoire central des Ponts et chaussées (LCPC) devenu IFSTTAR, des maîtres d'œuvre (Egis, SNCF), le SPTF et les producteurs de chaux et de liants (Lhoist et Cimbéton). Il a pour objectif d'augmenter notablement la réutilisation des matériaux du site dans les projets de terrassement en permettant d'étendre le traitement à des sols jugés aujourd'hui inaptes (très argileux, gonflants...) et d'élargir le champ d'utilisation des matériaux traités (zones inondables, soutènements, assises de chaussées...). Ce projet a également pour but de mettre en évidence les atouts considérables du traitement des sols pour la grande majorité des indicateurs du développement durable, à l'exception des gaz à effet de serre (GES) qui résultent essentiellement de la fabrication des liants. Ces résultats confortent la pertinence de ne pas limiter l'évaluation environnementale des offres à l'aune du seul critère des émissions de GES, ce qui serait réducteur.

Parallèlement, le SPTF a signé le 25 mars 2009 une convention d'engagement volontaire entre le Ministère de l'Écologie, l'Assemblée des Départements de France (ADF) et les acteurs de la conception, réalisation et maintenance des infrastructures routières, voirie et espace public urbain, par laquelle il s'est notamment

engagé à préserver les ressources non renouvelables par le réemploi ou la valorisation de 100 % des matériaux naturels excavés sur les chantiers de terrassement ; à accroître le recyclage des excédents et déchets de chantier ; à préserver la biodiversité et les milieux naturels ; à réduire les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'énergie et la consommation d'eau sur les chantiers de terrassement en optimisant les procédures d'arrosage. Cette convention d'engagement volontaire connaît un réel engouement puisque depuis trois ans, plus de soixante départements ont signé des déclinaisons locales.

Pour atteindre les objectifs inscrits dans cette convention d'engagement, le SPTF mène des actions sur différents fronts. En matière de réemploi des matériaux, l'accent est mis sur le développement des dépôts intelligents. Par exemple, sur un des grands chantiers actuellement en cours, la ligne LGV Tours-Bordeaux, on développe les merlons acoustiques, les merlons paysagers et les zones de compensation. En matière de biodiversité, le SPTF a élaboré une signalétique commune de panneaux de chantiers. Jusqu'ici, en effet, il n'existait pas de dispositifs « codifiés » et communs à l'ensemble des chantiers en matière de signalétique pour éviter toute destruction ou altération des milieux à préserver. Désormais cette signalétique commune existe. Elle est le gage d'une meilleure cohérence et lisibilité des différents modes de signalisation utilisés sur les chantiers. S'agissant de la consommation d'eau, le SPTF a mis en place un partenariat scientifique avec l'IFSTTAR pour mener des recherches sur les économies d'eau et identifier les bonnes pratiques des pays étrangers dans ce domaine. Par ailleurs, la récupération des eaux de ruissellement grâce à la mise en place des bassins d'assainissement provisoire est généralisée sur les chantiers.

Enfin, au niveau européen, et à l'initiative du Syndicat Professionnel des Terrassiers de France a été créé en 2009 un comité technique spécifique aux terrassements de génie civil (CEN/TC 396) au siège du Comité Européen de Normalisation à Bruxelles. Cette structure est particulièrement importante car elle ouvre la voie à un métier des terrassements unifié et codifié au niveau européen.

Le SPTF est donc pleinement engagé dans la mise en place de solutions innovantes, qui mêlent avec réalisme les optimisations techniques les plus pointues avec les exigences du développement durable.

MICHEL LALLEMENT
PRÉSIDENT DU SYNDICAT PROFESSIONNEL
DES TERRASSIERS DE FRANCE

TRANSPORTS ROUTES



TERRASSEMENTS

AUTOROUTE A89 © PASCALLE DOARE



04 ALBUM

08 ACTUALITÉ



24

**ENTRETIEN AVEC
ANDRÉ BROTO**
POUR UN USAGE MULTIMODAL
DE LA ROUTE



28

**LGV EST
EUROPÉENNE**
Les terrassements
dans la plaine d'Alsace



34

**UNE ROUTE DE MONTAGNE
DANS LA RÉGION
DES GRANDS LACS**
Comment faire bien avec peu



42

AUTOROUTE A89
Gestion intégrée
sur le chantier linéaire
TOARCCh Est près de Lyon



50

**LE PONT
RAYMOND BARRE**
à Lyon



56

**CONFORTEMENT
PAR PIEUX**
d'un remblai autoroutier



64

**RELEVÉS
TOPOGRAPHIQUES
HAUTE RÉOLUTION**
par laser héliporté



68

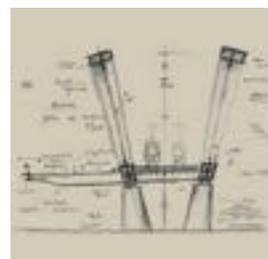
**TERRASSEMENTS
DURABLES**



**UNE NOUVELLE
PORTE DE LYON :
LE PONT
RAYMOND BARRE**

QUAND l'Architecte et l'Ingénieur conjuguent leurs talents, un ouvrage fonctionnel peut être transformé en œuvre d'art marquant le décor urbain. On n'est pas loin, dans l'espace comme dans l'esprit, de l'historique « Halle Tony Garnier » aux abattoirs de la Mouche à Gerland, illustre exemple de ce que peut produire une telle alliance. Ce pont biais pour circulations douces, sur le Rhône, à la Mulatière, sera une nouvelle « Porte de Lyon » magnifique débouchant sur le quartier de « la Presqu'île » en pleine urbanisation.

(Voir article page 50).





AUTOROUTE A89 LE TOARCCh EST

S'IL Y AVAIT un concours des acronymes abscons et imprononçables, TOARCCh remporterait à coup sûr la palme. Lisez l'article pour en avoir la clé. La famille VINCI est à l'œuvre sur ce chantier linéaire complexe dont la réussite est dépendante d'une bonne coordination entre multiples spécialités, vertu que l'on souligne plus souvent dans le bâtiment que dans les travaux publics. **(Voir article page 42).**



ADAPTER LE MODÈLE ROUTIER À LA CRISE

Plus de 250 personnes ont assisté à la réunion du 27 septembre où entreprises, collectivités, administrations et bureaux d'études ont partagé leur réflexion sur les moyens de sauver l'entretien des routes en période de vaches maigres : baisse du niveau de service, innovation technique ou dans les marchés publics, etc.



RD 14 en Moselle, un département qui a, plus que d'autres, les moyens d'entretenir ses routes.

Ça va mal. « Est-ce que les baisses de budgets de l'État et des collectivités locales et d'accès aux prêts bancaires vont durer ? » a interrogé Yves Robichon, responsable de la Mission d'appui au réseau national des routes, à la réunion « La route, un modèle à changer ? », fin septembre à Paris⁽¹⁾. « Nous ne savons pas mais il vaut mieux prendre des précautions au cas où cela dure, » a-t-il ajouté. Peut-être, serons-nous amenés à « faire plus vite que nous le voudrions, » a envisagé Jean-Louis Marchand, président de l'Union des syndicats des industries routières françaises (Usirf). Les départements sont aux premières loges de la crise du fait de leur responsabilité en matière d'aides sociales (60% de leurs budgets, en moyenne). « La route est une variable d'ajustement, constate Christian Gonson, président de l'Association des directeurs de services techniques départementaux. Nous espérons stabiliser les budgets routes et ne plus avoir à les réduire. »

→ Besoin de maîtres d'ouvrage compétents

Le réseau routier français - le plus long d'Europe - commence à vieillir, d'où une maintenance plus lourde aujourd'hui. « Si les budgets baissent pour l'entretien de la route, et les niveaux de service avec eux, il est possible d'atteindre un point de non-retour où le coût pour restaurer un niveau correct sera 4 à 10 fois supérieur au montant d'un entretien constant et adéquat, » a rappelé Marc Tassonne, délégué général de l'Institut des routes, des rues et des

infrastructures pour la mobilité (Idrim). Du côté des entreprises routières, l'heure est à l'alarme aussi. L'entretien des routes représente 85% de leur chiffre d'affaires. « La rémunération des enrôlés ne couvre pas l'amortissement de nos centrales, déplore Patrick Saut, président de la commission Travaux et marchés de l'Usirf qui reconnaît que, nous avons encouragé les marchés à bordereaux de prix qui ne sont plus adaptés aujourd'hui car ils favorisent la consommation d'enrobé, » la quantité permettant d'amortir l'investissement. « Il vaudrait mieux se tourner vers une logique de service et de performance, ajoute-t-il. Pour cela, les entreprises ont besoin de maîtres d'ouvrage qui contrôlent, sanctionnent, définissent leurs priorités et leurs objectifs selon leurs ressources. »

La situation actuelle s'inscrit dans un modèle hérité d'une époque où l'État était très présent sur le terrain à travers les directions départementales de l'Équipement. Aujourd'hui, les instances de décision sont éparpillées. Même si, *in fine*, les décisions restent politiques, les maîtres d'ouvrage ont besoin d'être très compétents ou d'être très bien entourés, ont rappelé plusieurs intervenants de la réunion du 27 septembre.

→ Conserver la recherche et le développement

D'autres acteurs de la route préconisent de commencer par mieux connaître la situation. Les pratiques d'entretien routier dans l'Est de la France sont en train d'être compilées par une enquête auprès de 24 collectivités confiée au

Centre d'études techniques de l'Équipement de l'Est pour la conférence technique interdépartementale sur les transports et l'aménagement (Cotita) de la région. Objectif : définir un référentiel commun.

Y a-t-il de l'espoir du côté des finances des collectivités ? Non, répond Olivier Landel, délégué général de l'Association des communautés urbaines de France : « Les dotations de l'État, après être restées du même montant, vont commencer à diminuer, le Parlement doit en décider pour trois ans. Le Comité des finances locales vient d'annoncer que les collectivités locales devront contribuer à la lutte contre les déficits à hauteur de 750 millions en 2014 et 750, en 2015. »

Les collectivités ont peu de marge en matière fiscale si elles ne veulent pas « étrangler » les ménages. Christian Duron, co-président délégué de TDIE⁽²⁾, place un peu d'espoir dans la taxe poids lourds (à partir de 2013) et d'éventuels péages urbains.

Les niveaux de service peuvent être réduits, par exemple le moindre fauchage des bas-côtés.

« Nous devons nous demander de quoi nous avons besoin pour faire quoi et innover en travaillant localement avec les différents acteurs, recommande Alain Monteil directeur des routes et des transports du Conseil général de l'Essonne.

Les entreprises doivent conserver la recherche et le développement. »

Les collectivités qui ont signé la convention d'engagement volontaire⁽³⁾ se félicitent du dialogue ainsi instauré.

→ La voie des variantes

Les variantes proposées par les entreprises dans les appels d'offres ne sont adoptées que dans 2 à 3% des cas seulement, regrette Yves Baillon, président des entreprises routières de Bretagne (Sprir). De même, les contrats de performances, fréquents avec le privé, pourraient être étendus au public. « Les PME pourraient avoir accès à ces contrats à condition qu'ils durent quatre-vingt ans, pas plus, avec une garantie au maître d'ouvrage, » propose Bruno Cavagné, président de la Fédération régionale des travaux publics Midi-Pyrénées.

Plusieurs intervenants ont signalé préférer les marchés à bon de commande sur ceux à bordereau de prix, pour leur capacité à évoluer.

D'autres ont évoqué les contrats de partenariat public privé (PPP). Mais les collectivités craignent, avec eux, d'être prisonnières des grands groupes. Le conseil municipal de Saint-Leu-la-Forêt (Val-d'Oise) s'est fait assister sur les aspects techniques, économiques et juridiques d'un PPP pour réparer d'urgence ces voies et en est satisfait. ■

⁽¹⁾ Réunion du 27 septembre à Paris, co-organisée par l'Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité, l'Union des syndicats des industries routières françaises et la Conférence technique interdépartementale sur les transports et l'aménagement de l'Est.

⁽²⁾ Association Transport développement intermodalité environnement rassemblant acteurs privés et publics du transport.

⁽³⁾ Convention d'engagement volontaire entre la profession, l'État, les collectivités locales et les sociétés d'ingénierie.

1^{er} RÉSEAU ROUTIER D'EUROPE

La France abrite plus d'1 million de kilomètres de routes réparties en :

- 630 000 km de voies communales ;
- 378 000 km de routes départementales dont 24 000 km à grande circulation ;
- 8 980 km de routes nationales de l'État ;
- 11 000 km d'autoroutes dont 2 600 non concédées.

La route absorbe 87,4% du transport voyageurs (bus et cars compris). En 2010, 69 départements diminuaient leur budget voirie de plus de 5% (DGCL-FNTP).

La part des travaux confiés aux entreprises par les conseils généraux a baissé de 8% en 2011 et une baisse du même ordre est attendue en 2012 (Usirf).

Un million d'euros investi dans les routes permet de créer ou de sauvegarder 8 à 10 emplois (Usirf).

NOTRE ENGAGEMENT, LE DÉTAIL QUI FAIT LA DIFFÉRENCE

L'équipe UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

est la réponse de MAPEI aux exigences de tous ceux qui travaillent pour les Travaux souterrains.

- ✓ C'est le fruit de la recherche, l'aboutissement d'une gamme complète de produits spécifiques.
- ✓ UTT c'est la disponibilité et l'implication d'une équipe de professionnels.
- ✓ Parce que c'est l'engagement qui fait la différence, l'équipe MAPEI UTT vous suivra sur tous vos projets.

Pour
+ d'infos :



utt

UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

MAPEI www.utt-mapei.com

SPECIALISTE



BELL est le spécialiste en matière de tombereaux articulés. Cette spécialisation résulte d'une focalisation sur ce produit de notre bureau "Recherche et Développement" pour répondre aux attentes des marchés mondiaux les plus exigeants, d'un partenariat étroit avec les meilleurs leaders internationaux en technologie et d'une forte éthique familiale dans le monde de l'entreprise.

Trouvez la machine qui correspond le mieux à vos besoins au travers de la plus grande gamme de tombereaux articulés du monde. A votre disposition, nous mettons une expérience exceptionnelle, une productivité performante, un confort remarquable et la garantie du plus faible coût à la tonne transportée. De plus, votre empreinte carbone sera réduite grâce à un rendement énergétique inégalé.

Dans les périodes économiquement difficiles, il est bon d'avoir un spécialiste dans votre équipe.

Rejoignez notre famille.

Tel: +33 555 89 23 56
Email: infos@fr.bellequipment.com

www.bellequipment.com

**Des Machines Solides Et Fiables
Un Service Solide Et Fiable**

BELL

PRÉPARER L'OUVERTURE À LA CONCURRENCE DES TRAINS RÉGIONAUX



© PHOTOTHÈQUE SNCF

La phase d'expérimentation durera jusqu'en 2015 pour une ouverture à la concurrence planifiée fin 2019.

Le Conseil économique, social et Environnemental (Cese) recommande « une évolution progressive et maîtrisée de l'ouverture à la concurrence des services ferroviaires régionaux de voyageurs afin de maintenir et amplifier le succès de la régionalisation des trains express régionaux (TER) et non pas la fragiliser » dans son avis du 27 juin. Les trains régionaux dont la fréquentation a augmenté de 40 % entre 2002 et 2010, font face à deux contraintes : l'accroissement de leur coût et leur libéralisation progressive décidée par l'Union européenne (UE). Dans son règlement sur les obligations de service public de 2009, l'UE prévoit une période transitoire de dix ans afin qu'authorités organisatrices de transport et opérateurs se préparent à l'ouverture à la concurrence d'ici à décembre 2019⁽¹⁾. Le Cese rappelle que « le ferroviaire contribue à la prise en compte des questions environnementales, constitue un atout pour le développement industriel en France, et est un enjeu majeur en termes de compétitivité, d'accessibilité du territoire, de mobilité des personnes et en matière sociale. » Deux sections du Cese ont donc élaboré ce rapport commandé par le Premier ministre en juillet 2011 : celle de l'aménagement durable des territoires et celle du travail et de l'emploi. La première, dont Jean-Marie Geveaux est le rapporteur, a travaillé sur les aspects juridiques, économiques, environnementaux et institutionnels. Elle préconise l'instauration d'une phase d'expérimentation jusqu'à début 2015. Trois à six régions pourraient y participer via un appel à projets et une subvention de

TER : LE PLUS DYNAMIQUE DES RÉSEAUX

Le transport ferroviaire de voyageurs a renoué avec la croissance en 2011 après un creux fin 2010. Cette progression pourrait être liée à la hausse du prix des carburants, selon le Commissariat général au développement durable (ministère de l'Écologie). Le transport express régional enregistre la plus forte augmentation de tous les réseaux avec près de 5 % de hausse en voyageurs-kilomètres. Le train à grande vitesse le talonne avec +4 %. Les grandes lignes hors grande vitesse stagnent à +0,2 %, ce que le Commissariat interprète tout de même comme une « rupture de cycle » puisqu'elles avaient reculé de plus de 6 % de 2011 à 2010.

l'État. Cette phase nécessite la création d'une structure réunissant toutes les parties concernées pour « favoriser les échanges et appuyer les régions dans la rédaction du cahier des charges des délégations de service public et des appels d'offres. De même, des mesures juridiques, techniques et économiques devront être adaptées préalablement à l'expérimentation. »

→ Régions propriétaires des matériels

Le Conseil préconise que le territoire d'une expérimentation ne soit pas une région administrative mais plutôt un allotissement par groupe de lignes cohérent et de taille moyenne. La durée des contrats sera de quatre ans minimum voire plus si l'opérateur investit dans le matériel roulant. Le Cese recommande également de transférer aux régions la propriété des matériels TER dans le cadre des allotissements. Privilégier la délégation de service public, garantir les critères du service public et la sécurité des transports et des personnels sont jugés impératifs.

Le traitement des aspects sociaux s'inspirera de la phase d'expérimentation et ne sera pas un préalable à celles-ci. « Ni l'opérateur historique, ni les salariés ne doivent se sentir lésés par cette phase », souligne Thierry Lepaon, rapporteur de la section travail et emploi du Cese. ■

⁽¹⁾ La Commission européenne prépare l'ouverture à la concurrence des TGV pour fin 2012 dans son 4^e « paquet » ferroviaire.

EXPERTISE FINANCIÈRE POUR ROUTE DANGEREUSE

Le Conseil général de l'environnement et du développement durable s'est vu confié par le ministre chargé des transports une mission d'évaluation des solutions de financement pour la mise à deux fois deux voies de la Route centre Europe Atlantique (RCEA) sur le tronçon de Montluçon (Allier) à Mâcon et Châlon-sur-Saône (Saône-et-Loire). Ce tronçon est particulièrement dangereux. Le CGEDD a cinq mois pour rendre son rapport. La réflexion sur la mise en concession routière est donc suspendue.

QUELLE BANQUE POUR LES INFRASTRUCTURES ?

Patrick Bernasconi, président de la FNTP, a souhaité que la hiérarchisation des projets retenus dans le cadre du Schéma national des infrastructures de transport et l'examen de leur fiabilité financière soient effectifs en septembre. La Fédération s'inquiète de l'avenir des Travaux publics notamment à cause des problèmes de financement par les collectivités. C'est pourquoi elle a appelé à la mise en place d'une banque d'investissement local autre qu'une coopération Banque postale-Caisse des dépôts qui ne peut pas fonctionner, selon le président.



© BENOÎT FOUGEIROL

Le Conseil préconise que le territoire d'une expérimentation ne soit pas la région administrative mais plutôt un allotissement par groupe de lignes cohérent.

LE CERTU DÉMÉNAGE

Le Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (Certu) déménage. Il se trouve désormais au 2 rue Antoine Charial, CS 33927, 69426 Lyon cedex 3.

Le téléphone reste le même : 04 72 74 58 00.

RÉVISION DU CODE MINIER

Les ministres de l'Écologie et du Redressement productif ont confirmé que le code minier va faire l'objet d'une refonte pour renforcer les procédures environnementales et de concertation, et obtenir des garanties économiques et écologiques. Ce sera l'occasion de réexaminer les conditions d'exploration et d'exploitation du gaz de schiste.

OBSERVATOIRE DES RISQUES NATURELS

L'État, la Caisse centrale de réassurance et la Mission des sociétés d'assurances pour la connaissance et la prévention des risques naturels ont signé un partenariat qui fonde l'Observatoire national des risques naturels. Il répond en particulier au besoin des acteurs de se mettre en réseau. Le monde de l'assurance et les collectivités territoriales font partie du conseil de gestion.

PAS DE DÉLAI EN PLUS POUR APPLIQUER LE DÉCRET DT-DICT



© JOËLLE DOLLE - GDFP

Véhicule renifleur de fuites de gaz proposé par Gaz réseau distribution France.

La version 1 du *Guide technique relatif aux travaux à proximité des réseaux* est parue à la rentrée. Elle contient une trentaine de fiches abordant chacune les différentes techniques de creusement dans le sol ou d'intervention y compris en aérien. Ce guide vise à illustrer la réglementation anti-entassement, les règles de l'art et les bonnes pratiques pour réaliser des travaux sans risque à proximité des réseaux de transport et de distribution d'énergies et de fluides. Il rappelle les limites d'utilisation de chaque technique. Ce guide devrait aider maîtres d'ouvrage et entreprises à mieux appliquer le décret DT-DICT du 5 octobre 2011 modifié le 20 août 2012 visant à accroître la sécurité des travaux sur réseaux enterrés.

Depuis le 1^{er} juillet, et donc avant que ne paraisse la version modifiée du décret, le 20 août, la consultation du service par internet qui recense les informations sur les réseaux est deve-

nue obligatoire avant tous travaux et pour tous - collectivités, entreprises, particuliers, etc. Ce qui ne fait pas le bonheur de tout le monde. L'Association des ingénieurs territoriaux de France (AITF), bien qu'elle soit consciente de la nécessité d'améliorer la sécurité des intervenants sur le domaine public et qu'elle pense que la réforme va dans le bon sens, a demandé un délai supplémentaire pour l'appliquer à la Direction générale de la prévention des risques au ministère de l'Écologie. Son président, Jean-Pierre Auger, estime que cela alourdit les projets, notamment en études préliminaires, et leur coût. Le travail sur la rédaction des clauses techniques et financières doit être mené à son terme et les techniques de détection des réseaux existants doivent être opérationnelles. Le ministère n'a pas donné une suite favorable à la demande de délai supplémentaire. « *Certaines remarques de l'AITF ont été prises en compte*

comme quelques souplesses en matière d'investigations complémentaires, écrit l'association. *Des précisions ont été apportées sur le chevauchement des deux décrets. Elle aurait aimé que le retour des expériences en cours à Orléans et à Perpignan qui sera connu au printemps 2013 soit pris en compte dans le décret dans sa seconde mouture.* » L'AITF continue d'animer la commission de l'Afnor qui traitera des clauses techniques et financières. Rappelons que 100 000 incidents par an sont répertoriés sur les 4 millions de kilomètres de réseaux en France (tous fluides et énergies confondus). Souvent dus à une méconnaissance de l'environnement immédiat, ils retardent les chantiers et peuvent entraîner de gros dégâts voire des accidents graves.

Pour en savoir plus :

Guide dans la rubrique textes réglementaires du site :

www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr ■

RECOMMANDATION OCDE SUR LES PPP

Un petit tiers des projets en partenariat public privé dans le monde concernent des routes, indiquent les chiffres 2009 de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE). La proportion est la même en Europe. Le nombre des contrats en PPP tend à augmenter. L'OCDE publie une recommandation à l'adresse du secteur public afin qu'il

s'assure que le PPP qu'il envisage est abordable, qu'il optimise la dépense publique et que les risques budgétaires sont limités. Elle souligne que « *un transfert insuffisant des risques vers le partenaire privé remet en cause l'objectif même des PPP. Il revient aux décideurs publics de trouver un équilibre entre les risques supportés par le privé et ceux qui restent à la charge du public. (...) Une même solution ne*

convient pas à tous les cas de figure. La décision à prendre dépend pour beaucoup du détail de chaque projet. » La recommandation de 2012 approfondit les questions de gouvernance et de finances publiques là où des textes antérieurs s'étaient davantage intéressés à la recherche des investissements et d'un partenaire privé dans le bénéfice de toute la société et avec, en perspective, le développement

durable, ceci sur les projets d'infrastructures. Le nouveau texte s'applique à tous les PPP (établissements de santé, etc.) et propose de réduire les formalités administratives, d'optimiser la dépense de fonds publics notamment en se préparant à la phase d'exploitation et sans oublier la possibilité de renégocier.

Pour en savoir plus :

www.ocde.org ■

nouvelle gamme **weber.rep**

LES MASQUES
TOMBENT

ET WEBER
DEVOILE
SA GAMME



Les nouveaux mortiers de réparation manuelle des bétons weber.rep augmentent les performances tout en réduisant la poussière !

R4*



weber.rep rapide
MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION
STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 5 à 100 mm par passe
- talochable à 30 minutes
- formule anti-poussière

R3*



weber.rep express
MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION
STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 5 à 50 mm par passe
- talochable à 30 minutes
- formule anti-poussière

R3*



weber.rep surface
MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION
STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 2 à 50 mm par passe
- talochable à 60 minutes

R2*



weber.rep façade
MORTIER FIBRÉ DE RÉPARATION
NON STRUCTURALE DES BÉTONS

- de 2 à 50 mm par passe
- talochable à 60 minutes

*Selon norme NF EN 1504-3

Découvrez la gamme



Avec notre application smartphone Weber FR
vous avez tout Weber dans votre poche !

Ensemble, durablement !

www.weber.fr

weber
SAINT-GOBAIN

Accroître la mobilité

*ARCADIS est un groupe international
fournissant des prestations de conseil, de conception,
d'ingénierie, d'aménagement du territoire
et de gestion de projet
dans les domaines de l'infrastructure,
de l'environnement de l'eau,
et du bâtiment.*

***Nous cherchons à améliorer le monde qui vous entoure.
Parce que c'est celui que nous habitons aussi.***

Retrouvez les coordonnées de nos 12 agences en France
www.arcadis-fr.com

Imagine the result

 **ARCADIS**
Infrastructure - Eau - Environnement - Bâtiment

TUBES EN PRV DANS RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT



Sur ce tronçon, 20 m³ d'eaux usées disparaissaient dans la nature en moyenne par jour.

Le réseau d'assainissement de la vallée de l'Orge (Essonne) est en travaux suite à plusieurs diagnostics depuis les années 1990. Une partie des eaux usées domestiques des 37 communes (500 000 habitants) du Syndicat mixte de la vallée de l'Orge aval (Sivoa) part dans la rivière et des eaux de pluie viennent encombrer la collecte des eaux usées. Le Syndicat a donc lancé un programme de réhabilitation des 20 km du réseau intercommunal de

dédoulement qui datait de la fin des années 1970 avec réfection de joints, gainages et par endroits, remplacements de collecteurs.

Une portion de 600 m du collecteur de dédoublement à Savigny-sur-Orge vient de faire l'objet d'un tubage à l'intérieur de l'ouvrage en béton. En effet, le bureau d'études y a mis en évidence des rejets de 20 m³ par jour dans l'environnement, des infiltrations d'eau claire au niveau de chaque joint et d'autres

anomalies. L'opération a commencé par la création d'une dérivation, ce qui a nécessité deux puits, un de pompage, un de refoulement, et la pose de deux tuyaux de 400 m suivie du nettoyage du collecteur en béton.

La technique de tubage retenue consiste à doubler la canalisation en béton en introduisant un tube en polyester renforcé de fibres de verre (PRV) de la société Hobas d'un diamètre de 1 720 cm (diamètre extérieur), un peu inférieur à l'existant (photo).

Six puits ont dû être creusés le long du collecteur. Les tuyaux sont assemblés au fond puis tirés par ensemble de plusieurs dizaines d'unités de 1 m à 6 m par un treuil. Ils sont guidés par des rails. « L'utilisation du système d'information géographique a permis de restituer une carte en trois dimensions du réseau et de dresser un relevé très précis du tracé dont les spécificités ont conduit Sade, l'entreprise de pose, à employer la technique du tubage avec espace annulaire, » écrit Hobas France. Les 4 cm laissés libres pour le glissement sont comblés par un ciment-bentonite. Un dispositif anti-dérivant est posé pour faciliter les opérations d'entretien futures.

Les tubes ont une durée de vie de cinquante ans. ■

RELANCE DU FACÉ

Le Fonds d'amortissement des charges d'électrification (Facé) devrait dorénavant mieux fonctionner.

Longtemps inclus dans les comptes d'EdF alors qu'il était alimenté par les contributions des distributeurs d'électricité, le Facé est devenu en 2011 un compte d'affectation spéciale rattaché au budget de l'État (loi de finances rectificative pour 2011). Toutefois, la mise en œuvre de cette séparation a rencontré des blocages en 2012, ce qui a eu pour effet de retarder certains projets de modernisation.

Des entreprises du secteur ont pu être mises en difficulté. Grâce à une concertation qui se poursuit, les ministères de l'Écologie et du Budget ont finalement réussi à améliorer la procédure d'attribution des aides et espèrent la conforter en 2013.

ISO 14001 POUR UN SITE DE 3M

L'organisme certificateur CNPP a attribué la certification de management environnemental Iso 14001 au site de Pouyet Télécommunications de Pontchâteau (Loire-Atlantique) appartenant à 3M, fabricant de produits de signalisation, communication graphique, solutions de mobilité, composants de maintenance, etc.

CARRIÈRES DU BOULONNAIS MODERNISE SON TRANSPORT PAR TRAIN

Carrières du Boulonnais accroît son engagement dans le développement durable en améliorant ses équipements et voie de transport de granulats par train. La société utilise ce mode de transport pour un tiers des 6 millions de tonnes de matériaux calcaires qu'elle produit à destination des travaux publics et de l'industrie. Elle vient d'investir directement dans 44 wagons neufs auxquels s'ajoutent ceux loués à Nacco. Ce dernier a travaillé en partenariat avec le constructeur américain Greenbrier (usine en Pologne) pour concevoir un wagon dont les dimensions sont optimisées pour le transport d'agrégats. L'acquisition de matériel est menée conjointement avec Euro Cargo Rail (ECR), opérateur privé de fret ferroviaire. « ECR opère 25 trains par semaine pour le compte des Carrières du Boulonnais, un trafic multiplié par huit en six ans

grâce à trois engagements prioritaires basés autour du service de la fiabilité et de la ponctualité, » précise son directeur général.

Le producteur de granulats participe également financièrement aux travaux de modernisation par Réseau ferré de France de la voie qui relie son site de Ferques (Pas-de-Calais) à la gare de Caffiers, dans le même département, prévus pour la fin de l'année. Ainsi pérennise-t-il son raccordement au réseau pour quinze ans et peut-il augmenter la productivité de cette carrière.

Ferques sera connecté à une des cinq plates-formes de la société, celle de Mitry, près de Roissy (Val-d'Oise) d'où sont livrées 600 000 tonnes de granulats par jour en Île-de-France, actuellement. Le recours au fret ferroviaire supprime la circulation de

150 camions par jour. Grâce à ce choix, Carrières du Boulonnais garantit à ses clients des approvisionnements fiables et qui améliorent leur bilan carbone. ■



Les nouveaux wagons sont spécialement conçus pour le transport de granulats.

EGIS RACHÈTE AU BRÉSIL

Après avoir repris en 2011, Vega, spécialisée dans l'ingénierie du fret ferroviaire au Brésil, Egis, filiale de la Caisse des dépôts et d'Iosis Partenaires, a acquis Aeroservice, expérimentée dans le design aéroportuaire et les études en amont de projets dont une partie des aéroports brésiliens.

REPLACEMENT DU PLOMB À TOULOUSE

La Communauté urbaine de Toulouse (Haute-Garonne) a décidé un programme de travaux de réhabilitation des réseaux publics d'eau potable sur trois ans. Les branchements publics en plomb des abonnés de la ville de Saint-Orens seront remplacés et, à cette occasion, les fuites, recherchées.

LA «VILLE LUMIÈRE» PLUS SOBRE

La ville de Paris a attribué un marché de performance énergétique de dix ans au groupement d'entreprises Evesa afin de réduire de 30 % d'ici à 2020 les consommations électriques de son éclairage public, par rapport à 2004. Le contrat porte sur 200 000 sources d'éclairage et 150 000 points de signalisation lumineuse. Premier monument traité : le pont d'Arcole près de l'Hôtel de ville.

RFF MET LES BOUCHÉES DOUBLES EN ÎLE-DE-FRANCE



© CHRISTOPHE RECOURA/RFF

De nombreux travaux ont lieu de nuit. Ici, changement de la voie et du ballast à Evry (Essonne).

La modernisation du réseau ferré en Île-de-France s'accélère. Réseau ferré de France (RFF) y a consacré 600 millions d'euros par an en moyenne de 2008 à 2012, soit deux fois plus qu'avant. Il a décidé de doubler ce montant de 2013 à 2016 alors que la nouvelle convention entre RFF et le Syndicat des transports d'Île-de-France représentant les autorités organisatrices de transport est en cours d'élaboration.

Le réseau ferré d'Île-de-France, 10 % du réseau national, accueille 7 500 trains par jour et 3 millions de passagers. Cet été, une dizaine de chantiers importants ont amélioré le trafic des trains du Réseau express régional (RER). Montant total : plus de 100 millions d'euros. Quelques travaux se prolongent cet automne voire sur 2013 comme la construction d'une gare multimodale à Créteil (Val-de-Marne).

Cent trente millions sont investis pour régulariser le RER D (Nord-Ouest/Sud-Est), le plus chargé de tous, avec 550 000 voyageurs/jour sur des voies dont certaines ont plus de 50 ans. Grâce à un nouvel aiguillage au terminus de Goussainville, le train pourra atteindre une voie de retournement et y attendre son départ sans gêner la circulation.

Sur un autre secteur, l'adaptation d'une signalisation va autoriser le passage de 12 trains à l'heure au lieu de 8. Ailleurs, grâce à une sous-station électrique, les trains reprendront plus vite leur vitesse en cas d'incident. Une section de 12 km sera complètement renouvelée d'ici à fin novembre au rythme de 500 m par nuit.

Autre chantier important : le faisceau de rails situé à 800 m de la Gare du Nord là où voies souterraines et de surface se rencontrent. Cinq cents agents SNCF Infra ont travaillé nuit et jour pour changer 15 km de voies. Sur la ligne du RER A (Ouest-Est), un train usine de 750 m de long a renouvelé 800 m de voie par nuit. Cette « suite rapide », qui enlève et remplace, ne convient pas aux tronçons avec des ouvrages d'art car elle peut endommager leur tablier lors de l'enlèvement. ■

L'ÉCONOMIE VERTE SE DÉVELOPPE CHEZ SPIE

Spie entend réaliser 30 % de son activité grâce à l'économie verte en 2015. Le groupe d'ingénierie et de services en énergie et télécommunications affiche 20 % aujourd'hui. Par économie verte, il entend : efficacité énergétique, bâtiment durable, énergies à faible émission de CO₂ (hydroélectricité, nucléaire, photovoltaïque, éolien,

biomasse, géothermie), écomobilité, centres de données, etc. Le groupe a déjà installé des stations de recharge pour son parc de 700 véhicules électriques, soit 10 % de sa flotte, et le propose aux industriels.

Trois bornes de rechargement de voitures électriques sont également au programme du contrat de partenariat public privé signé en 2011 avec la commune de Val-de-Reuil (Eure). La société de projet Val de Lum a été constituée pour l'occasion avec Sogire. Sur l'éclairage public, une économie de 56 % est attendue grâce, en particulier, à l'installation de 1 248 lampadaires neufs, soit sur un quart du territoire de la commune, et à leur télégestion. Spie y déploie aussi un réseau de fibre optique.

À Saint-Etienne (Loire), il a signé un contrat de performance énergétique de service qui devrait réduire de 40 %

la consommation d'énergie du musée d'art moderne.

Il s'est également engagé à aménager avec EDF et d'ici à 2013, une centrale photovoltaïque d'une puissance de 115-135 mégawatts grâce à plus de 1 million de modules solaires couvrant 120 des 367 hectares à Toul-Rosières (Meurthe-et-Moselle). ■

RENFORCEMENT AUX PAYS-BAS

Spie Nederland, filiale du groupe Spie, a annoncé qu'elle rachetait Gebr van der Donk BV, maître d'œuvre spécialisé en réseaux câblés destinés aux télécommunications aux Pays-Bas. La société néerlandaise conçoit et fournit ces infrastructures et en assure la maintenance.

À noter, par ailleurs, que le groupe fait partie d'un consortium dans le pays pour la construction d'un très grand parc éolien avec 36 aérogénérateurs.



© VAL-DE-REUIL

La commune de Val-de-Reuil (Eure) attend une économie d'énergie de 56 % là où des lampadaires neufs sont posés et télégérés.



Les Enrobés 3E®, plus froids pour respecter l'environnement.

Avec des températures de fabrication et d'application inférieures de 40 °C à 45 °C par rapport aux enrobés traditionnels, les Enrobés 3E® (Environnementaux, Économiques en Énergie) permettent de réaliser 15% à 25% d'économies d'énergie et de réduire d'autant les émissions de gaz à effet de serre. Couplés à une technique de recyclage (Enrobés 3E®+R), ils peuvent incorporer jusqu'à 50% d'agrégats d'enrobés. Véritables éco-revêtements, les Enrobés 3E® et 3E®+R sont au cœur des enjeux du Grenelle de l'Environnement. Leurs performances environnementales répondent à l'ambition d'une route responsable.



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

STRRES

Le STRRES est le syndicat national des entrepreneurs spécialistes de travaux de réparation et de renforcement des structures.

Il rassemble 60 entreprises qui exercent, à titre principal ou secondaire, une activité d'entretien, de réparation et de réhabilitation des structures de Génie civil.

Le STRRES est adhérent de la FNTP.

Retrouvez sur **www.strres.org** :

Les guides



Pour mieux connaître et appliquer les règles de l'art en matière de réparation et de renforcement d'ouvrages, **consultez ou téléchargez gratuitement 12 guides techniques du STRRES.**

Les entreprises



Trouver une entreprise **par domaine d'activité, par région et/ou par identification professionnelle.**

SYNDICAT NATIONAL DES ENTREPRENEURS SPÉCIALISTES DE TRAVAUX
DE RÉPARATION ET RENFORCEMENT DE STRUCTURES
3 rue de Berri 75008 Paris • Tél. : 01 44 13 31 82 • Fax : 01 44 13 32 44 •
strres@strres.org • **www.strres.org**

ABS • ADS ouvrages d'art • AFGC • AGTP • ARREBA • ATS • AXIMUM • BASF CC France • BAUDIN-CHATEAUNEUF • BEC • BEKAERT France • BERTHOLD SA • BTPS • CHANTIERS MODERNES SUD • COFEX Ile-de-France • COFEX LITTORAL • COFEX REGIONS • COLAS RAIL • CTICM • CROBAM • DEMATHIEU ET BARD • ECM • EGM TNC • EIFFAGE TP/ Département GCN • EIFFEL CONSTRUCTION MÉTALLIQUE • ENTREPRISE BONNET • ETANDEX • ETPO • EUROVIA BÉTON • FAURE SILVA • FAYAT • HOLCIM • FREYSSINET France • FREYSSINET International & Cie • GAUTHIER • GTS/Département ELITE • LAFARGE • LETESSIER • MAPEI • MCCF • NOUVETRA • OUEST ACRO SA • PAGEL SAS • PAREXLENKO • PERRIER SAS • POA • RAZEL • RCA • RENOFORS • RESINA • RESIREP • SNC • RICHERT • SAINT GOBAIN WEBER France • SARL ROMOEUF • SEFI-INTRAFOR • SIKI • SIRCO TRAVAUX SPÉCIAUX • SNCTP • SOFRARES • SOLETANCHE BACHY • SOTEM • SORREBA TECHNOLOGIE • SOTRAIB EAU • SPIE BATIGNOLLES TECHNOLOGIES • STPL • TEMSOL • TSV • VIA PONTIS • VINCI CONSTRUCTION France • VSL France

STRRES



NOTRE TALENT
DÉFIE LE TEMPS

DU BON USAGE DES TRANSPORTS EN COMMUN PAR CÂBLE

Le transport en commun par câble aérien de voyageurs fait l'objet d'un premier colloque le 10 octobre à Toulouse⁽¹⁾.



© POMA
Douze minutes suffisent aujourd'hui pour franchir la Volga à Nijni Novgorod (Russie) là où il fallait deux heures dans les bouchons.

Il n'existe pas de transport collectif par câble en milieu urbain en France. Les lignes mises en service en 2012 se situent au Brésil, à Londres, au Venezuela, en Russie. « Les projets récents proposés ou réalisés en transport en commun urbain collectif ont émergé dans des contextes de franchissement d'obstacles, » observe Yves Schneider, chargé de mission développement durable au Service technique des remontées mécaniques et transports guidés (STRMTG), service qui contrôle ces installations. Parmi les obstacles : les fleuves comme la Tamise à Londres ou la Volga à Nijni Novgorod⁽²⁾, des faisceaux autoroutières, ferroviaires, etc.

Il existe quand même du transport par câble de voyageurs en France comme les remontées mécaniques. Des villes ont des funiculaires, touristiques ou non, comme Lyon, Grasse (voir encadré), Paris. Ces derniers franchissent des dénivelés plutôt que des espaces « horizontaux ».

