

Routes

Ciments • Liants hydrauliques routiers • Bétons
Travaux et équipements routiers - Terrassements - Aménagements urbains - Aéroports



DOCUMENTATION TECHNIQUE

Chaussée béton
et tunnels : la juste équation

LE POINT SUR

La Seine-et-Marne :
le béton, pour la qualité et la
diversité des aménagements

CHANTIER

Roissy : dalles en béton
pour gros porteurs

2 EDITORIAL

3-5 LE POINT SUR



La Seine-et-Marne

Le béton, pour la qualité et la diversité des aménagements

6 SCIENCES ET TECHNIQUES



La suite de Fibonacci

7-14 DOCUMENTATION TECHNIQUE



Chaussée béton et tunnels : la juste équation

15-17 RÉFÉRENCE

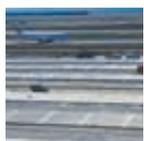


La Roche-sur-Foron

Aire d'évolution en béton pour poids lourds (Haute-Savoie)

Couëron : Réaménagement de berges en béton désactivé (Loire-Atlantique)

18-19 CHANTIER



Roissy : Dalles en béton pour gros porteurs

20 LE SAVIEZ-VOUS ?

En couverture : à Lizy-sur-Ourcq, un projet de grande envergure fait appel à de nombreuses déclinaisons du béton (dalle, pavé, béton désactivé, mobilier urbain en béton poli).

Environnement, sécurité et patrimoine : les solutions ciment/béton pour la route

Comme les objets familiers qui nous entourent, la route appartient à notre univers quotidien. Sous toutes ses formes, elle permet et accompagne nos déplacements. Son réseau irriguant notre territoire favorise les échanges humains, culturels et économiques.

Indispensable à notre vie moderne, la route peut devenir le sujet de controverses, voire de conflits, lorsqu'elle traverse certains sites sensibles. Le sentiment écologique de notre temps doit-il freiner ou arrêter la construction de nouvelles infrastructures routières ?

Les enquêtes d'opinion réalisées récemment auprès de la population française attestent du contraire. La réponse à des attentes antinomiques nécessite de penser la route autrement.

Le mouvement en ce sens est déjà fortement engagé de la part de l'industrie cimentière et de ses partenaires qui proposent des solutions et des produits répondant aux préoccupations contemporaines.

Aussi, de la construction de chaussées aux ouvrages d'accompagnement – ouvrages d'art, ouvrages hydrauliques, ouvrages de sécurité (séparateurs béton), ouvrages de

protection de la faune et de la flore, ouvrages d'assainissement et de stockage (chaussées réservoirs), ouvrages de soutènement, mobiliers décoratifs d'aires de repos ou de service... – les techniques ciment-béton sont présentes au détour de chaque parcours et se plient à la volonté de l'homme. Elles permettent de répondre aux exigences de plus en plus contraignantes en matière de sécurité, d'écologie et d'environnement.

De plus, dans le domaine des structures de chaussées, notre profession a mis au point et réalise, depuis quelques années, des structures innovantes en béton pour la construction et l'entretien des routes et autoroutes (Béton de Ciment Mince Collé, Béton Armé Continu Grave/Bitume).

Enfin, pour répondre aux exigences de la loi sur les déchets, notre profession travaille actuellement à l'élaboration d'une nouvelle génération de matériaux routiers : "les bétons de fraisats d'enrobés".

Ce numéro a pour ambition de témoigner et de montrer que routes, environnement, sécurité, patrimoine et paysages sont désormais réconciliés.

Joseph ABDO

CIM *béton*

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS

7, Place de la Défense
92974 Paris-la-Défense cedex

Tél. : 01 55 23 01 00
Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cimbeton.net
Site Internet : www.infociments.fr

Pour tous renseignements concernant les articles de la revue, contacter Cimbéton.

Directeur de la publication : Anne Bernard-Gély
Directeur de la rédaction, coordinateur des reportages et rédacteur de la rubrique *Sciences et techniques* : Joseph Abdo - Reportages, rédaction et photos : Romualda Holak, Jacques Mandorla, Gilles Nilsen - Documentation technique : Serge Horvath et Gilles Nielsen - Réalisation : Ilot Trésor, 83 rue Chardon Lagache, 75016 Paris - Email : mandorla@club-internet.fr - Conception maquette : Dorothee Picard - Dépôt légal : 1^{er} trimestre 2003 - ISSN 1161 - 2053 1994



Gare routière de Meaux : choix du béton désactivé pour concilier résistance au trafic lourd et esthétique.

Le béton, pour la qualité et la diversité des aménagements

Etendue, diversifiée, urbaine ou rurale, la Seine-et-Marne accueille de nombreuses opérations d'aménagement. En espaces protégés, dans les villes nouvelles comme dans les lotissements, le béton apporte sa palette de solutions.

S'il fallait ne retenir qu'une caractéristique de la Seine-et-Marne, département de près de 600 000 hectares couvrant à lui seul la moitié de l'Ile-de-France, ce serait son potentiel. Riche d'un exceptionnel patrimoine architectural, mais aussi de vastes zones naturelles et forestières qui s'étendent sur plus de 80 % du territoire, ce département est le moins peuplé de la région parisienne. Sa situation privilégiée en couronne de la capitale, bénéficiant de la présence de l'aéroport de Roissy, explique le développement de l'urbanisation observé depuis les trente dernières années.

Cette évolution ne fait qu'accentuer la dualité de ce département, née de sa position

charnière entre la capitale et la province. *"Sur sa frange Ouest, le département est marqué par son caractère urbain",* explique Dominique Bonini, architecte-urbaniste au sein du CAUE 77. En témoigne la présence d'agglomérations anciennes affichant une forte composante patrimoniale comme Chelles, Brie-Comte-Robert, Melun, Fontainebleau, Meaux ou de villes nouvelles comme Sénart ou Marne-la-Vallée. *"En revanche, les villages où résident quelques dizaines, ou centaines, d'habitants illustrent bien l'identité rurale de la frange Est, encore structurée autour de chefs-lieux de canton pour certains emblématiques comme Provins",* complète l'architecte-urbaniste.



Place de l'église de Ferrières-en-Brie : l'aménagement en béton désactivé respecte les exigences d'intégration au site.

■ De nombreuses typologies d'aménagement

De la rue principale d'un village isolé, rétrocédée au domaine communal suite à une déviation, au parking d'une gare routière, en passant par l'aménagement d'un site protégé aux abords d'un château ou d'une collégiale, d'un lotissement ou encore d'allées piétonnes dans un parc de loisirs, nombreuses sont les problématiques, et donc les solutions, mises à disposition des élus et des concepteurs. Trop peut-être aux yeux de Dominique Bonini qui plaide pour une sobriété et une homogénéité du traitement pour plus de cohérence d'ensemble.

"En milieu rural, le pavé de grès connaît un certain engouement, souligne Dominique Bonini, pavé qui peut être associé à des matériaux de remplissage, coulés en place, comme le béton désactivé ou un simple sol stabilisé, voire même un enrobé, si les budgets sont plus limités". Dans les secteurs des villes nouvelles, où la question de la requalification des anciens bourgs est d'actualité, la possibilité de mobiliser des budgets plus importants, grâce à la présence de taxe professionnelle, permet de faire appel *"à des solutions plus contemporaines comme la pierre naturelle"*.

Si les solutions diffèrent selon les moyens et le contexte géographique, culturel et économique, on observe une certaine constance dans la demande des élus. *"Les maires qui viennent nous consulter évoquent, en priorité, le sentiment d'insécurité des habitants à proximité des équipements publics comme les écoles ou les mairies, et sur les axes où la circulation est la plus dense, à cause notamment du trafic de transit"*, observe Dominique Bonini. S'y ajoutent les besoins en stationnement afin de soutenir le commerce de proximité, concurrencé par les grandes surfaces. *"Ces deux thématiques débouchent sur l'idée de la requalification de l'espace et d'un partage équilibré entre l'automobile, le piéton, le cycliste et les transports collectifs"*, précise l'architecte-urbaniste.

■ Pour une démarche qualitative

Malgré les conseils prodigués par le CAUE, seule structure à offrir gratuitement aux élus comme aux particuliers un regard pluridisciplinaire et croisé d'une équipe



Champs-sur-Marne : la place de la mairie, dans le périmètre protégé du château, traitée en béton désactivé.

d'architectes, d'urbanistes, de paysagistes, d'ingénieurs forestiers, certains aménagements souffrent d'un manque de vision globale et d'analyse des enjeux. Une démarche qui rejoint celle du cabinet de Michel Greuzat, géomètre-expert urbaniste, qui assure chaque année la conception et la maîtrise d'œuvre d'une trentaine d'opérations en Seine-et-Marne. Partisan d'un diagnostic poussé de l'existant, il soumet tous les programmes qui lui sont proposés à une analyse détaillée de type "Etude d'impact sur l'environnement", avant d'effectuer la conception. De ce fait, un simple trottoir se mue alors en élément structurant une entrée de ville, grâce à une approche qualitative, telle celle mise en œuvre à Moussy-le-Neuf, petite commune de 3 000 habitants.

