

Un sable traité avec un liant hydraulique pour l'A84

Ouverte depuis le mois de janvier, la première section de l'A84 qui relie Coulvain à Saint-Martin-des-Besaces fait appel à une structure de chaussée "inverse", afin de réduire au minimum les phénomènes de fissuration. Plus de 16 km ont été réalisés en seulement deux ans, grâce à des moyens humains et matériels très importants. Baptisée "autoroute des Estuaires", l'A84 reliera Caen à Rennes en 2002.

Les automobilistes qui empruntent depuis janvier dernier le nouveau tronçon de l'A84 qui joint Coulvain à Saint-Martin-des-Besaces ont sans doute déjà été frappés par la qualité architecturale des ouvrages d'art, qui tranche avec le reste du réseau autoroutier du Calvados. Reste que seule l'épreuve du temps permettra de révéler d'autres particularités, par comparaison aux chaussées classiques munies de couches inférieures traitées avec des liants hydrauliques : "Les fissurations transversales engendrées par le phénomène de retrait finissent par remonter jusqu'à la surface, explique Yves Deniel, responsable du projet à la subdivision Études et travaux neufs de la DDE du Calvados. Ces fissures doivent être colmatées afin d'empêcher l'eau de pénétrer dans les couches de chaussée, source potentielle de désordres, notamment avec l'alternance du gel et du dégel."



▲ À chantier d'exception, moyens d'exception. La réalisation de ce tronçon de l'A84 dans le Calvados fait appel à des techniques pointues et peu coûteuses, mises en œuvre dans des délais records.

Les grands chiffres du chantier

- 16,63 KM DE CHAUSSÉE de 18 m de largeur (2 x 2 voies)
- BUDGET TOTAL : inférieur à 417 millions de francs
- 24 MOIS DE TRAVAUX dont 7 mois pour la chaussée (hors terrassements)
- 206 000 TONNES DE SABLE
- GRH : 99 000 tonnes
- GNT : 136 000 tonnes
- GB : 122 000 tonnes
- BBM : 40 000 tonnes
- 8 000 TONNES de liant hydraulique
- RENDEMENT : 1 km de sable traité par jour sur une largeur de 9 m
- EFFECTIFS : entre 30 et 60 personnes

Mieux vaut concevoir des chaussées qui soient intrinsèquement peu prédisposées à la fissuration, pour limiter l'entretien au seul maintien des caractéristiques d'adhérence de la couche de roulement."

DÉCOUPLER LES COUCHES DE CHAUSSÉE

Plutôt que d'opter pour la solution d'une chaussée épaisse en grave-bitume, dont le prix de revient est étroitement dépendant des fluctuations du cours du pétrole, la DDE du Calvados, maître d'œuvre des opérations, a choisi la technique de la structure "inverse", un peu plus économique. Le principe de cette technique conçue par Scetauroute et dont les premières réalisations remontent à 1975 consiste à interposer, entre les

couches supérieures et la couche de fondation traitée au ciment, une couche de grave reconstituée humidifiée (GRH). "Cette couche exempte de tout liant pré-



▲ L'arrosage de la couche de sable traité permet de compenser l'évaporation et ainsi de protéger la structure de la dessiccation.

sente une certaine souplesse, explique Frédéric Caron, directeur du chantier au sein de l'entreprise La Routière Morin. Elle absorbe les mouvements horizontaux de la couche de fondation et interdit leur propagation vers les couches de roulement. Cette disposition s'oppose donc à la remontée des fissures. On peut ainsi associer, avec de meilleures garanties de durabilité, un traitement hydraulique en fondation à une structure souple à base d'enrobé en surface, et bénéficier des avantages propres aux deux techniques." (Cf. encadré.) Des qualités qu'attestent les essais de fatigue menés par le LCPC. Les dégradations constatées après 10 ans se limitent à un léger ornierage dû à la déformation de la couche de grave non traitée, ainsi qu'à une fissuration fine des couches bitumineuses, survenue au terme d'un grand nombre de cycles, et qui ne compromet pas l'étanchéité de la structure. Ces petites dégradations superficielles sont supprimées avec les travaux de rechargement traditionnels programmés dans le cadre de l'entretien normal du réseau routier national.