→ **1 000 à 4 000 voyageurs/heure**
« Nous recevons beaucoup de demandes de collectivités territoriales depuis deux ans, témoigne M. Schneider. Nous les aidons à y voir plus clair et

c'est le but de la rédaction de l'ouvrage avec le Certu.

Elles s'y intéressent parce que les systèmes traditionnels comme le tramway sont très coûteux. Ce qui ne veut pas dire que le transport par câble aérien le soit moins dans tous les cas. Nous manquons de données sur ce point et sur le coût d'exploitation. Ce transport ne rend pas le même service que les autres, il peut donc occuper une place mais bien particulière. »

Le transport en commun par câble aérien relie souvent deux points avec une gare à chaque extrémité. Il n'est pas question d'installer des stations très rapprochées, avantage réservé aux bus ou tramways. Ces techniques viennent en complément d'un réseau de transport existant. Ils évitent la construction d'ouvrages d'art coûteux. Un funiculaire supporte des pentes beaucoup plus élevées que les autres modes.

Même si les cabines sont parfois petites, huit personnes par exemple à Nijni Novgorod, leur nombre sur « un câble » et leur vitesse de circulation compensent ce défaut. Le projet de Toulouse s'étend sur 2,6 km de long et pourrait embarquer 6 000-7 000 voyageurs/jour avec des cabines

de 35 places. Selon les techniques, la fréquentation peut atteindre 1 000 à 4 000 voyageurs par heure et par sens, ce qui place le câble aérien devant les tramways et les bus à haut niveau de service.

→ **Affiner ses domaines d'application**

Pourtant, ce mode de transport en commun ne se développe pas facilement, en France notamment. En dehors de la question du coût et de l'adéquation au contexte, « le transport en commun par câble aérien en milieu urbain est mal identifié parmi les autres modes, précise Yves Schneider. Il émerge dans l'espace et il peut être mal perçu par les riverains d'une ligne qui y voient une possibilité d'intrusion visuelle. De plus, la réglementation n'est pas favorable à leur insertion en zone urbaine. »

Si en montagne, il n'est pas nécessaire d'exproprier les terrains survolés, il semble qu'en ville, il le faille.

Les deux projets les plus avancés, Brest et Toulouse, passent en grande partie au-dessus de terrains publics ou appartenant à la collectivité.

Le colloque d'octobre à Toulouse et l'ouvrage Certu-STRMTG, qui se veulent un point de départ, montrent déjà qu'il ne s'agit pas d'une solution miracle. Avec le temps, les études et les projets permettront d'affiner ses domaines d'application. Les données fiables manquent également sur les émissions de CO₂ et les consommations d'énergie. ■

⁽¹⁾ Colloque co-organisé par le Certu, le Groupement des autorités responsables de transport et le Syndicat mixte des transports en commun de Toulouse avec la participation du STRMTG.

⁽²⁾ L'ouvrage *Transport par câble aérien en milieu urbain* (2012, Certu, STRMTG) recense les principales installations de ce type dans le monde.

PONT DE 10 KM À HONG-KONG

Les travaux du pont reliant l'île de Hong-Kong à Zhuhai et Macao (Chine), deux villes situées de l'autre côté du delta de la rivière des Perles, viennent de commencer et dureront jusqu'à 2016. L'entreprise Dragages Hong-Kong et VSL participe au premier tronçon de 9,4 km (607 millions d'euros) entre l'aéroport de l'île et la limite de ses eaux territoriales. La filiale de Bouygues construction fait partie du groupement avec China Harbour. Outre l'ouvrage d'art, le groupement doit assurer les travaux de génie électrique et mécanique et les dispositifs d'aide à la navigation. Les navires continuent de circuler pendant le chantier qui est, par ailleurs, survolé par le trafic aérien.



© FOTO ALAIN SPIELMANN ARCHITECTS OFFICE

L'île de Hong-Kong sera ainsi reliée à la côte chinoise.

SAUT DE PUCE DE LA GARE AU CENTRE-VILLE

Un funiculaire, en construction à Grasse (Alpes-Maritimes), permet de franchir les 110 m de dénivelé entre la gare et le centre-ville en cinq minutes sans se fatiguer. De 600 m de long, il comprendra une station à chaque extrémité et deux intermédiaires. Les deux rames de 40 places devraient rouler à 6-8 m/sec. Partant toutes les quatre minutes, il pourrait séduire 2 200 voyageurs par jour de 6h à 23h. Mise en service prévue en 2013.

MANIPULATEUR D'ISOLANTS ENCOMBRANTS

Ce manipulateur convient aux matériaux d'isolation volumineux. Adapté au secteur industriel du bâtiment, il est équipé de pinces pneumatiques et de ventouses réglables, ce qui autorise des développements importants sans déséquilibre ni atteinte aux matériaux (mousses, laine de verre, fibres, etc.).

Il comprend un bras articulé pour déplacer des panneaux ou des bobines dont le centre de gravité est déporté par rapport à l'axe vertical du bras terminal. Une structure spécifique lui permet de résister aux torsions engendrées par ces mouvements. L'équilibrage de la charge qui peut atteindre 600 kg est obtenu par un vérin pneumatique à air comprimé sur leviers.



© DALMEC

Tout est fait pour éliminer les mouvements parasites lors de la manipulation.

PROTECTION D'ARLES CONTRE LES INONDATIONS



© SOL SOLUTION

Ce géotextile alvéolaire vient renforcer un remblai et valorise les matériaux du site.

Les travaux de protection des quartiers Nord d'Arles (Bouches-du-Rhône) contre les inondations du Rhône se sont terminés cet été. Une digue de second rang a été construite pour pallier les défaillances des ouvrages de protection des routes passant sous la voie ferrée, celle-ci faisant elle-même barrage à l'eau sauf à l'endroit de ces passages inférieurs. En 2003, ces quartiers ont été inondés car les digues avaient cédé. Le nouvel ouvrage vient donc en secours si, de nouveau, même après avoir été réparées, elles se rompent. Il s'agit d'un barreau perpendiculaire de 900 m de long ancré d'un côté sur le remblai de la voie ferrée et de l'autre, sur la future rocade de contournement

de la ville. Toutefois, cela crée une retenue d'eau devant les digues qui peut alors s'écouler vers d'autres quartiers. C'est pourquoi des plates-formes pouvant retenir l'eau puis l'évacuer par pompage mobile vers des réseaux, ont été construites à l'Est et à l'Ouest. Elles sont bordées de talus du même niveau que les digues, presque verticaux, et qui ont dû être sérieusement consolidés. Ceux de la plate-forme à l'est qui permet d'évacuer les eaux sous le canal de Vigueirat a été renforcée par du géotextile alvéolaire (photo), un système de Sol Solution, bureau d'études géotechnique. Ces travaux d'un montant total de plus 7 millions d'euros ont été réalisés

pour le Syndicat mixte interrégional d'aménagement des digues du delta du Rhône et de la mer (Symadrem). La maîtrise d'œuvre a été assurée par Egis Eau et les travaux, par Guintoli. Ils s'inscrivent dans le plan Rhône 2007-2013 soutenu par le Comité interministériel à l'aménagement du territoire et visant notamment à protéger le secteur d'événements aussi graves qu'en décembre 2003 (9 400 personnes inondées, 334 millions d'euros de dommages). À partir des objectifs du plan, le Symadrem a établi un programme de sécurisation des ouvrages de protection de Vallabrègues jusqu'à la mer, de 2011 à 2019. ■

DÉDOUBLEMENT DE L'A9 À MONTPELLIER



© ASF

Sur l'autoroute A9 à Montpellier, les flux de transit et de desserte seront séparés. Ici, franchissement du Lez.

Autoroutes du Sud de la France (ASF) prévoit que les travaux de dédoublement de l'A9 à Montpellier (Hérault) commenceront à la mi-2013 pour quatre ans. Cet été, ont eu lieu des fouilles archéologiques auxquelles vont succéder jusqu'à la mi-2014 les déviations de réseaux. Le projet vise à séparer le trafic de transit de la circulation de desserte en les répartissant à 50/50. L'axe est emprunté sur ce secteur par 105 000 véhicules par jour avec des pointes à 160 000 en été, dont 20% de camions. L'A9b comprendra un tronçon nouveau de 12 km et un doublement de la voie actuelle de 13 km en deux parties. Le montant de ce dédoublement est estimé à 642,5 millions d'euros à la charge d'ASF. Déclaré d'utilité publique depuis 2007, il en est au stade des

acquisitions foncières dont la surface pourrait diminuer de 210 hectares à 180. Il comprend 60 ouvrages d'art dont les hydrauliques et un viaduc de 600 m. Le concessionnaire en profite pour moderniser le système de gestion des eaux notamment pour éviter leur pollution et se protéger contre les inondations. Par ailleurs, il va installer 10 000 m² d'écrans acoustiques afin d'atténuer le bruit pour les riverains de l'axe routier. Enfin, comme sur d'autres projets, ASF a pris grand soin de la faune et de la flore et identifié une soixantaine d'espèces protégées ou d'un grand intérêt. Il envisage des mesures de compensation afin que le dédoublement et les travaux ne nuisent pas à leur présence. ■

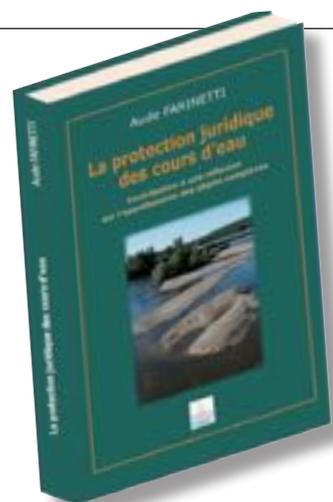
PROTECTION GLOBALE D'UN COURS D'EAU

La protection juridique d'un cours d'eau ne peut plus se concevoir par le petit bout de la lorgnette, c'est-à-dire de façon fragmentaire. C'est pourquoi Aude Farinetti a rédigé un ouvrage sur ce thème et qui a été récompensé par l'Université Jean-Moulin Lyon 3. Pour prendre en compte les interactions entre les multiples composantes, elle a mobilisé

plusieurs instruments de droit public - domanialité publique, police, services administratifs - afin de restaurer en droit l'unité écologique des cours d'eau et améliorer leur protection. Un cadre territorial adapté au système fluvial a été recherché en recourant à la notion de réseau et de territoire hydrographique. Désormais, les acteurs associés

aux prises de décision sont nombreux et certains concepts tendent à globaliser le point de vue, par exemple, la gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. L'auteur dévoile l'arsenal juridique qui s'est construit au fil du temps et qui protège la dynamique fluviale et la biodiversité.

www.editions-johanet.com ■



TRANSPORT DE MARCHANDISES : ACCROÎTRE LA MULTIMODALITÉ

Le Centre d'analyse stratégique (service du Premier ministre) publie une note d'analyse (n°288, septembre) afin de renforcer la complémentarité du rail et du fleuve à la route pour le transport de marchandises de moyenne et longue distance. Il souligne que,

malgré les efforts en faveur du multimodal, le report du transport routier sur d'autres modes n'est pas aussi important qu'il serait souhaitable si nous visons la baisse des émissions de gaz polluants et ceux à effet de serre. La route assure encore plus de

88% du transport de marchandises. Il fait trois propositions : doubler le prix du pétrole dans le calcul de la rentabilité du rail et du fleuve lors de l'évaluation des projets d'infrastructures de transport par le gouvernement ; encourager le développement de plates-formes

logistiques multimodales par la mise à disposition de terrains voire par des subventions ; élargir les horaires de fonctionnement du rail et du fleuve pour se rapprocher de ceux de la route, disponible 24h/24.

www.strategie.gouv.fr ■




Membre du Réseau Compétence Entreprises BTP

CAISSE NATIONALE DES ENTREPRENEURS DE TRAVAUX PUBLICS

Association agréée par arrêté ministériel du 6 avril 1937 - Déclarée en Préfecture sous le n° 174 662

Au service de la Profession des Travaux Publics

Nos missions :

- assurer le service des congés payés auprès des salariés des Travaux Publics
- procéder au remboursement des indemnités de chômage-intempéries versées par les employeurs de la Profession.

La CNETP regroupe **7 200 entreprises** de Travaux Publics et assure le calcul et le versement de prestations dues à plus de **277 000 salariés**.

Nos coordonnées :

<ul style="list-style-type: none"> · Par courrier : 31 rue le Peletier - 75453 PARIS CEDEX 09 · Par Internet : www.cnetp.fr · Par fax : 01.70.38.08.00 	<ul style="list-style-type: none"> · Par téléphone : <ul style="list-style-type: none"> - pour les entreprises : 01.70.38.07.70 - pour les salariés : 01.70.38.07.77 · Serveur vocal (24h/24) : 01.70.38.09.00
--	---












ÉVÉNEMENTS

• 13 NOVEMBRE

Ouvrages d'art en béton

Lieu : Metz
www.afgc.asso.fr

• 14 ET 15 NOVEMBRE

Journées de la Géothermie

Lieu : Paris (Cité des sciences
et de l'industrie)
www.journeesgeothermie.com

• 15-18 NOVEMBRE

Développement durable et systèmes d'infrastructures critiques (IC-SDCI)

Lieu : Shanghai (Chine)
http://iem.sjtu.edu.cn/IC-SDCI

• 19 AU 21 NOVEMBRE

Salon de la manutention

Lieu : Paris (Villepinte)
www.manutention.com

• 21 ET 22 NOVEMBRE

Forum led

Lieu : Paris (Halle la Villette)
www.forumled.com

• 27 ET 28 NOVEMBRE

Câbles 2012

Lieu : Nantes
www.afgc.asso.fr

• 27 AU 30 NOVEMBRE

Pollutec

Lieu : Lyon (Eurexpo)
www.pollutec.com

• 3 AU 5 DÉCEMBRE

JST du Centre d'études techniques maritimes et fluviales

Lieu : UIC-P (Paris 15^e)
www.colloques-cetmef.
developpement-durable.gouv.fr

• 4 AU 7 DÉCEMBRE

Expoprotection

Lieu : Paris (Porte de Versailles)
www.expoprotection.com

• 5 AU 7 DÉCEMBRE

Salon de l'immobilier d'entreprise

Lieu : Paris (Palais des congrès)
www.salonsimi.com

• 5 AU 7 DÉCEMBRE

Energaia

(salon énergies renouvelables)

Lieu : Montpellier
www.energaia-expo.com

FORMATIONS

• 8 NOVEMBRE

La construction bois et le risque incendie

Lieu : Saint-Pierre-de-Faucigny
(Haute-Savoie)
www.fcbaformation.fr

• 13 ET 14 NOVEMBRE

Bilan carbone des services eau et assainissement

Lieu : La Souterraine (Creuse)
www.oieau.org/cnfme

• 13 ET 14 NOVEMBRE

Géosynthétiques : applications de renforcement

Lieu : Villers-les-Nancy
www.cfg.asso.fr

• 19 ET 20 NOVEMBRE

Matériaux, techniques et réhabilitation du bâti ancien

Lieu : Lyon
http://formations.lemoniteur.fr

• 20 AU 22 NOVEMBRE

Conduire un projet de réparation d'ouvrage d'art

Lieu : Paris
www.ponts-formation-conseil.fr

• 20 AU 22 NOVEMBRE

Transports ferroviaires régionaux : enjeux et perspectives

Lieu : Paris
www.ponts-formation-conseil.fr

• 4 AU 6 DÉCEMBRE

Pôle d'échanges : conception, réalisation et gestion

Lieu : Paris
www.ponts-formation-conseil.fr

• 11 ET 12 DÉCEMBRE

Auscultation, gestion et entretien des chaussées

Lieu : Paris
www.ponts-formation-conseil.fr

NOMINATIONS

ASSOCIATION TECHNIQUE DE LA ROUTE :

Pierre Calvin, directeur de la prospective et des relations institutionnelles chez Colas, a été élu président de l'ATR.

CONSEIL D'ÉTAT :

Philippe Martin devient le président de la section des travaux publics qui examine les projets de textes tels que lois, ordonnances et décrets, dans de nombreux domaines.

EGF-BTP :

La Fédération des entreprises générales du BTP est désormais présidée par Michel Gostoli, président d'Eiffage Construction. Il prend la suite de Jean Rossi (Vinci Construction).

F RTP :

Jean-Marc Cornut a été élu président de la Fédération régionale des travaux publics Rhône-Alpes. Il préside aussi le Syndicat professionnel régional de l'industrie routière. Il succède à Daniel Moulin.

SEIMAT :

Alain Osdoit prend la relève d'Alain Rosaz à la présidence du Syndicat des entreprises internationales de matériels de travaux publics, mines et carrières, bâtiment et levage.

SYNTEC INGÉNIERIE :

La fédération des spécialistes de l'ingénierie a élu Stéphane Aubarbier président. Le vice-président du groupe Assystem succède à Alain Bentejac qui a assuré trois mandats.

UNICEM :

Didier Riou a été élu président de l'Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction. Il prend la suite de Denis Maître.

Votre partenaire dans le sol



Stepney Green Shaft,
Londres

/ Spie fondations

spie batignolles

Parc Saint-Christophe, Pôle Magellan 2
10 avenue de l'Entreprise, 95862 Cergy-Pontoise Cedex, France
Tél. : +33 (0)1 34 24 49 50 - Fax : +33 (0)1 34 24 37 56
www.spiefondations.com

POUR UN USAGE MULTIMODAL DE LA ROUTE

COMME TOUTES LES GRANDES MÉTROPOLIS, LE GRAND PARIS DOIT ÊTRE IRRIGUÉ PAR UN RÉSEAU EFFICACE ET COHÉRENT DE TRANSPORTS PUBLICS. LE RABATTEMENT DES USAGERS VERS LE RÉSEAU FERRÉ UTILISE LARGEMENT LA ROUTE. EN ÎLE-DE-FRANCE, UN PATRIMOINE EXCEPTIONNEL DE 30 000 KM DE ROUTES PEUT ÊTRE MIS À PROFIT POUR DÉVELOPPER LES TRANSPORTS ROUTIERS COMPLÉMENTAIRES NÉCESSAIRES VERS LES PÔLES D'ÉCHANGE MULTIMODAL, PAR EXEMPLE DES AUTOCARS EXPRESS.

LE POINT AVEC ANDRÉ BROTO, DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT DE COFIROUTE.

PROPOS RECUEILLIS PAR MARC MONTAGNON



André Broto,
directeur général adjoint
de Cofiroute.

Même si l'automobile est appelée à rester présente dans des formes sans doute renouvelées, comment voyez-vous l'évolution des routes et autoroutes du « Grand Paris » pour accueillir plus de transports collectifs ?

Le transport n'est pas une fin en soi, les infrastructures le sont encore moins.

Le transport est au service d'objectifs plus généraux. Il doit répondre aux besoins de mobilité de nos concitoyens. Pourquoi se déplacent-ils et, plus généralement, quels sont les différents objectifs de cette mobilité ? Telle est la question à laquelle il faut répondre.

La plupart des grandes métropoles,

comme la région francilienne, mais aussi les agglomérations de Bordeaux, Toulouse, Lyon... sont confrontées à des problèmes de mobilité de plus en plus difficiles à résoudre, notamment dans leur volonté d'apporter un mode de transports collectifs adapté à la spécificité des territoires.

Ce phénomène est aggravé par l'étalement urbain de ces agglomérations, étalement que l'on constate aussi bien pour la population que pour les emplois.

Il s'ensuit que les distances domicile/travail ont augmenté, tout comme

LES PROJETS QUI SERONT PROGRESSIVEMENT RÉALISÉS DANS LES QUINZE PROCHAINES ANNÉES, INCLUENT LA REMISE À NIVEAU DES RER EXISTANTS, LE PROLONGEMENT DE PLUSIEURS LIGNES DU MÉTRO PARISIEN, DE NOUVELLES TANGENTIELLES, LA CRÉATION DE QUATRE TRAMWAYS ET LES NOUVELLES LIGNES DU GRAND PARIS EXPRESS AVEC PAS MOINS DE 72 GARES. CES DESSERTES FERRÉES SERONT AUSSI MIEUX CONNECTÉES AVEC LES RÉSEAUX ROUTIERS PAR L'INTERMÉDIAIRE DE PARKINGS RELAIS. CAR LE TRANSPORT ROUTIER EST APPELÉ NON SEULEMENT À RESTER PRÉSENT MAIS À SE DÉVELOPPER DANS DES FORMES RENOUVÉES, DONT CERTAINES SONT DÉJÀ EN SERVICE EN FRANCE, ENCORE TIMIDEMENT, MAIS DE FAÇON PLUS SYSTÉMATIQUE À L'ÉTRANGER, EN ESPAGNE ET AUX ÉTATS-UNIS.

les déplacements liés à d'autres destinations : vers les emplois, les universités, les écoles, les centres commerciaux, les loisirs... En outre, les territoires ont des natures et donc des besoins de mobilité très différents : on ne peut pas mettre en place la même offre de transport dans les zones denses du cœur d'agglomération et dans les zones périurbaines plus diffuses.

Dans quelle proportion la demande de mobilité s'est-elle donc éclatée elle-même et s'est allongée en distance ?

La carte des déplacements domicile/travail, qui sont des déplacements contraints, met en évidence

cet éclatement. Dans la région Île-de-France, les distances que l'on doit parcourir pour aller travailler sont inférieures en moyenne à 5 km si l'on habite Paris « intra muros » mais augmentent plus l'on s'éloigne du cœur d'agglomération. Elles atteignent ainsi parfois 20 à 25 km pour les habitants des communes de grande couronne.

En grande couronne, pour aller travailler, les habitants font ainsi quatre fois plus de kilomètres que les Parisiens.

Par ailleurs, si vous regardez l'offre de transports collectifs ferroviaires, vous constaterez que, dans Paris, il y a 293 stations de métros pour 20 arrondissements, ce qui signifie

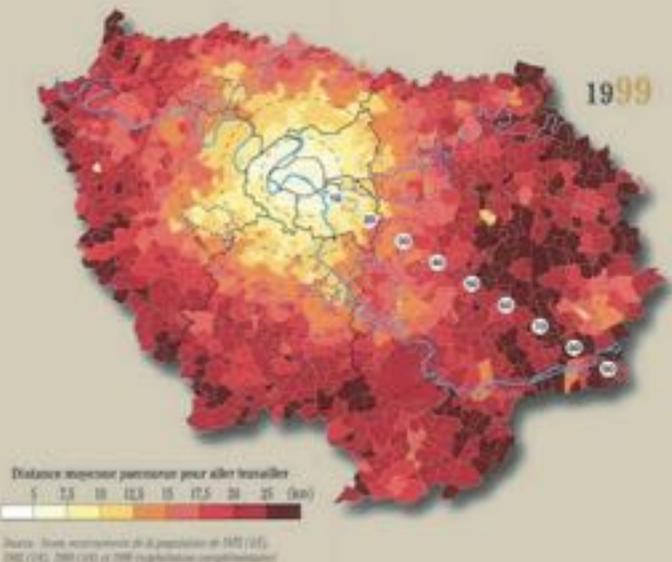
CARTOGRAPHIE

des principaux éléments de déplacements en France



DISTANCE MOYENNE

domicile/travail en Île-de-France



© DR

1

2

qu'il y a 14 à 15 stations par arrondissement - en n'importe quel point de Paris, on est à moins de 10 minutes d'une station de métro - tandis qu'en grande couronne, il y a 320 gares de TER ou de RER pour 1 150 communes, soit, rapporté au nombre de communes, 50 fois moins. C'est-à-dire qu'il y a 850 communes qui n'ont pas et qui n'auront jamais de gare de TER ou de RER.

Ceci induit une première ségrégation spatiale liée au fait, qu'en grande couronne, il faut parcourir quatre fois plus de kilomètres pour aller travailler, à laquelle s'ajoute une deuxième ségrégation spatiale liée au fait qu'il y a 50 fois moins de gares en grande couronne qu'à Paris alors que les habitants sont au nombre de 5 millions en grande couronne contre 2 millions dans Paris. Cela pose évidemment de nombreux problèmes en termes d'équité sociale.

Face à cette situation, les projets du Grand Paris en matière de transport peuvent-ils constituer une solution ?

Le Grand Paris Express est nécessaire car il permet de relier des lignes de métro et de RER qui sont radiales en créant des lignes en rocade autour de Paris. Il contribue également à une redistribution des déplacements qui sont réalisés actuellement sur les réseaux de métro et de RER, de manière à désengorger la partie centrale de ces transports collectifs. Mais, le projet du Grand Paris Express,

1- Cartographie des principaux éléments de déplacements en France (source CETE).

2- Distance moyenne domicile/travail en Île-de-France (source INSEE).

présente deux limites : d'une part il est situé dans la petite couronne et, d'autre part, il n'a pratiquement aucun effet sur les déplacements actuellement effectués en voiture : son effet est estimé à 1%. Le Grand Paris Express permettra de réduire de seulement 200 000 le nombre de déplacements en

voiture, qui est actuellement de 16 millions et que l'on estime pouvoir atteindre 19 millions en 2030. Ainsi le Grand Paris Express, bien que nécessaire, n'est pas à l'échelle des problèmes de la Grande Couronne : il apporte 52 stations de plus alors que 850 communes en sont dépourvues.

L'idée est donc de proposer des solutions non concurrentes, mais bien plutôt complémentaires à ce projet de Grand Paris Express, afin de répondre aux besoins de mobilité en grande couronne.

Si l'on veut apporter une alternative à la voiture pour les habitants de la Grande Couronne, quelle serait donc la solution ?

Une des solutions consiste selon nous à mieux exploiter le potentiel qu'est

la route. Il s'agit donc d'améliorer l'existant, notamment en favorisant de nouveaux usages de la route : repenser un transport collectif sur route performant et attractif, favoriser de nouvelles utilisations vertueuses des véhicules individuels, telles que le covoiturage.

L'avantage est que l'infrastructure routière est déjà là, elle irrigue déjà les territoires. Nous avons dans la région Île-de-France un patrimoine routier qui comporte un millier de kilomètres de voies rapides et d'autoroutes et qui, au total, avec l'ensemble des routes départementales et communales, doit avoisiner les 30 000 kilomètres, ce qui constitue un énorme potentiel. Ces solutions d'autocars express et, plus généralement de nouveaux usages de la route, peuvent donc être rapidement être mises en place, et à moindre coût.

Ainsi, réintroduisons la route dans l'agenda politique, afin de faire plus avec le réseau routier existant.

Quel type de réponse la route peut-elle apporter au problème des transports domicile/travail, domicile/formation, et même domicile/loisirs ?

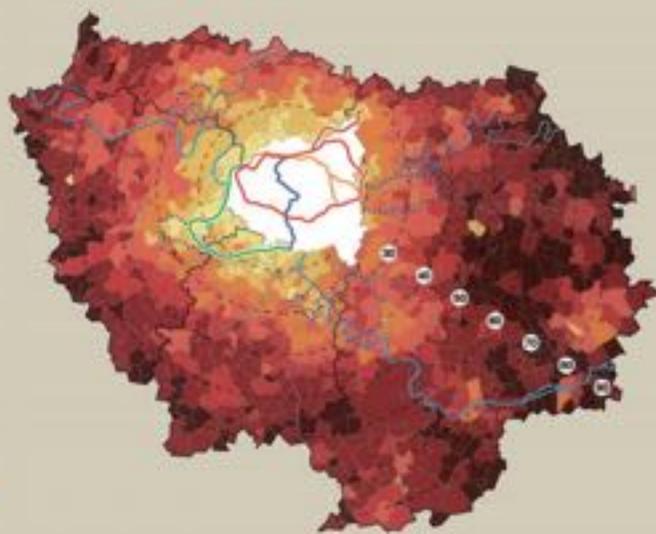
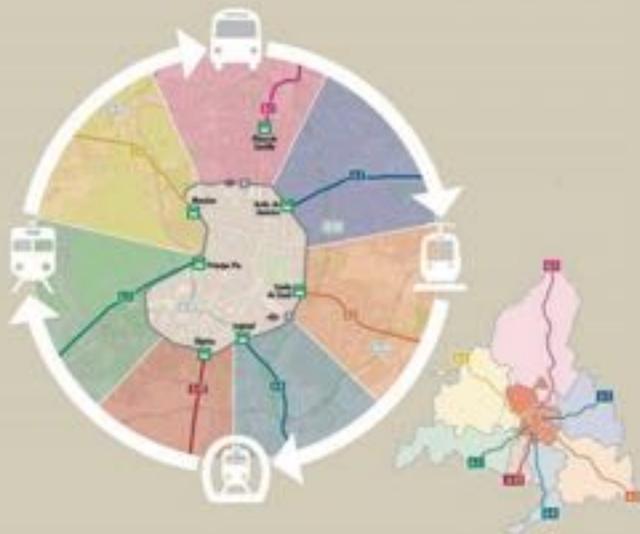
Il existe déjà trois lignes express d'autocars sur l'A14 et sur l'A10. Sur l'A14, elles assurent la liaison entre le pôle de la Défense et Mantes-la-Jolie pour l'une, les Mureaux pour l'autre, et Vernouillet via Orgeval pour la troisième, sans autre arrêt et, à une vitesse commerciale de 90 km/h. ▷

COFIROUTE EN BREF

Cofiroute (1 895 salariés) exploite un réseau de 1 205,5 km couvrant le Centre-Ouest de la France (A10, A11, A19, A28, A71, A81, A85, Duplex A86). Elle exploite depuis juin 2009 l'autoroute A19 Artenay-Courtenay (101 km). Société privée depuis sa création en 1970, Cofiroute a pour actionnaires le groupe VINCI (83,33%) et Colas (16,67%). Elle est présente aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Allemagne. L'entreprise enregistre chaque année environ 120 millions de transactions. Son métier : assurer pour l'ensemble de nos clients un haut niveau de service sur l'ensemble de notre réseau dans les domaines de la sécurité, de la fluidité du trafic et des services associés (Radio VINCI Autoroutes 107.7, télépéage, aires de repos...). Cofiroute est certifiée ISO 9001 pour l'ensemble de son exploitation.

SITUATIONS COMPARÉES DE MADRID ET DU GRAND PARIS EXPRESS

à Madrid, 170 lignes express d'autocars sur 7 corridors autoroutiers



3 © DF

Sur l'A10, en partie sur le réseau Cofiroute, une ligne express assure la liaison entre Dourdan et la gare RER de Massy-Palaiseau, avec une gare autoroutière intermédiaire à Briis-sous-Forges.

Dans les deux cas, l'idée est d'amener rapidement les usagers de ces lignes express d'autocars dans un important pôle d'échange multimodal (ici, la Défense et Massy-Palaiseau) où ils peuvent effectuer leur correspondance : relier des bassins de vie à un pôle d'échange important à une vitesse commerciale élevée, et donc en effectuant peu d'arrêts intermédiaires.

Cette rapidité est fondamentale et, avec elle, la fiabilité du temps de parcours. Ce sont là deux conditions

nécessaires à l'attractivité et au développement de cette offre de transport. Son avantage est qu'elle peut rapidement être mise en place et à bien moindre coût que les modes lourds (métro, tramway). En outre, elle est plus adaptée aux zones peu denses et est résiliente, plus flexible. Une étude a mis ainsi en évidence que la ligne Dourdan - Massy est utilisée à 80 % pour des trajets domicile/travail et à 20 % pour des trajets domicile/études, c'est-à-dire précisément pour les déplacements contraints pour lesquels il faut apporter une alternative.

Quel est le nombre de passagers transportés sur ces lignes ?

Il est encore réduit, de l'ordre de

3- Situations comparées de Madrid et du Grand Paris Express : à Madrid, 170 lignes express d'autocars sur 7 corridors autoroutiers.

4- A14 : trois lignes Express connectées au RER à la Défense.

5- A10 : une ligne Express connectée au RER à Massy-Palaiseau.

2 000 personnes/jours avec une fréquence d'autocars toutes les 4 à 5 minutes. Mais ces lignes sont plébiscitées puisque le parking de Briis-sous-Forges, par exemple, ouvert en 2005, a été doublé en 2007 et verra encore son nombre de places augmenter l'année prochaine.

Un tel dispositif est-il marginal ou bien est-il raisonnable d'envisager de le développer de façon importante ?

La réponse nous est donnée en Espagne par l'exemple de Madrid. Les 7 autoroutes radiales sont le support d'un réseau de lignes express d'autocars qui convergent vers des gares routières à l'entrée de Madrid, gares routières qui sont situées juste

A14

Trois lignes Express connectées au RER à la Défense



4

A10

Une ligne Express connectée au RER à Massy-Palaiseau



5 © DF

au dessus de stations de la ligne de métro circulaire. À Madrid, avec une moyenne de 25 lignes d'autocars par autoroute, ce sont 50 000 à 60 000 voyageurs de plus qu'en France qui sont transportés pour un même nombre de voies.

De ce fait, une telle solution articulée au réseau de transports collectifs francilien et au Grand Paris Express permettrait de massifier les flux domicile/travail de grande couronne vers ces grands pôles d'échange, et donc d'offrir une alternative à la voiture aux habitants de Grande Couronne. Il y a là une opportunité pour transporter plus avec le réseau de voies rapides tel qu'il est et d'améliorer ainsi fortement le partage modal en faveur des transports collectifs, ce qui a été fait à Madrid.

Un tel dispositif peut être mis en place non seulement en Île-de-France mais aussi dans la plupart des grandes villes de France qui connaissent les mêmes problèmes de transport.

L'extension des infrastructures de transport n'apparaît donc pas comme la meilleure solution.

Avec la crise, le temps des « 30 Glorieuses » où on multipliait les infrastructures de transport, comme cela a été fait, par exemple, dans la vallée du Rhône où se côtoient une autoroute, une route, une voie ferrée, une ligne à grande vitesse et une ligne de feroutage, est révolu. Ce que nous plaçons, c'est une organisation différente de la route permettant de répondre aux besoins de transports collectifs des différents territoires des grandes aires urbaines : proposer des modes de transport qui



© ERWAN LE GARS

s'adaptent aux densités des territoires et aux besoins des populations. Cela concerne tous les acteurs de la route, qu'ils soient concessionnaires ou exploitants de voies rapides.

Dans cette perspective, la réalisation dans et autour de Paris de lignes de tramways vous paraît-elle une solution intéressante ?

Oui pour la zone centrale, mais non pour la Grande Couronne. Toutes les lignes de tramways sont dans le cœur de l'agglomération, aucune d'elles n'assure la desserte de la Grande Couronne.

Il s'agit de porter une attention particulière aux habitants de grande couronne qui se rendent au travail, ou dans leur lieu d'études et de les mettre au cœur des politiques de transport, dont ils sont actuellement peu présents.

Les lignes d'autocars express que vous venez d'évoquer doivent-elles se déplacer en site propre ou en site banalisé ?

6- La gare autoroutière de Briis-sous-forges – photo Erwan Le Gars.

7- Une utilisation originale des voies rapides urbaines : l'expérience de Cofiroute à Minneapolis (voies HOT).

8- Le concept « HOT » : une voie multimodale fluide à côté de deux voies congestionnées.

Sur l'A14, il n'y a pas de site propre pour les trois lignes d'autocars express. Il en est de même sur l'A10 et nous n'avons pas constaté de problème particulier dans la partie à 2x4 voies. Sur les deux axes, les autocars y circulent à une vitesse commerciale de 90 km/h. En revanche, à l'approche de La Défense sur l'A14 et dans la partie

à 2x2 voies de l'A10, des ralentissements peuvent se produire aux heures de pointe mais cela ne concerne que 10% du linéaire. Il serait donc peut-être judicieux d'installer un site propre sur les derniers kilomètres.

À Madrid, sur les 7 corridors autoroutiers qui accueillent tous entre 8 et 49 lignes d'autocars, il n'y a qu'un seul corridor en site propre, d'une longueur de 16 km.

L'idée est donc de ne mettre en place des sites propres que lorsque cela est nécessaire pour garantir un temps de parcours attractif et fiable.

En revanche, lorsqu'il y a un site propre, nous estimons qu'il faut l'utiliser au maximum. En France, on le réserve généralement aux autocars de sorte qu'il accueille entre 30 et 50 autocars par heure alors qu'il pourrait supporter un trafic de 1 500 véhicules/heure.

En Espagne mais aussi en Amérique du Sud, aux États-Unis, en Extrême Orient, les sites propres sont ouverts au minimum aux co-voitureurs, pour encourager le transport en mode partagé.

On trouve ainsi dans ces pays des voies réservées aux autocars et aux voitures ayant trois personnes à bord. Aux États-Unis, la logique a même été poussée un peu plus loin dans une dizaine de villes : lorsque la voie n'est pas pleine avec les autocars et les co-voitureurs, les « auto-solistes » sont autorisés à l'emprunter moyennant un péage.

Chez Cofiroute, nous en exploitons trois aux États-Unis, une à Minneapolis et deux à Los Angeles. Une telle exploitation satisfait les usagers, car elle permet d'optimiser l'utilisation des autres voies. □

UNE UTILISATION ORIGINALE DES VOIES RAPIDES URBAINES

l'expérience de Cofiroute à Minneapolis (voies HOT)



7



8

LGV EST EUROPÉENNE : LES TERRASSEMENTS DANS LA PLAINE D'ALSACE

AUTEURS : BERNARD MITTE, DIRECTEUR DE LA MAÎTRISE D'ŒUVRE EN PHASE TRAVAUX, SETEC INTERNATIONAL - MICHEL ZORPI, EXPERT GÉOTECHNIQUE, SETEC INTERNATIONAL

APRÈS AVOIR FRANCHI LES VOSGES, LA LIGNE À GRANDE VITESSE EST EUROPÉENNE TRAVERSE ENSUITE LES DOUCES COLLINES DU KOCHERSBERG POUR REJOINDRE STRASBOURG. C'EST UN TRONÇON DE LA MAGISTRALE PARIS-BRATISLAVA. LA DURÉE DU TRAJET ENTRE PARIS ET STRASBOURG SERA RAMENÉE DE 2H20 À 1H50. L'ARTICLE EST RÉDIGÉ SOUS L'ANGLE DES ÉTUDES. LE PROJET COMPORTE NOTAMMENT UN TUNNEL BITUBE DE 4 KM ET UN REMBLAI DE 32 M DE HAUTEUR DANS L'AXE. PARMIS LES AUTRES PARTICULARITÉS DU PROJET : DES TRANSPORTS DE TERRE SONT PRÉVUS PAR PÉNICHE SUR LE CANAL DE LA MARNE-AU-RHIN ; LA SOUS-COUCHE DE LA PLATE-FORME EST EN GRAVE-BITUME.



CONTEXTE DU PROJET

La ligne à Grande Vitesse Est Européenne a connu une première phase de travaux achevée en juin 2007, date de la mise en service de la ligne entre Paris et Baudrecourt (temps de parcours Paris Strasbourg 2h20).

Dans le cadre de la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, la seconde phase de cette opération a été amorcée à partir de 2009. L'objectif est triple :

- Améliorer le trajet Paris-Strasbourg (temps de parcours réduit à 1h50) ;
- Favoriser les connexions inter régions dans l'Est de la France ;
- Optimiser les liaisons avec l'Allemagne et le Luxembourg et constituer un maillon de la « Magistrale pour l'Europe » entre Paris et Bratislava.

Les travaux de Génie Civil de la seconde phase entre Baudrecourt (Moselle) et Vendenheim (Bas-Rhin) sont en cours depuis 2010 et se poursuivront jusqu'en 2013. Ces travaux sont divisés en dix lots dont cinq concernent la plaine d'Alsace dans le département du Bas-Rhin.

PRÉSENTATION DU TRACÉ EN ALSACE (FIGURE 1)

Le tracé de la LGV venant de Lorraine atteint la plaine d'Alsace en traversant



en tunnel (tunnel de Saverne) le massif vosgien dans sa partie la plus étroite. L'ouvrage souterrain bitube d'environ 4 km de long assure la liaison entre le piémont occidental des Vosges et la plaine d'Alsace. Il débouche au nord de Saint-Jean-Saverne. Puis le tracé s'infléchit au Sud

1- Le tracé de la LGV dans le département du Bas-Rhin (Tronçon H).

1- The route of the HSL in the Lower Rhine region (Section H).

et enjambe l'autoroute A4 au Nord de Dettwiller. Il surplombe ensuite la vallée de la Zorn en amont de Wilwisheim et parcourt les collines du Kochersberg en direction de Vendenheim où s'effectue le branchement à la ligne existante en provenance d'Haguenau et en direction de Strasbourg (photo 2).



2

© SETEC

LES TRAVAUX DE TERRASSEMENTS EN QUELQUES CHIFFRES

TABLEAU 1 :

LOT	Longueur (km)	Tunnel	PRA	PRO	Viaduc (Longueur)	Déblais (m³)	Remblais (m³)	Dépôts	Base drainante (m²)	Drains forés (ml)
43a	7,9		5	3	Autoroute A4 (178 m)	1 200 000	600 000	600 000	60 000	86 000
43b	15,5		9	8	Rohrbach (170 m)	2 100 000	1 000 000	1 100 000	284 000	775 000
47	7,5	4 000 ml x 2	2	1	Haspelbaechel (270 m)	1 700 000	600 000	1 100 000		
48	1,2				Wilwisheim (381 m) Zorn (450 m)		100 000			
49	2,4		4	1	49 120 (90 m) 49 220 (90 m) 49 140 (90 m) 49 250 (250 m)	300 000	600 000		79 000	223 000
TOTAL	34,5		20	13	9 Viaducs (1969 m cumulés)	5 300 000	2 900 000	2 800 000	423 000	1 084 000
				33						

TABLEAU 2 :

Aires de stockage	Matériaux mis à disposition par RFF (en tonnes)				
	ZI	ZH	CdF	MASQUES	TOTAL
Steinbourg	230 000	140 000		90 000	460 000
Duntzenheim	330 000	210 000	50 000		590 000
Eckwersheim	100 000				100 000
TOTAL	660 000	350 000	50 000	90 000	1 150 000

2- Terrassements dans la plaine d'Alsace ; réemploi des grès du tunnel de Saverne en remblai sur le lot 49.