"Mieux vaut investir dans la conception que de découvrir, en cours de chantier, la présence de réseaux ou d'une pente, de devoir déplacer un transformateur ou de ne pas pouvoir planter d'arbres, ce qui oblige à revoir, à grands frais, le projet", explique Michel Greuzat. Avec comme conséquence un dépassement de l'enveloppe initiale, parfois problématique lorsque les sommes sont déjà bloquées, à l'exemple de travaux effectués dans le cadre de contrats régionaux. *"Le nombre d'aléas de chantier est suffisamment important pour ne pas prendre en compte le maximum d'éléments lors de l'étude"*, souligne Michel Greuzat.

Exemple de cette approche : la restructura-



La municipalité de Compans requalifie ses espaces publics avec du béton désactivé.

tion des abords de la mairie de Lizy-sur-Ourcq, chef-lieu de canton de 3 500 habitants, situé dans l'arrondissement de Meaux. Outre le problème d'engorgement du carrefour, aggravé par la présence d'un arrêt de bus, il fallait traiter sur le plan paysager l'implantation d'un parking à l'entrée du parc municipal, tout en organisant la circulation piétonne pour desservir l'extension déportée de la mairie. Solution : un bord de voie structuré par un mail, derrière lequel s'intègre le parking planté, qui débouche sur la place minéralisée où se canalise le trafic piétonnier, guidé ensuite par un jeu de matériaux au sol et la présence judicieuse de mobilier urbain et de plantations. *"Le béton joue un rôle important dans l'aménagement"*, souligne Michel Greuzat, évoquant l'utilisation de bancs en béton poli et, au sol, de béton désactivé et de dalles en béton préfabriqué. Pour les dalles, la présence de granulats noirs et rouges, mariés à une matrice grise, permet au matériau de s'harmoniser avec la pierre meulière de



Saint-Mammès : l'aménagement des quais de bord de Seine en béton désactivé à contribué à la réussite de la requalification du site.



Lotissement de Chauconin Neufmontier : le béton désactivé conjugue résistance pendant les travaux et qualité esthétique.

l'ancien corps de mairie. Le béton désactivé, légèrement ocre, se marie avec le stabilisé employé pour le mail.

■ Le béton : concilier impératifs esthétiques et économiques

Cette réalisation à Lizy-sur-Ourcq, comme beaucoup d'autres en Seine-et-Marne où l'on dénombre 580 monuments protégés, est soumise à la vigilance du Service Départemental de l'Architecture et du Patrimoine (SDAP). "Les matériaux naturels ont notre préférence, explique Jean-Baptiste Bellon, architecte des Bâtiments de France au SDAP, mais nous devons composer avec les impératifs économiques des communes, ce qui nous conduit à utiliser des matériaux contemporains ou bien à faire se juxtaposer les deux matériaux".

Exemples : la place de la mairie de Champs-sur-Marne, située dans le pé-



Meaux, boulevard Jean Rose : parking en béton désactivé dans le périmètre des fortifications.

mètre du château, les abords de l'église de Ferrières-en-Brie ou encore un parking situé boulevard Jean Rose à Meaux, à proximité des anciens remparts. Tous ces aménagements font appel à la technique du béton désactivé. "Je suis favorable à cette solution, car elle s'intègre bien en milieu urbain, davantage à mon goût que le pavé béton. Elle permet aussi des associations avec des matériaux plus traditionnels comme les pavés en grès, ajoute Jean-Baptiste Bellon. De plus, le béton désactivé, coulé en place, offre une gamme de composants et de coloris, et possède un aspect esthétique beaucoup plus satisfaisant qu'un simple enrobé".

En témoigne l'aménagement des espaces publics à Saint-Mammès, issu d'une réflexion globale, insufflée par le maire Camille Dabin et transformée par l'intervention des architectes C. Geoffroy et F. Zonca pour la jetée et la Maison des Associations, et par celle des paysagistes N. Allochon et R.



Michel Greuzat
Géomètre-expert

“Le bon projet s'impose de lui-même.”

Bosquillon pour les quais de Seine. Une réalisation primée à deux reprises et qui a redonné vie à une ancienne halte fluviale, convertie en un musée vivant de la batellerie. Ici encore, l'aptitude du béton désactivé à s'intégrer au site est manifeste.

Outre son intérêt esthétique, ce matériau offre une solidité et une pérennité également mises à profit, notamment en lotissement, configuration récurrente dans un département en développement. "L'intérêt du béton désactivé est sa résistance aux fortes sollicitations causées par le trafic de poids lourds lors de la construction des habitations", souligne Pascal Debas, responsable VRD du Cabinet Greuzat, faisant référence à plusieurs opérations (Isles-les-Meldeuses, Chauconin-Neufmontiers ou Crécy-la-Chapelle). "Nous sommes concernés par le devenir des aménagements dont on nous confie l'étude ou la maîtrise d'œuvre", assure Pascal Debas.

"Notre force est d'associer cinq compétences, explique Michel Greuzat. Quelle que soit l'ampleur de l'opération, elle sera soumise à l'examen, même bref, d'un géomètre expert, d'un urbaniste, d'un technicien VRD, d'un paysagiste et d'un spécialiste de l'environnement. Si une opération ne donne pas satisfaction, nous en tirons les enseignements. Dans le cas contraire, qui est heureusement le plus fréquent, nous sommes heureux de constater qu'une réalisation donne toujours satisfaction, même après dix ou quinze années de service. Ces résultats ne font que nous conforter dans notre conviction que l'aménagement n'est pas un objet parachuté ou incongru, même à grand renfort d'images de synthèse en trois dimensions ou de croquis attachants, mais qu'il doit naître du site et de la sommation de toutes les contraintes qui le caractérisent. Aussi peut-on dire que le bon projet s'impose de lui-même". ●

La suite de Fibonacci

Dans le précédent numéro de la revue *Routes*, nous avons parlé du nombre d'or et évoqué l'existence d'une relation profonde entre ce nombre et une suite de nombres, connue sous le nom de "Suite de Fibonacci". Découvrez-en les secrets.

Une suite de Fibonacci est une suite de nombres dans laquelle les deux premiers termes sont égaux à 1 et chaque terme (à partir du troisième) est la somme des deux termes précédents : 1 - 1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 13 - 21 - 34 - 55 - 89 - 144 - 233 - 377...

Son inventeur Léonardo Fibonacci (1175 - 1240), également connu sous le nom de Léonard de Pise, fut l'un des plus grands mathématiciens de son époque. Homme d'affaires international, il avait profité de ses voyages pour s'initier aux sciences du Moyen-Orient et en particulier au système de calcul arabe, alors bien plus perfectionné que le système romain employé à l'époque en Europe.

On doit à Fibonacci un important traité, le *Liber Abaci* (1202), où il exposa les connaissances mathématiques des Arabes et introduisit l'emploi des chiffres dits "arabes" et l'étude de la suite de nombres à laquelle la postérité a donné le nom de "Suite de Fibonacci".

■ Énigme démographique

Dans son traité, Fibonacci ne s'intéressa pas uniquement aux systèmes de numération, mais ouvrit son champ d'investigation aux différents domaines des mathématiques. Il y a donné la première liste de problèmes d'algèbre en Europe : l'une de ses douze énigmes est aussi le premier problème de démographie. Même si cette discipline ne devait apparaître que beaucoup plus tard (17^e siècle), même s'il s'agit seulement d'illustrer une question d'arithmétique, le problème de Fibonacci contient déjà les ingrédients qu'utiliseront les démographes à partir du 17^e siècle : la progression géométrique, la référence aux populations animales et l'homogénéité temporelle. Le problème est simple : un couple de lapins est déposé, dès sa naissance, sur une île déserte qu'il va peupler de sa progéniture. On admet que le couple reproduit, chaque saison, un nouveau couple (la grossesse dure une saison) et



que la maturité sexuelle est atteinte au bout d'une autre saison. Pour simplifier encore, on suppose que ces heureux lapins ne meurent jamais et ne deviennent pas stériles. "Quelle sera la population lapine au bout de « n » saisons ?" s'interroge Fibonacci.