▲ La centrale SAM 804 BI, pilotée par un système informatique Compumat à acquisition de données, est constituée de deux groupes semi-mobiles de dosage pondéral, trois trémies, un doseur à pulvérulents autorégulé, trois silos mobiles, un ensemble de malaxage mixte grave-béton, deux vis de transfert et un poste de chargement en deux points. Elle produit 800 t de sable traité par heure, avec une précision de dosage de l'ordre de 2 %.

STRUCTURE DE LA CHAUSSEE

- Béton bitumineux mince (4 cm)
- Couche d'accrochage
- Grave-bitume 0/20 (14 cm)
- Couche d'accrochage et d'imprégnation
- Grave recomposée humidifiée 0/20 (épaisseur variable, 10 à 12 cm (voir schéma))
- Enduit de cure (tapis d'émulsion gravillonnée)
- Couche de fondation en sable traité au liant hydraulique (23 à 28 cm)
- Imperméabilisation de la couche de forme
- Couche de forme en grave non traitée 0/120 (40 à 60 cm)

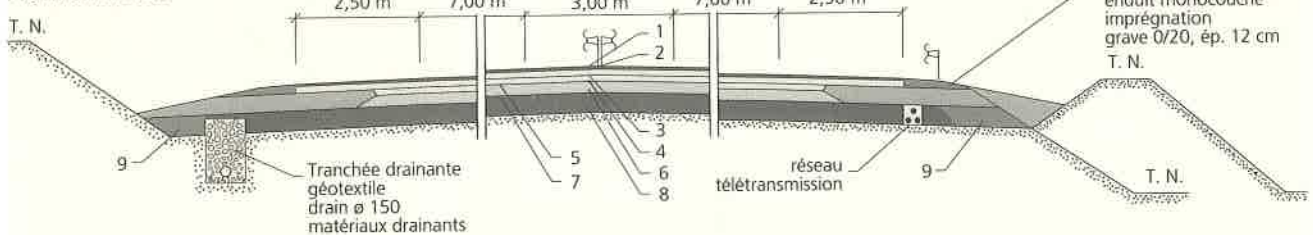
FONDATION EN SABLE TRAITÉ

Les 16 km d'autoroute qui relie Couvain à Saint-Martin-des-Besaces s'appuient sur une fondation en sable traité avec un liant hydraulique adapté aux techniques routières fourni par Ciments Calcia. "Ce liant hydraulique offre un délai de maniabilité suffisant évitant ainsi d'avoir recours à un retardateur de prise", souligne Arnaud de Chalain, directeur de l'agence Routes à Guerville (Yvelines) des Ciments Calcia. Il permet de traiter indifféremment des grayes et des sables. "Les chaussées à fondation en sable traité sont une de nos spécialités, ajoute Jérôme

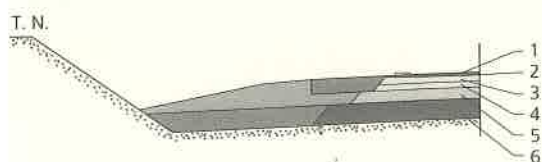


▲ Des camions-bennes déversent le sable traité sur le fond de forme.

Profil en travers



Voies d'insertion ou de décélération



- 1 - enrobés denses, ép. 4 cm
- 2 - couche d'accrochage
- 3 - couche de base en grave bitume, ép. 12 cm
- 4 - grave recomposée, ép. 12 cm
- 5 - enduit de cure
- 6 - couche de fondation en sable ciment, ép. 23 à 28 cm
- 7 - imperméabilisation de la couche de forme
- 8 - couche de forme, ép. 40 à 60 cm
- 9 - terrassier



▲ La niveuse règle l'altimétrie de la couche.