2- Earthworks in the Alsace plain; recycling of sandstones from the Saverne tunnel as backfill on work section 49.

CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le projet côté Alsace chemine depuis le massif des basses Vosges jusqu'en bordure du fossé rhénan, en passant par le champ de fractures de Saverne. Le champ de fractures de Saverne se caractérise par un relief collinaire à substratum triasique et liasique surmontés de dépôts alluvionnaires et lœssiques. Il est constitué de failles en extension, d'allongement principalement NE/SW, délimitant des compartiments découpés en horsts et grabens. Le fossé rhénan est bordé par une couverture lœssique surmontant des marnes de l'Oligocène.



3
© SETEC

3- Mise en place de drains verticaux sur le lot 49.

4- Imperméabilisation de la plateforme par géomembrane sur le lot 43A.

3- Installation of vertical drains on work section 49.

4- Formation level water-proofing by geomembrane barrier on work section 43A.

Une faille sépare cet ensemble de la plaine du Rhin, caractérisée par un complexe alluvial organisé en terrasses. L'environnement géologique du projet présente des contraintes prises en compte lors des études et traitées en phase travaux.

SOLS COMPRESSIBLES

Les vallées alluviales où circulent des cours d'eau permanents, comme la plupart des thalwegs humides recoupés par le projet, sont le siège

de dépôts à caractère compressible présents sur des épaisseurs variables de 1 à 6 mètres. Les tassements dans ces formations peuvent atteindre des amplitudes relativement importantes de l'ordre de 35 à 55 cm (par exemple dans les vallées de la Zinzel et de la Zorn), avec des temps de consolidation relativement longs sans dispositions constructives particulières, et donc incompatibles avec les prescriptions du référentiel technique dans les délais de réalisation des travaux.

Pour s'affranchir de ces contraintes, des bases drainantes associées à des drains verticaux (photo 3 & tableau 1 - dernières colonnes) ont été mises en place ainsi que des surcharges en remblai.

SISMICITÉ RÉGIONALE

Pour la vérification de la tenue au séisme, nous avons appliqué la nouvelle carte des sismicités (décret n°2010-1255) qui classe le projet en zone 3 (aléa modéré) ; les calculs ont été réa-

lisés selon les règles de l'Eurocode 8. Après vérification en études, les sols fins ne sont pas susceptibles à la liquéfaction sous séisme.

FORMATIONS SUSCEPTIBLES DE GONFLEMENT

Parmi les formations recoupées par le projet, les terrains du Keuper inférieur (t7), du Keuper supérieur (t9), du Rhétien (argiles de Levallois, t10b), et surtout les schistes cartons du Toarcien (t7) sont connus pour leur



4
© SETEC

5- Mise en œuvre de la grave bitume sur le lot 43A.

6- Le remblai 506 en voie d'achèvement : en arrière-plan la tête Ouest du tunnel de Saverne et le tube V1. À droite du talus le dépôt d'excédents séparé du remblai par un SOMTUBE.



© SETEC

5- Placing of bitumen-bound graded aggregate on work section 43A.

6- Embankment 506 nearing completion: in the background the western head of the Saverne tunnel and tube V1. On the right of the slope, surplus deposits separated from the embankment by a Somtube product.

caractère gonflant et évolutif pouvant induire des désordres à plus ou moins long terme. L'étage des schistes cartons a été rencontré dans les talus du DB 519 : les talus ont été masqués. Par ailleurs, la plateforme ferroviaire a été étanchée dans les déblais. DB523 et DB525, concernées par la présence en arase d'argiles de Levallois (photo 4).

SUJÉTIONS ASSOCIÉES AUX FORMATIONS LOESSIQUES

Les loess sont susceptibles de donner lieu à des affaissements ou à des effondrements (notamment les maté-

riaux non saturés). Le phénomène d'effondrabilité ne constitue pas un risque majeur en Alsace.

La plateforme du déblai 553, classée comme légèrement effondrable a été imperméabilisée.

RÉEMPLOI DES FORMATIONS ÉVAPORITIQUES DU KEUPER

Au sein du Keuper, les marnes irisées inférieures (t7) auraient pu présenter des niveaux riches en gypse, anhydrite et sel, sensibles au phénomène de dissolution. Ce risque a été recherché mais n'a pas été finalement avéré.

CAVITÉS NATURELLES

Les descriptions géologiques des marnes irisées supérieures du Keuper (t9) ne font pas état de banc de gypses bien individualisés.

Le risque d'existence de cavités de dissolution était très peu probable au niveau de la plate-forme ferroviaire.

Les investigations géophysiques en section courante et les sondages de reconnaissance dans les fondations des ouvrages ont conclu à l'absence de risque.

AVANCEMENT DU PROJET

À mi 2012, les travaux se poursuivent sans trop de péripéties, à l'exception de la découverte d'engins de guerre dans le déblai 538 qui restent encore à neutraliser et à évacuer.

Le lot 43A est en cours de réception. Sur les autres lots, les gros terrassements sont achevés à 98%.

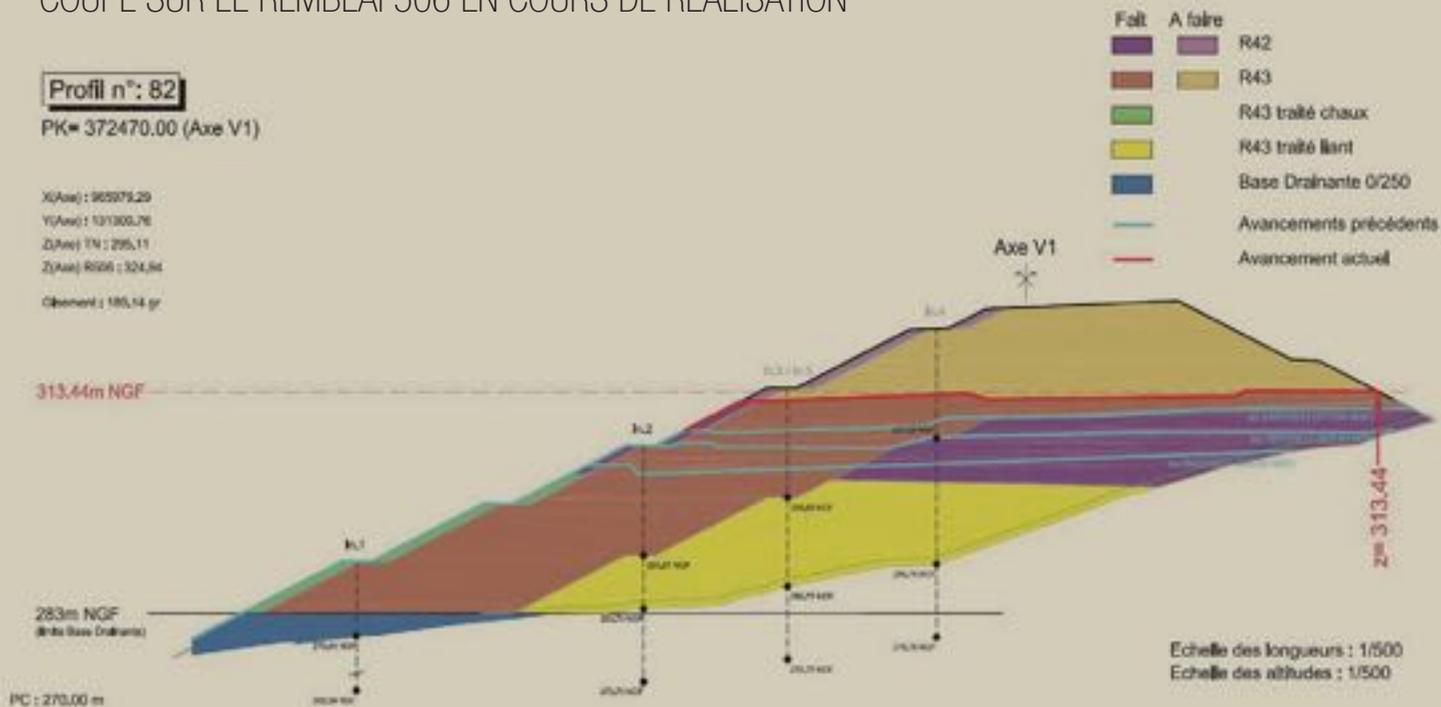
Il reste à mettre en œuvre la partie supérieure des terrassements (PST), la couche de réglage, la sous couche ainsi que les assainissements longitudinaux.

Et surtout, il reste à achever un viaduc, quatre sauts de mouton ainsi qu'une quinzaine d'ouvrages d'art courants. ▷



© SETEC

COUPE SUR LE REMBLAI 506 EN COURS DE RÉALISATION



POINTS SINGULIERS

GRAVE BITUME

La sous couche ferroviaire bitumineuse a été expérimentée sur la LGV Est - phase 1. Compte tenu des résultats satisfaisants obtenus à l'issue de quatre années d'exploitation, la mise en place d'une sous couche en grave bitume est généralisée sur le tronçon H de la phase 2 (à l'exception du lot 47). Cette démarche présente un triple intérêt : gain sur la faisabilité, gain sur la maintenance et gain sur les matériaux de structures.

Il s'agit d'une grave bitume, type GB4, de granularité 0/20 et de 14 cm mise en œuvre sur une largeur de 10,70 m en section courante. Elle est posée sur une couche de réglage de 20 cm en Gnt 0/31,5 enduite par une émulsion gravillonnée sur une largeur de 11,0 m. La GB est mise en œuvre à joint chaud par deux finisseurs qui sont suivis chacun d'un compacteur à pneu et d'un cylindre (photo 5).

La même entreprise mettra en œuvre la GB sur l'ensemble du tronçon H.

Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- Granulats du Rhin (100% concassés, silico-calcaires) ;
- Bitume pur 35/50 dopé, 5,10% ;
- Vide maximum à la PCG à 140 girations : 4% ;

- Orniérage inférieur à 10 (30 000 cycles-60°) ;
- Module complexe $\geq 11\ 000$ Mpa ;
- Résistance à la fatigue (10° , 25 Hz) $\geq 100\ 10^{-6}$ μ def.

RB 506 LE PLUS HAUT REMBLAI DE LA LGV EE

Situé à l'approche de la tête ouest du tunnel de Saverne, le remblai 506 (400 000 m³) est le plus haut de tous les remblais de la phase 2 en cours de réalisation : 32 m à l'axe de l'ouvrage, 44 m entre le pied et le sommet du remblai. Sa base de 167 m est assise sur un versant dont la moitié amont présente une pente de 23% et la moitié aval de l'ordre de 4%. Le talus amont du remblai sert d'appui à un dépôt d'excédents (photo 6).

Les talus sont inclinés à 3 de base pour 2 de haut, et comportent une berme à l'amont et cinq bermes à l'aval. Conformément au référentiel RFF et au guide SETRA (remblai de grande hauteur), l'ouvrage a été l'objet d'une conception soignée : reconnaissances et essais complémentaires densifiés, (études des contraintes et déformations en fonction de la résistance du sol support, de la variation du degré de saturation, de la variation des caractéristiques des matériaux constitutifs, du tassement interne etc.) ; note de stabi-

7- Coupe sur le remblai 506 en cours de réalisation.

7- Cross section on embankment 506 in construction.

lité globale (remblai+sol support+dépôt accolé) sous TALREN et aux éléments finis sous PLAXIS.

Le versant naturel a été purgé. Toutes les venues d'eau ont été collectées : des tranchées et des éperons drainants assurent le drainage de l'assise.

Les matériaux qui constituent le remblai sont issus du déblai de la tête du tunnel proche qui recoupe la partie supérieure du Buntsandstein (TRIAS) : entablement de grès donnant des matériaux R42, alternances de grès micacés et de niveaux argilo sableux qui donnent des matériaux R43.

La coupe (figure 7) illustre d'une part la structure du remblai mais aussi le suivi régulier qui a été mis en œuvre pendant la réalisation dans le cadre d'un plan de contrôle renforcé.

Six inclinomètres et deux CPI équipe le remblai pour vérifier des déplacements conformes aux calculs.

DES PÉNICHES SUR LE CHANTIER

L'accès à la plaine d'Alsace par l'ouest se fait nécessairement en passant à proximité de Saverne. Le couloir Saverne-Strasbourg a donc été pourvu au fil des siècles de nombreuses infrastructures de transport : voie romaine, canal de la Marne au Rhin, voie ferrée Paris-Strasbourg, réseau routier, autoroute A4...

À l'initiative du maître d'ouvrage RFF, les travaux de la LGV Est Européenne 2^e phase ont bénéficiés de ces infrastructures existantes au travers de la mise en place d'une logistique fluviale sur le canal de la Marne au Rhin.

Le mouvement des terres prévoyait en effet un transfert de 100 000 tonnes de grès depuis la tête Est du tunnel de Saverne (matériaux extraits) jusqu'à la section de raccordement (lot 49) à Eckwersheim (39 km par la route). Le lot 49 est en effet majoritairement déficitaire en matériaux de remblais (cf. tableau 1). Avec l'appui de Voies Navigables de France (VNF), un transport multimodal a pu être mis en place pour le transfert de ces matériaux :

→ Les matériaux sont acheminés par camions semi-remorque depuis la plateforme du tunnel jusqu'au port de Dettwiller (environ 9 km).

→ Les matériaux sont ensuite chargés sur des péniches et acheminés par le



8- Péniche chargée de grès au passage d'une écluse.

8- Barge loaded with sandstone passing through a lock.

canal jusqu'à Eckwersheim sur une distance d'environ 24 km. Le trajet sur le canal dure une huitaine d'heure et nécessite le franchissement d'une dizaine d'écluses (photo 8).

Quatorze péniches (gabarit Freycinet : 35 m de longueur, 5 m de large pour 300 tonnes de charge utile) ont été sollicités et ont navigué pendant près de trois mois sur le canal de la Marne au Rhin.

VNF a profité de cette opération pour moderniser et équiper le canal de la Marne au Rhin, notamment en amé-

nageant le port de Dettwiller, en construisant un quai de déchargement à Eckwersheim et en améliorant les zones de retournement, les biefs et les écluses concernés. Cet investissement permettra par ailleurs de développer le trafic fluvial (transport et tourisme) sur ce canal.

Le groupement attributaire des travaux de la section de raccordement de la LGV (mandataire Razel) s'est chargé de l'organisation pratique de ces transferts en s'appuyant sur différents affréteurs. Le bilan de cette opération inédite est tout à fait satisfaisant :

- Sécurisation des approvisionnements ;
- Amélioration du bilan carbone ;
- Réduction de l'impact sur l'environnement ;
- Réduction des nuisances pour les riverains ;
- Promotion d'un mode de transport alternatif. □

PRINCIPAUX INTERVENANTS DU PROJET

MAÎTRE D'OUVRAGE : RFF : M. Cuccaroni, directeur des opérations de la LGV Est

AMO TECHNIQUE : Tractebel

MAÎTRE D'ŒUVRE GC TRONÇON H : Setec

MAÎTRE D'ŒUVRE EF : Systra

MOA/MOE RACC. RÉSEAU EXPLOITÉ : SNCF

TRONÇON H

GPT ENTREPRISES LOT 43A : Valerian (Mandataire) / Spie Batignolles / Socafil / MATIERE

GPT ENTREPRISES LOT 43B : Razel-Bec (Mandataire) / Colas Est / Roger Poncin

GPT CONCEPTION RÉALISATION LOT 47 : Dodin Campenon Bernard / Vinci Cons. Terr. / GTM / Spie Batignolles / Valerian / BG conseils

GPT ENTREPRISES LOT 48 : Bouygues Travaux Publics Régions France (Mandataire) / Zwalen & Mayr SA

GPT ENTREPRISES LOT 49 : Razel-Bec (Mandataire) / Colas Est / Roger Poncin

ABSTRACT

EAST EUROPEAN HIGH-SPEED TRAIN LINE: EARTHWORKS IN THE ALSACE PLAIN

BERNARD MITTE, SETEC INTERNATIONAL - MICHEL ZORPI, SETEC INTERNATIONAL

After passing through the Vosges mountains, the East European High-Speed Train Line then crosses the gentle hills of the Kochersberg to reach Strasbourg. This is a section of the major Paris-Bratislava line. The travel time between Paris and Strasbourg will be reduced from 2 h 20 min. to 1 h 50 min. The paper is written from a design engineering viewpoint. The project includes a double-tube tunnel 4 km long and an embankment 32 m high on the centreline. Seismicity is allowed for. The route passes through faults and encounters typical facies of loess and alluvial terraces. Earth is planned to be transported by barge on the Marne-au-Rhin canal. The formation sub-base is in bitumen-bound graded aggregate. □

LÍNEA DE ALTA VELOCIDAD DEL ESTE DE EUROPA: MOVIMIENTOS DE TIERRAS EN LA LLANURA DE ALSACIA

BERNARD MITTE, SETEC INTERNATIONAL - MICHEL ZORPI, SETEC INTERNATIONAL

Después de cruzar los Vosgos, la Línea de Alta Velocidad del Este de Europa atraviesa las suaves colinas de Kochersberg para llegar a Estrasburgo. Es un tramo de la magistral París-Bratislava. La duración del trayecto entre París y Estrasburgo se reducirá de 2 horas 20 minutos a 1 hora 50 minutos. El artículo se ha redactado desde el enfoque de los estudios. El proyecto incluye un túnel bitubo de 4 km y un terraplenado de 32 m de altura en el eje. Se ha tenido en cuenta la sismicidad, ya que el trazado atraviesa fallas y pasa por las facies típicas de loess y terrazas aluviales. Se han previsto transportes de tierra por gabarra en el canal de la Marne-au-Rhin. La subcapa de la plataforma es de grava -betún. □

UNE ROUTE DE MONTAGNE DANS LA RÉGION DES GRANDS LACS. COMMENT FAIRE BIEN AVEC PEU

AUTEUR : FRÉDÉRIC PERRIN, CHEF D'AGENCE, SOGEA SATOM (VINCI CONSTRUCTION)

DANS UNE RÉGION MONTAGNEUSE ACCIDENTÉE DU BURUNDI, CE TRONÇON DE LA RN9 QUI RELIE BUBANZA À LA RN10 À UNE LONGUEUR DE 40 KM ALORS QUE LES DEUX POINTS RELIÉS NE SONT DISTANTS QUE DE 17 KM À VOL D'OISEAU. LE BUDGET EST MODESTE, LES ÉTUDES SONT SOMMAIRES, LES DÉBLAIS INUTILISABLES, LES MATÉRIAUX D'EMPRUNT SONT RARES, LES PENTES SONT INSTABLES, LES TRONÇONS DROITS ET PLATS SONT PRESQUE INEXISTANTS. QUE MANQUE-T-IL AU TABLEAU ? IL N'Y A PAS DE RÉSEAU GSM ET LE CHANTIER EST INACCESSIBLE QUAND IL PLEUT. SOGEA-SATOM AIME RELEVER CE GENRE DE DÉFI ET NOUS MONTRE COMMENT BRAVER L'ADVERSITÉ EN RESTANT FIDÈLE AUX PRINCIPAUX PRÉCEPTES DU SETRA.



1

© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

PRÉSENTATION DU CHANTIER

Le Burundi est un petit pays de 27 000 Km² situé dans la région des Grands Lacs, en Afrique de l'Est. Il présente un relief majoritairement monta-

gneux hormis dans la plaine de la Ruzizi et sur les abords du lac Tanganika. Ce pays a des ressources très limitées et son enclavement ne favorise pas les coûts de revient dans la construction. La route nationale N°9 est située dans

**1- Piste existante
avant travaux.**

**1- Existing track
before works.**

le nord-ouest du pays. Le projet de 40 km, deuxième et dernier tronçon de la RN9, relie la ville de Bubanza à la RN10. Il faut noter que Bubanza et la RN10 sont séparés de 17 km à vol d'oiseau (figure 2).

RÉALISATION DU TERRASSEMENT



2

Les travaux sont financés par la Banque Arabe pour le Développement Économique en Afrique (BADEA), le Fond de l'OPEP pour le Développement International (OFID) et l'État du Burundi. Ce tronçon du réseau routier burundais permettra de désenclaver une partie de la chaîne montagneuse burundaise bordant la forêt classée de la Kiriba.

Le tracé de la route évolue dans une région de formation géologique complexe et variée (roches métamorphiques et altérées allant du quartz au schistes) et sur un relief accidenté. Suite à un appel d'offres ouvert international, le

- 2- Réalisation du terrassement.
- 3- Piste existante avant travaux.
- 4- Environnement du chantier.

- 2- Earth moving.
- 3- Existing track before works.
- 4- Environment of the site.

marché d'exécution des travaux a été attribué à SOGEA SATOM, filiale du groupe VINCI.

Le gouvernement du Burundi, Maître d'Ouvrage a confié l'étude du projet au Bureau SCET TUNISIE qui assure aussi la surveillance et le contrôle des travaux. Le délai de réalisation est de 44 mois pour un montant global de 47 M€.

Le Maître d'Ouvrage Délégué est la Direction Générale de l'Office des Routes.

Pour des raisons budgétaires évidentes, il a été demandé à l'entreprise d'optimiser le projet d'exécution.

Cette optimisation a nécessité une modification en profondeur de la réalisation du projet en respectant les exigences de qualité.

La problématique du chantier se résume en trois points essentiels (figures 1, 3 et 4) :

- La géométrie du tracé,
- L'instabilité des talus de déblais,
- L'indisponibilité de matériaux en quantité et qualité suffisantes pour la structure de chaussée.

CONCEPTION GÉOMÉTRIQUE DE L'OUVRAGE

Le projet de la route nationale N°9 peut être considéré comme le dernier maillon d'une série de routes en montagne au Burundi. Le projet borde une chaîne Montagneuse avec quelques rares plateaux, vallées ou talwegs nécessitant des ouvrages spécifiques pouvant aller des batteries de buses aux ouvrages d'art.

La piste existante présente des déclivités atteignant souvent 15% voire 20% à certains points critiques et des rayons de courbure parfois inférieurs à 10 m. Cette piste à la base, n'était qu'un accès

utilisé généralement par les motos et quelques rares véhicules légers. Le bureau d'étude qui a conçu le projet d'appel d'offre, à la demande du Maître d'Ouvrage, a basé son approche sur le maintien du tracé existant, ceci malgré des rayons de courbure et une largeur de chaussée de 4 mètres très insuffisante au regard des caractéristiques routières théoriques minimales pour une telle route.

Sur le tracé en plan de 40 125 ml (DAO), on observe 378 arcs de cercle représentant 34% du linéaire total, 544 chloitoïdes représentant 35% du tracé et 362 droites représentant seulement 30% du tracé. La longueur moyenne d'un élément en plan est de 32 m (figure 5).

Par référence aux instructions de l'ARP (Aménagement des Routes Principales) en relief difficile, 124 courbures sont hors normes.

Ainsi l'enjeu pour l'entreprise était de reprendre cette conception pour transformer une piste de montagne en une véritable route en respectant au mieux les caractéristiques minimales d'une route nationale ainsi que le budget.

Les principaux objectifs ont donc été les suivants :

- Respect au mieux de l'ARP,
- Proposition d'ouvrages d'assainissement adéquats, faciles à entretenir et moins coûteux,
- Arbitrage et optimisation entre les remblais et les déblais sachant que les deux engendraient des coûts énormes :
 - Pour les remblais : 90% des matériaux de déblais sont non réutilisables en remblai d'où la nécessité d'utiliser des matériaux d'emprunt, de plus il faut mettre en œuvre sous les remblais une couche d'assise drainante en enrochement.



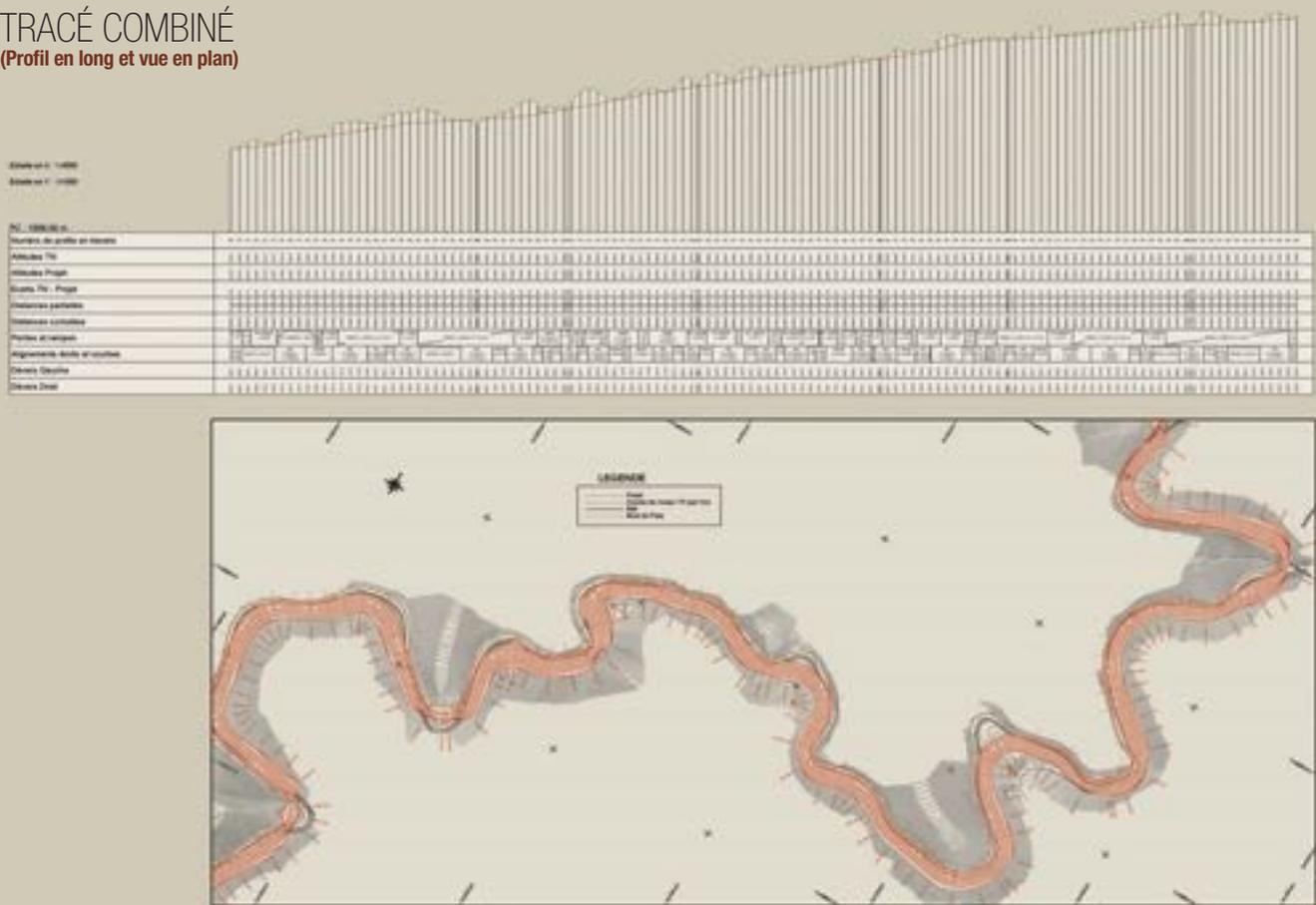
3



4

TRACÉ COMBINÉ (Profil en long et vue en plan)

5



- Pour les déblais : problème pour trouver des zones de dépôts à cause du relief très accidenté générant des mouvements de terre importants et coûteux.

→ Enfin envisager les exigences environnementales et de sécurité dans le stockage des produits de déblais, tout en respectant une population autochtone rurale.

Ces objectifs doivent être atteints malgré les problèmes récurrents des projets en Afrique qui sont :

- L'absence d'étude hydraulique,
- Un listing de coordonnées de polygones présentant des décalages,
- L'absence d'étude géotechnique approfondie (stabilité des talus, dimensionnement de la chaussée...),
- L'absence d'étude environnementale.

En l'absence de références, l'entreprise, présente au Burundi depuis 4 ans, s'est basée d'une part sur son expérience du comportement des routes et des sols dans ce pays, d'autre part, sur les normes en vigueur comme le guide de dimensionnement « Aménagement des Routes Principales » du SETRA.

Elle a, dès lors, repris le travail d'étude à son compte en établissant une nouvelle polygonale le long du projet et en effectuant une campagne de relevé du Terrain Naturel.

Ayant déjà eu à traiter sur d'autres chantiers des glissements transversaux de remblais, elle a pris le parti de conserver au maximum le tracé existant tout en évitant les profils mixtes déblai/remblai.

Afin d'améliorer le confort de la route, elle a, lorsque cela était possible, placé des zones de remblai dans les talus de façon à fluidifier le tracé en réduisant les courbes serrées, tout en permettant un réemploi des matériaux de déblais. L'axe en plan ainsi défini ne respecte néanmoins pas l'ensemble des contraintes de l'ARP et adopte des rayons de courbures inférieurs à 40 m. Le profil en long suit au mieux le terrain naturel, de façon à limiter les volumes de terrassement déjà très conséquents et à réduire le nombre de traversées busées.

L'entreprise a fourni selon ces hypothèses une première version du projet d'exécution des terrassements. Ce projet avait aussi pour hypothèses complé-

5- Tracé combiné (profil en long et vue en plan).

6- Travaux de terrassement.

5- Combined drawing (longitudinal profile and plan view).

6- Earthworks.

mentaires de respecter au mieux les contraintes ARP 40 « relief difficile » et de respecter le profil type du DAO (chaussée de 2*3 m avec une surlargeur dans les courbes et deux accotements d'un mètre) et de réduire les pentes des talus à 2 V pour 1 H avec des redans de 3 m, permettant l'entretien des talus, tous les 4 m de haut. Cette première version a fait malheu-



6

© PHOTO THÉQUE VINCI ET FLIALES

SYNTHÈSE DES ÉLÉMENTS GÉOMÉTRIQUES DU TRACÉ

ÉVALUATION DE L'AXE EN PLAN

	Nbr	Longueur total	Longueur moyenne	Pourcentage
Courbes 0-40	97	4 508	46	12%
Courbes 40-80	256	12 420	49	33%
Courbes 80-1000	168	8 382	50	22%
Droites	392	12 428	32	33%

ÉVALUATION DU PROFIL EN LONG

	Nbr	Longueur total	Longueur moyenne	Pourcentage
Paraboles 0-1000	19	1 463	77	4%
Paraboles 1000-1500	14	1 810	129	5%
Paraboles 1500-10000	235	17 253	73	46%
Pentes / rampes	193	17 212	89	46%

ÉVALUATION DES PENTES EN LONG

	Longueur	Pourcentage
0-4%	16 266	43%
4-8%	15 099	40%
8-19%	6 374	17%

reusement apparaît une très grande quantité de terrassements (figure 6). Pour réduire l'impact financier dans la conception du projet, une optimisation a été faite :

→ Les surlargeurs ont été supprimées dans les virages pour emprunter au maximum la piste existante ;

→ La pente et la hauteur des talus des déblais ont été modifiées (pente de 3H/1V, hauteur 6 m) ;

→ La largeur des redans a été réduite à 2 m au lieu de 4 m ;

→ Glissement de l'axe projeté de 1 m vers la route existante.

Cette optimisation a permis de passer de 470 237 m³ de déblai sur 10 km à 364 129 m³, soit environ 22 % de réduction.

Malgré ces choix, l'analyse de la géométrie montre que 44 % du tracé en plan est constitué de courbes avec un rayon inférieur à 80 (dont la moitié avec R<40) et 17 % du profil en long possède une pente supérieure à 8 % (figure 7).

7- Profil en travers.

8- Éboulement d'un talus.

9- Talutage à la niveleuse.

7- Cross section.

8- Collapse of an earth bank.

9- Sloping by grader.

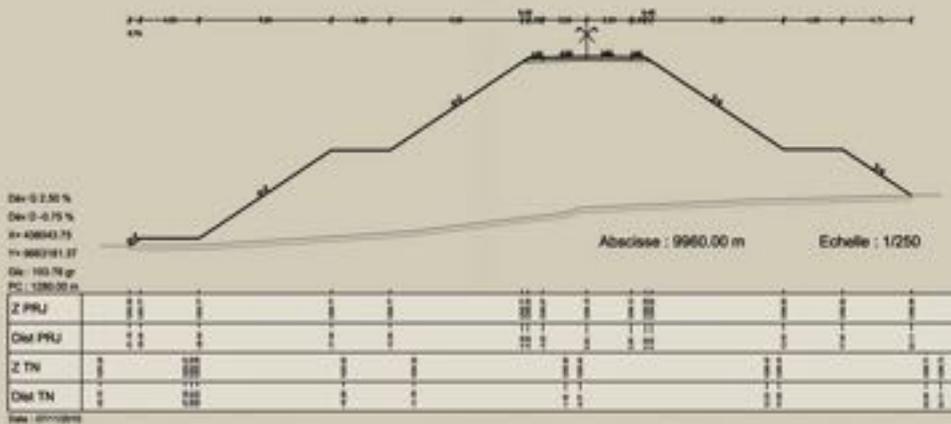
INSTABILITÉ DES TALUS CARACTÉRISTIQUES DES TALUS DE DÉBLAIS ET STABILITÉ

Les terrains constituant les talus des déblais sont essentiellement des schistes, des micaschistes, des pélites, des grès, des quartzites avec localement des poches de kaolinite. Dans la plupart des cas, les talus des déblais sont hétérogènes, ce qui nécessite de prévoir les pentes de talus correspondant au matériau le plus défavorable.

Les pélites, de couleur ocre, rouge et grise, représentent la majorité des terrains. Ce sont des roches tendres et friables, qui présentent une plasticité et une cohésion faible. Lorsque la teneur en eau s'approche de la saturation, elles évoluent vers un sable limoneux, très sensible à l'érosion. Les talus sont stables à la pente prévue au projet (H/V = 1/3), tant que la teneur en eau des pélites reste faible. En cas d'arrivée d'eau (émergence), il se produit des glissements de peau dans la zone humide. Il ne s'agit pas de glissements profonds ; cependant plusieurs glissements de peau successifs, de plus en plus profonds, peuvent se produire dans la même zone.

PROFIL EN TRAVERS

7



8



9

En conséquence plusieurs glissements jointifs peuvent évoluer vers un glissement unique, plus étendu et plus profond.

La technique de stabilisation de ces glissements de peau consiste en la réalisation, dans les zones humides, d'un drainage, ou d'un soutènement associé à un drainage.

Par ailleurs, la partie supérieure des talus de déblais, sur environ trois mètres, est constituée des horizons supérieurs d'humus sableux, et de matériaux plus ou moins latéritiques. Ces matériaux ne deviennent suffisamment stables que lorsque la végétation s'est bien développée.

Un calcul effectué au moyen du logiciel TALREN montre que pour éviter ces glissements de peau, il faut réduire la pente de talus des déblais dans les pérites en dessous de $H/V = 1/1$, ce qui n'est pas économiquement envisageable dans le cas présent. Une telle solution multiplierait le volume des déblais par trois.

SOLUTIONS PROPOSÉES PAR SOGEA SATOM POUR LA STABILITÉ DES TALUS

(FIGURE 8)

Les mesures préconisées par SOGEA SATOM ont consisté à retenir :

→ Des pentes de $H/V = 1/2$ - ce qui convient pour tous les sols, sauf pour les sols peu cohérents très sensibles à l'érosion, néanmoins lorsqu'une telle pente s'avère impossible à mettre en œuvre on retient localement $H/V = 1/3$ et une risberme de largeur 2 mètres tous les 6 mètres (pente à 2% vers le talus).

→ Une pente de $H/V = 1/1$ sur les 3 premiers mètres des talus, (localement $H/V = 2/3$ si impossible à mettre en œuvre).

→ Une distance entre le pied de talus et le fossé de 1,5 mètre.

→ La réalisation d'un fossé de garde qui, dans les configurations particulièrement défavorables, est étanché au moyen d'un STABILINER ALVEO d'AFITEX, ou équivalent pour empêcher toute percolation d'eau dans les matériaux des talus.



10
© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

10- Réglage de la couche de lithostabilisation.

11- Évolution CBR suivant pourcentage de concassé.

10- Grading the deep-lift stabilisation layer.

11- CBR curve depending on percentage of crushed material.

→ L'installation d'éperons drainants en enrochements 50/500, avec interposition d'un géotextile adéquat aux emplacements d'émergences d'eau.

→ Dans le cas de plusieurs éperons drainants voisins, il pourra être réalisé un seul masque drainant.

→ Dans le cas d'émergences en pied de talus, afin de limiter les quantités de déblais, il sera réalisé des bèches drainantes, discontinues ou continues, sur le même principe.

D'autres solutions alternatives ont également été préconisées par SOGEA SATOM :

→ Solution alternative I : perrés en maçonnerie avec ALVEODRAIN aux emplacements d'émergences d'eau, d'autant plus qu'elles sont proches du pied de talus. Ainsi il pourra être réalisé un perré en maçonnerie d'épaisseur minimale de 50 cm, en remplacement des éperons, masques et bèches drainantes décrits ci-dessus.

→ Solution alternative II : Mur de soutènement modulaire de type LEROMUR de BETO CONCEPT, ou équivalent aux mêmes emplacements en remplacement des éperons, masques, et bèches drainantes décrits ci-dessus.

Pour des raisons économiques, ces mesures ont été refusées et il a été prévu une provision pour déblayer les matériaux d'éboulement et de glissement qui se seront produits à l'issue de la saison pluvieuse (figure 9).

VARIANTE DE CHAUSSÉE PROPOSÉE : LITHOSTABILISATION

Initialement, il a été prévu une couche de fondation en grave naturelle sélectionnée (GNS), une couche de base en grave naturelle sélectionnée ou, le cas échéant, en grave concassée et un revêtement en enduit superficiel bicouche.

Pour des raisons budgétaires et de manque de GNS en quantité et en qualité suffisantes pour une couche de base, une solution alternative s'imposait. Cette solution, proposée par SOGEA SATOM, consiste à l'amélioration des caractéristiques géotechniques et des performances de la GNS présente dans la région avec du concassé. C'est la technique de lithostabilisation qui consiste à mélanger une grave latéritique naturelle à un matériau concassé. Cette technique répond aux besoins en matériau de qualité compatible avec le trafic.

En conciliant les facteurs coût d'exécution et résistance à long terme, la technique de lithostabilisation est avantageuse financièrement par rapport à une GNT concassée ou une grave naturelle améliorée au ciment.

L'adjonction du concassé à la grave naturelle se fait selon un taux optimal déterminé. La lithostabilisation présente des atouts dont :

→ Un renforcement du squelette de la grave naturelle,

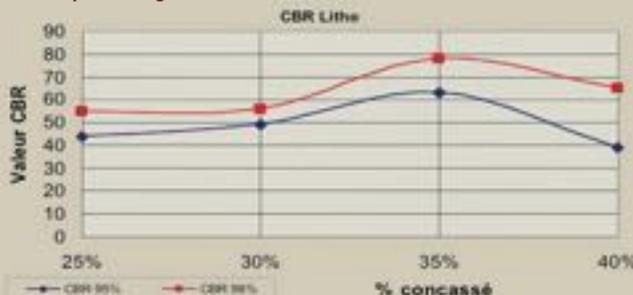
→ Une tendance à l'homogénéisation des caractéristiques des matériaux,

→ Des modules d'élasticité meilleurs qu'une GNT concassée ordinaire à cause de la présence d'une matrice moyennement argileuse servant de

TABLEAU 1 : RÉSULTATS CBR EN FONCTION DU POURCENTAGE D'ADJONCTION DE CONCASSÉ

	25% CC	30% CC	35% CC	40% CC
95% OPM	44	49	63	39
98 OPM	55	56	78	65

ÉVOLUTION CBR suivant pourcentage de concassé



11

TABLEAU 2 : RÉSULTATS DE LABORATOIRE

	IP	% fines	FxIP	PROCTOR		CBR	
				Densité OPM (T/m³)	Teneur en eau OPM (%)	95%	98%
Graveleux latéritique	19	22.2	422	2.14	8.5	46	54
GNT 0/31.5	NM	10.5	-	2.39	5.6	65	80
Mélange	13	18.7	243	2.275	6.2	63	78

TABEAU 3 : MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

MATÉRIEL	NOMBRE
TRACTO	
TRACTO-PELLE NEW HOLLAND LB 110B	1
TRACTO-PELLE CAT 428E II 4X4	1
PELLE	
CAT Pelle Hydr. s/pneus M318D	1
CAT Pelle Hydr. s/Chenilles 325D	1
CAT Pelle Hydr. s/Chenilles 330 DLME	1
CAT Pelle Hydraulique 345 CLME	1
CAT Pelle Hydr. s/Chenilles 330 DLME	1
CAT Pelle s/chenilles 329 DL	1
LIEBHERR Pelle Hydr. s/Chenilles 934C	1
BULL	
CAT Bull D7R	5
CAT Bull D8R	2
NIVELEUSE	
CAT Niveleuse 140 H	4
CHARGEUR	
CAT Chargeur s/pneus 938 G	1
CAT Chargeur s/pneus 950 H	2
CAT Chargeur s/chenilles 973 C	1
CAMIONS BENNE	
KERAX 350.34 6x4 14 m ³	15
KERAX 420.34 6x4 14 m ³	4
KERAX 380.34 6x4 14 m ³	22
CAMIONS CITERNE	
KERAX 420.34 Citerne à eau 18 000 l	3
KERAX 380.34 Citerne à eau 20 000 l	1
MATÉRIEL DE MANUTENTION OU LEVAGE	
TEREX BENDINI Grue s/pneus A600	1
COMPACTEUR	
DYNAPAC CA 602 D Compacteur	2
DYNAPAC CA 512 D Compacteur	1



© PHOTO THÉÂTRE VINCI ET FILIALES

ciment des nodules et autres éléments grossiers.