Il est tout d'abord facile de voir que la population d'une année donnée est composée de couples matures et de couples immatures. Le nombre de couples matures est égal à la population totale de l'année précédente puisque les couples immatures sont arrivés à maturité et que les couples matures ont survécu. Le nombre de couples immatures est égal à la population des couples matures de l'année précédente qui l'a engendrée, donc à la population totale deux ans auparavant. La population totale d'une année donnée est ainsi la somme des populations totales des deux années précédentes. En partant du couple fondateur qui a été déposé dans l'île à sa naissance, on calcule facilement la population de lapins, année après année. En d'autres termes, le nombre de couples de lapins est une suite dans laquelle chaque terme (à partir du 3^e) est la somme des deux termes précédents, à savoir : 1 - 1 - 2 - 3 - 5 - 8 - 13 - 21 - 34 - 55 - 89 - 144 - 233 - 377 - etc. C'est la suite traditionnelle de Fibonacci. Cette suite est croissante et l'on aboutit rapidement à des termes très grands. Ce qui donne, selon les hypothèses de Fibonacci, une idée de la vitesse de prolifération d'une population de lapins.

■ Rapport avec le nombre d'or

Désireux d'en savoir davantage, Fibonacci eut l'ingénieuse idée de comparer deux termes consécutifs de la suite, c'est-à-dire d'étudier comment se comporte le rapport de deux termes consécutifs en fonction de la position de ces termes dans la suite. Au début, ce rapport est toujours compris entre 1 et 2, puis il se rapproche d'une valeur constante, au fur et à mesure que l'on progresse dans la suite. En poursuivant à l'infini ce calcul, on aboutit à la valeur de 1,6180339887... et on retrouve le fameux nombre d'or !

Si l'on définit la suite de Fibonacci comme étant une suite de nombres dans laquelle chaque terme est la somme des deux termes précédents, on peut facilement en déduire qu'il en existe une infinité. En effet, une suite quelconque de cet ensemble est parfaitement définie et identifiée si l'on se donne les deux premiers termes. La suite traditionnelle de Fibonacci est, par conséquent, la suite dans laquelle les deux premiers termes sont égaux à 1.

■ Phénomènes naturels

Le nombre d'or et la suite de Fibonacci n'ont rien d'artificiel. La nature en a tiré parti bien avant que l'homme ne les découvre. Dans le règne animal, certaines structures comme la coquille de nautilus (voir illustration), sont régies par des lois mathématiques rigoureuses. Leurs formes s'appuient sur le nombre d'or et la suite traditionnelle de Fibonacci.

On peut faire ce même constat dans le règne végétal avec les cycles foliaires caractéristiques de certaines espèces végétales (poirier, pommier, chêne, tilleul, orme, aulne, rameau...).

Aussi intrigant que cela puisse paraître, la suite de Fibonacci, suite de nombres générés par un processus mathématique simple, constitue une clé de lecture pour bon nombre de phénomènes naturels complexes. ●

Chaussée béton et tunnels : la juste équation

Amélioration de la sécurité, pérennité de la structure et de l'uni, diminution de l'entretien, réduction des coûts d'exploitation et de construction de l'ouvrage, contribution à la protection de l'environnement... Nombreux sont les arguments en faveur de la chaussée béton dans les tunnels et les tranchées couvertes.



La chaussée en béton armé continu du tunnel de Cointe en Belgique : un revêtement durable, stable en toutes circonstances, clair et sûr.

Points de passage obligés, les tunnels canalisent un trafic toujours plus intense, du fait du recours de plus en plus systématique à l'automobile et du développement du transport routier. Situés à des endroits névralgiques, difficilement contournables, tant en agglomération qu'en site naturel (barrière montagneuse notamment), ces ouvrages en nombre limité sont soumis à la pression croissante d'une multitude d'usagers en quête de mobilité.

Conséquence : les niveaux de trafic observés, les vitesses des véhicules, voire même la nature de certains chargements sont de moins en moins compatibles avec les dispositions prises en matière de sécurité lors de la conception des ouvrages.

■ Enjeu de société

De fait, et même si l'accidentologie est faible, les événements tragiques de ces dernières années, (Mont-Blanc, Tauern, Gotthard...) donnent un coup de projecteur sur les tunnels ou, plus précisément, sur la façon dont ils intègrent la composante sécurité. Il est rare que de simples équipements et ouvrages de génie civil soient devenus, dans l'opinion publique, de véritables enjeux de société. Tant sur le plan de la sécurité que de la protection de l'environnement, comme en témoignent les nombreuses prises de position de représentants ou d'acteurs de la société civile (associations, élus, responsables

politiques ou syndicaux) en faveur d'une interdiction du tunnel du Mont-Blanc aux poids lourds.

Relayées par les médias, ces inquiétudes et revendications imposent aux administrations de prendre dans l'urgence des mesures correctives. Aussi, certaines données techniques ne sont pas prises en compte, et en particulier la nature des composants de la chaussée sur la sécurité des usagers et du personnel appelé à intervenir in situ, le respect de l'environnement, les charges d'exploitation, la fréquence et la nature des actions d'entretien, et même le dimensionnement du tunnel. Le gisement d'économies lors de la phase de construction, mais surtout pour le fonctionnement de l'ouvrage au quotidien, est réellement significatif.

Une approche en coût global le met clairement en évidence.

■ Épaisseur de chaussée et gabarit de percement réduits

À trafic équivalent, il est reconnu que la chaussée en béton optimise le dimensionnement (moindre épaisseur de la structure). Mais cet avantage est encore plus sensible pour les chaussées en tunnel. La raison ? La faible amplitude thermique observée dans l'ouvrage, milieu protégé du gel, des intempéries et de l'ensoleillement. Le dimensionnement de la chaussée en béton peut donc s'affranchir des gradients thermiques. Bénéfice : un gain de 5 à 6 cm sur l'épaisseur de la dalle. C'est le cas du tunnel de Cointe, maillon clé de la liaison entre l'E25 et l'E40 à Liège en Belgique, ouverte en juin 2000. L'épaisseur de la dalle béton a été fixée à 18 cm au lieu des

23 cm requis pour les sections autoroutières courantes. Pourtant, l'ouvrage supporte quotidiennement un trafic de 65 000 véhicules dans les deux sens de circulation.

■ Gestion des matériaux et optimisation des flux de transport

Les économies de matériaux (granulats, eau, ciment, armatures...) qui en découlent génèrent une économie globale en transport et son cortège de nuisances (bruit, pollution, dégradation du réseau routier). Mais ce gain en épaisseur permet aussi d'ajuster au mieux le gabarit de percement du tunnel, quelle que soit la technique employée (tunnelier, haveuse,...). Il en résulte d'importantes économies de mise en œuvre, répercutées ensuite sur la réalisation de nombreux corps d'état (voûte, parements, gaines techniques).

La filière béton prêt à l'emploi, qui dispose d'un grand nombre de sites de production répartis sur le territoire, permet de s'inscrire dans une démarche de maîtrise des transports de matériaux car le béton est souvent formulé à partir de granulats d'origine locale ou régionale.

■ Moins d'éclairage mais plus de visibilité

Indépendamment de ses caractéristiques dimensionnelles, la chaussée béton présente un avantage décisif sur les techniques classiques : sa clarté, une qualité intrinsèque du matériau, obtenue sans ajout de colorant, et par conséquent



La liaison autoroutière entre l'E40 et l'E25 à Liège, en Belgique, est traitée intégralement en béton armé continu (BAC).

sans surcoût. Intérêt : la luminosité du béton et ses caractéristiques de réflectance permettent d'abaisser significativement la puissance d'éclairage installée et donc l'investissement initial et les coûts d'exploitation (luminaires, équipements de distribution et de régulation etc.). Sur le long terme, cet avantage se traduit par des économies d'énergie sensibles, surtout à l'heure de la lutte contre l'effet de serre et de maintenance.

L'intérêt le plus immédiat de la clarté de la chaussée, surtout au regard des problématiques de sécurité routière, est d'améliorer grandement la visibilité. L'automobiliste repère plus rapidement les obstacles éventuels, car ils sont mis en relief par la clarté du béton. De plus, le conducteur visualise mieux la largeur de la voie de circulation. Ainsi, le béton, par la différenciation de l'espace qu'il induit, limite les risques de "suraccidents", grâce simplement à sa composante "sécurité passive".



La luminosité du béton améliore la visibilité et permet d'économiser sur les coûts et les équipements d'éclairage.

■ Inciter le conducteur à la prudence

À la clarté, s'ajoute la perception sonore du matériau béton, paramètre plus subjectif, mais néanmoins déterminant dans



Le choix du traitement de surface et du granulat donne à l'exploitant la possibilité de moduler la perception sonore de la chaussée.

le comportement des automobilistes. Sans être plus bruyante qu'une chaussée souple, la chaussée en béton présente un spectre d'émission sonore différent des structures de chaussées classiques, légèrement décalé des fréquences basses vers les fréquences moyennes.

Il est possible de moduler ce paramètre en jouant sur la finition (bétons balayé, désactivé, grenailé) et par le choix de granulats de granulométrie spécifique.