Dherbecourt, responsable du contrôle externe de l'entreprise La Routière Morin. Depuis 1994, nous avons réalisé près de 350 km de chaussées de ce type, ce qui représente plus de trois millions et demi de tonnes de sable ciment."

La principale fonction de cette couche de fondation est de répartir les contraintes sur le sol et d'offrir aux couches supérieures une assise très peu déformable. Elle est en grande partie responsable de la rigidité de



▲ Une chargeuse assure un prééplage du matériau.

la structure dans son ensemble. Autre avantage : utiliser du sable traité permet de valoriser des sous-produits de concassage issus des carrières, ou des matériaux locaux en abondance. "Du point de vue de l'optimisation des ressources, la structure inverse avec une fondation en sable traité au ciment est plus avantageuse qu'une structure entièrement en grave-bitume", estime Yves Deniel.

RIGUEUR DANS LES ÉTUDES ET LE CONTRÔLE

L'analyse du sable, issu de deux carrières situées dans les départements du Calvados et de la Manche, a mis en évidence une granulométrie homogène et une faible teneur en argile, qui le classe dans la catégorie b. "Les bonnes caractéristiques du sable ont permis de limiter à 4 % la proportion de liant, valeur suffisante pour obtenir une résistance en traction largement supérieure à la valeur de 0,75 MPa requise par le cahier des charges (classe d)", précise Jérôme Dherbecourt. Ainsi, 8 000 tonnes de liant hydraulique ont suffi à traiter les 200 000 tonnes de sable nécessaires à la réalisation de la couche de fondation. La qualité de la réalisation et le respect des spécifications demandent un contrôle strict des matériaux, du matériel et de la précision des dosages, une tâche

Principaux intervenants

- MAÎTRE D'OUVRAGE : ministère de l'Équipement
- MAÎTRE D'ŒUVRE : DDE du Calvados
- ENTREPRISE : La Routière Morin (mise en œuvre des couches de chaussée) et Guintoli-Razel (terrassement)
- CONTRÔLE EXTÉRIEUR : CETE de Rouen
- FOURNISSEUR DU LIANT HYDRAULIQUE : Ciments Calcia
- APPROVISIONNEMENT DU LIANT : Bonafini/Tratel

assurée à la fois par l'entreprise, en interne, et par le CETE de Rouen. "Il faut veiller à respecter la teneur optimale en eau définie par l'OPM, ou Optimum Proctor Modifié, reprend Jérôme Dherbecourt. Le mélange doit être suffisamment humide pour permettre un compactage efficace, mais en veillant toutefois à ne pas avoir d'eau en excès, ce qui compromettrait cette fois le compactage sous l'effet d'une pression interstitielle trop importante. En cas de vent ou de soleil, il faut compenser l'évaporation en surface par un arrosage."

DES MOYENS D'EXCEPTION

Approvisionnements, logistique, fabrication et mise en œuvre : tous les postes du chantier ont nécessité la mobilisation de moyens considérables, du fait non seulement du volume des matériaux travaillés, qui s'élève à 2 millions de mètres cubes, mais encore de la rapidité d'exécution, les 16,63 km de chaussée ayant été réalisés en seulement deux années, ce qui est un record. Acheminé les premiers mois par camion, le liant hydraulique a par la suite été approvisionné par convoi ferroviaire à proximité de Caen. Il était alors livré par camion-citerne sur le chantier, situé à 45 km de là, à raison de 13 livraisons quotidiennes, soit 350 tonnes par jour. "Et ce, avec régularité, de sorte que nous n'avons jamais été en rupture de stock malgré les conflits sociaux qui ont désorganisé les transports routiers", précise Frédéric Caron.