Les composants de base sont :

→ Du graveleux latéritique : sol meuble constitués essentiellement de nodules et de fines argileuses, limoneuses ou sableuses.

→ Du concassé : GNT2 0/31,5 de type A conforme à la norme NF EN 13285. Il faut noter qu'il est aussi possible d'utiliser un concassé 0/20 ou 0/25. Pour déterminer le taux optimal d'adjonction du concassé et mieux cerner le comportement du matériau, il a été réalisé une étude en laboratoire suivie d'une planche expérimentale (figure 10).

ÉTUDE EN LABORATOIRE

Par itération, nous avons fait varier pour les besoins de l'étude le pourcentage de matériau concassé à inclure dans le mélange. Compte tenu des études

précédentes sur ce sujet (notamment au Burkina Faso), la fourchette de variation de ce pourcentage a été fixée entre 0% et 50%. À l'issue des études, le paramètre qui a été déterminant dans le choix du taux optimal d'adjonction du concassé fût l'indice CBR.

Le tableau 1 et la figure 11 montrent l'évolution des indices CBR en fonction des pourcentages d'adjonction du concassé.

Les courbes de la figure 11 à allure parabolique indiquent que le taux optimal d'adjonction du concassé se situe à 35% pondéral (ou 30% volumétrique) avec un CBR supérieur à 60 à 95% OPM, CBR exigé par le CPT du projet.

Caractéristiques intrinsèques des composants et du mélange aux taux optimaux/Impact qualitatif : synthétisés les résultats d'essai en laboratoire des composants de base et du mélange aux proportions volumé-

12 & 13- Travaux de terrassement.

12 & 13- Earth-works.

triques optimales de 30% de concassé et de 70% de Graveleux latéritique (tableau 2).

PLANCHE EXPÉRIMENTALE

Une série de planches d'essai a été réalisée pour déterminer les modules intrinsèques du mélange à différentes proportions d'adjonction de concassé. Ainsi quatre planches ont été réalisées avec des proportions pondérales de concassé de 25%, 30%, 35% et 40%. Le Maître d'Ouvrage et la Mission de Contrôle adhèrent à cette démarche innovante au Burundi car cette tech-

nique renforce la capacité structurelle de la chaussée et aussi résout le problème d'indisponibilité des matériaux en qualité et en quantité suffisantes dans certaines régions.

CONCLUSION

Suite à ces problèmes et la difficulté de conception du projet, il a fallu mobiliser des moyens de terrassement importants pour pouvoir réaliser les travaux dans les temps. Il est très compliqué et peu économique de faire venir du matériel lourd et de grande capacité, nous utilisons donc du matériel polyvalent de 25T à 30T et des camions 6*4. De plus la hauteur des talus fait qu'il faut parfois utiliser deux échelons pour atteindre les rendements. Un échelon étant en haut et l'autre en bas pour récupérer les matériaux (figure 12). Le matériel de terrassement utilisé est résumé dans le tableau 3.



14

© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES



15

Les camions utilisés étant nouveaux pour la plus part des chauffeurs et nous avons eu besoin de faire appel à des formateurs du concessionnaire pour une mise à niveau des chauffeurs et un apprentissage de conduite en relief difficile.

L'équipe des travaux compte un encadrement expatrié de 12 personnes, une équipe locale de 15 personnes réparties sur 7 échelons de terrassement et pour un effectif total d'environ 1 000 personnes.

Le contexte socio-économique du pays nous oblige à faire les travaux d'assainissement manuellement. Ceci permet d'apporter une ressource financière à la population riveraine. Ainsi une équipe de réalisation de fossés maçonnés peut compter jusqu'à 100 personnes sur un linéaire de 200 m.

Les problèmes rencontrés lors des terrassements sont :

→ L'inaccessibilité du chantier surtout en période de pluie,

14- Travaux de terrassement.
15- Réalisation d'un ouvrage d'art, Dalot Multiple.

14- Earthworks.
15- Construction of a multiple box culvert engineering structure.

→ La difficulté de communication faite de réseau GSM,
→ Le relief accidenté.
Malgré ces conditions inhabituelles de travail, le rendement des terrassements constatés a été de 7 000 m³ à 11 000 m³ de déblais par jour (figure 14). □

PRINCIPALES QUANTITÉS DU PROJET

- DÉBLAI MEUBLE MIS EN DÉPÔT : 2 264 000 m³**
- DÉBLAI ROCHEUX MIS EN DÉPÔT : 126 000 m³**
- DÉBLAI RÉUTILISABLE EN REMBLAI : 99 000 m³**
- MATÉRIAUX D'EMPRUNT : 115 000 m³**
- TRANSPORT DES TERRES AU DELÀ DE 1 KM : 3 060 000 m³.km**
- ENROCHEMENTS GRANDE MASSE : 32 000 m³**
- TRAVERSÉE BUSÉE MÉTALLIQUE : 1 810 ml**
- TRAVERSÉE DE DALOTS (figure 15) : 113 ml**

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- MAÎTRE D'OUVRAGE : Gouvernement du Burundi**
- MAÎTRE D'OUVRAGE DÉLÉGUÉ : Direction générale de l'Office des Routes du Burundi**
- BUREAU D'ÉTUDES : SCET Tunisie**
- CONTRÔLE ET SURVEILLANCE : SCET Tunisie**
- ENTREPRISE : SOGEA SATOM**

ABSTRACT

A MOUNTAIN ROAD IN THE GREAT LAKES REGION. HOW A LITTLE CAN BE MADE TO GO A LONG WAY

FRÉDÉRIC PERRIN, SOGEA SATOM (VINCI CONSTRUCTION)

In a rugged mountainous region of Burundi, this section of the RN9 highway linking Bubanza to the RN10 highway is 40 km long, although the two points linked are only 17 km apart as the crow flies. The budget is modest, the design engineering is rudimentary, earth cuts are unusable, borrow material is scarce, the slopes are unstable and there are almost no straight, flat sections. What is missing from the picture? There is no GSM network and the site is inaccessible when it rains. Sogea-Satom loves to take on this type of challenge, and shows us how to cope with adversity while staying faithful to the basic recommendations of French transport and roads authority Sétra. □

UNA CARRETERA DE MONTAÑA EN LA REGIÓN DE LOS GRANDES LAGOS. CÓMO HACERLO BIEN CON POCOS RECURSOS

RÉDÉRIC PERRIN, SOGEA SATOM (VINCI CONSTRUCTION)

En una accidentada región montañosa de Burundi, este tramo de la RN9 que enlaza Bubanza con la RN10 tiene una longitud de 40 km, mientras que la distancia entre los dos puntos en línea recta es tan sólo de 17 km. A un presupuesto modesto, estudios escuetos, escombros inutilizables, materiales externos escasos, pendientes inestables y a la práctica inexistencia de tramos rectos y llanos se suma que no hay red GSM y cuando llueve es imposible acceder a la obra. A Sogea-Satom le gusta aceptar este tipo de retos y nos muestra cómo afrontar la adversidad manteniéndose fiel a los principales preceptos del SETRA. □

COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION DE TRAVAUX

REVUE TECHNIQUE DES ENTREPRISES DE TRAVAUX PUBLICS



875 - TRAVAUX SOUTERRAINS



876 - LA VILLE DURABLE



877 - INNOVATION & GÉNIE CIVIL



878 - L'EAU - TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX



879 - OUVRAGES D'ART



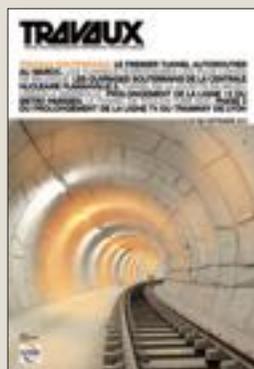
880 - SOLS & FONDATIONS



881 - TRANSPORTS & INFRASTRUCTURES



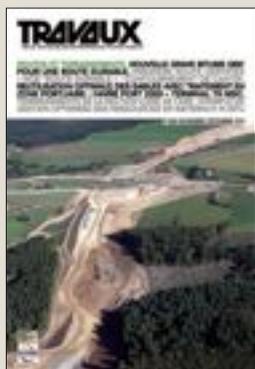
882 - PATRIMOINE & REHABILITATION



883 - TRAVAUX SOUTERRAINS



884 - INTERNATIONAL



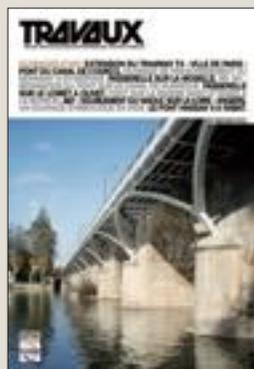
885 - ROUTES ET TERRASSEMENTS



886 - VILLE DURABLE - ENERGIE - URBANISME



887 - EAU, BIODIVERSITE & INFRASTRUCTURES



888 - OUVRAGES D'ART



889 - SOLS & FONDATIONS

BON DE COMMANDE

À renvoyer à : Com et Com - Service Abonnements TRAVAUX - Bât. Copernic - 20 av. Édouard Herriot - 92350 Le Plessis-Robinson
Tél. : +33 (0)1 40 94 22 22 - Fax : +33 (0)1 40 94 22 32 - Email : revue-travaux@cometcom.fr

JE COMMANDE LES NUMÉROS SUIVANTS (cochez les cases de votre choix en indiquant le nombre d'exemplaires) :

- 875 x 876 x 877 x
 878 x 879 x 880 x
 881 x 882 x 883 x
 884 x 885 x 886 x
 887 x 888 x 889 x

Soit un montant total de :
_____ numéros x 25 € = _____ €

(Pour une commande de plus de 20 numéros le prix passe de 25 € à 20 € l'unité. Pour plus de 100 numéros commandés le prix est de 17 € l'unité. Pour les auteurs de la revue le prix est de 15 € l'unité).

JE VOUS INDIQUE MES COORDONNÉES :

Nom _____ Prénom _____
 Entreprise _____ Fonction _____
 Adresse _____
 Code postal [] [] [] [] [] Ville _____
 Tél. : _____ Fax : _____
 Email : _____ Merci de ne pas communiquer mon adresse mail.

Je joins mon règlement d'un montant de _____ € TTC par Chèque à l'ordre de ESI

ATTENTION : tous les règlements doivent être libellés exclusivement à l'ordre de ESI

- Je réglerai à réception de la facture
 Je souhaite recevoir une facture acquittée

Date, signature et cachet de l'entreprise obligatoire



1- Un ouvrage
en moyenne
tous les 500 m.

1- One enginee-
ring structure
every 500 m
on average.

© PASCAL LE DOARE

AUTOROUTE A89, GESTION INTÉGRÉE SUR LE CHANTIER LINÉAIRE TOARCCh EST PRÈS DE LYON

AUTEURS : É. GAUDEMET, DIRECTEUR DES TRAVAUX A89 TOARCCh EST, VINCI CONSTRUCTION TERRASSEMENT - N. BAUDARD, DIRECTEUR DE TRAVAUX OUVRAGES D'ART A89 TOARCCh EST, DODIN CAMPENON BERNARD - O. BINET, CHARGÉ QUALITÉ A89 TOARCCh EST, VINCI CONSTRUCTION TERRASSEMENT

LA MISE EN SERVICE EN FIN D'ANNÉE 2012 DE LA SECTION 9 DE L'AUTOROUTE A89, SITUÉE ENTRE BALBIGNY ET LA TOUR DE SALVAGNY, ACHÈVERA LA GRANDE LIAISON TRANSVERSALE EST-OUEST LYON – CLERMONT FERRAND – BORDEAUX. DERNIER LOT ATTRIBUÉ, LE TOARCCh EST (TERRASSEMENT, OUVRAGES D'ART, ASSAINISSEMENT, RÉTABLISSEMENT DE COMMUNICATIONS ET DE CHAUSSÉES) TRAVAUX LINÉAIRES DE TERRASSEMENT, D'OUVRAGES D'ART, D'ASSAINISSEMENT, DE RÉTABLISSEMENT DE COMMUNICATIONS ET DE CHAUSSÉES A ÉTÉ CONFÉ EN OCTOBRE 2009 AU GROUPEMENT D'ENTREPRISES DONT VINCI CONSTRUCTION TERRASSEMENT EST MANDATAIRE CONSTITUÉ DE CINQ FILIALES DE VINCI DE SPÉCIALITÉS COMPLÉMENTAIRES. C'EST UN CHANTIER COMPLEXE ÉTALÉ SUR 25 KM.

La mise en service en fin d'année 2012 de la section 9 de l'autoroute A89, située entre Balbigny et La Tour de Salvagny, achèvera la grande liaison transversale Est-Ouest Lyon – Clermont Ferrand – Bordeaux. Cette section est longue de 50 km ; 18 km sont situés dans le département de la Loire et 32 km dans le Rhône. Elle permettra non seulement de fluidifier le trafic longue distance transeuropéen entre le Nord-Est et le Sud-Ouest de la France mais également de désenclaver, tout en favorisant le développement économique, les Pays de Tarare et du Roannais. La déclaration d'utilité publique de cette section a été

A89 TOARCCh EST, EN CHIFFRES

TERRASSEMENTS : 8 millions de m³ de déblai, 5 millions de m³ de remblai

OUVRAGES D'ART : 51 ouvrages d'art courants

ASSAINISSEMENTS : 19 bassins, 11 km de collecteurs

CONFORTEMENTS : 8,5 km de clous, 10 000 m² de grillages

ÉCRANS ACOUSTIQUES : 1 700 mètres linéaires

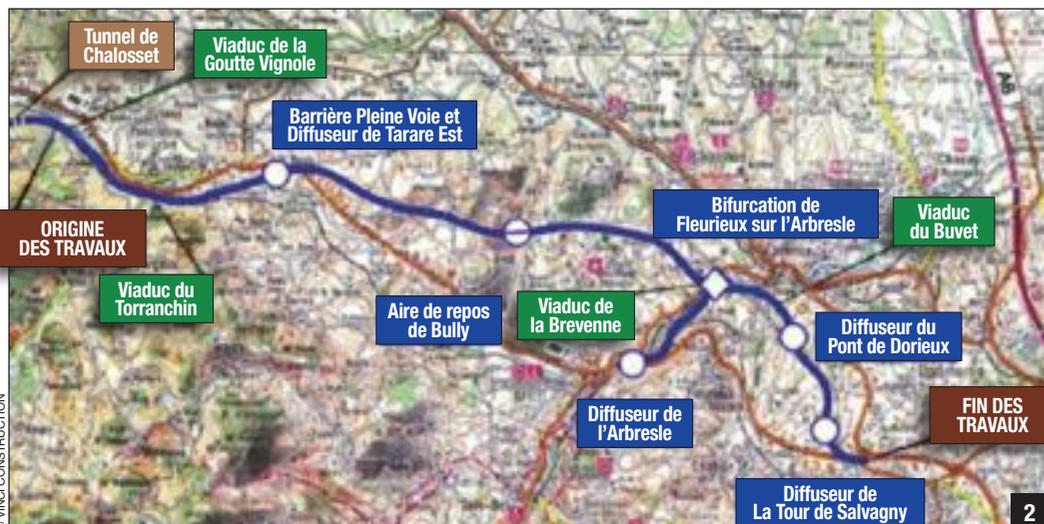
prononcée par l'État le 17 avril 2003. Pour sa construction, le Maître d'ouvrage ASF (VINCI Autoroutes) a alloué la section suivant ces principaux ouvrages :

2- Plan de situation.

2- Location drawing.

→ Les trois tunnels de Violay, Bussière et Chalosse,
 → Les huit viaducs de Buvet, Brévenne, Torranchin, Goutte Vignole, Valletier, Le Rey, Gonon et Bernard,
 → Les trois sections courantes ou TOARCCh (travaux linéaires de Terrassement, d'Ouvrages d'Art, d'Assainissement, de Rétablissement de Communications et de Chaussées) : TOARCCh Est de La Tour de Salvagny au viaduc de Goutte-Vignole, TOARCCh Centre du viaduc de Goutte Vignole au tunnel de Violay et TOARCCh Ouest du tunnel de Violay à Balbigny.

Dernier lot attribué, le TOARCCh Est a été confié en octobre 2009 au groupement d'entreprises dont VINCI Construction Terrassement est mandataire. Il est constitué des entreprises suivantes, toutes filiales du groupe VINCI : VINCI Construction Terrassement, Dodin Campenon Bernard, GTM TP Lyon, Eurovia GPI et Eurovia Lyon. Ce lot situé à l'extrémité Est de l'autoroute A89 est long de 25 km (y compris les 3 km de l'antenne de l'Arbresle qui dessert la ville du même nom). Il comprend cinq échangeurs dont celui permettant de desservir une aire de repos à Bully, une barrière pleine voie et une gare de péage dont les bâtiments et VRD sont réalisés hors lot. La section comporte 2x2 voies mais la plate-forme de terrassement est réalisée dès maintenant à 2x3 voies pour permettre un élargissement futur (figure 2).



L'ENJEU DU PLANNING

Si les premiers travaux de l'autoroute A89 TOARCCh Est ont démarré en janvier 2010, les libérations foncières et archéologiques des emprises autoroutières se sont toutefois poursuivies tout au long de l'année 2010, progressant vers l'Est de la section, selon un calendrier fixé par la maîtrise d'ouvrage. Ainsi, le délai imparti pour exécuter l'ensemble des travaux se limitait à moins de deux ans sur les 5 km situés les plus à l'Est du chantier (figure 3).

Ce délai restreint pour réaliser une section autoroutière complète, allant de la prise de possession des emprises à la mise en œuvre des enrobés et des équipements de sécurité, en passant par les terrassements et les ouvrages d'art, fut accentué par les difficultés et contraintes suivantes :

→ Une forte densité d'ouvrages d'art, liée à la proximité des zones urbaines de l'ouest lyonnais et à la présence de nombreux cours d'eau (en moyenne un tous les 500 mètres). Ils génèrent une très forte co-activité entre les travaux de terrassement et d'ouvrages d'art et une contrainte sévère sur les transports de matériaux ;

→ Un environnement très sensible qui restreint non seulement les conditions et les horaires de travail à proximité d'habitations ou de vignes et exige la prise de mesures de précaution particulières et la réalisation de travaux spécifiques préalables ;

→ La présence de plusieurs lignes électriques THT (Très Haute Tension) de 400 kV, qui contraignent le gabarit des engins utilisés dans quinze zones de travaux et réduit en conséquence les cadences de travail ;

→ Le franchissement de la Brévenne rendu possible uniquement à partir de mai 2011 suivant le planning d'avancement des travaux du viaduc, qui conditionne le démarrage du transport de plus de 350 000 m³ de matériaux nécessaire à l'équilibre du mouvement des terres ;

→ L'exécution de travaux de confortements de talus rocheux raidis qui cadencent et limitent les rendements des travaux de terrassements dans les déblais concernés ;

→ La nature meuble et sensible à l'eau des matériaux rencontrés sur la partie Est du chantier qui entrave les conditions de circulation sur ce dernier et conditionne fortement les travaux de terrassements aux intempéries et aux aléas météorologiques ;

→ La réalisation d'une couche de forme traitée sur 22 km de section,



3

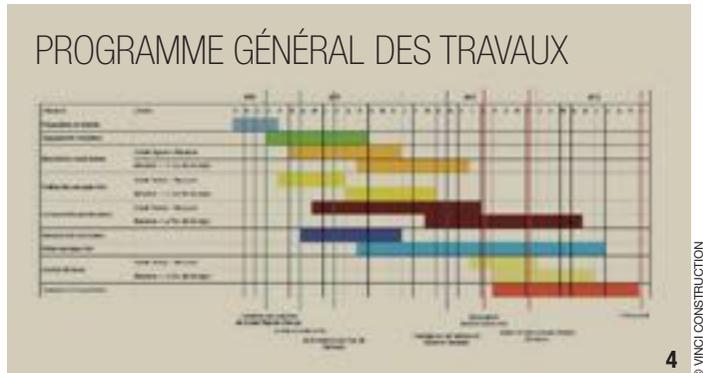
© PASCAL LE DOARE

3- Déviation de la RN7 au moyen d'un pont provisoire.

4- Programme général des travaux.

3- Diversion of National Highway 7 via a temporary bridge.

4- General works schedule.



4

© VINCI CONSTRUCTION

qui ne peut être réalisée que lorsque les conditions météorologiques le permettent, c'est à dire en dehors des périodes de risque de gel, soit de fin mars à fin octobre.

Ces sujétions sur le planning ont été autant de défis à relever que de solutions apportées par le groupement pour réaliser dans les délais ce chantier linéaire complexe (figure 1).

UNE ORGANISATION INTÉGRÉE

La première réponse apportée par le groupement d'entreprises pour surmonter ces contraintes de planning a été de choisir une organisation intégrée de l'encadrement des travaux du chantier. Une structure commune d'encadrement a ainsi été montée. Elle s'est installée dans des bureaux uniques au milieu du tracé, à Sarcey. Réunissant toutes les compétences nécessaires à l'exécution des travaux du chantier, elle

a fait appel aux moyens et au savoir-faire des entreprises de métiers spécialisés du groupe VINCI :

- Pour les terrassements : VINCI Construction Terrassement,
- Pour les ouvrages d'art : Dodin Campenon Bernard, GTM TP Lyon et VINCI Construction Terrassement,
- Pour l'assainissement : Cognac TP et VINCI Construction Terrassement,
- Pour les confortements : Botte Fondations.

Cette organisation intégrée a permis de fédérer l'ensemble des équipes mobilisées autour d'objectifs communs et notamment du respect du délai global de l'opération.

Au démarrage des travaux, il a d'abord fallu roder cette nouvelle organisation pour surmonter les difficultés essentiellement liées aux différences culturelles des entreprises impliquées et à la diversité de leurs métiers. Mais celles-ci ont

su être rapidement surmontées et de nouveaux réflexes de fonctionnement ont été adoptés. Le bénéfice pour le projet de cette organisation intégrée est incontestable. Sur ce chantier, les synergies entre métiers ont été réellement développées. Elles ont notamment permis d'arbitrer de manière optimale les choix constructifs, et notamment les modalités de construction des ouvrages d'art. Les interfaces entre métiers ont été lissées grâce à une communication simplifiée, due à la proximité des bureaux et à la tenue hebdomadaire de réunions multi-métiers. Les enchaînements des équipes de travaux intervenant sur un même ouvrage se sont faits naturellement et sans les inévitables « frottements » habituellement rencontrés. L'équilibre du mouvement des terres a pu être optimisé en tenant compte de l'ensemble des ressources disponibles et des besoins identifiés.

MOYENS MATÉRIELS DE TERRASSEMENTS MOBILISÉS À L'ÉTÉ 2011

ENGINS DE PRODUCTION

14 décapeuses automotrices

8 pelles de production entre 50 et 80 tonnes

5 chargeuses

5 foreuses

ACCOMPAGNEMENT

26 pelles de finitions de 20 à 40 tonnes

23 bouteurs

11 niveleuses

24 compacteurs

14 arroseuses

TRANSPORT

33 tombereaux rigides

29 tombereaux articulés

27 camions 8x4 et 8x8



5

© PASCAL LE DOARE

Enfin, les nécessaires co-activités de travaux (notamment entre les travaux d'assainissements et de terrassements) ont pu être organisées et planifiées au mieux pour limiter leurs incidences sur les rendements de production (figure 4). Au plus fort de l'activité des travaux, entre mai et août 2011, 650 personnes et 220 engins de terrassement ont été mobilisés sur les 25 km du chantier TOARCCh Est (voir encadré « Moyens matériels de terrassements mobilisés à l'été 2011 »). Les principaux ateliers

5- Travaux de terrassement.

6- Pose des éléments préfabriqués de l'OH 364.

5- Earthworks.

6- Placing prefabricated elements of culvert 364.

de production de terrassement ont travaillé en double-poste de 6 h à 22 h. Ils ont terrassé près de 800 000 m³ de matériaux chaque mois. Vingt ouvrages d'art à différents stades d'avancement, ont été au même moment réalisés de front par 70 ouvriers. Cinq équipes d'assainissement, regroupant près de 30 personnes, ont travaillé simultanément à la pose de collecteurs enterrés. Les équipes de confortement ont œuvré conjointement avec les ateliers de terrassement à la mise en œuvre de clous



6

© PASCAL LE DOARE

et de béton projeté sur les talus sub-verticaux des déblais situés à l'Ouest du chantier. Cette forte mobilisation de moyens et d'énergies ne s'est pas arrêtée à l'été 2011. Elle s'est poursuivie par l'opération en double-poste de deux centrales de couche de forme de 1 000 tonnes/heure à l'automne 2011 et maintenant à l'été 2012 par le travail en double-poste de deux postes d'enrobage (TSM 25 Major et TSM 25 Senior). Ainsi, une telle densité et intensité de travail ont pu rester efficaces sur ce chantier, grâce à la conjonction d'une très forte mobilisation des entreprises impliquées et d'une organisation intégrée ayant eu les moyens de coordonner l'ensemble de ces travaux (figure 5).

UNE GESTION FINE DE L'INTERFACE OUVRAGES D'ART - TERRASSEMENT

La deuxième réponse, apportée par le groupement pour respecter ces échéances de délai, a été d'adapter ses méthodes de construction au planning. Les objectifs ainsi poursuivis ont toujours visé, d'une part, à limiter les interfaces de travaux et d'autre part, à réduire les délais d'exécution. Pour la construction des 51 ouvrages d'art que comprend la section (voir encadré « 51 Ouvrages d'Art Courants »), ce principe a été pleinement appliqué.

Le TOARCCh Est se caractérise par une très forte densité d'ouvrages d'art, avec en moyenne un ouvrage tous les 500 mètres. Inclus dans le délai global de l'opération, les travaux de construction de ces ouvrages ne bénéficiaient d'aucun démarrage anticipé par rapport aux travaux de terrassements. En travaux, ils représentaient donc autant de secteurs de co-activités et de zones de travail à contourner. Deux tiers de ces ouvrages, les plus critiques, devaient être réalisés dès la première année pour libérer la trace au mouvement des terres. Plusieurs solutions spécifiques ont ainsi été développées sur le chantier pour accélérer les travaux de génie-civil et fluidifier les interfaces entre ces travaux et ceux de terrassement.

Premier exemple : la préfabrication des ouvrages d'art généralisée à 32 d'entre eux. Les avantages de cette méthode sont notables, ils permettent :

→ La réduction des délais des travaux exécutés *in situ*, se limitant à la construction du radier des voûtes (préférable pour assurer la continuité hydraulique dans les ouvrages) et à la pose et au clavage des éléments préfabriqués ;



© PASCALLE DOARE

7

→ Le transfert des tâches de production les plus critiques à l'usine de fabrication. Elles sont réalisées en temps masqué du planning, dès lors que les études d'exécution ont été effectuées en amont et que les pièces réalisées peuvent être stockées à l'usine ;
→ La diminution du risque d'accident du travail car l'essentiel des travaux est exécuté en usine, sur site propre et sur des postes fixes.

Pour ces travaux, trois pré-fabricants ont été sélectionnés et mis à contribution : Matière, Bonna Sabla et PBM.

La répartition des ouvrages a été faite de manière homogène suivant leurs types et leurs caractéristiques (figure 6) :

→ Voûtes (Matière) : principalement pour des ouvrages hydrauliques situés sous de hauts remblais. Suivant leurs dimensions géométriques, ces voûtes sont constituées de 1, 2 ou 3 éléments.

→ Dalots Monobloc (Bonna Sabla) : pour les petits cadres (ouvrages hydrauliques) de section 3m x 3m.

→ Ouvrages cadres articulés (Matière, procédé optcadre) : constitué de 2 pièces en U indépendantes, supérieure et inférieure, ou de 2 piédroits et d'une pièce en U, jusqu'à 11 m d'ouverture.

51 OUVRAGES D'ART COURANTS

- 15 PSDP (Passages Supérieurs à Dalle Précontrainte) à 2, 4 ou 5 travées**
- 1 POD (Portique Ouvert Double)**
- 1 PRO (Pont Routier) ouvrage bi-tablier mixte isostatique**
- 5 PIPO (Passage Inférieur Portique Ouvert)**
- 12 PICF (Passage Inférieur Cadre Fermé)**
- 17 VOÛTES**

→ Piédroit en L et dalle isostatique (Bonna Sabla, gamme ARTEFAC) : pour les ponts cadre jusqu'à 8 m d'ouverture, avec ou sans clavage suivant la couverture de remblai.

→ Piédroit nervuré avec dalle encastree (Bonna Sabla, gamme ARTEFAC ou PBM) : pour les ponts cadre jusqu'à 12 m d'ouverture.

Deuxième exemple de solution : le recours aux « Palées Lyonnaises » pour la construction des tabliers des passages supérieurs. Les « Palées Lyonnaises » sont ainsi dénommées car elles ont été développées par GTM TP Lyon, l'entité de génie civil lyonnaise de VINCI Construction. Elles sont un outil d'étalement et de coffrage perfectionné qui permet la construction industrialisée

d'ouvrages d'art courants routiers et autoroutiers. Elles ont été conçues pour proposer un étalement standard adaptable aux variables dimensionnelles des ouvrages : longueur, largeur et hauteur (figure 7).

ADAPTATION GÉOMÉTRIQUE DES PALÉES LYONNAISES

Longueur : la structure des palées lyonnaises est constituée dans le sens longitudinal de profilés trombone (un caisson métallique dans lequel coulisse un HEB) d'une longueur réglable comprise entre 7,50 m et 18 m.

Largeur : latéralement des plateaux coffrants spécialement conçus sont utilisés pour uniformiser la charge.

Hauteur : la palée d'étalement est

7- Mise en place des palées Lyonnaises au PS 108.

7- Placing Lyon bents at overpass 108.

constituée de profilés verticaux en tubes carrés contreventés. Deux vérins hydrauliques en tête permettent d'en régler la hauteur. Ils sont posés sur des rails PATY pour faciliter les opérations de décoffrage.

Les palées lyonnaises présentent de nombreux avantages :

→ En matière de sécurité, l'outil intègre des dispositifs de protections collectives (passerelles de travail, échelles et trappes d'accès), inamovibles et complets. Le ripage final, après décintrage, de l'étalement à l'extérieur de l'ouvrage apporte un confort de travail et une grande sécurité aux compagnons pour les opérations de décoffrage.

→ Le gain de temps par ouvrage sur les délais de transfert, de montage,



8



9

8- Centrale de couche de forme du D454.

9- Travaux de mise en œuvre de la couche de forme traitée.

8- Concrete mixing plant for D454 capping layer.

9- Treated capping layer placing work.

→ Bases de hauts remblais ou de remblais en zone humide,
 → Parements de talus de remblais,
 → Blocs techniques d'Ouvrages d'Art.
 De plus, l'analyse fine et approfondie des caractéristiques mécaniques des matériaux du site a été mise en parallèle avec la géométrie des talus et les emprises foncières disponibles. Les besoins initialement estimés en ressources rocheuses ont ainsi pu être réduits, en adoucissant par exemple des pentes de talus pour supprimer des masques ou en les remplaçant par des éperons rocheux.

Les reconnaissances géotechniques complémentaires ont également servi à l'identification et à la caractérisation de plusieurs gisements pour la réalisation de couches de forme traitées. Après études en laboratoire, prise en compte des distances de transport et des contraintes de planning, deux d'entre eux ont ainsi été retenus :

→ Le déblai D454 situé à l'Est du viaduc de Buet est constitué d'alluvions anciennes. Leur nature sablo-graveleuse permet d'atteindre une qualité de couche de forme traitée de classe 3. Le volume disponible permet de couvrir la moitié Est du chantier (figure 8).

→ Le déblai D307 situé à l'Est du viaduc du Torranchin est très homogène. Il est constitué de limons sablo-argileux (*Colluvions de Pontcharra*). Légèrement argileux, ils permettent d'atteindre une qualité de couche de forme traitée de classe 4. Le volume disponible permet de couvrir la moitié Ouest du chantier.

Les études de niveau 2 réalisées en laboratoire au début de l'année 2011 ont eu pour objectif d'optimiser la structure des plateformes et de retenir le liant hydraulique routier le plus performant pour atteindre une PF4 (tableau 1). Ces optimisations, sur le complexe arase couche de forme, ont limité les distances de transports des matériaux. Elles ont également simplifié les travaux de réalisation et de réception des arases de terrassement. En effet, si des arases de classe AR2 avaient du être recherchées, les moyens à mettre en œuvre auraient été beaucoup plus lourds et les délais de cure plus longs, donc incompatibles avec le planning général des travaux.

En définitive, les ressources en matériaux rocheux, rares sur le linéaire à l'Est du tracé, ont pu être consacrées aux seules dispositions constructives pour lesquelles une fonction drainante était requise :

→ Masques et éperons drainants dans talus, ▶

de réglage et de démontage du coffrage du tablier est au minimum d'une semaine par rapport à un procédé classique. Avec l'usage, le délai global peut être réduit à deux semaines.

→ Elles permettent de généraliser les passes charretières au droit des ouvrages et donc de fluidifier le trafic des engins de terrassement.

L'OPTIMISATION DU MOUVEMENT DES TERRES

Une troisième réponse apportée par le groupement pour tenir ce planning serré a été d'optimiser le mouvement

des terres. Le but ainsi recherché était de réduire tant en distance qu'en volume le transport des matériaux sur la trace. Le tracé du TOARCCh Est rencontre des terrains très variés, allant de roches métamorphiques et granitiques très dures, présentes à l'Ouest du tracé, à des sols fins à tendance sableuse en se rapprochant de la vallée du Rhône vers l'Est.

Cette diversité de ressources en matériaux a su être pleinement exploitée par le chantier pour fournir la totalité des matériaux nécessaires à sa réalisation sans avoir recours à des fournitures

extérieures. Dès la phase de reconnaissances géotechniques complémentaires, les formations de sols fins présentes dans les déblais du tracé ont fait l'objet d'études de traitement à la chaux et aux liants hydrauliques routiers.

Les aptitudes au traitement ainsi identifiées, ont permis de classer ces matériaux par familles de sols et d'envisager des optimisations sur leur emploi. Des dispositions constructives initialement prévues en matériaux rocheux ont pu être réalisées avec des matériaux fins traités à la chaux :

TABLEAU 1 :

	Zone traitée Ouest D307	Zone traitée Est D454
Classe Arase de Terrassement	AR 1	AR 1-2
Structure de la Plate-forme Supérieure de Terrassement	Matériaux naturels en place	0,35 m traité 1% de chaux ou 0,50 m matériaux charpentés
Couche de Forme	0,50 m classe 4 obtenue avec 1% de chaux et 5% de liant	0,35 m classe 3 obtenue avec 1% de chaux et 5,5% de liant

- Base de remblai sur venues d'eau,
- Remblais d'anciens talwegs,
- Tranchées drainantes.

Cette ressource a donc pu être globalement préservée et exploitée à des fins plus nobles : l'élaboration des granulats de chaussées des enrobés du chantier. Le secteur situé à l'Ouest du Viaduc du Torranchin traverse en effet des formations rocheuses (dacites, granites, gneiss, et autres roches métavolcaniques), présentant des caractéristiques mécaniques très bonnes. Les valeurs intrinsèques des matériaux situés dans les deux déblais D277 et D285 ont été mesurées finement sur des échantillons pris dans 12 sondages carottés. Les essais de dureté : Los Angeles [LA] et Micro-Deval [MDE] ont été réalisés sur chaque mètre de carotte dans le rocher fracturé.

Les conclusions de ces essais ont montré que :

→ Le déblai D277 était trop hétérogène pétrographiquement, avec des intrusions de granites au sein d'un massif dacitique. Les excellentes valeurs obtenues de LA et MDE ont néanmoins permis de l'exploiter comme gisement de couche de forme granulaire pour la zone située entre les viaducs du Torranchin et de Goutte Vignole.

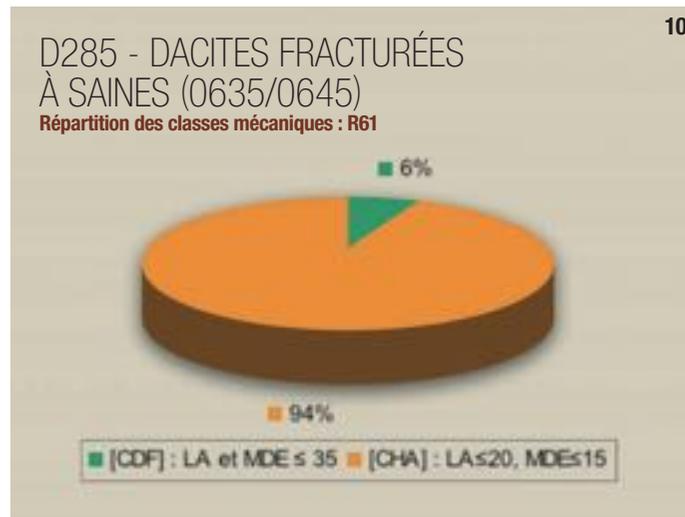
→ Le déblai D285 présentait des caractéristiques intrinsèques très intéressantes en terme de qualité et d'homogénéité, au sein de la partie fracturée à saine des dacites (figure 10). Ce substratum a donc pu être exploité

comme gisement de matériaux bruts pour l'élaboration des granulats de chaussées. La couverture de ces matériaux par une frange altérée impropre a nécessité de prendre des précautions particulières pour leur extraction. Le toit rocheux fracturé à sain a été nettoyé et

réceptionné préalablement à son terrassement. À chaque passe minée, des échantillons ont été prélevés pour des contrôles de dureté. Un levé topographique était systématiquement réalisé pour le situer sur les profils en travers théoriques géotechniques du gisement.

EN CONCLUSION

La gestion fine et optimisée du mouvement des terres a non seulement permis de valoriser les ressources disponibles (en remblais courants, dispositions constructives, pour les plateformes supérieures de terrassement, couches de forme et granulats de chaussées) supprimant ainsi le recours aux fournitures de carrière et réduisant les quantités de matériaux mises en dépôts mais elle a également diminué les distances et les volumes de matériaux transportés. Ce faisant, elle a permis de contracter les délais de réalisation des terrassements et de respecter le planning général de l'opération. □



10- D285 - Dacites fracturées à saines - Répartition des classes mécaniques : R61.

10- D285 - Fractured to healthy dacites - Distribution of mechanical categories: R61.

INTERVENANTS

MAÎTRE D'OUVRAGE : ASF (VINCI Autoroutes)

MAÎTRE D'ŒUVRE : Egis International

GRUPEMENT D'ENTREPRISES : VINCI Construction Terrassement – Dodin Campenon Bernard – GTM TP Lyon – Eurovia GPI – Eurovia Lyon

PRINCIPAUX SOUS-TRAITANTS : Botte Fondations – Cognac TP – Baudin Châteauneuf – Matière – Bonna Sabla – PBM – Gauthier

ABSTRACT

A89 MOTORWAY, INTEGRATED MANAGEMENT ON THE TOARCCh EAST LINEAR SITE NEAR LYON

E. GAUDEMET, VINCI - N. BAUDARD, DODIN CAMPENON BERNARD - O. BINET, VINCI

When section 9 of the A89 motorway, between Balbigny and La Tour de Salvagny, is commissioned at the end of 2012, this will complete the major East-West cross-link Lyon – Clermont Ferrand – Bordeaux. The last linear work section, TOARCCh East, was awarded in October 2009 to the consortium led by VINCI Construction Terrassement, consisting of five subsidiaries of VINCI's Contracting Division having complementary specialist activities: earthworks, structural engineering, consolidation, drainage and pavements. This is a complex linear site 25 km long comprising, in particular, large volumes of earthworks, 51 engineering structures, 19 reservoirs, consolidation work and noise barriers. The difficulty was increased notably by the geological variety of the land encountered, the density of roads and watercourses, the proximity of vineyards, the existence of very-high-voltage lines and very tight scheduling constraints. These works were satisfactorily completed through efficient integrated management, working «within the family». □

AUTOPISTA A89, GESTIÓN INTEGRADA EN LA OBRA LINEAL TOARCCh EST CERCA DE LYON

E. GAUDEMET, VINCI - N. BAUDARD, DODIN CAMPENON BERNARD - O. BINET, VINCI

La puesta en servicio a finales de 2012 de la sección 9 de la autopista A89, situada entre Balbigny y La Tour de Salvagny, culminará el gran enlace transversal Este-Oeste Lyon – Clermont Ferrand – Burdeos. El último lote lineal atribuido, el TOARCCh Est, se confió en octubre de 2009 al consorcio del que VINCI Construction Terrassement es mandatario, constituido por cinco filiales del departamento Contracting de VINCI con especialidades complementarias: movimiento de tierras, estructuras, consolidación, saneamiento y calzadas. Se trata de una compleja obra lineal de 25 km de longitud que incluye, en particular, importantes volúmenes de movimientos de tierras, 51 estructuras, 19 estanques, consolidaciones y pantallas acústicas. La dificultad se incrementa especialmente por la variedad geológica de los terrenos, la densidad de carreteras y ríos, la cercanía de viñedos, la presencia de líneas de muy Alta Tensión y un planning muy ajustado. Una gestión integrada eficaz -en familia- que ha permitido llevar estas obras a buen puerto. □



Il y a ceux qui cherchent leur chemin et ceux qui cherchent pour la route.