L'aptitude du matériau de la chaussée à infléchir le comportement au volant mérite donc d'être considérée, au même titre que les autres paramètres entrant en ligne de compte lors de la conception de l'ouvrage. D'une façon générale, la pertinence du choix de la chaussée béton prend toute sa mesure dans une approche globale, tant sur le plan économique que sur celui de la protection des personnes, des biens et de l'environnement.

■ Pérennité : de multiples répercussions

En tunnel, la canalisation du trafic implique souvent des risques d'orniérage. Ces déformations augmentent les risques d'accidents par perte de contrôle du véhicule.

Pour y remédier, des travaux d'entretien (rabortages et rechargements) sont nécessaires. Ces travaux sont toujours sources de risques pour les usagers, mais surtout pour les équipes d'entretien travaillant en demi-chaussée, exposées aux dangers d'un trafic qui ne peut être interrompu en raison de la position stratégique des tunnels.

Quand la nécessité d'une fermeture pour travaux s'impose, c'est au prix de multiples nuisances (engorgement, pollution atmosphérique et sonore) causées par la mise en place d'un itinéraire de déviation souvent problématique.

En choisissant le béton, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage ont la garantie d'une pérennité des caractéristiques mécaniques, de la régularité de l'uni et de l'adhérence.



La pérennité des caractéristiques structurales et de surface du béton limite la consommation en carburant.

■ **Maintien de l'adhérence et de l'uni : moins de consommation de carburant et de pollution**

Le béton désactivé, où les granulats sont rendus apparents par un dénudage chimique (épandage d'un produit qui inhibe la prise du béton en surface), permet d'obtenir une rugosité de surface très précisément définie. Selon la nature et la granulométrie des granulats, il est possible de moduler les caractéristiques d'adhérence en fonction des spécificités du projet. Le choix de granulats durs et non polissables assure la pérennité de la surface de la dalle béton et de ses caractéristiques. Combinée à la durabilité de l'uni de la chaussée, cette qualité se traduit aussi par une moindre résistance à l'avancement des poids lourds. Bilan : la consommation de carburant est notablement réduite, telles que l'attestent des études menées au Canada, aux Etats-Unis, en Inde, en Suède...

Si cette économie ne profite pas, en première analyse, aux exploitants, les retombées d'une consommation moindre sont néanmoins appréciables : la meilleure qualité de l'air et

la réduction de la pollution permettent de moins solliciter les installations de ventilation. De plus, la diminution des émissions de particules et autres résidus de combustion des moteurs encrasse moins le tunnel (plafonds, parois latérales et chaussée) ainsi que les dispositifs de ventilation et de traitement d'air, d'où des économies d'entretien.



Le béton armé continu (BAC) garantit la régularité de l'uni et l'absence de joints.

■ **BAC, DALLE GOUJONNÉE, DALLE ÉPAISSE : QUELLE TECHNIQUE CHOISIR ?**

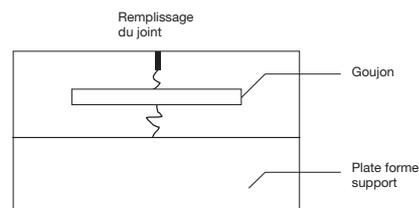
Dans un milieu confiné comme un tunnel et certaines tranchées couvertes, la relative stabilité des températures et l'absence d'exposition aux intempéries et au gel permettent d'optimiser le dimensionnement de la chaussée. La conséquence la plus sensible est une réduction de l'épaisseur de la chaussée en béton de 20 à 25 %. Le choix de la technique et de son mode

de mise en œuvre va dépendre du linéaire réalisé, du trafic, ainsi que des exigences en terme de confort, d'uni, voire d'esthétique.

- Le béton armé continu (BAC) est une chaussée exempte de joints, grâce à la présence d'armatures longitudinales continues. Cette particularité lui confère un confort de roulement très apprécié. Cette technique est utilisée aussi bien en

travaux neufs qu'en réhabilitation d'une ancienne structure.

- Le concepteur peut également opter pour la dalle goujonnée. Cette technique consiste à implanter au droit des joints de retrait des goujons assurant le transfert de charge entre les dalles.



- La dalle épaisse est une dalle béton exempte d'armatures.

À l'exception du BAC, exclusivement réalisé à la machine à coffrage glissant, ces techniques peuvent être mises en œuvre de façon mécanisée.

Selon les exigences en terme de délais de réalisation, il est possible de recourir à des formulations spécifiques de béton offrant des remises en circulation allant de 48 heures à moins de 6 heures, à base de ciments alumineux ou de ciment prompt.



Le béton armé continu est adapté à la réalisation de linéaires importants.

CONTRIBUTION DE LA CHAUSSÉE BÉTON AU CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



Par définition, le choix d'une solution constructive pérenne exercera moins de pression sur l'environnement. Aussi peut-elle s'inscrire dans une démarche de développement durable. Apte à remplir ses fonctions pendant plusieurs dizaines d'années, la chaussée béton préserve les gisements en matériaux. Il n'est plus alors nécessaire de reprofiler, recharger ou régénérer périodiquement.

Lors de la phase de mise en œuvre, le béton est appliqué à froid, qui plus est sans compactage. Ainsi, la phase de

chantier requiert moins d'énergie, limite l'exposition des ouvriers aux risques d'accident et génère moins de nuisances (bruit, vibrations, pollution atmosphérique et rejets des engins de chantier). En fin de vie, une chaussée béton peut être recyclée en granulats qui entreront dans la composition de sous-couches routières, voire de nouveaux bétons.

Pour dresser un bilan exhaustif de l'impact environnemental du béton, il faut prendre en compte l'intégralité de la chaîne de production : fabrication en

centrale, production du ciment en cimenterie et transport.

- Les centrales de béton prêt à l'emploi s'inscrivent dans une démarche de "déchet zéro" : des surplus de fabrication de béton frais, on extrait les granulats qui, après lavage, sont réinjectés dans le process. Les eaux chargées en laitance sont, quant à elles, utilisées comme apport de fines pour une fabrication ultérieure. Il faut signaler que ces installations sont de plus en plus souvent abritées par des hangars afin de limiter les nuisances pour le voisinage (bruit essentiellement).

- Le dernier point à souligner est l'excellente couverture du territoire français par les centrales BPE, elles-mêmes alimentées par les cimenteries, au nombre de 34. Grâce à ce maillage, l'impact environnemental du transport est limité. Le ciment est acheminé en priorité par voie fluviale ou ferroviaire, et il y a toujours une centrale BPE à moins de 30 km d'un chantier. Cette présence au plus près des besoins se double d'un recours privilégié à une main d'œuvre locale, et constitue l'une des composantes de la contribution sociale du béton.

Comportement neutre en cas d'incendie

Grâce à sa composition purement minérale, le béton est un matériau inerte, stable et ininflammable. Aussi le choix de cette solution apparaît-il comme particulièrement opportun. Tels sont les enseignements exprimés très récemment par les sapeurs-pompiers français et européens. En optant pour le béton, le maître d'ouvrage a l'assurance qu'en cas d'incendie, la chaussée ne contribuera pas à aggraver la situation. Ainsi, la bonne intervention des secours ne sera pas compromise. Bien entendu, le rôle des dispositifs actifs que sont la ventilation, le désenfumage, les alarmes et tous les équipements de détection est absolument prédominant. Il faut toutefois avoir conscience qu'un surcroît d'élévation de température peut endommager certains équipements (capteurs, câblage électrique, organes de commande etc.), risquant d'entraîner des pannes d'éclairage et des systèmes de sécurité.



■ Diminuer les facteurs de risques

Même si la contribution de la chaussée au sinistre doit être relativisée, compte tenu de l'important pouvoir calorifique des véhicules et du carburant, la recherche de la diminution maximale du risque paraît légitime. Le bénéfice pour l'exploitant est plus qu'évident : outre l'objectif d'abaisser par tous les moyens le nombre de victimes parmi les usagers, les équipes de secours, les médecins... exposés à la chaleur et aux gaz, la perspective de limiter les dégradations sur l'ouvrage (voûte, équipements), causées par l'apport supplémentaire de combustible, est un enjeu financier important. Plus les dégâts seront importants, plus les travaux seront longs et coûteux. Mais pour être complet, le bilan financier doit aussi intégrer le manque à gagner pendant la fermeture du site dans le cas d'un ouvrage à péage. Un bilan qui n'intègre pas les conséquences de la mise en place d'une déviation sur l'environnement et l'économie locale ou régionale.

L'administration autrichienne a intégré ce souci de réduction

des facteurs de risque en imposant la solution béton dans les tunnels routiers de plus d'un kilomètre. Pour les mêmes raisons, la Slovaquie et la Belgique privilégient également la chaussée béton en tunnel.