Pour obtenir un rendement journalier de 1 km de fondation en sable traité, l'entreprise n'a pas hésité quant aux moyens : le



▲ La niveuse est équipée d'un système de guidage par ultrasons qui fournit à partir d'un câble tendu une référence de hauteur avec une précision inférieure à 5 mm.



▲ Le sable traité est compacté avec des compacteurs vibrants et des compacteurs à pneus.

parc de matériel affecté à ces opérations comprend notamment une centrale de traitement d'une capacité de production de 800 t/h en moyenne, conduite et gérée par un système informatique, deux chargeurs, quinze camions-bennes en moyenne, quatre compacteurs – vibrants et à pneus – et deux niveleuses.

UNE MISE EN ŒUVRE ORCHESTRÉE AVEC RIGUEUR

Le sable traité produit par la centrale de malaxage, qui fonctionne en continu, est répandu par camion-benne sur la couche de forme préalablement imperméabilisée. Les premiers réglages de la couche de fondation sont réalisés à l'aide d'une chargeuse, puis d'une niveleuse. Viennent ensuite plusieurs passes de compactage menées à l'aide de compacteurs vibrants et à pneus afin d'optimiser la cohésion de l'arrangement granulaire. Une seconde niveleuse achève de donner à la structure son profil définitif. "Les niveleuses sont guidées par un système de détection à ultrasons qui prend comme référence un câble tendu, explique le conducteur. Ce dispositif offre une précision d'exécution inférieure à 5 mm."

Ce réglage définitif est suivi d'une dernière étape de compactage. Au total, ces phases successives s'enchaînent à un rythme soutenu, 3 heures seulement séparant la fabrication en centrale de la dernière passe du compacteur. "Pour protéger le sable traité de l'évaporation, nous répandons une émulsion qui joue le rôle d'enduit de cure, précise Jérôme Dherbecourt. Cette émulsion est gravillonnée pour constituer un revêtement résistant au trafic des engins. Il faut attendre au minimum 7 jours (en été) jusqu'à l'obtention d'une résistance suffisante pour circuler sur cette couche."

TREIZE MOIS D'AVANCE SUR LE PLANNING

Bien que la mise en œuvre d'une structure inverse soit une première – non seulement dans le Calvados, mais aussi en Normandie –, les travaux ont été menés tambour battant grâce aux effectifs : 60 personnes ont été mobilisées lors des périodes de pointe. "Le planning initial prévoyait 21 mois de travaux, explique Frédéric Caron. Des conditions météorologiques favorables et les moyens importants mis à notre disposition nous ont permis de réduire de 13 mois les délais. L'ouverture du tronçon d'autoroute, prévue pour mars 1999, a été avancée au mois de janvier 1998." Et ce, sans aucune concession quant à la qualité, de telles cadences ne tolérant aucune erreur technique. "Pour contrôler l'efficacité du compactage, le CETE Normandie-Centre utilise le gammadensitomètre mobile GDM 45, un appareil qui met en jeu une source radioactive et permet de mesurer en

continu la masse volumique du matériau de la chaussée. L'épaisseur des couches est mesurée par le radar LPC, en continu et de façon non destructive. Ces deux équipements de pointe ont été mis au point par le laboratoire régional des Ponts et Chaussées de Rouen", explique Alain Lacaille, chargé du contrôle extérieur.

DES RÉSULTATS À LA HAUTEUR DES EFFORTS DÉPLOYÉS

"J'ai été frappé par la capacité de l'entreprise à réaliser un chantier de grande ampleur dans des délais très courts, conclut Yves Deniel. Cette constatation est d'autant plus éloquent que la technique de la structure inverse est extrêmement pointue et délicate à mettre en application. Ces travaux ayant été menés dans le cadre strict d'une réelle démarche de qualité, il est légitime de penser que la réalisation donnera entière satisfaction tout au long de son exploitation." ■



▲ Enduit de cure : émulsion et gravillons.