Chez Eurovia, une innovation se partage dès sa conception : en équipe au centre de recherche, en partenariat avec des universités et des entreprises. Elle s'enrichit via un réseau de 3500 ingénieurs à travers le monde, avant d'être utile à tous. Et nous partageons cette conviction : il y aura toujours des routes plus sûres et plus intelligentes à inventer.

Eurovia

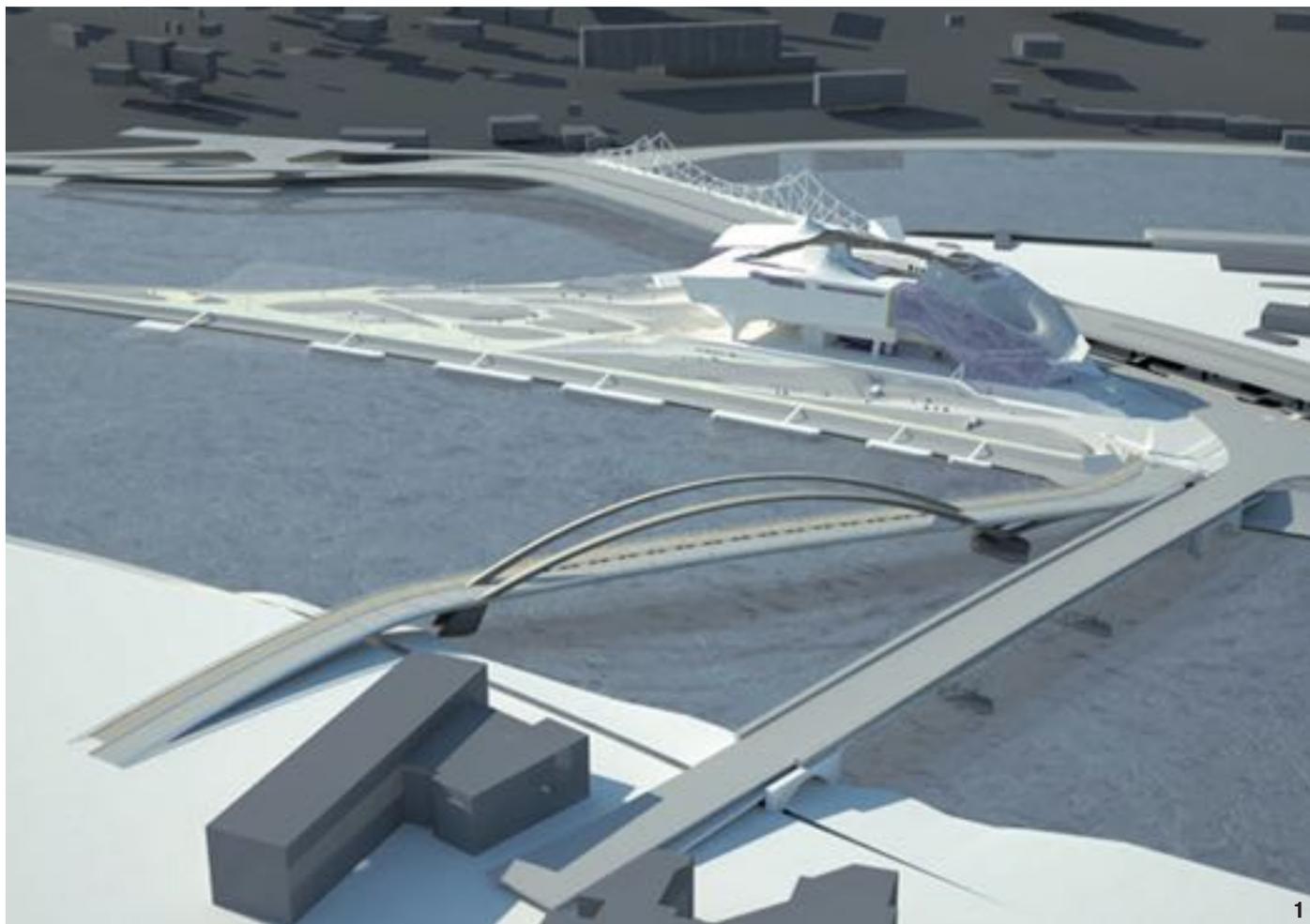
Nous ouvrons la voie aux idées neuves.

Eurovia, 18, place de l'Europe, 92565 Rueil-Malmaison Cedex, France

LE PONT RAYMOND BARRE À LYON

AUTEURS : A. SABOURET, SYTRAL - A. SPIELMANN ARCHITECTE - V. MAUVISSEAU, S. EZRAN & G. VIEL : SETEC TPI - J.-B. AMIOT, J.-Y. SABLON : SETEC ALS

SITUÉ AU SUD DE LYON SUR LE RHÔNE, LÉGÈREMENT EN AMONT DE LA CONFLUENCE AVEC LA SAÔNE, LE NOUVEAU PONT RAYMOND BARRE EST IMPLANTÉ DANS UN SITE EXCEPTIONNEL, ENTRE LA PRESQU'ÎLE RIVE DROITE EN COURS D'URBANISATION ET LE PARC DES BERGES RIVE GAUCHE JOUXTANT LE QUARTIER DE GERLAND ET LA CÉLÈBRE HALLE TONY GARNIER. PLACÉ ENTRE LE FUTUR MUSÉE DES CONFLUENCES EN COURS DE CONSTRUCTION ET LES BUREAUX SANOFI, CET OUVRAGE DESTINÉ AU TRAM T1 ET AUX CIRCULATIONS DOUCES PRÉSENTE UNE TRAVÉE PRINCIPALE DE 150 M DE PORTÉE IMPLANTÉE EN BIAIS PAR RAPPORT À L'AXE DU FLEUVE EN ÉCHO AU PONT FERROVIAIRE MÉTALLIQUE DE LA MULATIÈRE SUR LA SAÔNE. VU DEPUIS LES BERGES ET L'AUTOROUTE A7, CE PONT EN ARC RAYONNANT SE PRÉSENTERA COMME UNE NOUVELLE « PORTE DE LYON » SUR LE RHÔNE (FIGURES 1, 3 & 4).



1

© SPIELMANN

UN OUVRAGE À DOUBLE FONCTIONNALITÉ

La fonctionnalité du pont Raymond Barre est double : le passage du tramway T1 et le passage des circulations douces.

UN PONT POUR LE PASSAGE DU TRAMWAY

La ligne T1 du tramway, ouverte en 2001 entre le campus universitaire de la Doua à Villeurbanne et la gare de Perrache à Lyon, prolongée au sud

1- La confluence.

1- The confluence.

de trois stations en 2005, fait l'objet d'une nouvelle extension au Sud permettant à la fois de desservir le Musée des Confluences et de relier la presqu'île au quartier Gerland et à la ligne B du métro (figure 5).



© SPIELMANN
2

2- Perspective de l'ouvrage.

3- Schéma de principe de la coupe transversale.

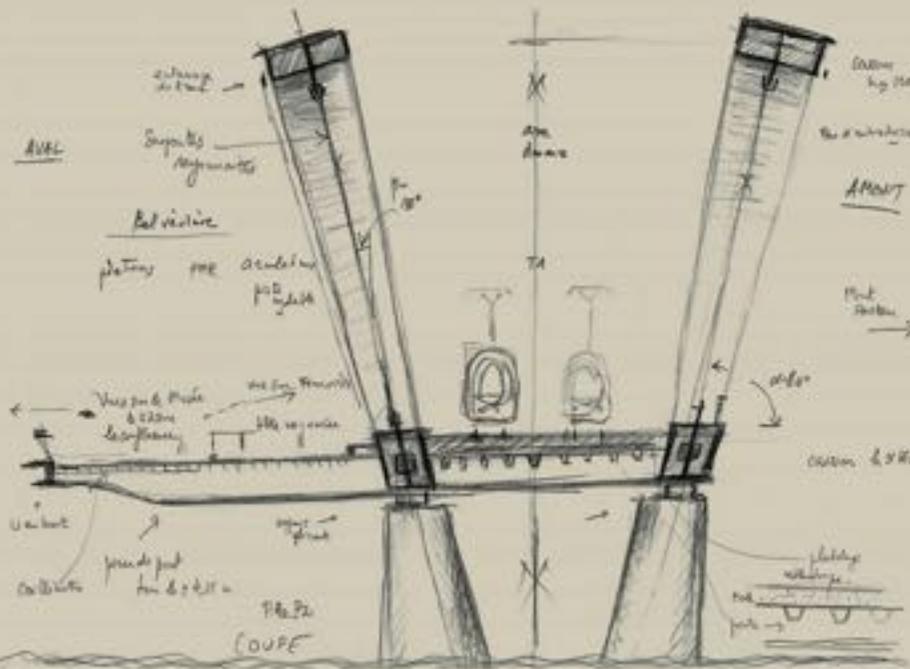
4- Vue générale de l'ouvrage.

2- Perspective view of the structure.

3- Schematic cross section diagram.

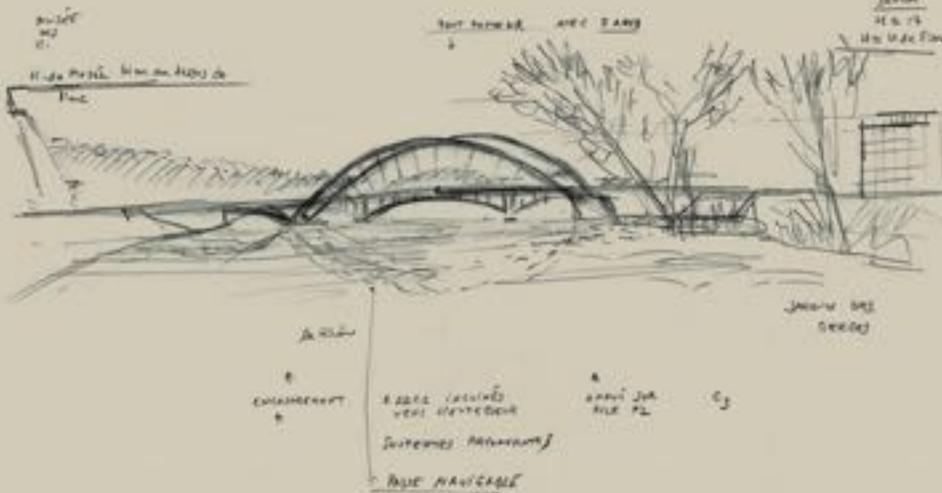
4- General view of the structure.

SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA COUPE TRANSVERSALE



3

VUE GÉNÉRALE DE L'OUVRAGE



4

Ce prolongement très structurant nécessite la réalisation d'un ouvrage de franchissement du Rhône entre les stations Montrochet et Debourg, à proximité de l'actuel pont routier Pasteur. La typologie du site, les contraintes techniques et d'exploitation pour l'insertion du tracé de l'extension de tramway et les risques techniques à intervenir sur le Pont Pasteur, ouvrage à l'histoire tourmentée puisque détruit pendant la 2^e guerre mondiale et reconstruit dans les années 50, justifie la construction d'un nouvel ouvrage, indépendant.

Le pont Raymond Barre permet le franchissement du Rhône par le tramway T1. C'est sa fonctionnalité première. Les contraintes liées à ce fonctionnement ferroviaire particulier sont les suivantes :

→ Raccordement en rive droite sur la station Musée, dans le prolongement des voies existantes, qui courent jusqu'au bord du mur de soutènement du quai haut ;

→ Raccordement en rive gauche dans l'axe de la rue Antoine Perrin, à un niveau permettant de maintenir l'accès au parking Sanofi, un peu à l'aval du musée ;

→ Profil en travers de 7 m de large, avec des axes de voies espacées de 3 m, et un Gabarit Limite d'Obstacle (GLO) de 5,85 m en alignement droit sans poteaux et de 6,95 m en rayon de 25 m (hors dévers).

UN PONT POUR LES CIRCULATIONS DOUCES

Ce pont urbain et moderne, reliant deux quartiers dont de nombreux aménagements ont été pensés pour en faire des lieux de passage, de promenade et de culture importants, intègre une mixité forte avec des circulations douces piétons (dont personnes à mobilité réduite) et cycles. La plateforme piétons/cycles doit s'intégrer avec la plateforme tramway, chacune des zones se délimitant clairement sans pour autant s'isoler. Elle doit présenter une la largeur minimale imposée de 5,50 m (3 m pour les piétons et 2,50 m pour les cycles). La continuité des circulations douces doit être assurée au niveau des berges avec les circuits existants : parvis du Musée, parc des Berges, mais aussi accès aux quais bas sur les deux rives. L'ouvrage permet le raccordement direct aux quais hauts, mais doit permettre également le raccordement aux quais bas. Le projet tient compte des circulations prévues sur les berges. Deux gabarits de 5 m de large par 3,5 m de haut doivent être maintenus sur les berges. ▷

Elles accueillent des circulations douces, permettent d'accéder aux péniches en rive droite et servent des deux côtés d'accès pour les secours. En ce qui concerne la circulation sur le Rhône, le gabarit à respecter est au moins égal à celui du pont Pasteur, à savoir un rectangle de 48,5 m x 6,50 m, calé sur des PHEN à une cote estimée de 163,15 m NGF IGN69. Les appuis en rivière doivent supporter des chocs pour une classe de navigation Vla.

UN PLANNING DE CONCEPTION TENDU

La Maîtrise d'Ouvrage du prolongement de la ligne de tramway T1 de MONTROCHET à DEBOURG est assurée par le SYTRAL (Syndicat Mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise). L'objectif est en service de l'extension de la ligne de tramway au premier trimestre 2014. Les projets candidats au concours de Maîtrise d'Œuvre ont été remis le 15 mars 2010. Le projet lauréat, à savoir celui du groupement Setec TPI - SETEC ALS - A. SPIELMANN ARCHITECTURE a été présenté à la presse le 23 juin 2010. Le planning de l'opération comportait ensuite :

- Production de l'AVP pour octobre 2010,
- Production du PRO pour mars 2011,
- Puis le lancement de la consultation pour les travaux à l'été 2011.

Plusieurs sociétés du Groupe SETEC ont participé à l'élaboration et la mise au point de ce projet :

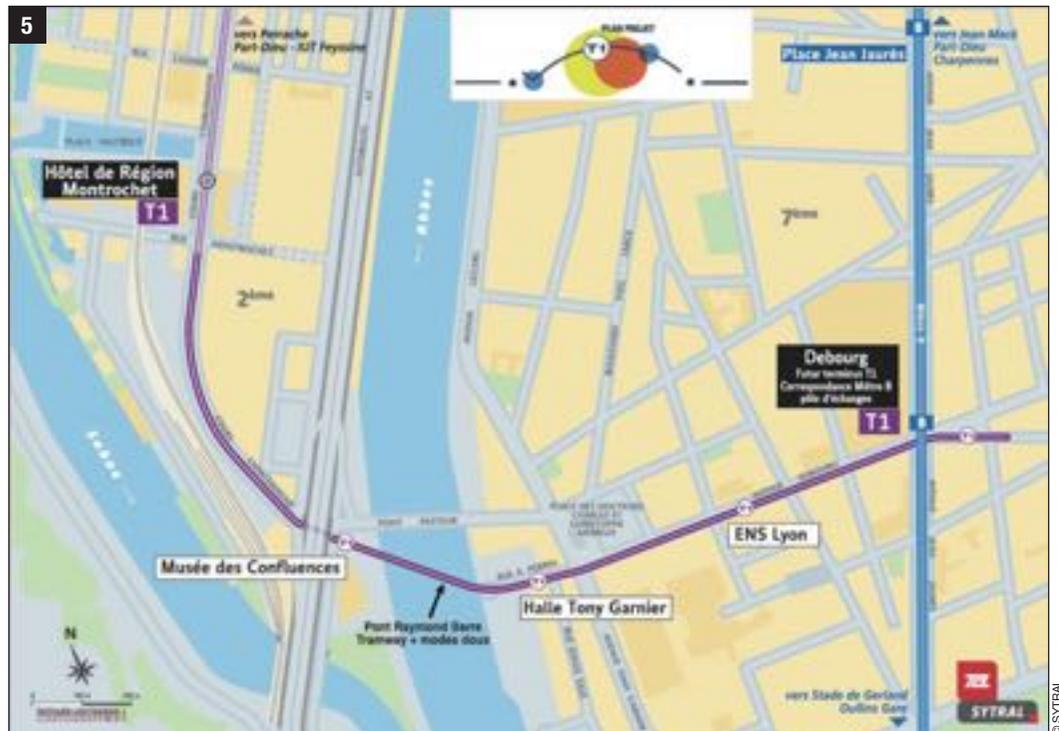
- TERRASOL pour la géotechnique et la définition des fondations,
- HYDRATEC pour l'hydraulique, l'élaboration du Dossier Loi sur l'Eau et la participation au dossier DUP de l'ensemble de la ligne,
- ITS pour l'éclairage avec l'élaboration d'un marché spécifique.

Les sujets environnementaux et hydrauliques sont très sensibles. Aussi, l'élaboration du dossier loi sur l'Eau a débuté dès l'avant projet et l'arrêté a été pris en Décembre 2011.

Le dimensionnement du tablier a été effectué à l'aide d'un Modèle Pythagore, avec prise en compte du phasage et des effets du second ordre ; il intègre les études au vent turbulent et les études de confort sous les piétons.

Les travaux de construction de l'ouvrage ont été attribués fin 2011 au Groupement BOUYGUES TP REGIONS France / MATIERE SAS / ZWAHLEN & MAYR SA.

Les travaux d'éclairage sont en cours de consultation.



5- Prolongement de la ligne T1 du tramway.

6- Portées entre appuis et coupe longitudinale.

5- Extension of the T1 tramway line.

6- Span lengths between supports and longitudinal section.

LA GENÈSE DE CONCEPTION

Le pont en arc, à la fois typologie très ancienne de structure (le pont Pasteur fait partie de cette famille) et très moderne avec l'emploi de matériaux performants et de structures optimisées, nous est rapidement apparu la solution la mieux adaptée au franchissement, capable de s'insérer harmonieusement avec le pont Pasteur.

Les différentes typologies de pont en arc étaient les suivantes, en fonction du nombre d'appuis :

→ Une structure similaire à celle du pont Pasteur : nous avons pris délibérément le parti de nous démarquer du pont Pasteur,

→ Disposer un seul appui en rivière, dans l'axe d'un des appuis du pont Pasteur, c'est notre choix car l'arc (de 20 m au dessus du tablier) reste relativement discret par rapport au Musée des Confluences (dont la hauteur maximale est d'environ 40 m) ; en choisissant l'appui en rivière côté rive droite, on cale l'arc dans l'alignement droit du tracé en plan, et le sommet de

PORTÉES ENTRE APPUIS :

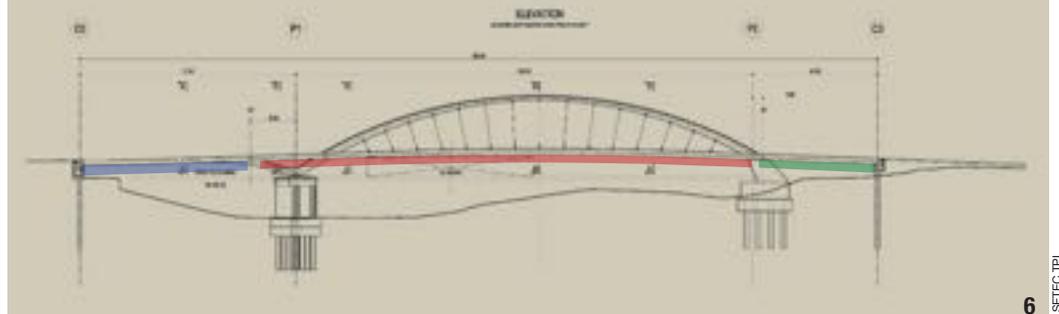
• « EXTÉRIEURS » (FONDATIONS DANS LE TERRAIN)

C0 ← 72,3 m → P1 ← 152,2 m → P2 ← 38,2 m → C3

• « INTERNES » SÉPARANT LES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS DE STRUCTURE

C0 ← 50,8 m → JD RD ← 171,8 m → P2 (JD RG) ← 36,9 m → C3

COUPE LONGITUDINALE



l'arc est confondu avec le sommet de la parabole du profil en long, ce qui rend l'ensemble harmonieux et équilibré,
 → Supprimer l'ensemble des appuis en rivière, mais un arc de 240 m de portée présente les inconvénients suivants :

- l'arc de 35 m de haut devient très massif par rapport à son environnement, notamment le Musée des Confluences,
- les appuis sur berges deviennent importants et contredisent l'objectif de légèreté sur les berges fixé par le programme ; de plus, ils posent un problème d'interface en rive droite avec des fondations contiguës à celles du pont Pasteur, dont les efforts perturbent le fonctionnement de la culée existante conservée lors de la reconstruction du pont Pasteur,
- le tablier accroché à l'arc doit être en courbe aux deux bouts, ce qui rend problématique le fonctionnement et nécessite d'élargir le tablier.

Nous avons fait le choix d'un matériau acier prédominant dans la conception de l'ouvrage, notamment pour ses qualités esthétiques et de légèreté en adéquation avec les contraintes fixées par le présent concours.

En ce qui concerne le profil en travers, nous avons voulu que l'espace réservé aux circulations douces tende à être un belvédère donnant sur le fleuve,

mais aussi sur les ouvrages majeurs environnants que sont le Musée des Confluences et le Parc des Berges belvédère (figure 2). Le biais du tracé permet de tourner l'ouvrage vers ces deux éléments majeurs. Il a été donc été retenu assez rapidement l'idée de mettre l'ensemble de la plateforme piétons/cycles côté aval. Ce belvédère de 5,50 m s'élargit de 2 à 3 m sur une longueur de 66 m pour constituer la « place nautique ».

7- Coupe fonctionnelle.
8- Coupe transversale courante au droit des arcs.

7- Functional cross section.
8- Standard cross section at the level of the arches.

L'OUVRAGE PROJETÉ

La longueur totale de l'ouvrage est de 264 m.

L'ouvrage est scindé en quatre types de structures en acier, chacune adaptée pour sa travée de franchissement.

→ Il y a un premier franchissement en travée isostatique depuis la culée C0 jusqu'à la partie en alignement droit en plan, de portée 51 m.

→ Cette poutre se repose sur un appui en bordure d'une zone en acier triangulé, formant l'appui P1, encastré à sa

base, et encastré dans le franchissement suivant, et ce sur 27,4 m.

→ La troisième structure mise en œuvre est constituée d'un tablier et de deux arcs inclinés vers les extérieurs de 10° par rapport à la verticale, fonctionnant en arc auto-ancré, encastré dans l'appui sur P1 et simplement posé sur P2, avec une longueur de 140 m entre enracinement des arcs dans le tablier.

→ Le dernier franchissement se fait de manière isostatique, le tablier s'appuyant sur la pile en béton P2 et sur la culée C3, sur une portée de 37 m. Portées entre appuis (figure 6).

Le tablier est régulier dans sa constitution longitudinale : les éléments porteurs sont deux caissons en acier à âmes inclinées de hauteur constante, un latéral et l'autre sensiblement central, encadrant la plateforme tramway. Le tablier est décliné sur cette base selon deux types :

→ Caissons de rive reliés par un caisson fermé à dalle orthotrope sur les travées de rive courbe, raidis par des diaphragmes régulièrement espacés de 4 m ; la hauteur des caissons est de 1,80 m sur la rive droite et de 1,50 m sur la rive gauche. Ce type de structure est également décliné au niveau de la zone triangulée.

→ Caissons de rive de 1,50 m de haut reliés par des entretoises en PRS à hauteur constante régulièrement espacées de 4 m, elles-mêmes supportant un platelage métallique orthotrope, sur la partie centrale (travée bowstring).

Un encorbellement latéral côté aval et donc côté Musée supporte les circulations des modes doux (piétons et cycles). Il est constitué de consoles en acier en PRS de hauteur variable venant s'encastrer dans le caisson aval et supportant des longerons.

Ces derniers sont les appuis de :

→ Un caillebotis supportant une forte charge, puis un revêtement bois au droit de la place nautique ;

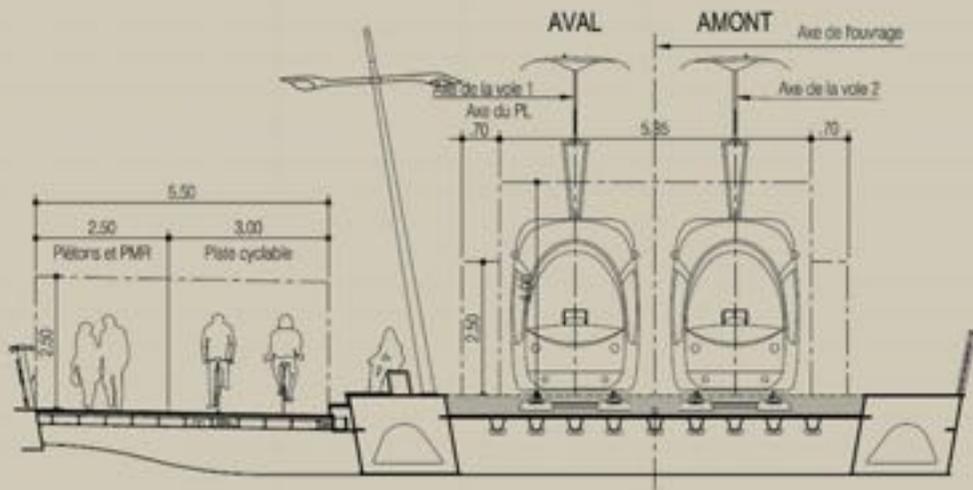
→ Une tôle revêtue d'enrobé en dehors de la place.

Ainsi, le profil en travers présente une forme asymétrique (figures 7 et 8).

Dans le franchissement en arc auto-ancré, les caissons latéraux constituent le tirant (les poussées de l'arc sont reprises par les caissons en traction, plutôt qu'en poussée dans les fondations). Les arcs sont des caissons parallélépipédiques en acier à dimensions et à épaisseurs variables. Des suspentes inclinées en acier relient les poutres latérales aux caissons des arcs.

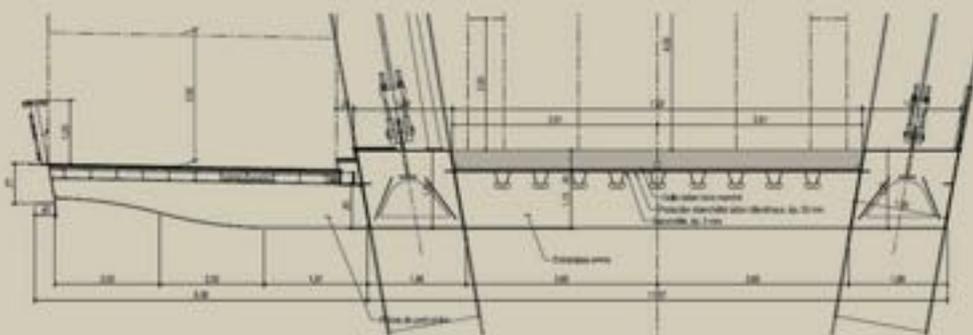
Les arcs sont inclinés à 10° par rapport à la verticale, vers l'extérieur du tablier. ▷

COUPE FONCTIONNELLE

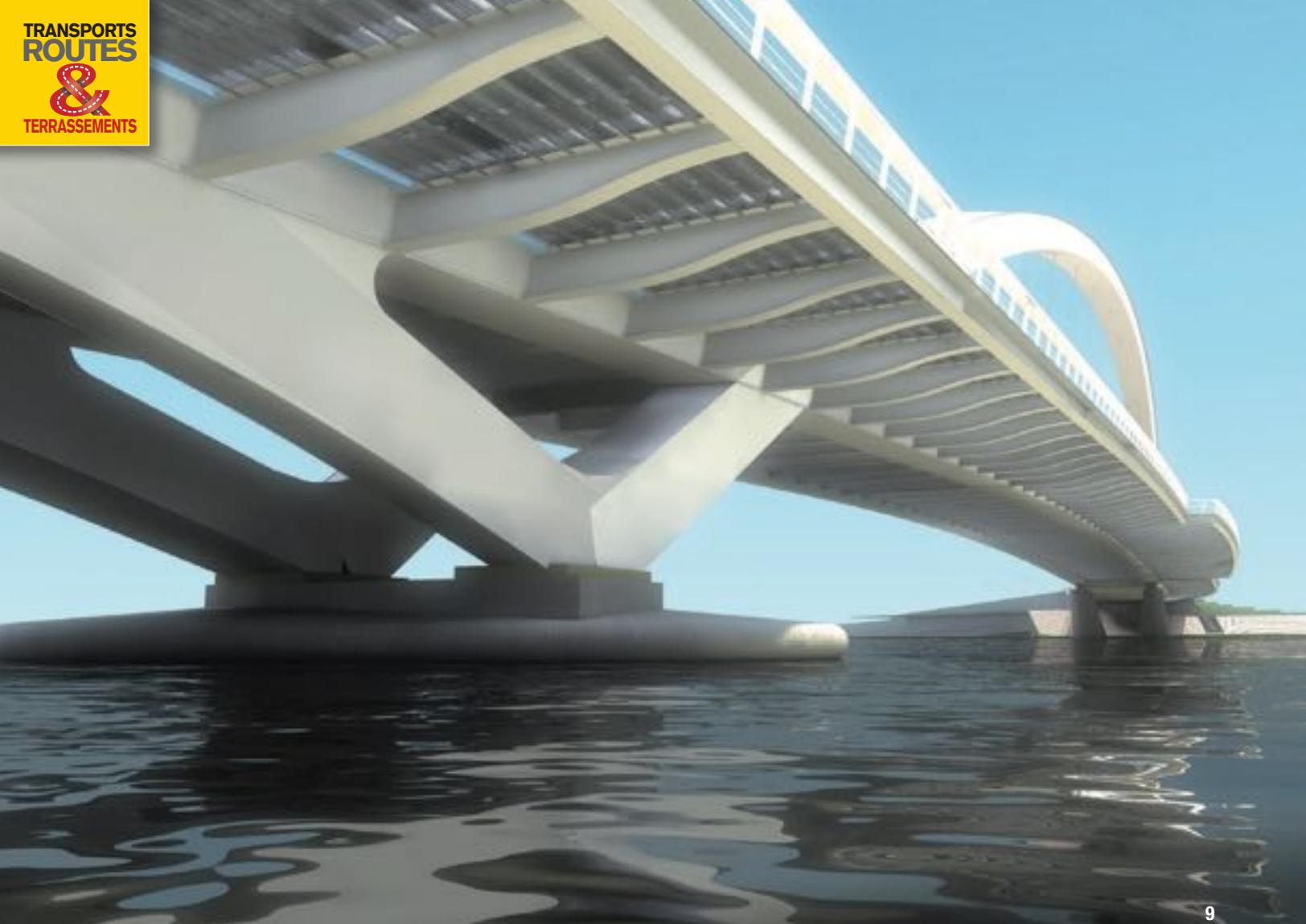


7

COUPE TRANSVERSALE COURANTE AU DROIT DES ARCS



8



9

© SPIELMANN

Les arcs ont une section qui optimise la répartition de matière vis-à-vis de l'intensité des efforts :

Le caisson démarre par des dimensions en hauteur largeur de 2,5 x 1,8 m à la naissance de l'arc, pour varier linéairement jusqu'à la flèche de l'arc où il atteint des dimensions de 1,15 x 2,5 m. Les épaisseurs de tôles varient entre 20 mm et 70 mm.

Les arcs ont une forme en coupe longitudinale qui suit un rayon de courbure de 140 m.

La hauteur maximale à la flèche est de 25,95 m jusqu'aux PHEN et de

17,50 m par rapport au tablier (à l'axe de symétrie de l'arc). En coupe transversale, les arcs ont une inclinaison constante de 10° par rapport à un plan vertical passant par l'axe de la voie de tramway. Les deux arcs se font face, évoquant une ouverture en ailes de papillon.

L'acier choisi pour les arcs est un acier à haute limite élastique S460.

La zone triangulée dans laquelle les arcs sont encastrés est dimensionnée comme une pièce particulière (figures 9 et 10). Les moments de flexion sont repris par un clouage par

9- Sous-face du tablier et zone triangulée.

10- Perspective sur l'ancrage de la zone triangulée sur la pile.

11- Pile P1.

9- Deck underside and triangulated area.

10- Perspective view of anchoring of the triangulated area on the pier.

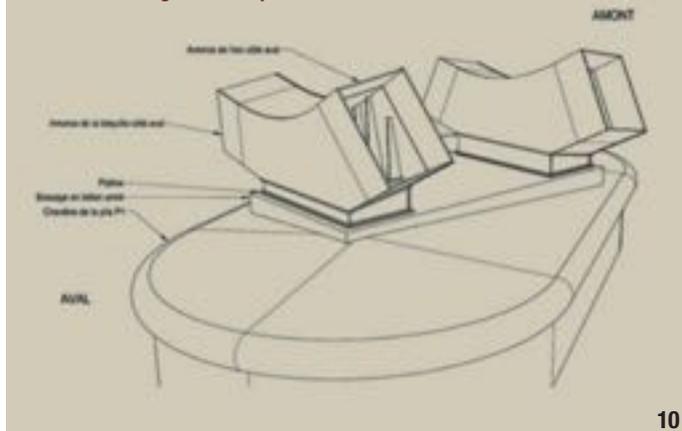
11- Pier P1.

barres de précontrainte sur la pile P1.

Les suspentes sont disposées régulièrement tous les 8 m en accroche sur les caissons du tablier. Leur accroche sur les arcs est déterminée pour permettre que les suspentes présentent une forme rayonnante avec un centre du rayon de courbure situé au fond du lit du fleuve (identique à celui de l'arc). Les suspentes sont constituées de câbles de diamètre 75 mm côté aval et 55 mm côté amont. Les longueurs des suspentes varient de 4,2 m à 15,9 m.

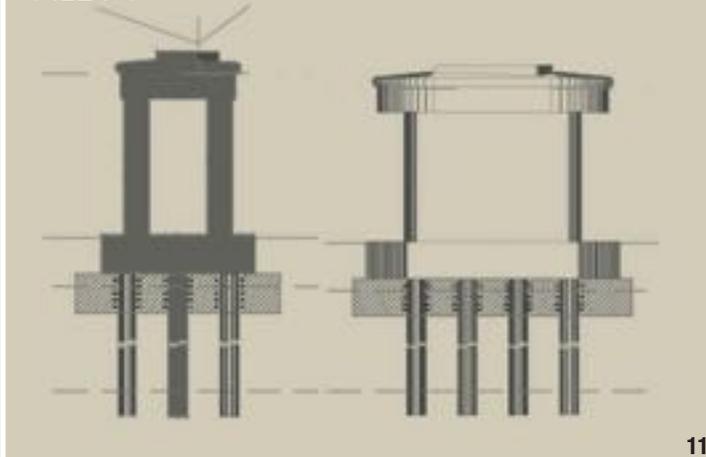
Les appuis, culées et piles, sont fondés sur pieux.

PERSPECTIVE SUR L'ANCRAGE de la zone triangulée sur la pile



10

PILE P1



11

FIGURES 10 & 11 © SETECT/PI



12
© SPIELMANN

13
© SPIELMANN

La pile P1 (figure 11) se situe dans le creux du lit du fleuve. Elle est constituée de :

→ Une semelle supportée par 13 pieux forés de 1,50 m de diamètre et de 18 m de long. La base des pieux est calée à la cote +129,00 NGF.

→ Un fût constitué de deux voiles parallèles à l'écoulement du Rhône, de 2 mètres d'épaisseur et de 14 mètres de longueur.

→ Un couronnement en béton plein de 3,15 mètres de haut, sur lequel sont réalisés les encastresments des caissons métalliques reliés au tablier. Ce couronnement est calé au niveau +164,00 NGF pour assurer une mise hors d'eau du dispositif d'encastrement par rapport aux PHEN (+163,15 NGF), ainsi qu'au niveau de la crue décennale. La forme des voiles de la pile et du cou-

ronnement a été étudiée de manière à assurer qu'aucune perturbation de courant suffisante n'est créée pouvant gêner la navigation ni l'intégrité du pont Pasteur.

La pile P2 (figure 12) se situe proche du quai du parc des Berges. Elle est constituée de :

→ Deux fûts elliptiques inclinés longi-

12- Pile P2 et tablier.

13- Éclairage fonctionnel du tablier.

12- Pier P2 and deck.

13- Deck functional lighting.

tudinalement vers le centre du pont, et transversalement suivant les 10° des arcs. Les chapeaux des fûts servent à accueillir les appareils d'appuis de l'arc auto-ancré et de la travée de rive gauche isostatique ;

→ Deux embases intermédiaires sous chacun des deux fûts, de 2 mètres de haut, avec des dimensions en plan variant de 10,45 x 5,8 à 12,30 x 5,8, servant à répartir les efforts apportés par les fûts sur la semelle ;

→ Une semelle de 13,4 m x 2,5 m x 16,2 m, supportée par 12 pieux forés de 1,20 m de diamètre et 23 m de long. La base des pieux est calée à la cote +134,00 NGF.

L'ÉCLAIRAGE

L'éclairage fonctionnel de l'ouvrage est assuré par des mâts placés sur le

tablier dans l'épaisseur de l'arc aval. Les mâts ont une hauteur de l'ordre de 6,60 m ; ils suivent l'inclinaison de l'arc aval (figure 13).

Les mâts sont équipés de pointes lumineuses en LEDs.

L'éclairage esthétique de l'ouvrage s'effectue à 3 niveaux :

→ **Éclairage des piles** : La face extérieure des piles (côté aval) est éclairée de haut en bas par des projecteurs positionnés en sous face du tablier

→ **Éclairage des garde-corps** : La face extérieure du garde-corps aval (filets du garde-corps + main courante) est éclairée tout le long de l'ouvrage par une ligne discontinue d'appareils à LED

→ **Éclairage des arcs** : La totalité de la surface extérieure de l'ouvrage est illuminée par des appareils à LEDs installés directement sur les arcs. □

ABSTRACT

RAYMOND BARRE BRIDGE IN LYON

A. SABOURET, SYTRAL - A. SPIELMANN ARCHITECTE - V. MAUVISSEAU, S. EZRAN & G. VIEL : SETEC TPI - J.-B. AMIOT, J.-Y. SABLON : SETEC ALS

Situated south of Lyon on the Rhone River, slightly upstream of the confluence with the Saone, the new Raymond Barre Bridge is located in an exceptional site, between the right-bank peninsula undergoing urbanisation and the park on the edges of the left bank adjacent to the Gerland district and the famous Tony Garnier hall. Placed between the future «confluences» museum undergoing construction and the offices of Sanofi, this structure, intended for tram t1 and «soft traffic», has a main span 150 metres long slanting relative to the river axis, imitating the steel railway bridge of La Mulatière over the Saone. Viewed from the river edges and the A7 motorway, this radiating arch bridge will appear as a new «gate of Lyon» on the Rhone. □

EL PUENTE RAYMOND BARRE EN LYON

A. SABOURET, SYTRAL - A. SPIELMANN ARCHITECTE - V. MAUVISSEAU, S. EZRAN & G. VIEL : SETEC TPI - J.-B. AMIOT, J.-Y. SABLON : SETEC ALS

Situado al Sur de Lyon sobre el Ródano, ligeramente aguas arriba de la confluencia con el Saona, el nuevo puente Raymond Barre se encuentra en un emplazamiento excepcional, entre la península de la orilla derecha que está en fase de urbanización y el Parque des Berges de la orilla izquierda adyacente al barrio de Gerland y el famoso Halle Tony Garnier. Ubicada entre el futuro museo de las confluencias, actualmente en construcción, y las oficinas Sanofi, esta estructura destinada al tranvía t1 y a las circulaciones a baja velocidad presenta un tramo principal de 150 m de luz implantado oblicuamente respecto al eje del río, haciendo eco al puente ferroviario metálico de la Mulatière sobre el Saona. Visto desde Les Berges y la autopista A7, este puente de arco radiante se presentará como una nueva «puerta de Lyon» sobre el Ródano. □



CONFORTEMENT PAR PIEUX D'UN REMBLAI AUTOROUTIER

AUTEUR : GUILHEM TEULADE, ARCADIS ESG, AGENCE DE TOULOUSE

L'AUTOROUTE DE GASCOGNE A65 EST EN SERVICE DEPUIS DÉCEMBRE 2010, MOINS DE 4 ANS APRÈS LE DÉMARRAGE DES ÉTUDES DE CONCEPTION. CETTE LIAISON MAJEURE ENTRE LANGON ET PAU EST LA PREMIÈRE INFRASTRUCTURE CONSTRUITE SELON LE GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT. MALGRÉ DES CONDITIONS CLIMATIQUES PÉNALISANTES EN PHASE DE TRAVAUX ET DE FORTES CONTRAINTES ENVIRONNEMENTALES, LE CONSTRUCTEUR EIFFAGE A REMPORTÉ AVEC SUCCÈS LE DÉFI DE RESPECT DES DÉLAIS, ASSURANT AINSI L'ACCESSIBILITÉ AUX PAYS DE MONT-DE-MARSAN ET DU GERS, TOUT EN DÉVELOPPANT L'ACCESSIBILITÉ AUX STATIONS DE SKI DES HAUTES-PYRÉNÉES.