■ Régler les problèmes à la source

Le choix de la chaussée béton s'inscrit dans une démarche globale et d'anticipation des désordres et des risques de sinistres. L'intégration le plus en amont possible d'un maximum de paramètres témoigne de la qualité de la conception, tant sur les plans techniques et fonctionnels, appréciables à la réception de l'ouvrage, que sur le long terme (durabilité de l'ouvrage notamment) avec des répercussions économiques (travaux d'entretien et disponibilité de l'ouvrage). Mais limiter l'incidence de la nature de la chaussée à ces aspects n'est pas suffisant, tant elle participe à la sécurité des personnes et des biens. L'absence de déformation de la chaussée, la réduction du nombre d'interventions d'entretien in situ et des risques sous-jacents, la clarté du revêtement et la visibilité qu'il procure, la capacité à infléchir le comportement des automobilistes, la stabilité de la structure en cas de sinistre et l'inflammabilité du matériau se conjuguent en un faisceau de qualités qui assoient de façon indiscutable la pertinence du choix de la chaussée béton dans les tunnels et les tranchées couvertes. Enfin, la limitation des nuisances et des émissions de gaz à effet de serre est aussi un atout complémentaire de la technique béton face aux préoccupations de plus en plus pressantes en matière de protection de l'environnement.



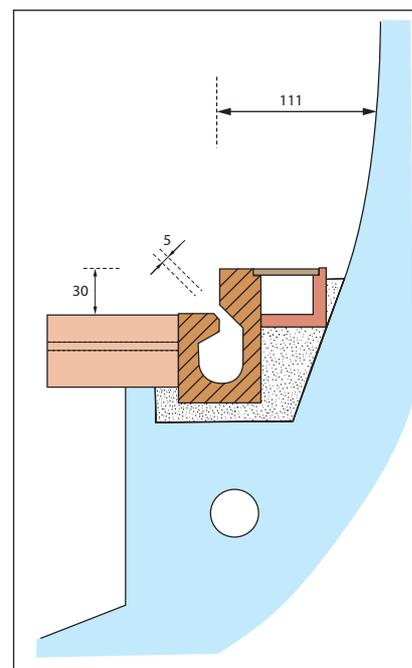
■ CHAUSSÉE, BORDURES, CANIVEAUX : UNE NÉCESSAIRE HOMOGENÉITÉ DE MATÉRIAUX

Dans les tunnels, l'intensité du trafic soumet la chaussée à de fortes sollicitations. Il n'est donc pas étonnant de constater des déchaussements des bordures et des caniveaux, surtout lors d'embarquées de véhicules "mordant" sur les bas-côtés. Ces "points durs" sont au contact d'une structure souple, qui évolue, se déforme, est sujette au fluage, à l'orniérage... En revanche, le choix d'une chaussée rigide s'oppose à l'apparition de tels désordres. Les raisons ?

D'une part, l'homogénéité de matériaux garantit une "unité" de comportement des ouvrages. D'autre part, les techniques de mise en œuvre du béton permettent d'intégrer les caniveaux et bordures

à la chaussée, ouvrages "fondus" en un élément monolithique.

Autre bénéfice : la garantie d'une étanchéité totale du fait de l'absence de mouvements différentiels entre la chaussée et les ouvrages d'assainissement. Ajoutons que la chaussée est le premier réceptacle de substances comme les hydrocarbures ou les huiles et que le choix du béton permet de se prémunir contre les agressions chimiques qui endommagent les chaussées traditionnelles. Ainsi la fonction d'évacuation des produits dangereux, surtout en cas d'accident, et notamment lorsqu'il s'accompagne d'un incendie, est-elle préservée, quelle que soit la température atteinte dans le tunnel.



Le béton permet d'assurer le monolithisme de la liaison entre chaussée, bordures et caniveaux, tout en diminuant les risques de dégradation.

Le tunnel de Cointe : un ouvrage exemplaire

En choisissant pour la liaison autoroutière E25-E40 un revêtement en béton armé continu, le Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports a signé une réalisation durable, économique et cohérente avec les impératifs de sécurité.

inaugurée en juin 2000, la nouvelle liaison autoroutière entre l'E25 et l'E40 à Liège en Belgique a permis de résoudre d'importants problèmes de transit en délestant le centre-ville, tout en améliorant la distribution du trafic vers l'agglomération. Ce nouvel itinéraire, qualifié à l'échelle de l'Europe de "chaînon manquant entre Amsterdam et Milan", totalise 5 km et accueille plus de 65 000 véhicules par jour dans les deux directions. L'infrastructure comprend de nombreux ouvrages (ponts, routes, échangeurs), ainsi que trois tunnels et une tranchée couverte totalisant 3 130 m. Pour des raisons de qualité, durabilité, maîtrise des coûts et sécurité, la chaussée de l'ensemble du tracé a été réalisée avec la technique du béton armé continu. Insensibilité à l'orniérage, durabilité, clarté du revêtement augmentant la visibilité et engendrant des économies sur les postes d'éclairage, stabilité du matériau vis-à-vis de la température et du feu..., le choix du béton démontre que les concepteurs ont fait preuve d'une vision globale des enjeux. Le tunnel de Cointe, ouvrage courbe de 700 m de rayon et d'une longueur de 1 639 m, est l'ouvrage le plus représentatif du projet. Cet équipement, situé en rive gauche de la Meuse, passe sous la colline de Cointe.

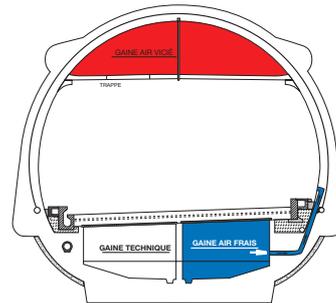


La prise en compte globale des contraintes techniques, économiques, de sécurité et d'environnement a débouché sur le choix de la chaussée béton.

■ Chape béton de 25 cm d'épaisseur

Considéré comme le tunnel le plus sûr d'Europe, ce tunnel est composé de deux tubes d'environ 12 m de diamètre servant à isoler les deux sens de circulation, et dont l'entraxe est distant de 50 m. Des galeries de liaisons, espacées de 200 m au maximum,

permettent l'évacuation des personnes en cas d'accident. Chaque tube est constitué d'un anneau extérieur en béton projeté, associé à un anneau intérieur en béton armé et coulé en place, l'ensemble totalisant 60 cm d'épaisseur. L'assise de la chaussée est une dalle de route en béton armé de 19 cm d'épaisseur associée à des prédalles de 6 cm. Cette structure porteuse, abritant une gaine technique et la gaine d'air vicié, comporte des joints de dilatation espacés de 10 m. Ces joints sont sécurisés par la présence de goujons, pour une bonne transmission des efforts d'une dalle à l'autre, et d'un scellement.



Le tunnel de Cointe est constitué de deux tubes de 12 mètres de diamètre chacun pour isoler les deux sens de circulation.

La structure en béton armé continu ne prend pas directement appui sur cette chape, mais repose sur une couche de revêtement hydrocarboné de 4 cm d'épaisseur. Les fonctions de cette sous-couche sont au nombre de trois : protéger la chape pendant les travaux, offrir une surface plane pour la pose des armatures et parfaire l'adhérence de la chaussée béton. L'efficacité du collage du béton sur l'enrobé a clairement été mise en évidence lors des travaux de dimensionnement par le Ministère Wallon de l'Équipement et des Transports.

La chaussée en BAC, large de deux fois 3,50 m, présente un dévers de 3,5%. Elle est bordée de part et d'autre d'une sur-largeur, réalisée en béton non armé. Une différence de niveau de un centimètre a été observée avec le caniveau collecteur pour assurer un franc écoulement des liquides, gage de sécurité en cas de projection d'huile ou de carburant.

■ BAC goujonné transversalement

Pour la section courante d'autoroute, l'épaisseur du BAC a été fixée à 23 cm. Mais dans les tunnels, une économie de 5 cm a

pu être réalisée, le béton étant à l'abri des intempéries, du soleil et du gel, ce qui rendait inutile la prise en compte des gradients thermiques dans le calcul de dimensionnement. De plus, l'assise apportée par la chape en béton armé est particulièrement rigide. C'est pourquoi, l'épaisseur a été limitée à seulement 18 cm, source d'économie pour la chaussée elle-même, mais aussi pour le dimensionnement du gabarit du tunnel, ouvrage creusé à l'aide d'une haveuse.

Outre les armatures longitudinales (fers de 16 mm de diamètre), associées à des renforts transversaux en oblique (obliques de 12 mm), des goujons ont été implantés pour solidariser les deux voies de circulation réalisées à la machine à coffrage glissant, à la vitesse moyenne de 75 cm par minute. La mise en œuvre de ce dispositif de transfert de charge a demandé la pose préalable de manchons, déployés pendant le coulage. Les goujons (14 mm de diamètre) y ont été vissés une fois le béton durci. Un délai de sept jours a été observé avant de réaliser la deuxième voie de circulation, temps suffisant pour que la dalle supporte le passage de la machine, progressant en clavage. Le joint longitudinal a été comblé et étanché avec du néoprène.