Parmi les nombreux déblais et remblais de l'autoroute (près de 17,5 millions de m³ de mouvement de terre), certains ouvrages en terre ont nécessité des adaptations en phase de travaux afin de respecter les conditions de qualité et de sécurité inhérentes à une telle infrastructure. À ce titre, le contexte géotechnique du remblai R123 a exigé son confortement par une série de pieux profonds instrumentés à la suite du glissement de son

sol d'assise. À travers cet article, vous pourrez suivre le cheminement qui a conduit à la mise en place du confortement, au travers des résultats du suivi topographique de l'ouvrage.

CONTEXTE GÉNÉRAL

L'A65 recoupe des reliefs peu marqués, notamment dans la partie Nord où les paysages monotones des Landes sont recoupés sur plus de 40 km en profil rasant.

1- Le remblai R123 pendant les travaux de réalisation des drains verticaux et des pieux à la tarière creuse.

1- The R123 embankment during the work of execution of vertical drains and piles by hollow auger.

À son extrémité Sud, l'A65 traverse les coteaux du Béarn constitués par des argiles plastiques à lentilles sableuses et graveleuses datées du Pliocène, reposant sur un substratum molassique de l'Oligo-Miocène. Ces matériaux sont issus du démantèlement des Pyrénées. Le remblai R123 sur le TOARC 6 est caractéristique des ouvrages établis sur ces reliefs de coteaux argileux. Situé à mi-versant d'un coteau peu pentu (10 à 12° de pente transversale), ce remblai

assure l'attaque d'un déblai profond de près de 500 000 m³.

Le fond du talweg est comblé par une retenue collinaire. Sur un linéaire de près de 200 la hauteur du remblai est de l'ordre de 8 m à l'axe et peut atteindre 10 à 12 m en bordure aval de chaussée. Son assise est constituée par les argiles du Pliocène inférieur à très rares passées grossières et lentilles ligneuses. Le régime hydrogéologique de ce versant est principalement gouverné par les horizons supérieurs du coteau, coiffé par des formations grossières et aquifères, dont la base sub-horizontale est marquée par une série de sources. En partie basse du versant, dans la zone d'assise du remblai R123, l'hydrogéologie est caractérisée par les ruissellements de surface ou sub-surface au sein de la faible épaisseur de colluvions, mais aussi par l'eau piégée dans les lentilles grossières aquifères du Pliocène inférieur.

DESCRIPTION DES ÉVÉNEMENTS

En juin 2009, les travaux débutent par l'installation de l'instrumentation et la préparation de l'assise du remblai. Cette instrumentation est mise en place dans le cadre du suivi des grands ouvrages en terre de l'A65 qui comprend, en règle générale des inclinomètres et des cibles topographiques, couplés à des cellules de pression interstitielle et des tassomètres pour les plus hauts remblais. Dans le cas du remblai R123, l'instrumentation initiale a comporté la pose de 6 inclinomètres profonds, 3 profilomètres, des capteurs de pression interstitielle et 4 piézomètres. Dès les premières phases de remblaiement – la hauteur du remblai atteint alors 2 à 3 m – un déplacement horizontal de plus de 3 cm est décelé à 12 m de profondeur. Les terrassements se poursuivent alors avec prudence, avec mesure systématique de

l'ensemble du dispositif d'auscultation entre chaque passe (voir figure 2).

Ce suivi confirme la tendance des déplacements : chaque passe de remblaiement entraîne un déplacement. En août, plus de la moitié des inclinomètres ont été cisailés.

2- Suivi des déformations jusqu'au déclenchement du glissement et stabilisation après déchargement.

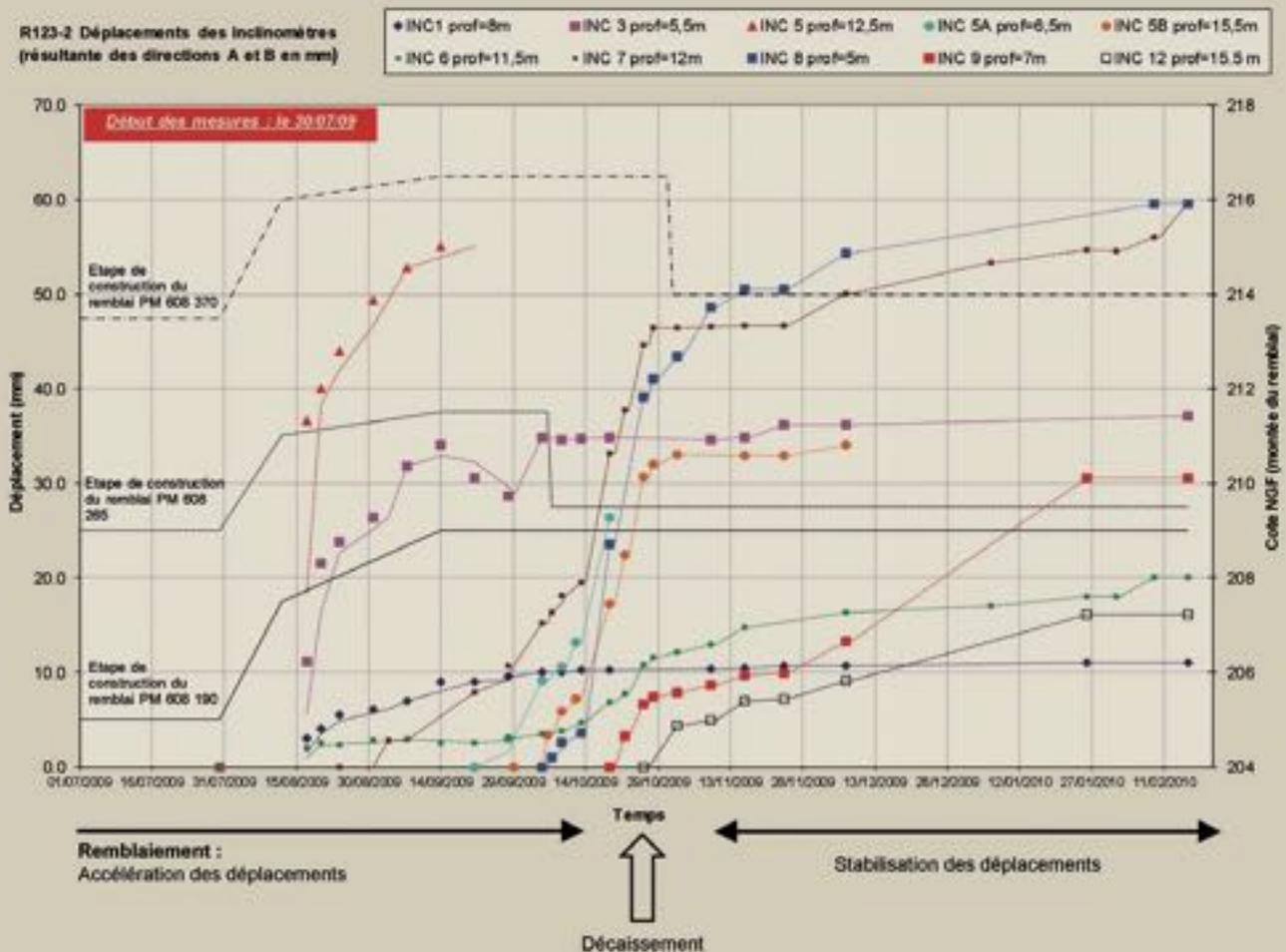
2- Strain monitoring until the onset of the landslide and stabilisation after load removal.

Un nouveau programme d'instrumentation est défini en septembre 2009 pour compléter le dispositif en place. 9 inclinomètres supplémentaires sont installés en octobre et confirment la poursuite des déplacements. La géométrie de la surface de rupture est alors clairement identifiée. Après une phase d'accélération notable des déplacements (de l'ordre de 4 à 5 cm), il est décidé de décaisser la demi-chaussée aval de remblai jusqu'au terrain naturel, en enlevant près de 8 000 m³ de matériaux. Ce décaissement est efficace : en novembre 2009, les déplacements tendent à se stabiliser : leur vitesse moyenne est inférieure à 1 mm par semaine, contre 5 à 8 mm par semaine avant décaissement.

Une campagne de reconnaissance géotechnique complémentaire est menée afin de préciser les caractéristiques mécaniques des sols d'assise en vue du dimensionnement d'une solution de ▷

SUIVI DES DÉFORMATIONS

jusqu'au déclenchement du glissement et stabilisation après déchargement



confortement qui apparaît désormais indispensable pour la poursuite des travaux.

Les confortements débutent mi-novembre 2009 et dureront 4 mois.

Début mai 2010, les travaux de remblaiement reprennent pour s'achever à la fin du mois. Le remblaiement est méthodique et son phasage assujéti aux résultats des mesures inclinométriques, qui doivent rester en deçà des seuils.

Les couches de forme et les chaussées sont mises en œuvre en août et octobre 2010, après stabilisation des déplacements et l'autoroute est mise en service en décembre.

ANALYSE DES DÉPLACEMENTS

L'intérêt de l'auscultation a été multiple : à court terme, elle a assuré le contrôle du comportement de l'ouvrage ; après la rupture, elle a permis de caractériser la cinématique des déplacements et d'en comprendre l'origine, assurant ainsi une conception d'une solution palliative adaptée aux conditions géotechniques.

Encore une fois, l'intérêt de l'auscultation a été démontré sur le remblai R123, le dispositif ayant permis d'identifier la présence d'un glissement et ses caractéristiques géométriques :

- Géométrie de la surface de rupture,
- Linéaire affecté par le glissement,
- Cinématique du glissement.

La définition de la cinématique du glissement est essentielle pour le choix et le dimensionnement de la solution de confortement. Dans le cas du remblai R123, les mesures inclinométriques ont mis en évidence le glissement plan d'un ensemble monolithique (voir figure 4) en mouvement sur une surface à faible pendage, de l'ordre de quelques degrés en aval du remblai (voir figure 3).

Le volume total de la masse en mouvement est évalué à près de 200 000 m³. Ce glissement se caractérise également par un amortissement des déformations sous la demi-chaussée amont de l'ouvrage. Il est intéressant de noter qu'avec un mouvement global d'une dizaine de centimètres, les déplacements ont été observés par les biais des inclinomètres : aucune fissure ne pouvant être repérée dans un versant constitué de matériaux meubles.

CHOIX DU CONFORTEMENT

Le modèle géologique et les conditions de rupture ayant été identifiées, de nombreuses solutions de confortement ont été envisagées : colonnes

ballastées, lignes de pieux avec ou sans tirants, inclusions type jet grouting ou profilés, éperons drainants et frottants profonds...

Le choix du confortement était principalement contraint par le planning : l'objectif de réalisation des couches de forme étant Octobre 2010, les travaux de confortement et remblaiement devaient être conduits en 9 mois (octobre 2009 à août 2010). En outre, le mouvement des terres devait impérativement emprunter le remblai pendant les travaux de confortement.

Dans ces conditions, le choix d'un confortement par pieux forés à la tarière creuse et armés d'un tube en acier épais répondait aux exigences du chantier : la forte section des pieux permet de limiter le nombre d'inclusion et la technique de la tarière creuse assure des rendements élevés. Enfin, l'utilisation des tubes évite le façonnage des cages d'armatures ; cette solution présente également l'avantage de répondre rapidement à l'urgence de

stabilisation des déplacements, les tubes en acier pouvant être sollicités par le terrain dès leur réalisation et ainsi assurer la butée du glissement.

En définitive, le confortement a consisté en la mise en œuvre de 3 lignes de pieux de 24 m de longueur, 820 mm de diamètre, armés de tube de 500 mm de diamètre et de 11 mm d'épaisseur. Les pieux sont espacés de 2,4 m (environ 3 diamètres). Les trois lignes de pieux comportaient de l'amont vers l'aval respectivement 30, 60 et 120 pieux. 6 pieux ont été équipés d'inclinomètres. Le drainage de l'assise du remblai

par une maille serrée de drains verticaux de 12 m de profondeur permet de s'affranchir des délais de consolidation. Ce drainage est appliqué à l'ensemble du remblai autoroutier.

ÉTUDES DES CONDITIONS DE STABILITÉ DU REMBLAI ET DIMENSIONNEMENT DE LA SOLUTION DE CONFORTEMENT

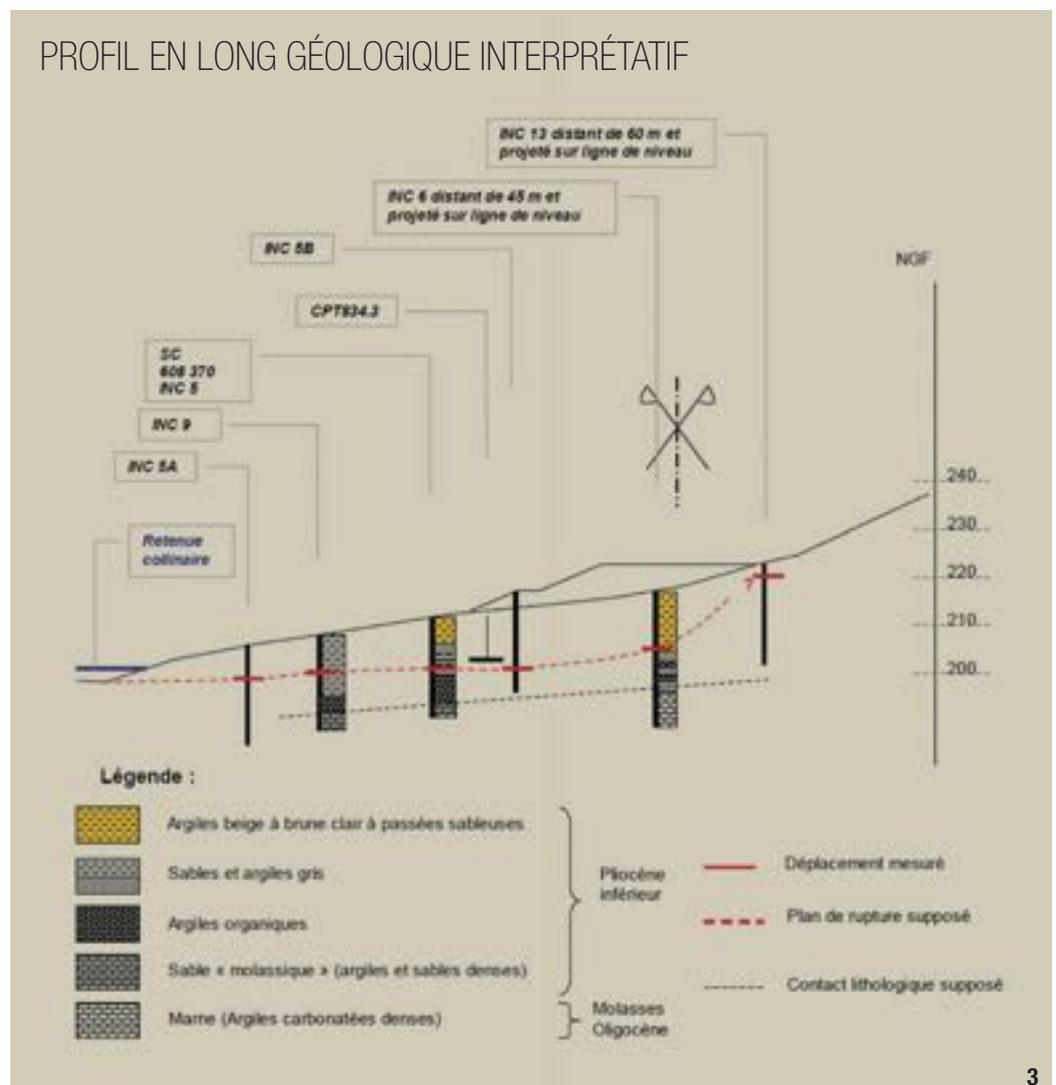
MODÈLE GÉOLOGIQUE

Le modèle géotechnique du versant a encore gagné en précision à la suite des reconnaissances complémentaires (sondages pressiométriques Ménard descendus à 30 m de profondeur sondages carottés, essais phicométriques et essais en laboratoire) : le glissement s'étend sur près de 250 m de longueur, sa profondeur est de l'ordre de 6 à 12 m pour une largeur de près de 100 m.

L'interprétation des essais pressiométriques Ménard conduit aux caractéristiques moyennes suivantes :

3- Profil en long géologique interprétatif.

3- Interpretative longitudinal geological profile.



MESURES INCLINOMÉTRIQUES

après la première phase de remblaiement (avant confortement)



4

→ Masse glissée : $p_i^* = 0,7$ MPa
et $E_M = 8$ MPa ;

→ Substratum : $p_i^* = 1,6$ MPa
et $E_M = 15$ MPa.

Les formations glissées sont des argiles moyennement plastiques de type A2.

MÉTHODES DE CALCUL

3 méthodes de calculs ont été utilisées pour le dimensionnement de la solution de confortement :

→ Méthode développée par Delmas et al. (1986),

→ Méthode CLOUTERRE,

→ Méthode aux éléments finis (modélisée avec le logiciel PLAXIS).

La mise en œuvre de ces 3 méthodes nécessite le recours préalable à des

4- Mesures inclinométriques après la première phase de remblaiement (avant confortement).

4- Clinometric measurements after the first phase of back-filling (before consolidation).

études de stabilité menées à l'aide du logiciel TALREN 4 afin de déterminer les paramètres de résistance au cisaillement sur la surface de glissement par une analyse à rebours.

ANALYSE À REBOURS DE LA STABILITÉ DU VERSANT ET DÉTERMINATION DE LA RELATION ENTRE COEFFICIENT DE SÉCURITÉ ET EFFORT RÉSIDANT

Des analyses à rebours sont menées sur l'état de stabilité du versant (voir figure 5). La surface de rupture principale ayant été identifiée par les mesures inclinométriques, l'inconnue porte sur les caractéristiques de résis-

tance au cisaillement sur la surface de glissement. Elles sont approchées en admettant les hypothèses préalables suivantes :

- 1) Lors de la rupture, la stabilité du versant est caractérisée par un coefficient de sécurité F_s proche de 1 ;
- 2) Il n'existe qu'un seul plan de rupture ;
- 3) Le niveau de la nappe est proche du terrain naturel.

Dans ces conditions, les calculs de stabilité conduisent au jeu de paramètres de résistance suivants :

$$\phi_R' = 15^\circ / c_R' = 0 \text{ kPa.}$$

Il s'agit de caractéristiques résiduelles que le sol acquiert après avoir été soumis à des grandes déformations.

Sur la base de ces hypothèses, plusieurs calculs sont menés en appliquant un effort résistant croissant à la masse glissée. Ces modélisations permettent d'établir la relation qui lie le coefficient de sécurité global à l'effort résistant additionnel apporté par le confortement : $R_{cis} = f(F_s)$, et ainsi dimensionner les pieux en fonction du coefficient de sécurité choisi.

Pour fixer les ordres de grandeur, l'obtention d'un coefficient de sécurité de 1,2 conduit à appliquer une force résistante de l'ordre de 1 000 kN par mètre linéaire de versant, à comparer avec le poids de tranche de terrain à conforter, de l'ordre de 2 000 kN par mètre linéaire de versant.

MÉTHODE DÉVELOPPÉE PAR DELMAS ET AL. (1986)

Cette méthode s'appuie sur la relation entre la déformation et les efforts de flexion et de cisaillement générés dans le pieu. La méthode, développée par Delmas et al. (1986), et rapportée dans le Guide Technique du SETRA – « Stabilisation des glissements de terrains » comporte 3 étapes :

1- Définition des déplacements maximaux du sol δ , compatibles avec la résistance des pieux ; dans le cadre de cette étude, δ est compris dans la fourchette 0 – 0,5 m.

2- Détermination des efforts de cisaillement et de flexion engendrés dans le pieu du fait du déplacement du sol δ (en tenant compte de la réponse élasto-plastique du sol) par résolution de l'équation différentielle :

$$EI \frac{d^4 y}{dz^4} = E_s [y(z) g(z)]$$

où E et I sont le module et l'inertie du pieu, E_s est le module du sol et y et g sont respectivement les déplacements du pieu et du sol en l'absence de pieu. ▷

Cette étape est modélisée sous le logiciel ROBOT : les sollicitations dans les pieux sont évaluées pour plusieurs valeurs de déplacement du sol.

Les essais pressiométriques ont permis de définir les courbes de réaction entre la pression latérale sur le pieu et le déplacement relatif du système sol/pieu. Ce paramètre est essentiel pour dimensionner les inclusions afin qu'elles ne découpent pas le terrain lorsque celui-ci est en butée sur le pieu.

3- Calcul de l'équilibre du volume de sol de type TALREN, compte tenu des efforts de réaction de pieu déterminés à l'étape précédente.

Au droit du profil de calcul le plus défavorable, l'application de cette méthode conduit, pour un gain de sécurité de 20% (Fs évoluant de 1,0 à 1,2), à appliquer un effort de cisaillement résistant additionnel de l'ordre de 1 000 kN par mètre linéaire de versant soit de 830 kN par pieu compte tenu du maillage adopté (voir paragraphe précédent). Cette sollicitation est atteinte pour un déplacement horizontal théorique du sol autour du pieu de l'ordre de 15 cm.

MÉTHODE CLOUTERRE

La méthode CLOUTERRE consiste à prendre en compte les pieux par leur action à l'intersection avec la surface de rupture, décomposée en un effort de cisaillement T_c et un effort axial T_n (ce dernier étant négligeable dans le cas d'un glissement plan).

L'interaction sol/pieu se limite donc à l'étude multi-critères limitée ici l'analyse du critère de réaction de type élasto-plastique exprimée selon les notations usuelles :

$$T_c = p_l \cdot e_p \frac{B \cdot L_0}{2} \quad \text{et} \quad L_0 = \left(\frac{4 \cdot E_i}{E_s} \right)^{\frac{1}{4}}$$

faisant intervenir la pression limite du sol et les caractéristiques du pieu. Cette formule suppose que le sol devant le pieu ne peut plastifier qu'autour de l'intersection du pieu avec la surface de glissement.

Selon cette méthode, l'effort critique mobilisable pour un pieu est de l'ordre de 950 kN, limitée par la résistance de l'inclusion.

MÉTHODE AUX ÉLÉMENTS FINIS (PLAXIS)

Cette méthode permet, par un modèle aux éléments finis d'estimer les efforts et les déformations dans les pieux ainsi que les déplacements associés en surface. Elle permet de prendre en compte la géométrie des ouvrages, la topographie du terrain, la stratigraphie, les lois de comportement des sols et

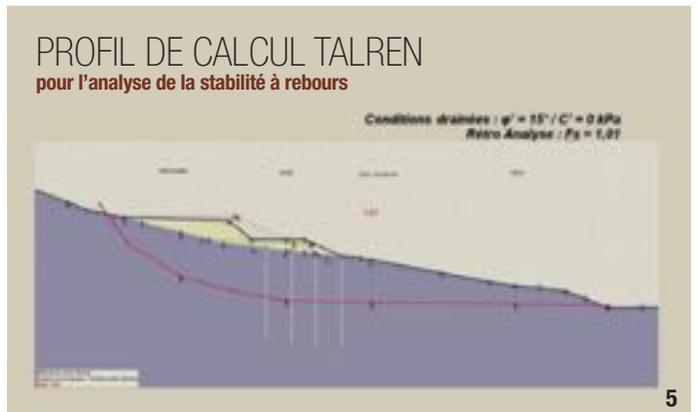
le phasage de mise en place des charges, et surtout l'interaction sol-pieux (voir figure 6).

Cette méthode conduit à un effort tranchant dans les pieux de l'ordre de 550 kN et un déplacement de l'ordre de 10 cm.

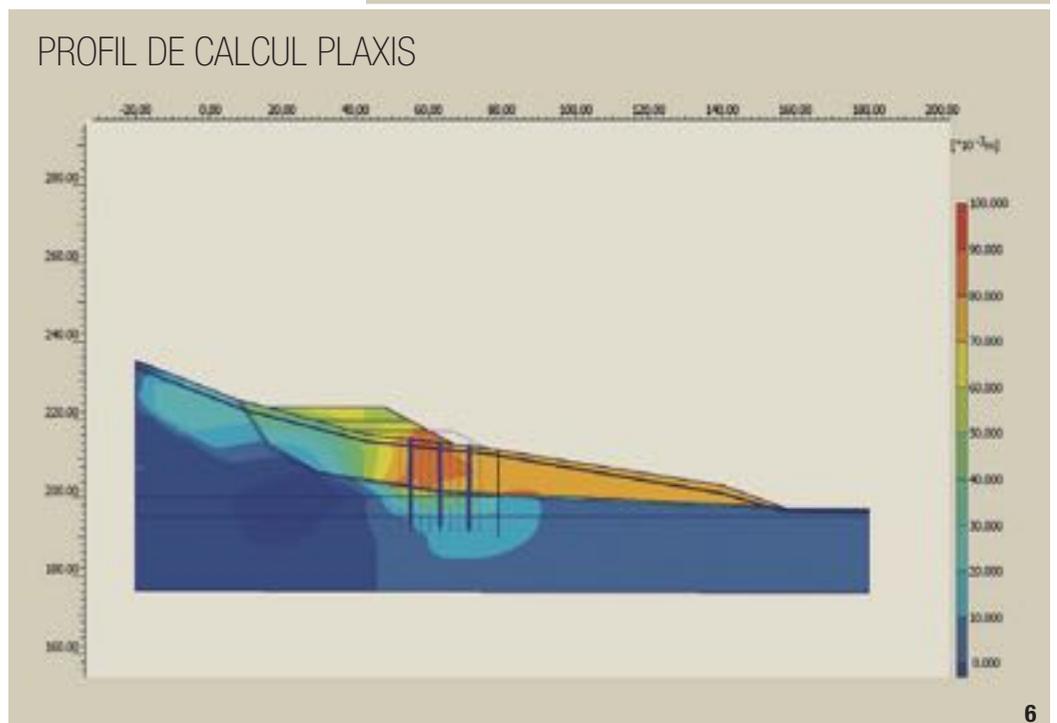
COMPARAISON DES DIFFÉRENTES APPROCHES

Ces 3 approches ont conduit à des résultats efforts tranchant dans le pieu/

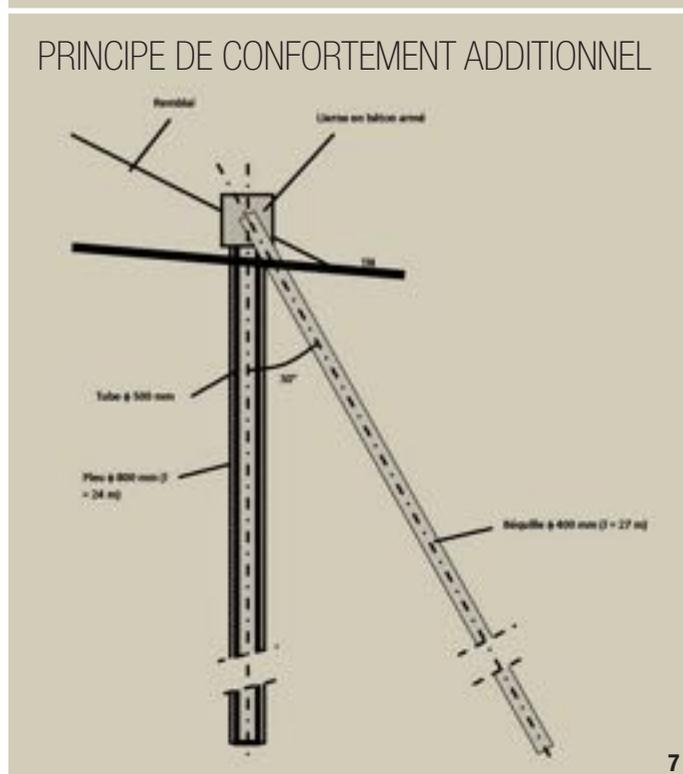
PROFIL DE CALCUL TALREN
pour l'analyse de la stabilité à rebours



PROFIL DE CALCUL PLAXIS



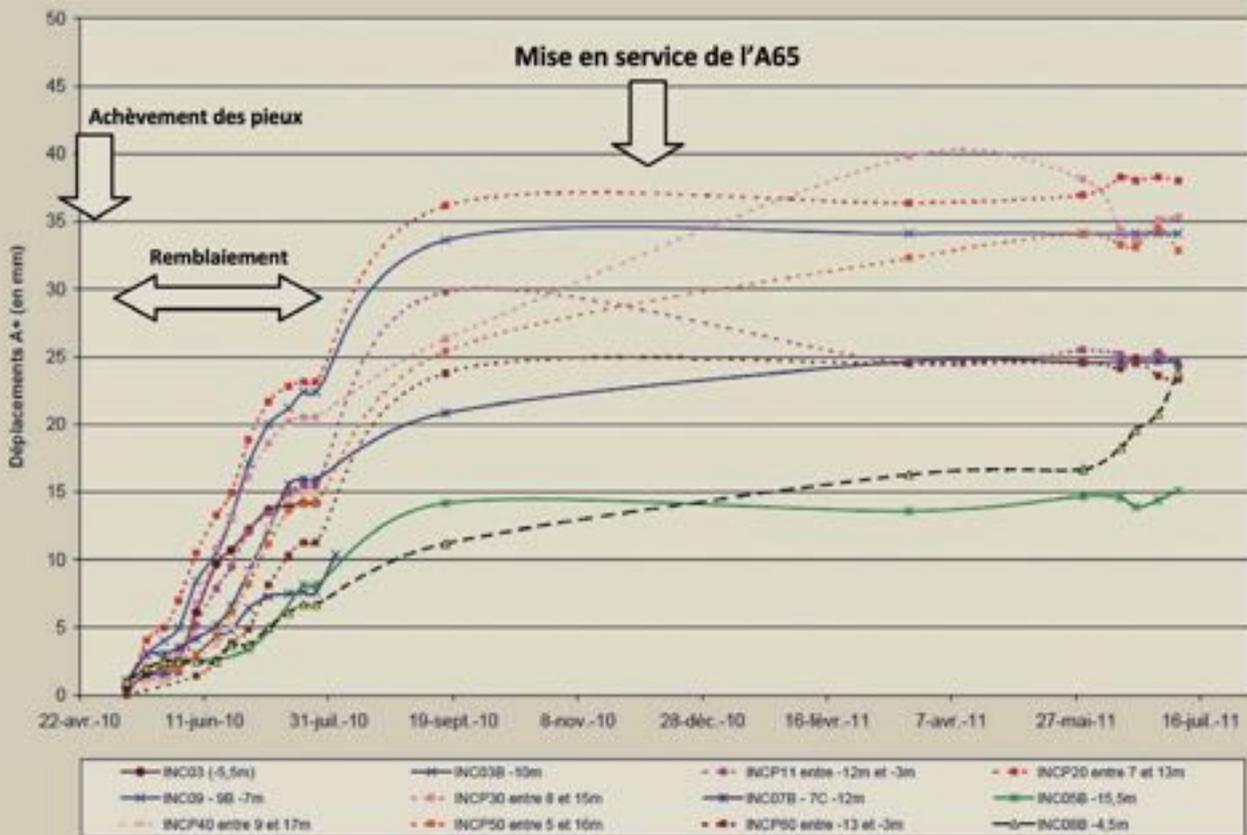
PRINCIPE DE CONFORTEMENT ADDITIONNEL



5- Profil de calcul Talren pour l'analyse de la stabilité à rebours.
6- Profil de calcul PLAXIS.
7- Principe de confortement additionnel.

5- Talren calculation profile for back analysis of stability.
6- PLAXIS calculation profile.
7- Additional consolidation schematic.

MESURES INCLINOMÉTRIQUES DES DÉPLACEMENTS selon la direction A+ entre mai 2010 et juillet 2011



8



9

8- Mesures inclinométriques des déplacements selon la direction A+ entre mai 2010 et juillet 2011.

9- Tarière creuse pour le forage des pieux.

8- Clinometric measurements of displacements in the A+ direction between May 2010 and July 2011.

9- Hollow auger for pile drilling.

déplacements du pieu différents mais qui restent cohérents :

Setra : $\delta_h = 15 \text{ cm}/T_{\text{pieu}} = 830 \text{ kN}$.

Clouterre : $T_{\text{pieu}} = 950 \text{ kN}$.

Plaxis : $\delta_h = 10 \text{ cm}/T_{\text{pieu}} = 550 \text{ kN}$.

Le dimensionnement a été choisi en adoptant l'enveloppe de ces trois résultats.

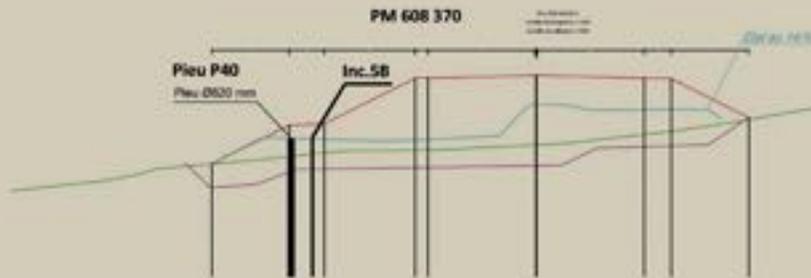
APPLICATION DE LA MÉTHODE DE CONCEPTION INTERACTIVE

Pour réduire les risques de non-respect des délais, rendus inconfortables par cet événement, l'application de la conception interactive a permis de poursuivre les travaux en ayant anticipé au préalable une adaptation éventuelle en cas de déformation excessive du remblai conforté par les pieux.

Les déformations excessives sont définies au préalable par des seuils d'alerte et d'alarme, et sont intégrés dans une procédure qui détaille les conditions de reprise des travaux en fonction du dépassement ou non des valeurs seuil. Le confortement additionnel envisagé consistait à mettre en œuvre une « béquille » (micropieu de gros diamètre, voir figure 7) inclinée vers la pente et encastrée dans la première ligne de pieux au moyen d'une lierne en béton armé. La mise en œuvre de cette parade n'a heureusement pas été nécessaire.

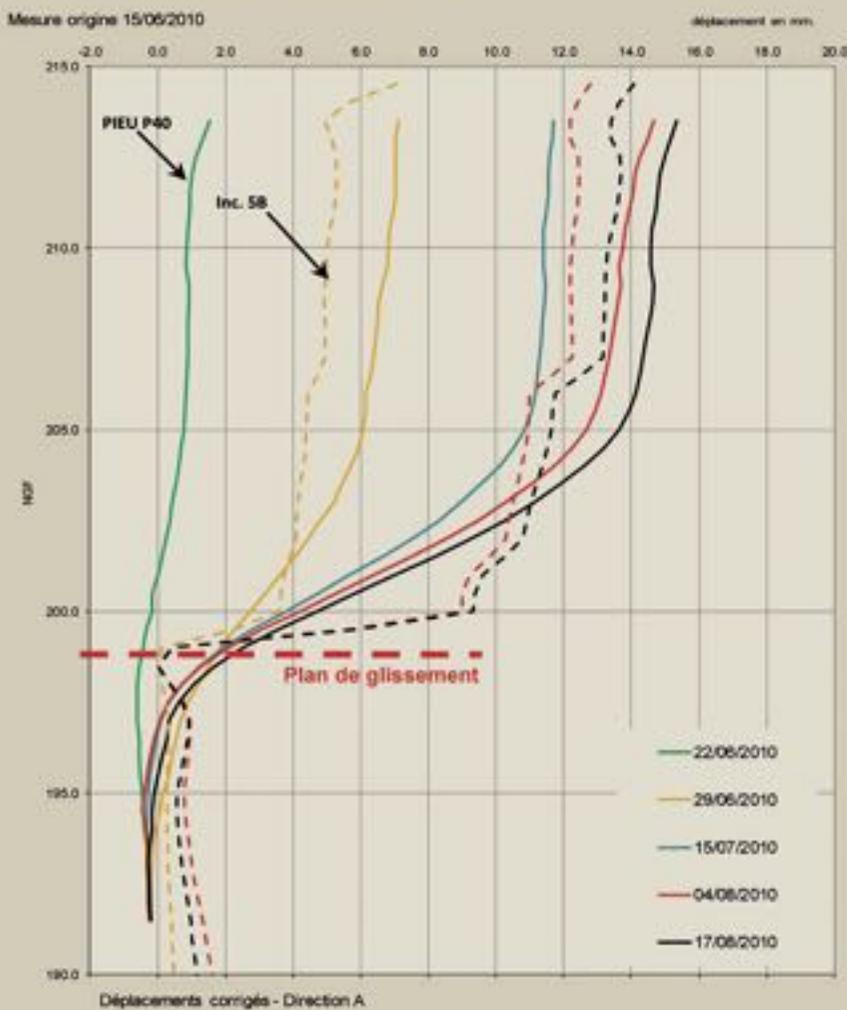
MESURES INCLINOMÉTRIQUES APRÈS RÉALISATION DES PIEUX

Comparaison entre déplacement horizontal du sol (en traits pointillés) et du pieu (en traits pleins) mesurés les mêmes jours (couleurs équivalentes)



SITE : R123-2 PM 608 370 Projet : A65 Section Sud - Commune de Viven
Comparaison inclinomètres :

Trait pointillé : inclinomètre installé dans le terrain
Trait plein : inclinomètre installé dans le pieu P40



10

10- Mesures inclinométriques après réalisation des pieux. Comparaison entre déplacement horizontal du sol (en traits pointillés) et du pieu (en traits pleins) mesurés les mêmes jours (couleurs équivalentes).

10- Clinometric measurements after pile execution. Comparison between horizontal displacement of the soil (discontinuous line) and the pile (solid line) measured on the same days (equivalent colours).

2011 confirment la stabilisation des déplacements à partir de septembre 2010 : avec un déplacement total maximal de près de 4 cm au droit du profil le plus défavorable.

A posteriori, l'analyse de données inclinométriques conduisent aux conclusions suivantes (voir illustration avec la figure 10) :

→ Cinématique du glissement :

L'allure des déformées des pieux et du sol est conforme aux modélisations aux éléments fins (Robot et Plaxis) : le pieu tend à retrouver sa position verticale en se rapprochant de la surface, où il bute le sol vers l'aval. En revanche, le pieu s'oppose au glissement autour de la surface de rupture, où le déplacement du sol est nettement plus important que celui du pieu (voir figure 10).

Avant réalisation des pieux, le glissement est une parfaite translation : les déplacements du sol sont constants sur la hauteur de la masse glissée. Après réalisation des pieux, on constate que les inclusions modifient peu la cinématique du glissement à proximité du pieu : le déplacement demeure principalement une translation, mais une légère composante en distorsion s'intègre au déplacement du sol, qui tend à épouser celui du pieu. Cela peut s'expliquer par l'uniformité de la masse glissée et sa relative rigidité ; l'effort de réaction entre le pieu et le terrain se concentre donc autour du plan de rupture (tel que défini dans la méthode Clouterre).

POURSUITE DES TRAVAUX ET ANALYSE DES RÉSULTATS

Début mai 2010, après achèvement des 3 lignes de pieux et des drains verticaux, les travaux de remblaiement redémarrent. Le mode opératoire impose la prise de mesures de déplacement à chaque passe de ter-

rassement : ces données sont alors analysées et comparées aux seuils de vigilance et d'alerte pour délivrer la levée du point d'arrêt de reprise des terrassements.

Les travaux se poursuivent jusqu'au mois d'août où sont mises en œuvre les couches de forme : les déformations

totales mesurées sont alors de l'ordre de 10 à 35 mm (vitesse de déplacement de l'ordre de 2 à 3 mm/semaine - voir figure 8).

Après mise en œuvre des couches de forme, les déformations se stabilisent à partir de septembre 2010. Les mesures complémentaires menées durant l'été

→ Validation du modèle de conception :

Les déformations mesurées sont de 2 à 3 fois inférieures à celles estimées par les calculs. Ce phénomène est en partie lié au fait que le dimensionnement est mené en recherchant un coefficient de sécurité global de l'ordre de 1,2 à 1,3 pour lequel correspondrait un effort de cisaillement résistant équivalent à un déplacement de l'ordre de 15 cm.

Il est admis que les déplacements se stabilisent dès que le coefficient de sécurité global dépasse 1. Dans le cas du remblai R123, les déplacements mesurés, compris entre 2 et 5 cm selon les inclusions, témoignent de la faible sollicitation des pieux, de l'ordre de 100 kN. Pour cette valeur d'effort tranchant, la relation $R_{\text{cis}} = f(F_s)$ conduit à un coefficient de sécurité global juste supérieur à 1, confirmant le gain de sécurité sur la stabilité de l'ouvrage, compte tenu de la sécurité sur la sollicitation des pieux.