■ Du béton désactivé pour l'adhérence et la "signature" sonore

Réalisée de décembre 1998 à janvier 1999 (tunnel aval) et de mai à juin 1999 (tunnel amont), le revêtement en béton armé continu a été désactivé (dénudage chimique de la surface du béton afin de rendre les granulats apparents). Ce traitement de surface, qui conserve sa clarté au béton, visait à augmenter l'adhérence ainsi que la résistance à l'usure, grâce à l'utilisation de granulats porphyre concassés de grande dureté. Les opérations d'application du désactivant et de lavage ont été mécanisées par



Machine d'épandage vaporisant, de façon uniforme sur la surface du béton armé, continu un agent désactivant qui inhibe la prise du béton en surface, afin de rendre les granulats apparents (béton désactivé).

souci de productivité (un épandeur à rampe mobile et un engin muni d'une brosse rotative ont été mobilisés sur le chantier).

Ce traitement de surface a été utilisé uniquement en tunnel. Couplé à l'utilisation d'agrégats de granulométrie assez importante, il est destiné à créer une "rupture" avec la section courante, réalisée également avec la technique du BAC, mais recouverte d'un BBTM. L'utilisation de ce revêtement permet de maîtriser le bruit de roulement dans les zones à ciel ouvert, et donc sensibles, l'autoroute traversant l'agglomération de Liège. Elle crée aussi une différenciation à l'entrée du tunnel, tant sonore que visuelle, qui invite les usagers à plus de vigilance (perception du bruit de roulement différente et luminosité du béton).

Depuis deux ans et demi de fonctionnement, la liaison E25-E40 ne cesse de donner satisfaction. À ce jour, on estime à 50 millions le nombre de véhicules qui l'ont empruntée. Aucun incident important n'est survenu jusqu'à présent, ce qui valide les choix arrêtés lors de la conception et le soin apporté à la mise en œuvre. Il faut noter que les caniveaux à fente continue avaient été protégés par des madriers en bois afin que les chenilles de la machine à coffrage glissant ne les endommagent pas. De plus, des dispositions avaient été prises pour collecter la laitance afin qu'elle ne s'y écoule pas.

Il est donc manifeste que le revêtement en béton armé continu participe à la réussite de ce projet ambitieux qui consistait à réaliser une autoroute de gabarit européen en pleine agglomération. Le succès évident de cette opération apporte à la chaussée béton une nouvelle référence et confirme le bien fondé de l'adéquation de cette technique routière à la problématique des tunnels. ●

■ COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES DU BÉTON (POUR 1 M³)

● Ciment : CEM II/A 42,5 LA	400 kg
● Gravillons : porphyre concassé 7/20 porphyre concassé 2/7	744 kg 457 kg
● Sable 0/4 :	579 kg
● Eau :	175 litres
● Entraîneur d'air :	480 g
● Plastifiant :	320 g
● Affaissement au cône d'Abrams :	3,5 cm
● Teneur en air occlus :	3,3%
● Résistance à la compression :	
7 jours	45 N/mm
28 jours	62 N/mm ²
90 jours	70 N/mm ²

CIMbéton

CENTRE D'INFORMATION SUR
LE CIMENT ET SES APPLICATIONS



7, Place de la Défense 92974 Paris-la-Défense cedex Tél. : 01 55 23 01 00 Fax : 01 55 23 01 10

Email : centrinfo@cim beton.net Site Internet : www.infociments.fr

Aire d'évolution en béton pour poids lourds (Haute-Savoie)

Pour Gérard Legon, PDG de Legon Formation, "l'important avec une piste servant à faire passer le permis à des chauffeurs de poids lourds, c'est de disposer d'une plateforme fiable, résistante et utilisable tous temps. Il fallait donc en finir avec les tracas causés par les pistes en enrobé : leur déformation créait des ornières pouvant atteindre 15 centimètres et, les jours de pluie, des flaques d'eau se formaient, gênant la circulation des camions".

Pour résoudre ces difficultés, il a été décidé de réaliser une plateforme en béton fibré, de 100 mètres de long sur 20 mètres de large et d'une épaisseur de 20 centimètres. "J'avais demandé des garanties extrêmes à l'entreprise Aravis Enrobage et à son fournisseur BPE Béton Rhône-Alpes : faire face aux forts écarts de température fréquents dans notre région, supporter le poids des camions allant de 10 à 20 tonnes, et résister au passage de deux camions circulant essentiellement en marche arrière, à raison de six heures par jour".

Après plus d'un an d'utilisation de cette aire



d'évolution pour poids lourds, Gérard Legon dresse son bilan : "La plateforme en béton me donne entière satisfaction : elle ne bouge pas après le dégel, mes moniteurs y trouvent un meilleur confort et, enfin, grâce

au revêtement assez lisse que j'ai demandé, l'usure des pneus des camions est nettement moindre sur le béton que sur l'enrobé !".

- **Lieu :** Zone industrielle du Châtelet à La Roche-sur-Foron
- **Département :** Haute-Savoie
- **Maître d'ouvrage :** Legon Formation
- **Maître d'œuvre :** Aravis Enrobage
- **Fournisseur de béton :** Béton Rhône-Alpes
- **Objectifs des travaux :** réaliser une aire d'évolution, destinée à la formation des chauffeurs de poids-lourds, qui ne se déforme plus sous le poids des camions
- **Description des travaux :** sur 50 cm de tout venant a été coulée une dalle en béton d'épaisseur 20 cm. Le béton a été traité pour supporter le gel et les sels de déverglaçage. Enfin, un sciage de la dalle en béton a été opéré tous les 5 m
- **Surface réalisée en béton :** 2 000 m² (100 m de long sur 20 m de large).
- **Epaisseur du béton :** 20 cm



Réaménagement de berges (Loire-Atlantique)

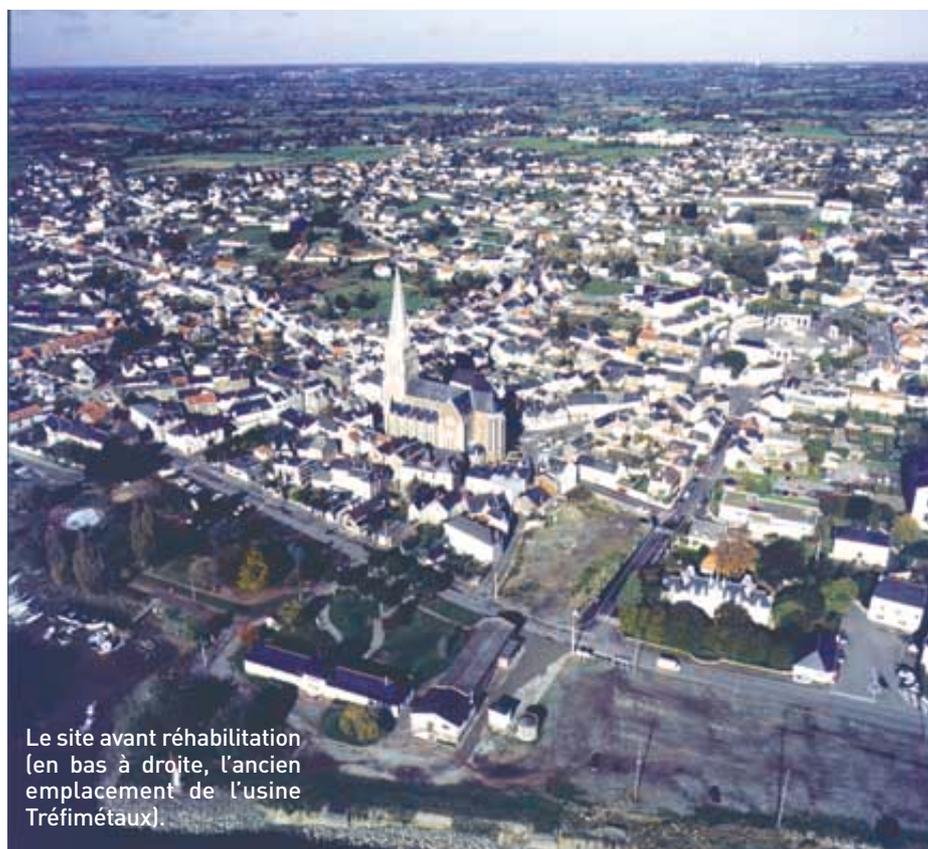


Le projet de l'Atelier d'architectes-paysagistes Grunig-Tribel (maquette Agence Anaïs).

Le jour où l'usine Tréfimétaux employant 800 salariés a fermé ses portes en 1987, la commune de Couëron risquait de ne pas pouvoir s'en remettre. La nouvelle équipe municipale, élue en 1995, décida d'entreprendre un vaste projet, appelé "Mémoire et perspective" qui, selon les propos mêmes du nouveau maire et conseiller général Jean-Pierre Fougerat, devait "réussir à ce que la ville se réconcilie avec la Loire". Couëron, qui compte aujourd'hui 20 000 habitants, avait possédé, dans le passé, une activité maritime qui avait disparu. Il fallait donc que la ville retrouve ses racines.

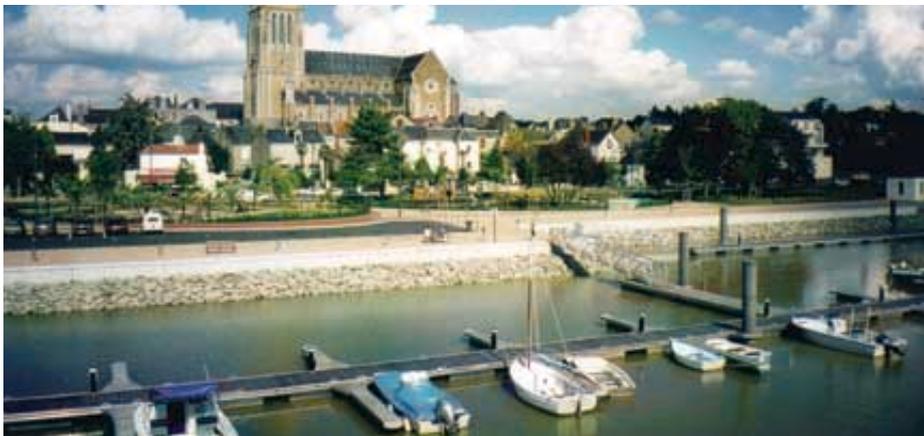
"Notre projet comporte trois phases, poursuit Jean-Pierre Fougerat. La première phase a consisté à aménager le port, les berges et les espaces publics. L'ensemble de la réalisation, qui s'étale sur 1,8 km de longueur, a nécessité un budget de 50 millions de francs (7,62 millions d'euros), entièrement financés par la Communauté urbaine de Nantes.

Sur toute cette portion, l'utilisation du béton désactivé a été unanimement appréciée, tant du point de vue économique



Le site avant réhabilitation (en bas à droite, l'ancien emplacement de l'usine Tréfimétaux).

en béton désactivé



Les nouvelles berges de la Loire, vues du côté mer, avec 52 emplacements pour bateaux.

qu'esthétique. En effet, le mariage de ce béton désactivé de couleur ocre avec des briques rouges valorise et égaye l'ensemble du site, les briques rappelant celles de la Tour à plombs (destinée à l'origine au calibrage des plombs de chasse), dernier édifice de ce type en France ce qui lui a valu d'être classé Monument historique. L'accueil des habitants a été tellement enthousiaste qu'il s'est traduit par la présence de 25 000 personnes lors de l'inauguration du site rénové, les 21 et 22 septembre 2002 !

La deuxième phase concerne la réhabilitation de la friche industrielle de l'ancienne usine. Elle se répartit en trois réalisations : l'implantation de trois nouvelles usines métallurgiques, l'aménagement de la grande nef de 1 500 m² en salle de spectacles et la création de la Maison des Associations qui ouvrira ses portes en 2004. Cette deuxième phase, d'un coût également de 50 millions de francs (7,62 millions d'euros), a été financée à 25% par la commune, le solde étant couvert par des aides européennes. La dernière phase, conclut Jean-Pierre Fougerat, va consister en la réalisation d'une ZAC de 250 logements, plein Sud, face à la Loire". Enfin, pour Dominique Lagautrière de l'Atelier d'architectes-paysagistes Grunig-Tribel : "La création de deux jardins publics de forme ellipsoïdale, dont l'un spécialement réservé aux enfants, d'une place festive, d'une piste cyclable et d'une promenade piétonne avait pour objectif de permettre aux habitants de se réapproprier les berges de la Loire. Eh bien, ça marche : la nouvelle réalisation attire la foule tous les week-ends !".

- **Lieu :** ville de Couëron
- **Département :** Loire-Atlantique
- **Maître d'ouvrage :** Communauté urbaine de Nantes
- **Maîtres d'œuvre :** Atelier d'architectes-paysagistes Grunig-Tribel (Paris) Bureau d'études : Sogreah-Praud (Nantes) - Eclairages : Aartill
- **Entreprises :** SCREG (mandataire) et Sauvager TP
- **Fournisseur de béton :** Lafarge Béton Chantiers Pays-de-Loire
- **Techniques utilisées :** béton désactivé et briques
- **Objectif des travaux :** réhabiliter les berges de la Loire et les relier au centre-ville
- **Surface de pistes cyclables :** 2 500 m²



Piste cyclable en béton désactivé.



Un lieu de promenade piétonnier, praticable même la nuit grâce à son éclairage adapté.



Une reconquête des berges qui réconcilie les habitants avec la Loire.



Roissy : une nouvelle aire de stationnement en béton de 100 000 m².

Dalles en béton pour gros porteurs

Développement du trafic aérien oblige, les infrastructures de Roissy s'étendent avec la mise en service prochaine de l'aérogare 2E. Avec, à la clé, 100 000 m² d'aires de stationnement en béton à toute épreuve.

Bien qu'excellamment réparties sur ses 20 roues, les 560 tonnes du futur Airbus A380 mettront à rude épreuve les chaussées aéronautiques. Premier avion au monde à superposer deux ponts et à offrir 555 places, cet appareil va rapidement recomposer le parc des compagnies aériennes. "L'aérogare 2E est destinée aux avions long-courriers, tels que l'A380 ou les Boeing 747 et 777, explique Jean-Jacques Azous, directeur de chantier chez Aéroports de Paris (ADP). Or, qui dit long-

courrier dit gros porteur, donc un niveau maximal de contraintes sur les pistes, taxi-way et zones de stationnement".

Conséquence, pour la réalisation des aires de stationnement environnant l'aérogare, ADP, maître d'ouvrage et maître d'œuvre, n'a pas hésité sur la technique à employer : le béton. "Ce matériau est incontournable sur ce type d'ouvrage, excepté pour les petits aérodromes où les sollicitations sont très faibles, ajoute Jean-Jacques Azous. Le béton, par sa résistance au poinçonnement et aux agressions chimiques causées par les projections de kérosène, est bien plus approprié qu'une chaussée en enrobé".

vaux hors normes. Au total, ce sont 100 000 m² de béton qui auront été mis en œuvre en quatre phases, de mars 2002 à juin 2003. À l'exception de 6 000 m² de trottoirs en béton d'une épaisseur de 25 cm, celle de la dalle a été fixée à 40 cm. Fondée sur une couche de fondation de 20 cm de grave et une couche de forme de 35 cm de limons, toutes deux traitées avec des liants routiers, cette

PRINCIPAUX INTERVENANTS

- **Maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre** : Aéroports de Paris
- **Entreprises** : Gailledrat, Isotech (sciage)
- **Fournisseur du ciment** : Calcia

■ Une épaisseur de 40 cm

Confiée à l'entreprise Gailledrat, spécialiste des chaussées en béton, la réalisation de ce programme est placée sous le signe des tra-



La dalle béton de 40 cm est réalisée avec une machine à coffrage glissant.



Opération de lissage automatique.

structure est apte à donner satisfaction pendant plusieurs dizaines d'années. Les raisons ? D'une part, l'épaisseur mise en œuvre, mais aussi le soin apporté au drainage de la sous-couche, malgré les précautions prises pour l'étanchement des joints. "L'eau parvient toujours à s'infiltrer, précise Jean-Jacques Azous, évoquant les débits de fuite. Aussi est-il important qu'elle ne soit pas piégée sous la dalle, une source potentielle de désordres futurs".

■ Béton poreux et éléments fins

Solution : les parties circulées (taxiway et taxilane) d'une surface avoisinant 30000 m², sont fondées sur une couche de béton poreux de 10 cm afin d'optimiser le drainage. Cette précaution supplémentaire prévient le risque de pathologies sur ces zones sollicitées de façon plus dynamique que les aires de stationnement qu'elles distribuent. C'est pourquoi, en certains endroits, la dalle en béton est goujonnée au droit des joints de construction et de retrait, disposition qui empêche les phénomènes de battement différentiel. Une solution que Ludovic Baroin, directeur de l'agence

■ LE CHANTIER EN BREF

- **Lieu :** Aéroport 2E, aéroport de Roissy
- **Projet :** aire de stationnement pour avions
- **Contraintes :** réaliser un ouvrage pérenne, résistant au poinçonnement et aux hydrocarbures.
- **Solution :** une dalle béton de 40 cm d'épaisseur, ponctuellement associée à une assise de béton poreux de 10 cm
- **Surface réalisée :** près de 100 000 m²
- **Coût des travaux :** 18 millions €



Balayage de la surface du béton.