CONCLUSION

L'instrumentation installée sur le remblai R123 a permis de détecter des déplacements anormaux dès le début des travaux et d'en analyser le comportement sous la charge du remblai. La campagne de reconnaissance et l'instrumentation complémentaire mis en œuvre ont alors conduit à adapter le modèle géologique du versant, en vue de définir et concevoir un confortement adapté au mécanisme de glissement. L'efficacité de ce confortement a été vérifiée par la suite par un suivi métho-

dique des déplacements du terrain et des pieux pendant les travaux de remblaiement, mais également à postériori, plus d'un an après la mise en service de l'autoroute, en décembre 2010 : au total, les déplacements horizontaux maximaux mesurés sont de l'ordre de 5 cm, selon une vitesse maximale de 3 mm par semaine.

En outre, le suivi des déformations a permis de valider le modèle de conception et a confirmé le caractère volontairement sécuritaire de la méthode vis-à-vis de la mobilisation des pieux. □

[Références bibliographiques]

G. SEVE, P. POUGET (1998), Stabilisation des Glissements de terrain, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées.

R. FRANCK, P. POUGET (2008), Experimental pile subjected to long duration thrusts owing to a moving slope, Géotechnique 58, No. 8, pp. 645-658.

G. SEVE, R. FRANCK, H. ZERVOGIANNIS, J.C. BERCHE, P. PAPON (1996), Étude expérimentale de la stabilisation d'un glissement de terrain par des pieux de gros diamètre, Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées - 204 - Juillet-Août 1996 - Réf 4074 - pp. 53-64.

NF P 94-282 (2009) - Calcul géotechnique - Ouvrages de soutènement - Écrans.

Recommandations Clouterre 1991 (1991) - Presses de l'École Nationale des Pont et Chaussées.

11- Remblai R123 après travaux.

11- Embankment R123 after works.



11

PRINCIPAUX CHIFFRES

HAUTEUR MAXIMALE DU REMBLAI : 12 m

LONGUEUR DU REMBLAI : 250 m

MATÉRIAUX TRAITÉS À LA CHAUX : 80 000 m³

CAMPAGNE DE RECONNAISSANCE GÉOTECHNIQUE : 7 sondages carottés, 12 sondages au pénétromètre dynamique, 30 sondages au pénétromètre statique, 6 sondages pressiométriques, 2 sondages phicométriques, 4 piézomètres

VOLUME DE LA MASSE GLISSÉE : 200 000 m³

LINÉAIRE AUTOROUTIER AFFECTÉ PAR LE GLISSEMENT : 250 m

PROFONDEUR DU GLISSEMENT : 6 à 12 m sous le terrain naturel

INSTRUMENTATION : 20 inclinomètres de 15 à 25 m de profondeur (dont 6 installés dans les pieux), 6 cellules de pression interstitielles et 3 profilomètres

200 PIEUX FORÉS à la tarière et armés d'un tube métallique 500, diamètre de forage 820 mm

3 000 DRAINS VERTICAUX : Environ 3 000 unités (12 m de profondeur)

DURÉE DES TRAVAUX DE CONFORTEMENT : 4 mois

INTERVENANTS

SOCIÉTÉ CONCESSIONNAIRE (MAÎTRE D'OUVRAGE) :
A'LIENOR – Autoroute de Gascogne (EIFFAGE 65% - SANEF 35%)

CONSTRUCTION : GIE A65 (EIFFAGE TRAVAUX PUBLICS, APPIA, EIFFEL, EIFFAGE CONSTRUCTION et FORCLUM)

CONCEPTION : GIE A65 appuyé par le groupement d'Ingénierie INGEROP (mandataire), ARCADIS et COTEBA ainsi que SANEF et EGIS

EXPLOITATION : SANEF

ABSTRACT

CONSOLIDATION OF A MOTORWAY EMBANKMENT WITH PILES

G. TEULADE, ARCADIS ESG

On the clayey hillsides of the Béarn region, performance of work on the A65 was disrupted by a fracture of the foundation soil of embankment R123 at a depth of around 12 m. Faced with this unforeseen event, occurring less than one year before placing the capping layers, the contractor Eiffage successfully met the ambitious challenge of consolidating the entire structure by a permanent solution, perfectly adapted to this large-scale phenomenon. The role of the instrumentation installed prior to the works was essential throughout the works, and afterwards, by confirming the stabilisation of displacements of the embankment previously consolidated by more than 200 deep piles, while confirming the safe structural design of the solution. □

CONSOLIDACIÓN MEDIANTE PILOTES DE UN TERRAPLENADO DE UNA AUTOPISTA

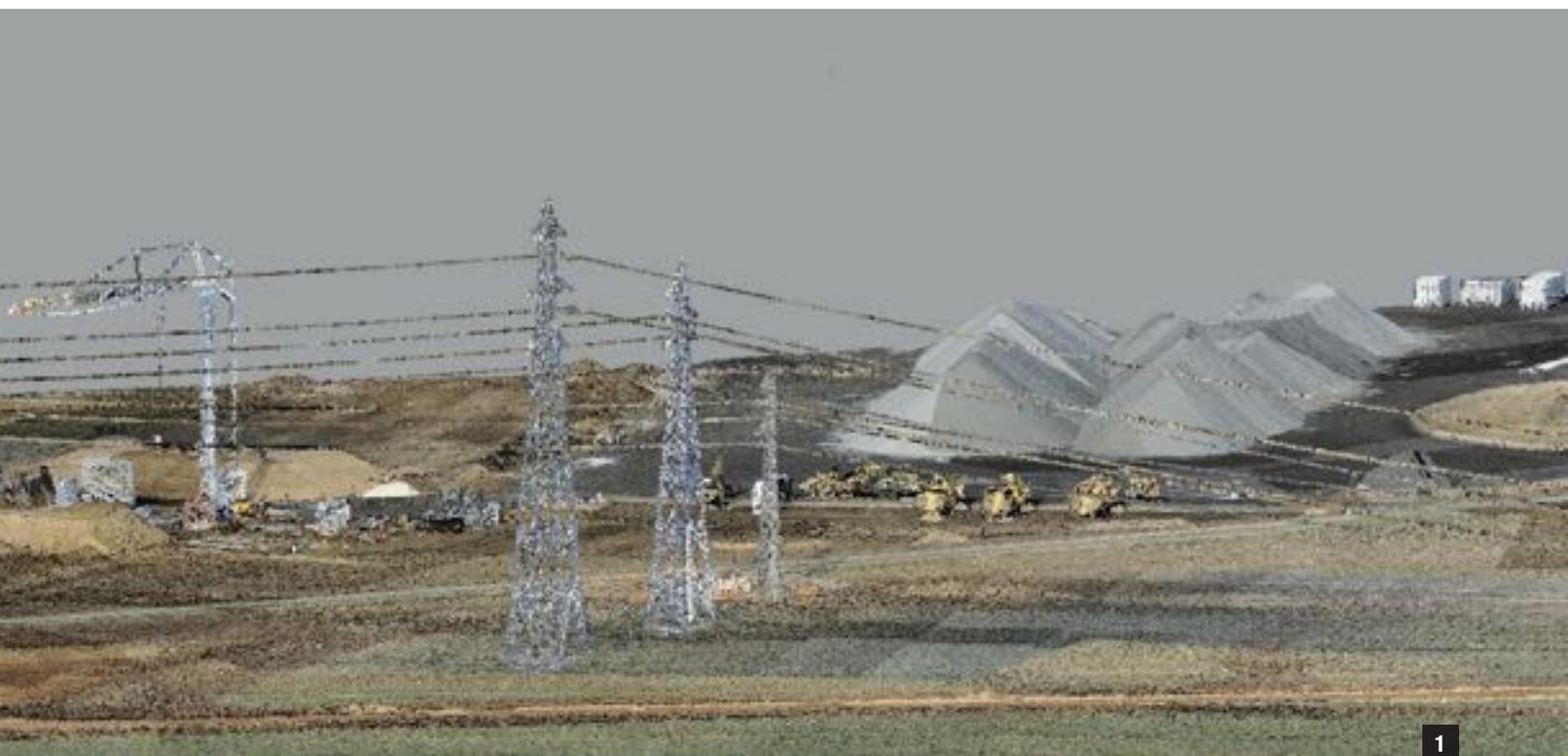
G. TEULADE, ARCADIS ESG

En las laderas arcillosas del Béarn, el desarrollo de las obras de la A65 resultó alterado por la rotura del subrasante del terraplenado R123 a unos 12 m de profundidad. Frente a este imprevisto, que surgió menos de un año antes de la realización de las capas de forma, se adjudicó al constructor Eiffage el ambicioso reto de consolidar el conjunto de la obra mediante una solución permanente y perfectamente adaptada a este fenómeno de gran amplitud. La instrumentación implantada antes de la ejecución desempeñó un papel primordial a lo largo de la obra y posteriormente, al confirmar la estabilización de los desplazamientos del terraplenado previamente consolidado por medio de más de 200 pilotes profundos, confirmando al mismo tiempo el dimensionamiento seguro de la solución. □

RELEVÉS TOPOGRAPHIQUES HAUTE RÉOLUTION PAR LASER HÉLIPORTÉ

AUTEUR : RICHARD VUITTON, DIRECTEUR DES OPÉRATIONS ATLAS 3D

LIDAR (LIGHT DETECTION AND RANGING) EST UNE TECHNOLOGIE DE TÉLÉDÉTECTION OU DE MESURE OPTIQUE BASÉE SUR L'ANALYSE DES PROPRIÉTÉS D'UNE LUMIÈRE LASER RENVOYÉE VERS SON ÉMETTEUR. LE SECTEUR ROUTIER EST DE PLUS EN PLUS DEMANDEUR DE CE TYPE DE DONNÉES CAR ELLES OFFRENT UNE POLYVALENCE POUR DE NOMBREUSES APPLICATIONS.



1

© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

AVANT-PROPOS

Atlas 3D - Acquisition Traitement LAser Scanner 3Dimensions - est une société de services, offrant des solutions globales innovantes, pour l'acquisition et le post-traitement de données topographiques en vue d'études, de mesures et de contrôles de sites d'intérêt.

La spécificité de cette structure, composée aujourd'hui d'une dizaine de personnes, réside dans la maîtrise des processus, le développement et le perfectionnement des technologies de pointe, depuis l'instrumentation

jusqu'au traitement et l'analyse de données (scanner dynamique hélicopté - LiDAR¹, scanner statique, scanner dynamique terrestre - Mobile Mapping²).

Au service des **grands projets d'infrastructures linéaires**, et pour répondre à un besoin croissant en terme de qualité, de baisse des coûts opérationnels et de délais très courts de rendus, Atlas 3D propose des outils adaptés à toutes les phases et toutes les précisions de la construction d'un ouvrage, de la saisie des intrants au récolement...

1 - Nuages de points laser (3D) colorés le long de la RN 154 (Mars 2012).

1 - Coloured laser scatter diagrams (3D) along the RN 154 highway (March 2012).

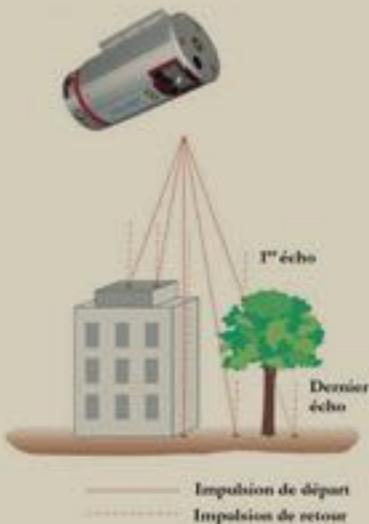
Atlas 3D a su mobiliser toutes les énergies, pour créer et exploiter des techniques innovantes, tout en restant au plus près des exigences métier de ses clients, comme le groupement COSEA³ sur le chantier SEA⁴. Une connaissance approfondie de la topographie du site est une information indispensable au succès du projet, en particulier pour les terrassiers.

Dans le présent article, seule la technologie LiDAR par voie hélicoptée est exposée. Parallèlement au développement de son propre système, Atlas 3D réfléchit actuellement sur l'acquisition



© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

SCHÉMA DE PRINCIPE DES ONDES LASER



© PHOTOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

3

d'un hélicoptère ultraléger (type ULM, voir figure 2), permettant de **réduire considérablement les émissions de CO²** par rapport à un vol hélicoptère classique et les frais d'intervention sur site. Notre technologie est exportable en tout point du globe et adaptable sur de nombreux types de vecteurs hélicoptères. Notre équipe, dynamique et composée d'experts en travaux topographiques, lasergrammétriques et photogrammétriques, est très réactive et disponible pour intervenir rapidement.

PRINCIPES GÉNÉRAUX DU FONCTIONNEMENT DU SCANNER DYNAMIQUE HÉLIPORTÉ

Notre technologie s'appuie sur l'**utilisation combinée** de deux caméras numériques Nikon D3x et de notre système LiDAR VQ-480 de Riegler.

Ce dernier est capable de lever jusqu'à 150 000 mesures laser par seconde sur le terrain (150 KHz). L'impulsion laser est réfléchiée par la surface.

- 2- Hélicoptère en action.
- 3- Schéma de principe des ondes laser.
- 4- Données de trajectographie.

- 2- Helicopter in action.
- 3- Schematic diagram of laser waves.
- 4- Trajectory calculation data.

DONNÉES DE TRAJECTOGRAPHIE



4

Si cette surface est un arbre, une partie de l'impulsion sera réfléchiée par la cime et mesurée (première impulsion), une autre partie de l'impulsion traversera la végétation et sera réfléchiée par le sol (dernière impulsion).

Le schéma de ce phénomène est représenté sur la figure 3.

Le filtrage des données laser nous permet d'obtenir un MNT (terrain naturel) dont la densité de points est importante (jusqu'à 50 points par m²) et la précision altimétrique élevée (de l'ordre de 5 cm à 1 sigma). Comme les points laser sont répartis de manière « aléatoire » (du moins au regard des éléments du terrain), c'est à dire de manière régulière mais pas forcément exactement sur les lignes de rupture de pente, la densité de points laser lors de l'acquisition doit être élevée. Mais cette haute densité de données

permet également de prendre en compte des variations de relief plus faibles, qui ne seraient pas mesurées par photogrammétrie classique.

Au cours du vol, la position de l'hélicoptère est mesurée en continu (figure 4). Il s'agit d'un positionnement GPS différentiel, dont les stations de référence sont positionnées sur des points connus au sol, le récepteur mobile étant à bord de l'hélicoptère. Le système utilisé est le Novatel FlexPak v6, combiné avec une antenne Novatel 702GG.

L'équipement GPS est également associé à une centrale inertielle (boîtier IXSEA), permettant de réduire ou même d'éliminer les travaux terrain servant à la mesure de points.

DES DONNÉES « UTILES – UTILISABLES – UTILISÉES »

Durant la dernière décennie, les technologies LiDAR ont apporté une nouvelle dimension à la cartographie de précision. Le secteur des infrastructures (routes, voies ferrées, corridors de lignes à haute tension, etc.) est un des grands bénéficiaires de ces nouvelles solutions d'acquisition.

Le secteur routier est de plus en plus demandeur de ce type de données car elles offrent une polyvalence pour de nombreuses applications : auscultation de réseaux, calculs de profils en travers, de cubatures, établissement du terrain naturel, études hydrauliques, cartes de bruit, etc. Avec une vitesse de vol comprise entre 7 et 20 m/s, le système hélicoptère permet de travailler sur route ouverte, sur des zones d'accès difficile, avantage incontestable pour les réseaux autoroutiers.

L'acquisition simultanée d'images numériques haute-résolution (résolution du pixel au sol entre 3 et 10 cm), ajoute une information visuelle aux données lasergrammétriques, par superposition d'une orthophotographie (mosaïque d'images assemblées et géoréférencées). Ce référentiel cartographique permet, entre autres, de constituer des plans photogrammétriques au 1/500^e (figure 6) et 1/1000^e.

La combinaison des données traitées permet également d'intégrer des éléments « projet » dans un socle 3D pour une meilleure vision de l'environnement (MNP – Maquette Numérique de Projet). Cela devient donc un outil de communication efficace...

DÉLAIS D'ACQUISITION & DE TRAITEMENT

Les solutions techniques mises en place nous permettent de survoler ▷



5

© PHOTOOTHÈQUE VINCI ET FILIALES



6

© PHOTOOTHÈQUE VINCI ET FILIALES

5- Modèle Numérique Terrain (MNT), après filtrage du nuage de points bruts, représenté en mode ombré sur le RN 154 (Mars 2012) - Précision altimétrique de l'ordre de 5 cm.

6- Superposition d'un plan photographique 1/500° à l'orthophotographie, pixel 5 cm, sur une portion de l'A85 (Mars 2012).

entre 200 et 300 km linéaires chaque jour (en considérant une seule bande d'acquisition, pour une hauteur de vol de 400 m sol et une fauchée de 300 m environ). Hors temps passé pour procéder au post-traitement des données de trajectographie, il est possible de filtrer le nuage de points laser et de générer un MNT précis en produisant 50 Ha/jour/opérateur en moyenne pour les étapes de filtrage du nuage de points laser et la génération du MNT (édition manuelle).

L'établissement du plan photogrammétrique associé nécessite quant à lui,

autour de 20 Ha/jour/photogrammètre (échelle 1/1000°) et 10 Ha/jour/photogrammètre (échelle 1/500°), à compter de la fin de la réalisation de l'aérotriangulation et de l'orthophotographie. □

- 1- **LIDAR** : *Light Detection And Ranging* - Technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'une lumière laser renvoyée vers son émetteur. La méthode la plus répandue pour déterminer la distance à un objet est basée sur le laser à impulsions. À la différence du radar basé sur un principe similaire, le lidar utilise de la lumière au lieu d'ondes radio. La distance à un objet ou à une surface est donnée par la mesure du délai entre l'impulsion et la détection du signal réfléchi.
- 2- **Mobile Mapping** : Technique qui consiste à équiper un véhicule de plusieurs caméras, de GPS

et de l'instrumentation d'IMS, afin d'inventorier avec précision les tracés des routes. Cinq caméras photographient simultanément, la route à gauche, à droite et sur le côté. Les images sont corrigées géométriquement en utilisant les enregistrements GPS pour qu'on puisse mesurer dans les photos avec une haute précision (2-3 à 10 cm selon la qualité GPS). Cette technique représente un gain de temps significatif par rapport aux traditionnels relevés et inventaires topographiques. Par ailleurs, les photographies offrent des archives visuelles importantes qui peuvent être consultées par après.

- 3- **Groupeement COSEA** : Comprend essentiellement la direction de projet (VINCI Construction Terrassement – représentant légal, VINCI Construction Grands projets, Dodin Campenon Bernard, VINCI Construction France, Eurovia Infra, Eurovia Travaux ferroviaires, VINCI Energies Production et Transport d'Énergie, Cegelec Centre Est, Ineo Rail, Inexia) et 5 sous-groupeements métier.
- 4- **Chantier SEA** : Future LGV Sud-Europe Atlantique, reliant Tours à Bordeaux (340 km).

5- Digital Terrain Model (DTM), after filtering the raw scatter diagram, shown in shaded mode on the RN 154 highway (March 2012) - Altimetric precision approximately 5 cm.

6- Superposition of a 1:500 scale photogrammetric drawing on the orthophotograph, pixel 5 cm, on a portion of the A85 (March 2012).

ABSTRACT

HIGH-RESOLUTION TOPOGRAPHIC SURVEYS BY HELICOPTER-TRANSPORTED LASER

RICHARD VUITTON, ATLAS 3D

LiDAR (Light Detection And Ranging) is a remote sensing or optical measuring technology based on analysis of the properties of a laser light returned to its emitter. The most commonly used method to determine the distance from an object is based on the pulsed laser. The road sector is increasingly keen to obtain this type of data because they offer versatility for numerous applications: network monitoring, calculations of cross sections and volumes, establishment of the natural ground, hydraulic engineering, noise maps, etc. □

ALZADOS TOPOGRÁFICOS DE ALTA RESOLUCIÓN POR LÁSER HELICOPORTADO

RICHARD VUITTON, ATLAS 3D

LiDAR (Light Detection And Ranging) es una tecnología de tele-detección o de medición óptica basada en el análisis de las propiedades de una luz láser reflejada hacia su fuente de emisión. El método más difundido para determinar la distancia un objeto se basa en el láser pulsado. El sector de carreteras demanda cada vez más este tipo de datos debido a que ofrecen una polivalencia para numerosas aplicaciones: auscultación de redes, cálculos de perfiles transversales, de curvaturas, establecimiento del terreno natural, estudios hidráulicos, mapas de ruido, etc. □

Bâtis-moi une retraite sereine



Pour percevoir une rente complémentaire une fois à la retraite, c'est aujourd'hui qu'il faut agir. Avec la gamme de contrats **BATIRETRAITE Initiative** dédiés aux professionnels indépendants, vous pouvez bâtir à votre rythme une épargne-retraite et profitez dès à présent de réductions d'impôts dans le cadre de la loi Madelin. **BATIRETRAITE Initiative** c'est, pour les indépendants, une solution souple, sûre et fiscalement avantageuse. Parlez-en à votre conseiller de la SMAvie BTP et rejoignez les professionnels sociétaires de votre société d'assurance mutuelle.

Pour découvrir l'offre de la SMAvie BTP prenez rendez-vous avec un conseiller :

- par téléphone : 01 40 59 73 00
- ou sur smabtp.fr, rubrique "votre conseiller"

92%*

des sociétaires de la SMAvie BTP
sont prêts à nous recommander
auprès de leurs proches.

16,6 / 20*

C'EST LA NOTE DE SATISFACTION
ATTRIBUÉE À LA SMAvie BTP
PAR SES SOCIÉTAIRES



© M. RAY - EGIS - A88

TERRASSEMENTS DURABLES

AUTEURS : S. BERNHARD & D. GAUTIER, DIRECTION TECHNIQUE ET DE L'INNOVATION, EGIS INTERNATIONAL, FRANCE

LA CONCEPTION D'UN PROJET DE TERRASSEMENTS D'UNE INFRASTRUCTURE LINÉAIRE (ROUTE, AUTOROUTE OU VOIE DE CHEMIN DE FER) PASSE PAR LA RÉALISATION DE SON MOUVEMENT DES TERRES. LE LOGICIEL MASSTER A ÉTÉ DÉVELOPPÉ PAR EGIS POUR OPTIMISER CE MOUVEMENT DES TERRES, C'EST-À-DIRE MINIMISER LA DISTANCE CUMULÉE DES TRANSPORTS. CET OUTIL PERMET D'ÉVALUER ET D'OPTIMISER UN PROJET DE TERRASSEMENTS SOUS L'ANGLE DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE ET DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE. IL CONSTITUE UNE AIDE À LA CONCEPTION ET À LA DÉCISION DANS UN CONTEXTE INTERNATIONAL DE LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE PRÉSERVATION DES RESSOURCES NATURELLES. LE LOGICIEL PERMET DE COMPARER PLUSIEURS SCÉNARIOS DE TERRASSEMENTS SELON DEUX CRITÈRES DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET CONSTITUE UNE AIDE À LA DÉCISION.

INTRODUCTION AU PROJET DE TERRASSEMENTS

Les terrassements consistent à modeler le terrain naturel afin d'obtenir une plate-forme permettant de supporter des chaussées, des voies ferrées, des bâtiments ou tout autre structure ou superstructure. Ils ont pour conséquence de produire des ouvrages en

terre (principalement des déblais et des remblais) qui doivent être à la fois stables et durables. Pour en arriver là, le concepteur est amené à imaginer de quelle façon va se dérouler le chantier de terrassements et donc à se poser les questions suivantes : quelles vont être les conditions d'extraction ? De stabilité des ouvrages ? La destination de

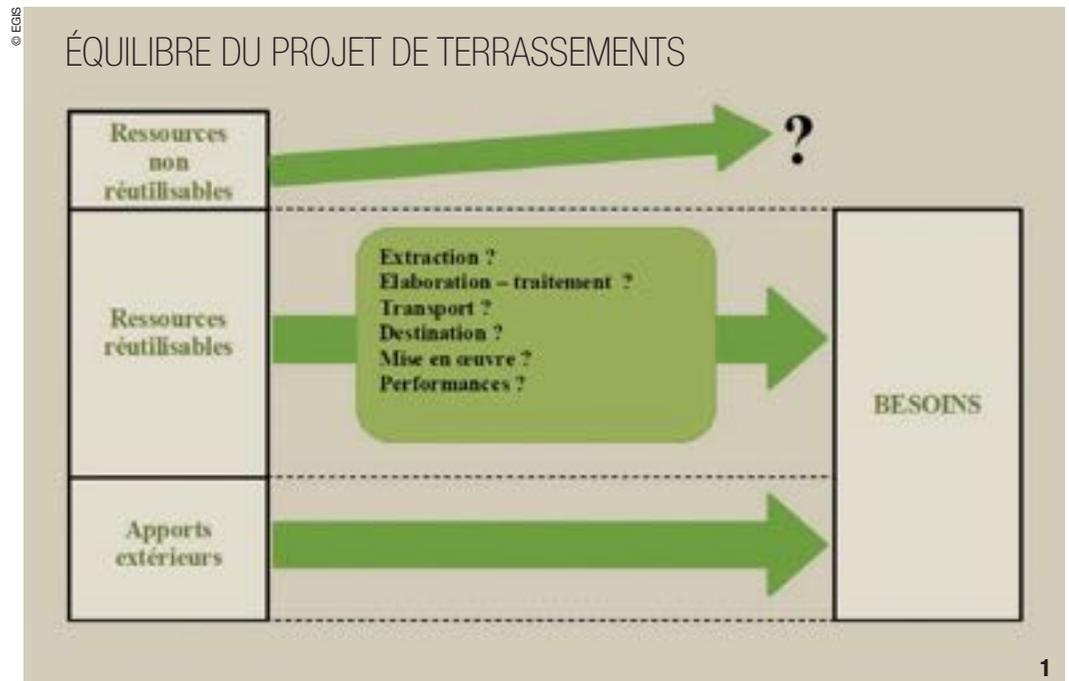
chaque matériau extrait et ses conditions de réutilisation ? Les performances mécaniques de la plate-forme ? Mais les réponses à ces questions ne sont pas suffisantes car le projet doit également tenir compte d'un certain nombre de contraintes comme les coupures physiques (par exemple la traversée d'un cours d'eau) ou temporelles

(construction d'un ouvrage d'art) qui ont une conséquence sur le déroulement du transport des matériaux.

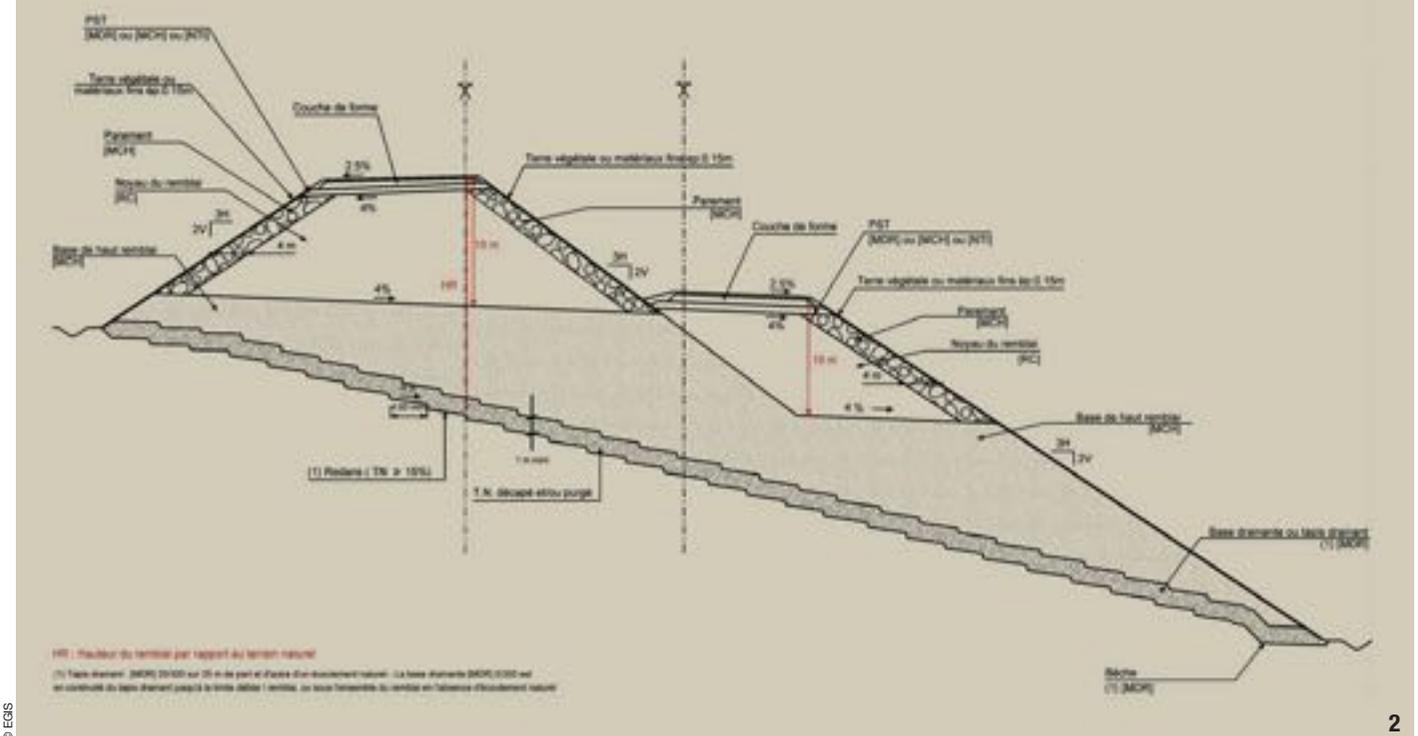
La conception des terrassements doit permettre de répondre à l'ensemble des questions posées ci-avant et appréhender la problématique des transports, particulièrement importante pour les projets d'infrastructures linéaires.

1- Équilibre du projet de terrassements.
2- Exemple de conception de haut remblai (autoroute A89 – Lyon – Balbigny).

1- Balance of the earthworks project.
2- Example of design of a high embankment (A89 motorway, Lyon–Balbigny).



EXEMPLE DE CONCEPTION DE HAUT REMBLAI (autoroute A89 – Lyon – Balbigny)



DE LA CONCEPTION À L'OPTIMISATION DU MOUVEMENT DES TERRES

Un projet de terrassement est soit en excédent soit en déficit de matériaux. Sur un chantier linéaire, l'excédent d'une partie des ouvrages en terre doit compenser le déficit des autres, d'où un équilibre nécessaire à trouver entre

les caractéristiques des ressources disponibles et la qualité nécessaire des besoins.

Si l'équilibre global du projet est négatif, on fait appel à des matériaux de provenance extérieure.

Si l'équilibre est positif, il est nécessaire de trouver une destination pour les matériaux en excédent (dépôt,

modelage ou autre). Dans la pratique, les chantiers peuvent produire à la fois des matériaux non réutilisés (impropres ou qualité insuffisante par rapport aux besoins) et nécessiter des matériaux d'apport extérieur.

La qualité des ressources disponibles sur le projet est définie par les études géotechniques.

La qualité des besoins est quant à elle dépendante de la conception des ouvrages en terre. On peut citer par exemple, et de façon non exhaustive, les parties d'ouvrages suivantes et leurs besoins :

- Couche de forme : matériaux insensibles à l'eau permettant d'obtenir un module de déformation élevé, ▷

- Base de hauts remblais : matériaux de résistance au cisaillement élevée et peu compressibles,
- Base de remblai en zone inondable : matériaux insensibles à l'eau ou rendus insensibles à l'eau par traitement,
- Parements de remblais : matériaux permettant d'assurer la stabilité des talus,
- Etc.

Le profil en travers de la figure 2 illustre un exemple de conception de remblai de grande hauteur sur pente sur le projet d'autoroute A89 entre Lyon et Balbigny (France).

Le mouvement des terres consiste à mettre dans la même équation le volume, la qualité, et la position géographique des ressources et des besoins, ainsi que les contraintes physiques et temporelles du projet. L'optimisation du projet de terrassements permet de résoudre cette équation avec pour objectif de minimiser la distance totale parcourue par les engins de transport. Le module d'assistance aux terrassements (MASSTER) a été développé par Egis dans le but d'aider à la conception et à l'optimisation du mouvement des terres en étude et au suivi des terrassements en phase travaux aussi bien pour les infrastructures routières que pour les infrastructures ferroviaires. Il permet donc d'assurer la continuité études/travaux, en offrant notamment la possibilité d'analyse du mouvement des terres de l'entreprise vis-à-vis de celui du maître d'œuvre puis d'assurer le suivi de la réalisation du mouvement des terres à partir de la récupération par moyens informatiques des données fournies par l'entrepreneur.

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE (GES) ET CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE DES PROJETS DE TERRASSEMENTS

TERRASSEMENTS ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
Pendant très longtemps, les projets de terrassements ont été conçus dans une logique d'optimisation technico-économique. Depuis quelques années, il est apparu évident qu'un projet d'infrastructure ne peut plus être construit sans tenir compte de ses impacts environnementaux et sociaux. Le contexte actuel nous pousse donc à aborder les projets dans une optique de développement durable et il est donc de la responsabilité des concepteurs de proposer aux donneurs d'ordre des solutions innovantes pour répondre à cet enjeu.

La tendance actuelle est donc d'évaluer et d'optimiser les projets selon les trois piliers du développement durable (économique, environnemental et social). Dans la suite du présent article, on s'intéressera principalement à l'évaluation environnementale des projets de terrassements selon deux indicateurs : les émissions de GES et la consommation énergétique.

MÉTHODE D'ÉVALUATION DES ÉMISSIONS DE GES ET DE CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

L'idée directrice du développement de MASSTER est d'évaluer individuellement l'ensemble des sources d'émission de GES et de consommation énergétique unitaires.

3- Postes d'émission et de consommation énergétique.

3- Energy emission and consumption items.

Les principales sources d'émission en GES et de consommation énergétique des chantiers de terrassements sont issues :

- De la consommation en carburant des engins sur chantier (extraction, chargement, mise en œuvre) ;
- Du transport des matériaux sur chantier ;
- De la fabrication des liants ;
- Du transport de fournitures extérieures au chantier (matériaux d'apport, liants,...).

Afin d'être exhaustif, il conviendrait également de tenir compte de l'impact lié à la fabrication, à l'entretien et la durée de vie des engins de chantier ou encore à la préparation du chantier et aux travaux annexes. Le choix a été fait de ne pas en tenir compte car la principale fonctionnalité recherchée pour le logiciel est de comparer les émissions de GES et les impacts énergétiques liés à des scénarios de mouvement des terres. Les émissions citées ci-avant ne dépendent pas ou peu du scénario choisi, leur évaluation ne nous a pas paru indispensable. Ainsi, le chantier de terrassements a été décomposé en ateliers élémentaires, dont les principaux sont détaillés sur le schéma de la figure 3.

CHOIX DES FACTEURS D'ÉMISSION ET CONSOMMATIONS UNITAIRES

Engins de chantier et de transport

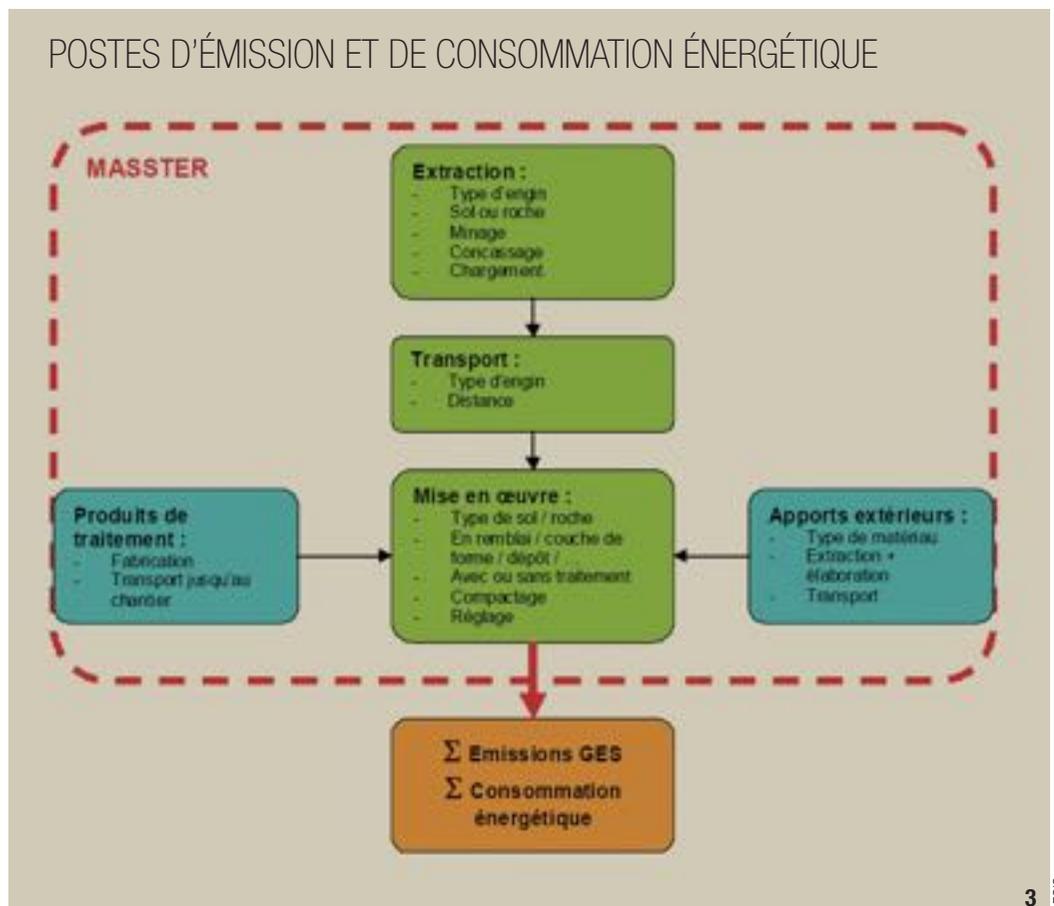
Comme vu dans les paragraphes précédents, les principaux postes d'émission de GES et de consommation énergétique d'un chantier de terrassement sont dus à la consommation en carburant (ou électrique le cas échéant) des engins de chantier (extraction, transport et mise en œuvre) et à la fabrication des liants.

Les valeurs retenues pour les carburants sont présentées dans le tableau 1. Ces valeurs tiennent compte de l'impact lié à la combustion des carburants mais aussi à l'impact amont (raffinage du pétrole notamment).

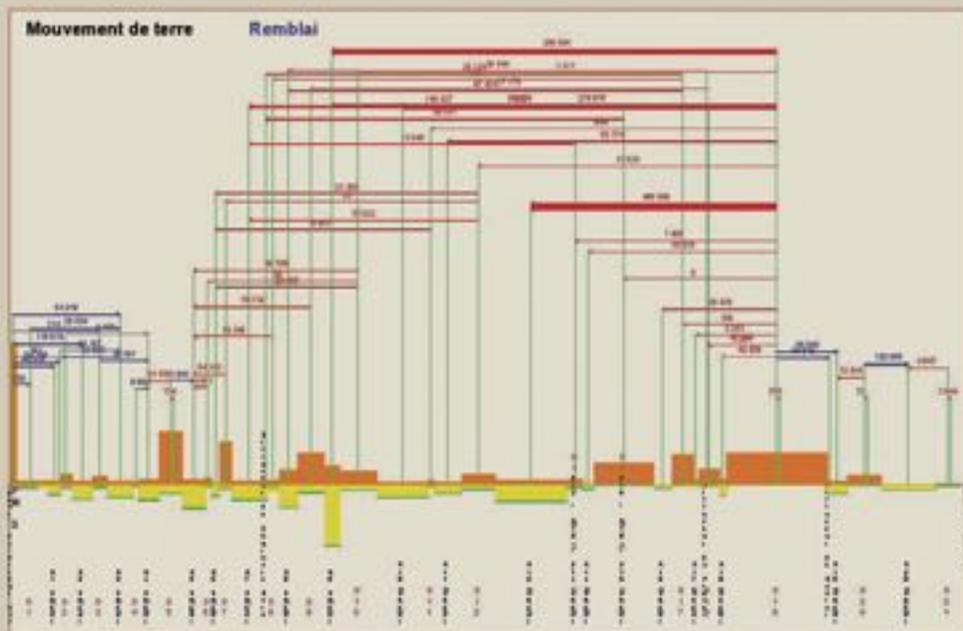
La consommation des ateliers de terrassements peut dépendre quant à elle principalement de trois facteurs :

- La nature des matériaux : cas de l'extraction et de la mise en œuvre,
- La distance et l'état des pistes : cas du transport des matériaux,
- Le type d'engins utilisé : cas de l'extraction, du transport et de la mise en œuvre.

Pour chaque nature de matériau, les ateliers de terrassements suivants ont ainsi été retenus :



EXEMPLE DE MOUVEMENT DES TERRES



4

→ Extraction :

- à la décapeuse,
- à la pelle hydraulique,
- à la pelle hydraulique accompagnée d'un ripper,
- par minage,
- concassage des matériaux rocheux,

→ Transport :

- en décapeuse,
- en tombereau,
- en semi-remorque,

→ Mise en œuvre des matériaux :

- mise en dépôt,
- mise en remblai non traité,
- mise en remblai traité (plusieurs choix de traitement),
- mise en PST non traitée,
- mise en PST traitée (plusieurs choix de traitement),
- couche de forme granulaire,
- couche de forme traitée (plusieurs choix de traitement).

Les ateliers de mise en œuvre ont été déclinés pour les 51 classes de matériaux définies dans la classification du guide technique GTR^[9].

Ainsi, on obtient un total de 432 ateliers de terrassements.

Produits de traitement

Les facteurs d'émission de GES et les émissions énergétiques retenus pour les produits de traitement sont quant à eux issus de la publication de CIMBETON^[2], qui tire ses sources de deux associations françaises de

producteurs : l'Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques (ATILH) et l'Union des Producteurs de Chaux (UPC).

Le tableau 2 indique les valeurs retenues pour deux des principaux produits de traitement : la chaux vive et le ciment CEM II.

4- Exemple de mouvement des terres.

4- Example of earthmoving.

TABLEAU 1 : IMPACTS RETENUS POUR LES CARBURANTS

Carburant	Facteur d'émissions de GES (émissions amont + combustion) ^[5]	Impact énergétique (impact amont + combustion) ^[1]
Gazole	2,948 kg éq. CO ₂ / l	38,26 MJ / l

TABLEAU 2 : IMPACT DE LA FABRICATION DES PRODUITS DE TRAITEMENT

Chaux ou liant	Impact CO ₂ de fabrication (kg éq. CO ₂ / t)	Impact énergétique de fabrication (MJ / t)
Chaux vive	1 059	4 301
Ciment CEM II	650	4 395

TABLEAU 3 : VOLUMES EN JEU LORS DE L'ÉTUDE D'AVANT-PROJET DE L'A304

Volume de déblais	7 100 000 m ³
Volume de remblais (y compris les dispositions constructives)	4 000 000 m ³
Dispositions constructives : bases drainantes, masques de protection, substitutions, etc.	1 200 000 m ³
Couche de forme granulaire	500 000 m ³
Dépôts	3 900 000 m ³

DÉVELOPPEMENT DU LOGICIEL MASSTER

L'ensemble des données présenté ci-avant a été intégré sous le logiciel MASSTER. Ainsi pour chaque projet de terrassements, on importe les données suivantes :

→ Les volumes géométriques des ouvrages de terrassements (déblais, remblais, dépôts,...) ainsi que leur position géographique sur le tracé,

→ La composition géotechnique des déblais : classe géotechnique, conditions de réemploi, taux de réemploi, rendement,...

→ Le volume, la qualité et la provenance géographique des apports extérieurs,

→ La conception des ouvrages de terrassement et les besoins en qualité de matériau.

À partir de ces données, le logiciel calcule automatiquement le bilan ressources – besoins pour chaque nature de besoin (par exemple : couche de forme, remblai courant, PST, base de haut remblais, etc) et établit le mouvement des terres optimisé. Un exemple de sortie graphique est présenté sur la figure 4.

Lors du calcul du mouvement des terres, le logiciel affecte automatiquement à chaque matériau et pour chaque destination : les ateliers d'extraction, de transport et de mise en œuvre correspondants.

Le bilan des émissions de GES et de consommation énergétique du mouvement des terres est alors automatiquement calculé.

APPLICATION À UN PROJET LINÉAIRE PRÉSENTATION DU PROJET

L'autoroute A304 est un projet autoroutier neuf d'un linéaire de 30 km situé entre Charleville-Mézières et Rocroi, dans le département des Ardennes (France). Les données présentées dans les paragraphes suivants sont issues de l'étude d'avant projet.

Le tableau 3 présente les principales quantités mises en jeu sur le projet.

Le projet se caractérise par la présence majoritaire dans les déblais de matériaux fins sensibles à l'eau et notamment des argiles marneuses du Toarcien, qui présentent en plus une propriété à gonfler en cas de changement d'état hydrique.

Les études géotechniques d'avant-projet ont conduit à leur inaptitude à être réutilisées en remblai et ont ainsi conduit à prévoir la mise en dépôt de 3 900 000 m³ de déblai.

Compte-tenu des possibilités de réutilisation des matériaux de déblai et des besoins, le projet est déficitaire de 1 300 000 m³ pour réaliser : la couche de forme, une partie des dispositifs géotechniques et une partie des remblais.

SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

Comme vu précédemment, l'objectif principal de la démarche est de comparer plusieurs scénarios de mouvement des terres. À ce stade des études, nous avons choisi de faire varier à la fois les hypothèses de conception de la couche de forme et les taux de réutilisation de certains matériaux :

→ Conception de la couche de forme : à performances mécaniques égales (classe de plate-forme PF3), nous avons étudié les cas de couche de forme granulaire et de couche de forme en limons traités aux liants hydrauliques.

→ Réutilisation des déblais : nous avons considéré l'hypothèse de la réutilisation d'une partie des marnes du Toarcien après stabilisation des gonflements par traitement à la chaux vive.

→ Approvisionnement extérieur : deux distances emprunt – chantier ont été étudiées : 20 km et 50 km.

Les 5 scénarios étudiés sont présentés dans le tableau 4. Aucune coupure n'a été imposée dans l'étude de ces cinq hypothèses.

RÉSULTATS OBTENUS

Pour les cinq scénarios étudiés, les émissions de GES sont comprises entre 66 000 t éq. CO₂ (hypothèse 1) et 102 000 t éq. CO₂ (hypothèse 4), soit un écart de 55 % (tableau 5).

De même, la consommation énergétique est comprise entre 500 000 GJ (hypothèse 1) et 665 000 GJ (hypothèse 4) soit un écart de 33 % (tableau 6).

ANALYSE

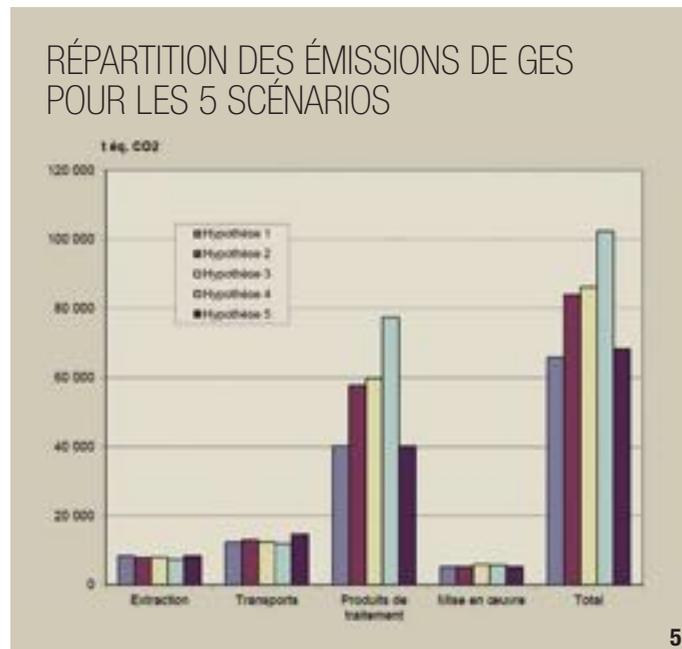
Le principal enseignement est que le résultat final est essentiellement fonction de la quantité de chaux et de ciment utilisée sur chantier, comme le montrent les figures 5 et 6. En effet, la fabrication des produits de traitement pèse entre 59 et 76 % des émissions de GES, et entre 31 % et 51 % de la dépense énergétique. Il faut noter que la quantité de produits de traitement est particulièrement importante sur ce chantier car environ la moitié du volume de matériaux mis en œuvre en remblai est traitée à un dosage compris entre 1 et 2 % de chaux vive. Ce point illustre l'extrême sensibilité des résultats aux

TABLEAU 4 : SCÉNARIOS DE MOUVEMENT DES TERRES

	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4	Hypothèse 5
Couche de forme	Granulaire (0,80 m)	Limons traités à 5% de ciment (0,35 m) sur une PST en limons traités à 2% de chaux vive (0,35 m)	Granulaire (0,80 m)	Limons traités à 5% de ciment (0,35 m) sur une PST en limons traités à 2% de chaux vive (0,35 m)	Granulaire (0,80 m)
Réutilisation des argiles mameuses (1 000 000 m³)	0%	0%	50% du volume traité à 2% de chaux vive	50% du volume traité à 2% de chaux vive	0%
Distance usine de fabrication des liants - chantier	100 km	100 km	100 km	100 km	100 km
Distance carrière - chantier	20 km	20 km	20 km	20 km	50 km

TABLEAU 5 : ÉMISSIONS DE GES POUR LES 5 SCÉNARIOS

	Hypothèse 1		Hypothèse 2		Hypothèse 3		Hypothèse 4		Hypothèse 5	
	t eq CO ₂	%								
Extraction	8 284	13	7 848	9	7 982	9	7 313	7	8 284	12
Transport	12 282	19	13 003	16	12 402	14	11 924	12	14 651	21
Fabrication de liants	40 208	61	57 803	69	59 823	69	77 345	76	40 208	59
Mise en œuvre	5 178	8	5 167	6	5 880	7	5 746	6	5 178	8
TOTAL	65 952		83 821		86 087		102 328		68 321	



5- Répartition des émissions de GES pour les 5 scénarios.

5- Breakdown of GHG emissions for the 5 scenarios.

de forme, qui est granulaire dans le cas de l'hypothèse 1 (extraction par minage et concassage) et traitée dans le cas de l'hypothèse 4 (pas de minage ni de concassage).

Il y a très peu de différence d'impact de mise en œuvre entre les cinq scénarios étudiés. En effet, les émissions de GES varient entre 6 et 8 % du total et la consommation énergétique entre 11 et 13 %. On peut donc considérer que les conditions de mise en œuvre n'ont que très peu d'influence sur les émissions de GES et sur la consommation énergétique totales de ce projet de terrassements.

CONCLUSIONS - PERSPECTIVES

Le logiciel MASSTER a été développé pour optimiser le mouvement des terres des projets de terrassements linéaires. De récents développements ont permis d'y ajouter un calculateur des émissions de GES et de consommation énergétique.

hypothèses de réutilisation des sols. Prenons l'exemple de l'hypothèse 1, pour laquelle environ 800 000 m³ de matériaux sont prévus d'être traités à 2 % de chaux vive. Si les études géotechniques de niveau projet montrent qu'un dosage moyen à 1,5 % est suffisant, les émissions totales de GES seraient ainsi réduites de plus de 10 %. Le transport pèse quant à lui seulement entre 12 et 21 % des émissions de GES et entre 24 et 37 % de la consommation énergétique totale selon le scénario choisi. Ce poste tient compte de l'approvisionnement sur chantier des

liants et des fournitures, et surtout du transport de matériaux sur chantier. La distance moyenne de transport sur chantier des cinq scénarios étudiés est pourtant élevée (environ 5 km), ce qui donne d'autant plus de poids à l'impact de la fabrication des produits de traitement.

Le poids de l'extraction des matériaux est peu variable d'un scénario à l'autre, même si l'on constate une différence d'environ 1 000 t éq. CO₂ (11 %) et 12 000 GJ (11 %) entre les cinq scénarios. Cette différence est due à la différence de conception de la couche

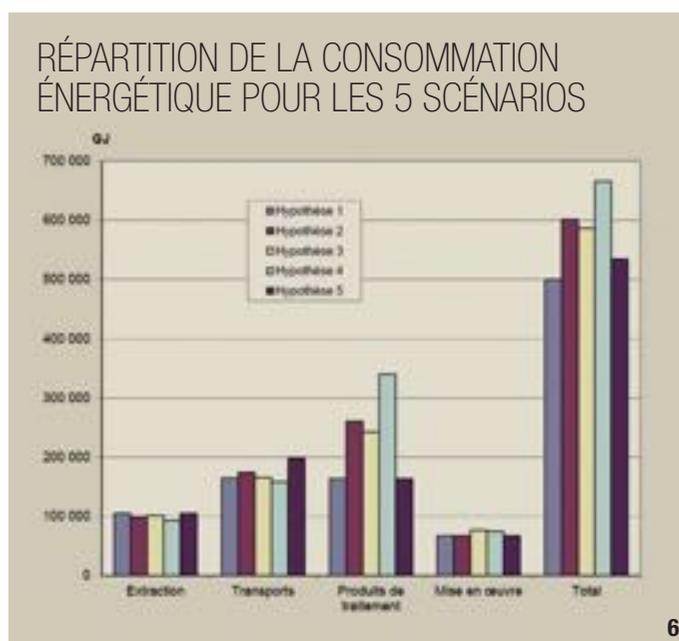
TABLEAU 6 : CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE POUR LES 5 SCÉNARIOS

	Hypothèse 1		Hypothèse 2		Hypothèse 3		Hypothèse 4		Hypothèse 5	
	G.J	%								
Extraction	104 759	21	99 086	16	101 117	17	92 646	14	104 759	20
Transport	164 630	33	173 832	29	165 556	28	157 967	24	198 824	37
Fabrication de liants	163 298	33	260 905	43	242 963	41	340 273	51	163 298	31
Mise en œuvre	67 169	13	67 024	11	76 270	13	74 543	11	67 169	13
TOTAL	499 855		600 847		585 906		665 428		534 049	

6- Répartition de la consommation énergétique pour les 5 scénarios.

6- Breakdown of energy consumption for the 5 scenarios.

Une première étude a été réalisée sur un projet autoroutier neuf de 30 km. Les résultats montrent que le plus gros poste d'émission de GES et de consommation énergétique est dû à la fabrication des produits de traitement des sols et n'est donc pas directement visible sur chantier. Ceci montre que l'éventuelle réduction des empreintes carbone et énergie de ce chantier passera par la recherche d'un traitement optimisé et donc d'une connaissance approfondie de la géotechnique du site et du comportement des matériaux traités.



Il faut également avoir à l'esprit que les indicateurs GES et énergie proposés sont deux indicateurs parmi d'autres et ne doivent pas être considérés eux seuls pour réaliser une évaluation développement durable d'un projet. Par exemple,

les résultats de l'étude montrent que, pour le projet en question, le traitement des sols est source d'émissions importantes de GES et de surconsommation énergétique. Le traitement permet cependant de limiter le recours à des

emprunts extérieurs et par conséquent de préserver les ressources naturelles, ce qui peut être considéré comme un impact positif en termes de développement durable.

Le logiciel ainsi développé permet donc de comparer plusieurs scénarios de terrassements selon deux critères du développement durable et constitue une aide à la décision. Le développement sera poursuivi pour que le logiciel puisse tenir compte d'autres indicateurs et donner ainsi une évaluation développement durable plus complète des projets de terrassements. □

[Références]

[1] Leroy C., Molleron H., Grosshenny V., Quint S., Fallone D., Krafft S., Jakubowski M., Brosselier E., Verhée F., Venambre P. (2010). SEVE, le nouvel outil des entreprises routières, Revue Générale des Routes et Aéroports n°883, pp. 28-33.

[2] CIMBETON (2009). Étude comparative en technique routière traitement des sols VS emprunts granulaires - Méthode graphique de comparaison économique et environnementale. Collection technique CIMBETON T30, 76 pages.

[3] ADEME (2009). BILAN CARBONE® Entreprises et Collectivités - Guide méthodologique - version 6.0 - objectifs et principes de comptabilisation. ADEME, 117 pages.

[4] Couvrat J.-F., Demoncourt J.-R., Martareche F. (2009). L'explosif, une source d'énergie efficace et propre. Travaux n°864, pp. 50-55.

[5] ADEME (2007). BILAN CARBONE® Entreprises et Collectivités - Guide des facteurs d'émission - version 5.0 - Calcul des facteurs d'émissions et sources bibliographiques utilisées. ADEME, 240 pages.

[6] SETRA - LCPC (2000). Guide technique - réalisation des remblais et des couches de forme (GTR), Fascicule 1 (98 pages) et Fascicule 2 (102 pages).

[7] GIEC (1996). Manuel simplifié pour l'inventaire des gaz à effet de serre - Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre - version révisée 1996. Volume 2, 311 pages.

ABSTRACT

SUSTAINABLE EARTHWORKS

S. BERNHARD & D. GAUTIER, EGIS

The design of an earthworks plan for a linear infrastructure (road, motorway or railway track) entails performing earthmoving. The MASTER software has been developed to optimise this earthmoving, i.e. minimise the cumulative transport distance. Recent developments have made it possible to enrich it with a computer for calculating greenhouse gas emissions and energy expenditure. The innovative feature is the fact that the software breaks the earthworks project down into elementary workshops, in order to calculate the impacts due to extraction, transport, materials placing and binder production. A study was performed on a motorway project 30 km long in France. It showed that the manufacture of treatment products and transport have a preponderant influence on the greenhouse gas emissions and energy consumption of this project. This tool therefore makes it possible to evaluate and optimise an earthworks project from the viewpoint of greenhouse gas emissions and energy consumption. It represents an aid for design and decision making in an international context of efforts to prevent climate change and conserve natural resources. □

MOVIMIENTOS DE TIERRAS SOSTENIBLES

S. BERNHARD & D. GAUTIER, EGIS

El diseño de un proyecto de terraplenado de una infraestructura lineal (carretera, autopista o vía de ferrocarril) pasa por la realización de un movimiento de tierras. El software MASTER ha sido desarrollado para optimizar este movimiento de tierras, es decir, minimizar la distancia acumulada de los transportes. Los recientes desarrollos han permitido equiparlo con un calculador de emisión de gases de efecto invernadero y de gasto energético. El software presenta la innovación de que desglosa la obra de excavaciones en talleres elementales para calcular los impactos inherentes a la extracción, los transportes, la aplicación de los materiales y la fabricación de los aglomerantes. El estudio realizado sobre un proyecto vial de 30 km de longitud en Francia muestra que la fabricación de los productos de tratamiento y el transporte tienen una importancia preponderante en las emisiones de gases de efecto invernadero y en el consumo energético de este proyecto. Esta herramienta permite evaluar y optimizar un proyecto de excavaciones desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero y del consumo energético y constituye una ayuda para el diseño y la toma de decisiones en un contexto internacional de lucha contra el cambio climático y de preservación de los recursos naturales. □

RÉPERTOIRE DES FOURNISSEURS

MATERIEL DE TERRASSEMENT



Ammann France - ZI Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Clichy Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com



BOBCAT/BPV - B.P.3 - 27320 NONANCOURT
NEW TECHNIQUE
Numéro Indigo
0 825 08 43 81



FRANCE
PLUS DE 350 Machines et
700 Équipements en TP, PL,
Lévage et Manutention
T : 00 33 10 33 23 04 00 68
F : 00 33 10 33 23 68 33 80
Mail : sodineg@wanadoo.fr
DEPOTS 02 ET 74

■ CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES

BOBCAT EUROPE
J. Huysmanslaan 59 B
1651 Lot - Belgique
Tél. 00 32 2 371 68 11
Fax 00 32 2 371 69 00

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ MINI-PELLE

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ NIVELEUSE AUTOMOTRICE

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR CHENILLES

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ ÉQUIPEMENTS POUR ENGIN DE TERRASSEMENT

ONE - TP.COM
1 Place du 8 Mai 1945
60119 Neuville Bosc
Tél. 01 30 37 06 26
Fax 01 34 40 01 44

MATERIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIME ET TRAVAUX D'ABATTAGE

■ MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE

**ATLAS COPCO FORAGE
ET DÉMOLITION SA**
ZI du Vert Galant - 2, av. de l'Éguillette
BP 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

■ CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LOADER)

**VOLVO
CONSTRUCTION EQUIPMENT -
EUROPE SAS**
37, avenue Georges Politzer - BP 117
78192 Trappes Cedex
Tél. 01 30 69 28 28
Fax 01 30 69 83 39
www.volvoce.com

MATERIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION



Coffrages et Etaisements
PERI S.A.S.
Z.I. Nord - 34/36, rue des Frères Lumière
77109 Meaux cedex
Tél. : 01 64 35 24 40 - Fax : 01 64 35 24 50
peri.sas@peri.fr
www.peri.fr

MATERIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES



Ammann France - ZI Les Petites Haies
31/33, rue de Valenton - 94046 Clichy Cedex
Tél. 01 45 17 08 88 - Fax 01 45 17 08 90
Email : info.af@ammann-group.com
www.ammann-group.com



2, avenue du Général de Gaulle
91170 VIRY CHATILLON
Tél. : 01 69 57 86 00 - Fax : 01 69 96 26 60
www.bomag.com



WIRTGEN FRANCE
WIRTGEN
Fraiseuses sur roues et sur chenilles
Recycleurs à froid / Stabilisatrices de sol
Machines à coffrage glissant / Mineurs de surface
Outils au carbure. Betek/Sitek
VÖGELE
Finisseurs sur pneus et sur chenilles / Alimentateurs
HAMM
Rouleaux tandem vibrants
Compacteurs à pneus
Compacteurs monocylindre vibrants
KLEEMANN
Installations de concassage mobiles et fixes / cribles
Distributeur exclusif pour la France des épandeurs
de liants pulvérulents
STREUMASTER série SW
WIRTGEN FRANCE
BP 31633 - 7, rue Marc Seguin
95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49
E-mail : contact@wirtgen.fr
www.wirtgen.fr

METALLIANCE

ZI de la Saule - BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ MACHINE POUR LA STABILISATION ET LE RECYCLAGE DE CHAUSSÉES

RABAUD

Bellevue - 85110 Sainte-Cécile
Tél. : 02 51 48 51 58
Fax 02 51 40 22 97
www.rabaud.com
info@rabaud.com

MATERIEL TOPOGRAPHIQUE - LASER - GUIDAGE D'ENGIN

■ TRAVAUX SOUTERRAINS



ALISCUATIONS
Automatiques
Tél. 01 41 42 06 30
Fax 01 41 42 06 31
www.miretopo.com

■ LEVÉE BATHYMÉTRIQUE



Bureau d'Etude
Bathymétrie - Topographie
Suivi de travaux & Suivi d'Ouvrages
Tél : 06 67 79 05 16 - 06 99 48 45 27
www.bathys.fr - contact@bathys.fr

CE GUIDE RENSEIGNE SUR LES PRODUCTIONS DES FOURNISSEURS DE MATÉRIEL, ÉQUIPEMENT OU SERVICES. SI VOUS DÉSIREZ ÊTRE RÉPERTORIÉS DANS CES RUBRIQUES, ADRESSEZ-VOUS À : EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr - TARIF : 100 € HT PAR LIGNE ET PAR RUBRIQUE OU 230 € HT LE CM COLONNE POUR UNE ANNÉE DE PARUTION.

MATERIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE



metso
Concassage, broyage, criblage, manutention
Matériels et installations fixes et mobiles
Installations de recyclage
Transporteurs et accessoires
Pièces d'usure et de rechange
Produits anti-usure, blindages, capotages
Pompes
(Nordberg-Svedala-Trellex-Lindemann)
Metso Minerals (France)
41, rue de la République - 71009 Milon Cedex
Tél. : 03 85 39 62 00 - Fax : 03 85 39 63 49
www.metso.com

■ POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

■ INSTALLATIONS MOBILES DE CONCASSAGE-CRIBLAGE

GRAVEL

1 Chemin de Villers à Combault
94420 Le Plessis Trevisse
Tél. 01 45 94 59 53
Fax 01 45 94 59 83

MATERIEL FLOTTANT ET MATERIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

■ PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE

LEDUC T.P

1, rue de Folenrue
27202 VERNON cedex
Tél. 02 32 51 74 97
Fax 02 32 51 57 18

MATERIEL DE SONDRAGE, FORAGE, FONDATIONS SPECIALES ET INJECTION



G-OCTOPUS
www.g-octopus.com
Tél. : +33 01 47 32 48 30

■ DÉSABLEUR DE BOUES

SOTRES

Parc Européen des entreprises
BP 80072 - Rue Richard Wagner
63200 RIOM
Tél. 04 73 15 36 00
Fax 04 73 15 36 20

■ SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ POMPES À BOUES

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ PRESSE D'INJECTION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette - BP 7181
Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL SPECIAL POUR LA POSE DE CANALISATIONS



MARAI'S
Marais Contracting Services
1, rue Pierre et Marie Curie
49430 DURTAL
Tél. : 02 41 96 16 99 - Fax : 02 41 96 16 99
Email : info@samarais.com - Web : www.samarais.com

■ TRANCHEUSE

MARAI'S CONTRACTING SERVICES

1, rue Pierre et Marie Curie
ZA "Les portes d'Anjou" - BP 20
49430 DURTAL
Tél. 02 41 96 16 90
Fax 02 41 96 16 99

MATERIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS



ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION S.A.S.
Z.I. du Vert Galant - 2, avenue de l'Eguillette
B.P. 7181 - Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise cedex
Atlas Copco
Tél. : 33 (0) 1 39 09 32 22
Fax : 33 (0) 1 39 09 32 49
www.atlascopco.fr



Ducrocq
Ingénierie Process
ZA Ecoles 4200 MONTREUIL-SUR-LOIRE
Tél. : 03 21 99 42 40 - Fax : 03 21 99 42 41
E-mail : ducrocq.industrie@wanadoo.fr
Site Internet : www.ducrocq.ingenierie-process.com

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ BERLINE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

TECHNICRIBLE

Zone industrielle
81150 LAGRAVE
Tél. 05 63 81 41 57
Fax 05 63 81 41 56

■ LOCOTRACTEUR DE MANŒUVRE

PATRY SA

24, rue du 8 mai 1945
95340 Persan
Tél. 01 39 37 45 45
Fax 01 39 37 45 44
www.patry.fr

■ MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)

METALLIANCE

ZI de la Saule
BP 111
71304 Montceau Cedex
Tél. 03 85 57 01 34
Fax 03 85 57 88 73

■ ENGIN DE BOULONNAGE

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

■ ENGIN DE FORATION

ATLAS COPCO FORAGE ET DÉMOLITION SA

ZI du Vert Galant
2, av. de l'Eguillette
BP 7181 Saint-Ouen-l'Aumône
95056 Cergy-Pontoise Cedex
Tél. 01 39 09 32 22
Fax 01 39 09 32 49

MATERIEL POUR TRAITEMENT DE LA TERRE



Lhoist France
Une société du Groupe Lhoist
105, Rue de Rivoli - 75004 Paris Cedex 04
Tél. : +33 (0)1 52 45 20 00 - Fax : +33 (0)1 52 45 80 14
www.lhoist.com

BUREAU ETUDES



25 agences en France
Rincent BTP
8 agences à l'International
www.rincentbtp.fr
Tél. +33 (1) 60 87 21 25
direction.technique@rincentbtp.fr



CATHIE ASSOCIATES
www.cathie-associates.com
Tél. : +33 1 47 32 48 30

MATERIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ENERGIE

SDMO INDUSTRIE

12 Bis, rue de la Villeneuve BP 241
29272 Brest cedex
Tél. 02 98 41 41 41
Fax 02 98 41 13 10

MATÉRIEL POUR LES TRAVAUX PUBLICS

CHOISISSEZ VOS RUBRIQUES ET SOYEZ PRÉSENT PENDANT 1 AN DANS TOUTS LES NUMÉROS DE TRAVAUX. POUR TOUT CONTACT, APPELEZ :

EMMANUELLE HAMMAOUI - 9, RUE DE BERRI - 75008 PARIS - TÉL. : +33 (0)1 44 13 31 41 - EMAIL : ehammaoui@fnfp.fr

MATÉRIEL D'ALIMENTATION EN EAU ET D'ÉPUISEMENT

- POMPE À DIAPHRAGME
- POMPE BASSE PRESSION POUR EAUX CHARGÉES
- POMPE HAUTE PRESSION, LAVAGE, LANÇAGE
- ALIMENTATION GRANDE HAUTEUR
- POMPE POUR RABATTEMENT DE NAPPE
- POMPE SUBMERSIBLE

MATÉRIEL DE BATTAGE ET D'ARRACHAGE

- MARTEAU
- MOUTON
- VIBRATEUR DE FONÇAGE ET D'ARRACHAGE

MATÉRIEL POUR LA PRODUCTION D'AIR COMPRIMÉ ET TRAVAUX D'ABATTAGE

- CHARIOT DE FORAGE (WAGON DRILL)
- COMPRESSEUR À VIS SUR ROUES - INSONORISÉ
- ELECTRO-COMPRESSEUR, SEMI-FIXE - INSONORISÉ
- MARTEAU BRISE-ROCHE HYDRAULIQUE
- PINCE ET CISAILLE DE DÉMOLITION

MATÉRIEL DE TERRASSEMENT

- CHARGEUSE SUR CHENILLES
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES
- CHARGEUSE PELLEUSE (BACKHOE LEADER)
- DÉCAPEUSE AUTOMOTRICE AVEC OU SANS AUTOCHARGEUR (MOTORSCRAPER)
- MINI-PELLE
- MOTO-BASCULEUR
- NIVELEUSE AUTOMOTRICE
- PELLE À CÂBLES SUR CHENILLES
- PELLE HYDRAULIQUE SUR PNEUMATIQUES
- PELLE SPÉCIALE AVANCEMENT AU PAS
- TOMBREAU AUTOMOTEUR À CHÂSSIS RIGIDE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR ARTICULÉ
- TRACTEUR INDUSTRIEL ET FORESTIER 4 X 4
- TRACTEUR SUR CHENILLES (BOUTEUR, BULLDOZER)
- TRACTEUR SUR PNEUMATIQUES

MATÉRIEL DE TRANSPORT ROUTIER

- CAMIONNETTE TOUTS CHEMINS 4 X 4 < 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 4 X 4 > 3,5 T
- CAMION TOUTS CHEMINS 6 X 4 - 6 X 6 - 8 X 6
- REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- SEMI-REMORQUE À BENNE
- SEMI-REMORQUE POUR TRANSPORT D'ENGINS
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 4 X 4
- VÉHICULE TRACTEUR DE SEMI-REMORQUE 6 X 4 - 6 X 6

MATÉRIEL DE LEVAGE ET DE MANUTENTION

- ASCENSEUR MIXTE (MATÉRIAUX ET PERSONNEL)
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE FIXE
- CHARIOT ÉLÉVATEUR DE CHANTIER À PORTÉE VARIABLE

- ÉLÉVATEUR HYDRAULIQUE À NACELLE
- GRUE AUTOMOTRICE SUR PNEUMATIQUES
- GRUE AUXILIAIRE DE VÉHICULE
- GRUE ROUTIÈRE
- GRUE SUR CHENILLES
- GRUE À TOUR (MONTAGE PAR ÉLÉMENTS)
- GRUE À TOUR (DÉPLIAGE AUTOMONTABLE)
- PLATE-FORME ÉLÉVATRICE

MATÉRIEL POUR LA CONSTRUCTION ET L'ENTRETIEN DES ROUTES

- ALIMENTATEUR DE FINISSEUR
- BALAYEUSE PORTÉE OU SEMI-PORTÉE
- BALAYEUSE RAMASSEUSE AUTOMOTRICE
- BALAYEUSE TRACTÉE
- CITERNE MOBILE DE STOCKAGE ET DE CHAUFFAGE DES LIANTS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PIEDS DAMEURS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR À PNEUS
- COMPACTEUR AUTOMOTEUR MIXTE
- COMPACTEUR STATIQUE AUTOMOTEUR TANDEM
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOBILE, MONOCYLINDRE VIBRANT - LISSE ET PIEDS DAMEURS - LIGNE MOTRICE À 2 PNEUS
- COMPACTEUR VIBRANT AUTOMOTEUR TANDEM - 1 ET 2 CYLINDRES VIBRANTS
- COMPACTEUR VIBRANT, GUIDAGE À MAIN ET DUPLEX
- COMPACTEUR VIBRANT TRACTÉ, MONOCYLINDRE, LISSE OU PIEDS DAMEURS
- DÉPOUSSIÉREUR À TISSU FILTRANT
- DÉPOUSSIÉREUR À VOIE HUMIDE
- DOSEUR À PULVÉRULENTS
- ÉPANDEUR LATÉRAL (ÉLARGISSEUR DE ROUTE)
- FINISSEUR
- FRAISEUSE AUTOMOTRICE ET RETRAITEMENT DE CHAUSSÉES
- GRAVILLONNEUR AUTOMOTEUR
- GRAVILLONNEUR PORTÉ
- MACHINE À COULIS BITUMINEUX À FROID
- MACHINE POUR FABRICATION DE BORDURES ET CANIVEAUX
- MALAXEUR CONTINU À FROID
- MALAXEUR DISCONTINU D'ENROBAGE
- MATÉRIEL DE RÉPANDAGE ET GRAVILLONNAGE INTÉGRÉ
- PILONNEUSE
- PLAQUE VIBRANTE
- PULVÉRISATEUR MÉLANGEUR (RETRAITEMENT DE CHAUSSÉE)
- RÉPANDEUR DOSEUR DE PULVÉRULENTS
- RÉPANDEUSE DE LIANTS (ÉQUIPEMENT)
- SABLEUSE-SALEUSE
- SÉCHEUR
- TAMBOUR SÉCHEUR AVEC TAMBOUR ENROBEUR SÉPARÉ
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À CONTRE COURANT
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À FLUX PARALLÈLES
- TAMBOUR SÉCHEUR ENROBEUR À ENROBAGE SÉPARÉ DOUBLE TAMBOUR CONCENTRIQUE
- TRÉMIE DE STOCKAGE D'ENROBÉS
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE PRODUITS STABILISÉS
- TRÉMIE PRÉDOSEUSE À GRANULATS
- VIBREUSE SURFACEUSE DE BÉTON À COFFRAGE GLISSANT (SLIP FORM PAVER)

MATÉRIEL DE CONCASSAGE - BROYAGE - CRIBLAGE

- ALIMENTATEUR À MOUVEMENT ALTERNATIF
- ALIMENTATEUR À TABLIER MÉTALLIQUE
- ALIMENTATEUR VIBRANT
- BROYEUR À BARRES
- BROYEUR À PERCUSSION À AXE VERTICAL
- BROYEUR À PERCUSSION À MARTEAUX
- CONCASSEUR À MÂCHOIRES
- CONCASSEUR À PERCUSSION À BATTOIRS
- CONCASSEUR À TAMBOUR DE FRAPPE
- CONCASSEUR GIRATOIRE (PRIMAIRE, SECONDAIRE)
- CONCASSEUR GIRATOIRE (SECONDAIRE, TERTIAIRE)
- CONCASSEUR MOBILE SUR CHENILLES
- CRIBLE VIBRANT
- DÉCANTEUR ÉGOUTTEUR À AUBES
- DÉTECTEUR DE MÉTAUX
- LAVEUR DÉBOURBEUR
- MALAXEUR À TAMBOUR
- POSTE D'ÉGOUTTAGE DES SABLES AVEC TRAITEMENT DES EAUX DE LAVAGE
- SÉPARATEUR EXTRACTEUR MAGNÉTIQUE
- TRANSPORTEUR, CRIBLEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE-CRIBLEUSE)
- TRANSPORTEUR MOBILE À COURROIE (SAUTERELLE)

MATÉRIEL POUR LA FABRICATION, LE TRANSPORT ET LA MISE EN PLACE DES BÉTONS, MORTIERS ET ENDUITS

- AUTOBÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE
- BÉTONNIÈRE PORTÉE (TRUCK MIXER)
- CENTRALE MOBILE ET SEMI-MOBILE
- COFFRAGE (BANCHE)
- DESSACHEUSE AUTOMATIQUE
- DRAGLINE
- ECHAFAUDAGE AUTO-ÉLÉVATEUR
- MACHINE À PROJETER LE BÉTON
- MALAXEUR À AXES HORIZONTAUX
- MALAXEUR À AXE VERTICAL
- POMPE À BÉTON DE CHANTIER
- POMPE À BÉTON SUR PORTEUR
- SIDE-BOOM : VOIR TRACTEUR SUR CHENILLES, POSEUR DE CANALISATIONS
- TAPIS DISTRIBUTEUR DE BÉTON
- TRANSPORTEUR À AIR COMPRIMÉ
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON SIMPLE
- TRÉMIE AGITATRICE À BÉTON RELEVABLE

MATÉRIEL DE PRODUCTION, DE TRANSFORMATION ET DE DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE

- GROUPE ÉLECTROGÈNE À MOTEUR DIESEL
- POSTE MOBILE DE LIVRAISON TYPE EXTÉRIEUR
- POSTE MOBILE DE TRANSFORMATION TYPE EXTÉRIEUR
- TRANSFORMATEUR TRIPHASÉ POUR CABINE

BARAQUEMENTS

- BARAQUEMENT MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- BARAQUEMENT MOBILE DE CHANTIER

MATÉRIEL FLOTTANT ET MATÉRIEL DE PLONGÉE POUR TRAVAUX FLUVIAUX ET MARITIMES

- CHALAND MÉTALLIQUE AUTOMOTEUR
- DRAGUE À CUILLÈRE (DIPPER-DREDGE)
- DRAGUE À GODETS, STATIONNAIRE
- DRAGUE SUCEUSE PORTEUSE
- DRAGUE SUCEUSE REFOULEUSE STATIONNAIRE AVEC DÉSAGRÉGATEUR
- MOTO-PROPULSEUR AMOVIBLE
- PONTON MÉTALLIQUE DÉMONTABLE
- PONTON DE SERVITUDE
- REMORQUEUR

MATÉRIEL DE SONDAGE, FORAGE, FONDATIONS SPÉCIALES ET INJECTION

- BENNE POUR PAROIS MOULÉES
- DÉSABLEUR POUR BOUES
- FOREUSE TARIÈRE SUR PORTEUR
- FOREUSE TARIÈRE (MONTAGE SUR GRUE)
- FOREUSE TARIÈRE POUR POSE DE POTEAUX
- POMPE À BOUES
- POMPE POUR JET-GROUTING
- PRESSE D'INJECTION
- SONDEUSE DE RECONNAISSANCE ET FOREUSE EN ROTATION

MATÉRIEL SPÉCIAL POUR LA POSE DE CANALISATION

- CINTREUSE HYDRAULIQUE
- CLAMP INTÉRIEUR AVEC AVANCE AUTOMATIQUE
- FONCEUR À PERCUSSION, FUSÉE
- FONDOIR À BRAI
- FORAGE DIRIGÉ (INSTALLATION)
- FOREUSE HORIZONTALE À TARIÈRE
- GROUPE AUTONOME DE SOUDAGE
- MANDRIN DE CINTRAGE
- REMORQUE PORTE-TOURET
- TRACTEUR SUR CHENILLES POSEUR DE CANALISATIONS (PIPETAYER - SIDE-BOOM)
- TRANCHEUSE
- TREUIL À CABESTAN

MATÉRIEL POUR TRAVAUX SOUTERRAINS

- BERLINE
- CHARGEUSE À ACTION CONTINUE, À BRAS DE RAMASSAGE OU GODET
- CHARGEUSE SUR PNEUMATIQUES CHARGE ET ROULE, ARTICULÉE MOTEUR DIESEL
- ENGIN DE BOULONNAGE
- ENGIN DE FORATION
- ERECTEUR DE CINTRE
- FOREUSE ALÈSEUSE
- LOCOTRACTEUR DIESEL
- LOCOTRACTEUR ÉLECTRIQUE
- MACHINE D'ATTAQUE PONCTUELLE À FRAISE (RADIALE-TANGENTIELLE)
- MICROTUNNELIER
- ROBOT DE BÉTONNAGE
- TOMBREAU AUTOMOTEUR POUR TRAVAUX SOUTERRAINS
- TRANSPORTEUR MALAXEUR
- TRÉMIE DE STOCKAGE DE DÉBLAIS
- TUNNELIER
- WAGON AUTOREMPLISSEUR ENCASTRABLE

UN SEUL FOURNISSEUR POUR
LA STABILISATION DE SOLS.



Close to
our customers



COMPACTEURS MONOBILLES HAMM.



STABILISATRICES DE SOLS WIRTGEN.



ÉPANDEURS DE LIANTS STREAMMASTER.



Une gamme de compacteurs monobilles de 5 à 25 tonnes – pour un compactage final de qualité.



Des stabilisatrices de sols adaptées à toutes les situations, en version automotrice ou tractée – pour une haute qualité de malaxage.



Une offre complète d'épandeurs automoteurs, tractés ou à monter sur tous types de véhicules – pour une grande précision d'épandage.



ROAD AND MINERAL TECHNOLOGIES

www.wirtgen-group.com/soilstabilization



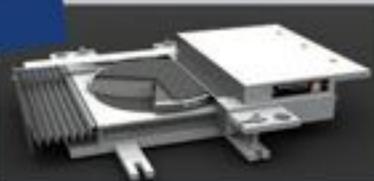
WIRTGEN FRANCE

Wirtgen France SAS
7, rue Marc Séguin - BP 31633 - 95696 Goussainville Cedex
Tél. : 01 30 18 95 95 - Fax : 01 30 18 15 49
e-mail : contact@wirtgen.fr - www.wirtgen.fr



Une glisse parfaite

Nouveau
MSA® pour appuis
sphériques!



MAURER Sliding Alloy

MSA®, un nouvel alliage métallique glissant spécialement développé pour les appuis sphériques destinés aux ouvrages d'art et structures.

- **Brillant**: qualité du traitement de surface spécifique permettant une diminution du coefficient de frottement et de l'usure
- **Résistant en milieu industriel** et en particulier aux solutions d'acide de fluor et de chlore ionisés
- **Une excellente résistance à la corrosion**
- **Plus économique**
- **Augmentation de la durée de vie**
- **Agrément No. AbZ Z-16.4-436**

Notre gamme

- Joints MAURER
- Appuis néoprene MAURER
- Dispositifs anti-sismiques MAURER
- Dispositifs d'amortissement MAURER
- Monitoring de structures MAURER