Béton-Grands travaux de Gailledrat, qualifiée d'éprouvée : "Le calcul de la structure et la composition du béton n'ont rien de révolutionnaire, si ce n'est la nécessité de disposer d'éléments fins dans la formulation". Cette caractéristique, obtenue entre autres par l'utilisation d'un ciment-type CEM II riche en fillers, confère au béton frais une bonne maniabilité et une excellente cohésion, recherchées tant pour des questions de mise en œuvre que de résistance (valeur caractéristique de 3,7 MPa en traction par fendage à 28 jours).

■ Bandes de 7,50 m

La dalle est réalisée à l'aide d'une machine à coffrage glissant travaillant en largeur de 7,50 m et évoluant sur des longueurs variant entre 160 m et 210 m. "Nous appliquons la technique du clavage, qui consiste à couler une bande sur deux, puis à revenir pour les bandes intermédiaires", explique Gilles Tarley, conducteur de travaux chez Gailledrat. Un mode opératoire qui évite les temps morts : "Si nous progressions d'une bande adjacente à l'autre, nous devrions attendre que le béton soit suffisamment ferme pour permettre à la machine d'y prendre appui". Le profil ondulé des joues de la machine permet d'obtenir un transfert de charge entre les bandes de béton. Par ailleurs, l'emploi ponctuel de goujons évite d'utiliser des désaffleurs, tout en conservant à



Les joints de retrait sont sciés dans un délai de 12 à 18 heures après le coulage du béton.

■ FORMULATION DU BETON POUR 1 M³

● Ciment :	
CEM II 32,5 Gargenville	330 kg
● Granulats 12/31,5 :	
calcaire dur	700 kg
● Granulats 5/12 :	
calcaire dur	500 kg
● Sable 0/4 : reconstitué	
(Carrières du Boulonnais)	660 kg
● Entraîneur d'air : AER (Sika)	0,5 %
● Plastifiant réducteur d'eau :	
22 S (Sika)	0,7%

chaque bande son autonomie en matière de mouvements de dilatation. "Les joints, espacés également de 7,50 m, sont sciés", ajoute Gilles Tarley.

■ Un chantier partagé

L'originalité du chantier, outre son ampleur, réside dans la conduite simultanée de travaux de bâtiment sur l'aérogare 2E. "La coexistence de plusieurs intervenants induit des contraintes inédites pour l'entreprise", résume Jean-Jacques Azous, évoquant des difficultés d'interface. "Concrètement, nous devons attendre que le coordinateur OPC (Ordonnancement Pilotage Coordination) nous indique quelle zone il libère et pendant combien de temps, pour nous permettre d'intervenir, ce qui nous oblige à fragmenter les travaux, explique Gilles Tarley. Par exemple, une zone que nous aurions traitée d'un seul tenant sera réalisée en une dizaine d'opérations". Pour Gailledrat, ce chantier vient s'ajouter à une longue liste de références en matière de chaussées aéroportuaires. "Nous aimerions aussi favoriser la percée de techniques innovantes comme le BCMC, une solution actuellement en test sur les aéroports de Toulouse et de Lille", conclut Ludovic Baroin. ●



Une centrale mobile à production discontinue a été installée à proximité du chantier.

Remue-méninges

Voici, pour vous détendre... ou pour vous irriter, une énigme à résoudre.
Réponse dans le prochain numéro de *Routes*.

■ Vitesse moyenne d'une automobile

Une voiture parcourt, sur une belle route en béton, la distance qui sépare deux

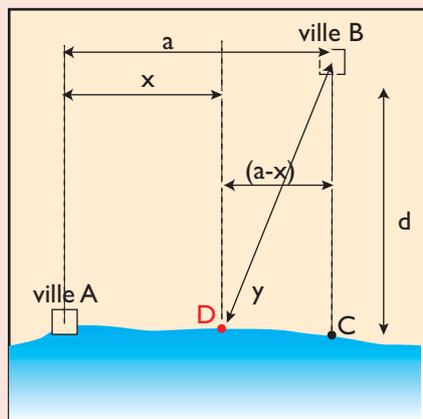
villes à la vitesse de 60 km/h puis revient au point de départ à la vitesse de 40 km/h.

Question : quelle est sa vitesse moyenne ?

Réponse du Remue-méninges de *Routes* n°82 : L'art de tracer la bonne route

Rappel du problème posé : il s'agit d'expédier des marchandises de la ville A, située sur la rive d'un fleuve, vers la ville B, distante de "a" km en aval, mais éloignée de la rive de "d" km. À quel endroit D de la côte faut-il construire la route qui mènera vers B, pour que le coût du transport de A vers B soit minimum, sachant que le coût de la tonne kilométrique transportée par le fleuve est deux fois moins élevé que par la route ?

Réponse.



Soient :

x : la distance AD

y : la longueur DB de la route

a : la distance AC (C projection de B sur la côte)

d : la longueur BC

(a - x) : la longueur DC

Puisque le transport par route coûte deux fois plus cher que par voie fluviale, la somme (x + 2y) doit être minimum (m étant cette valeur minimum) conformément à l'énoncé du problème.

Notons : $x + 2y = m$ (1)

Mais $DC = a - x$ et $DC = \sqrt{y^2 - d^2}$ car BDC est un triangle rectangle. D'où :

$$a - x = \sqrt{y^2 - d^2} \quad (2)$$

Des équations (1) et (2), on déduit :

$$a - \sqrt{y^2 - d^2} + 2y = m, \text{ ou :}$$

$$a + 2y - m = \sqrt{y^2 - d^2} \quad (3)$$

Elevons l'équation (3) au carré :

$$a^2 + 4y^2 + 4ay + m^2 - 2m(a + 2y) = y^2 - d^2$$

$$3y^2 - 4(m - a)y + (m - a)^2 + d^2 = 0 \quad (4)$$

(4) est une équation du 2^d degré. Elle a deux solutions :

$$y = \frac{2}{3}(m - a) \pm \frac{1}{3}\sqrt{(m - a)^2 - 3d^2}$$

Pour que "y" soit réel, il faut que $(m - a)^2 - 3d^2 \geq 0$. La valeur minimum de "m", telle qu'elle est précisée dans l'énoncé, correspond donc à :

$$(m - a)^2 - 3d^2 = 0$$

$$(m - a)^2 = 3d^2$$

$$m - a = d\sqrt{3}$$

$$\text{d'où } y = \frac{2}{3}(m - a)$$

$$y = 2d \frac{\sqrt{3}}{3} \quad (5)$$

Considérons le triangle rectangle BCD.

$$\text{On a : } \sin(\text{CBD}) = \frac{BC}{BD} = \frac{d}{y}$$

$$\text{ou encore } \sin(\text{CBD}) = \frac{d}{2d\frac{\sqrt{3}}{3}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

Donc l'angle (CBD) = 60°

Il en résulte que la route doit faire un angle de 60° avec le fleuve, quelle que soit la distance AC.

Si B est située à une distance telle qu'en traçant la route sous un angle de 60° par rapport au fleuve, elle passe en amont de A, la route doit, relier directement B et A : le transport par le fleuve devient alors inutile.

AGENDA

11-13 juin 2003

Assises nationales des Ingénieurs Territoriaux de France (Caen)

Cimbéton sera présent (stand E17/F9) au Salon des Equipements et des Techniques Territoriales, organisé par l'Association des Ingénieurs Territoriaux de France (AITF) et qui se tiendra au Parc des Expositions de Caen.

Ce Salon rassemble, sur trois journées, les directeurs généraux des services techniques, les chefs de service techniques, les urbanistes, les techniciens, les architectes, les élus et les aménageurs urbains. Ces assises nationales seront dédiées, cette année, aux thèmes de la "Certification/qualification" et de la "Décentralisation". Rappelons que, l'an dernier, le Salon avait eu lieu à Grenoble et avait reçu un millier de visiteurs (il en est attendu le double en 2003), avec la répartition suivante : Communes (51%), Intercommunalités (22%), Départements et Régions (11%), Privé (10%) et Etat (6%).

19-25 octobre 2003

Congrès mondial de la route à Durban (Afrique du Sud)

Renseignements :

AIPCR, Grande Arche, Paroi Nord, Niveau 8, 92055 La Défense cedex. Tél. : 01 47 96 81 21

Fax : 01 49 00 02 02

Sites Internet : www.wrc2003.com ou www.piarc.org

IMPORTANT

9^e Symposium international de la route en béton (Istanbul)

Le symposium prévu du 27 au 30 avril 2003 est repoussé à mars ou avril 2004, à une date qui sera précisée ultérieurement.

Renseignements :

CEMBUREAU, rue d'Arlon, 55 - B-1040 Bruxelles (Belgique)

Tél. : +32 2 234 10 11

Fax : +32 2 230 47 20

Email : secretariat@cembureau.be