

CHAUSSÉES COMPOSITES

BÉTON DE CIMENT / GRAVE BITUME



#mieuxcirculer

#mieuxprotégerlaplanète

#mieuxvivre

#technique

#chausséescomposites

1. INTRODUCTION / CONTEXTE

Depuis leur apparition en France au début du 20^e siècle, les chaussées en béton ont sans cesse évolué dans leur conception et dans les règles de l'art spécifiques qui les régissent. Ainsi, d'une structure de chaussée constituée d'une seule couche de béton et rythmée par des joints de dilatation séparant de longues dalles armées ou non, la technique a évolué, petit à petit, pour atteindre, vers les années 1980/1990, une structure comprenant en principe deux couches (revêtement en béton sur fondation en matériau traité au liant hydraulique), dont l'interface est volontairement décollée à la construction afin de se prémunir contre les remontées en surface du revêtement, des fissures de retrait de la fondation.

Ces structures sont certes performantes et durables mais souffrent d'un handicap économique, et de surcroît environnemental, lié à la conception même de ces structures. En effet, le décollement à l'interface entre le revêtement en béton et la fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques, volontairement réalisé à la construction, a pour inconvénient de conduire, conformément aux règles de dimensionnement en vigueur et par rapport à l'hypothèse d'une interface collée, à une majoration des contraintes horizontales générées par le trafic à la base du revêtement béton, donc à des épaisseurs de chaussées plus importantes.

Dans le but de trouver les conditions permettant l'optimisation du dimensionnement des structures de chaussées en béton et améliorer ainsi leur compétitivité, plusieurs pistes ont été envisagées et étudiées afin de trouver une solution permettant le collage à l'interface entre le revêtement et la fondation d'une structure en béton, sans engendrer de problèmes néfastes en surface.

Ainsi, à l'initiative, d'une part de la profession des routes en béton, l'industrie cimentière représentée par son association de promotion Cimbéton et les entreprises routières du béton, représentées par le syndicat professionnel SPECBEA, et d'autre part de l'administration des routes représentée par le SETRA, un nouveau concept de chaussée composite a été imaginé en France vers 1995. Il s'agit d'une structure en Béton Armé Continu (BAC), mise en œuvre non pas de façon traditionnelle sur une fondation en béton maigre, mais sur une fondation en matériaux bitumineux, plus exactement sur une grave-bitume enrichie ; l'objectif étant de profiter du collage, au moins temporaire des deux couches de sorte à faire jouer à la fondation un vrai rôle dans le dimensionnement de la chaussée. Le but recherché est d'avoir une structure à longue durée de vie, donc à faible impacts sur l'environnement et à un coût moindre, obtenue par une diminution des épaisseurs.

Après avoir validé le concept du collage béton/grave-bitume et de sa durabilité dans le temps dans le cadre du projet national FABAC, la structure BAC/GB3 a été utilisée dans le cadre de plusieurs projets routiers dont deux chantiers expérimentaux réalisés en 1998 et 2001 sur le réseau national et qui ont fait l'objet d'un suivi par l'administration durant les 20 premières années de service.

PHOTO D'OUVERTURE : RN 141. Déviation des Rassats-Favrauds. Mise en œuvre de la chaussée composite en BAC/GB3 en 1998. Cette structure assure parfaitement son rôle aujourd'hui sans avoir fait l'objet d'entretien structurel (Cf. interview Gilles Lacassy, DIRA).



D'innombrables autres chantiers, conçus avec une structure en dalles béton à joints goudonnés sur grave-bitume BCg/GB3, ont été réalisés durant la période allant de 2005 à 2024. À ce jour, tous ces chantiers se comportent d'une façon très satisfaisante et confirment donc le bien-fondé du concept de chaussées composites et de sa pérennité dans le temps.

2. GÉNÉRALITÉS SUR LES CHAUSSEES COMPOSITES

2.1. Définition

Une chaussée composite est une structure constituée de deux couches :

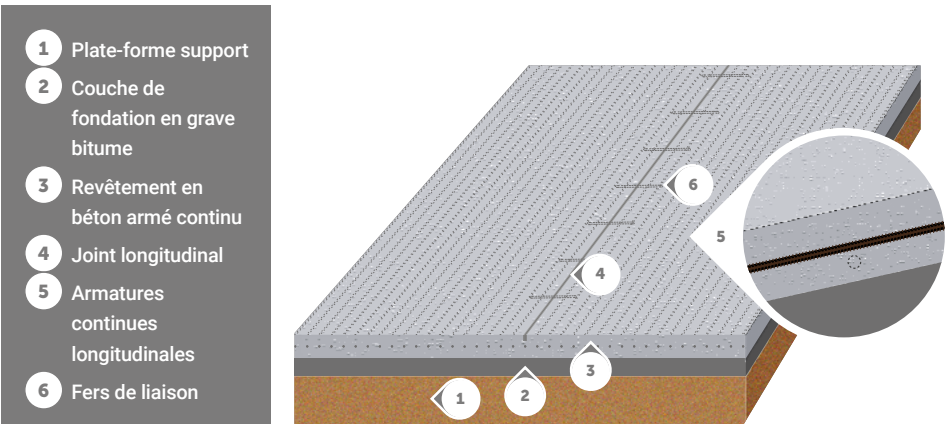
- Un revêtement en Béton Armé Continu BAC ou en dalles béton non armées et à joints goudonnés BC5g,
- Une couche de fondation en Grave-Bitume GB3.

Elle est posée sur une plate-forme support de bonne qualité dont la portance est supérieure ou égale à :

- PF3 ($120 < EV2 \leq 200$ MPa) pour une structure BAC/GB3,
- PF2qs ($80 < EV2 \leq 120$ MPa) pour une structure BC5g/GB3.

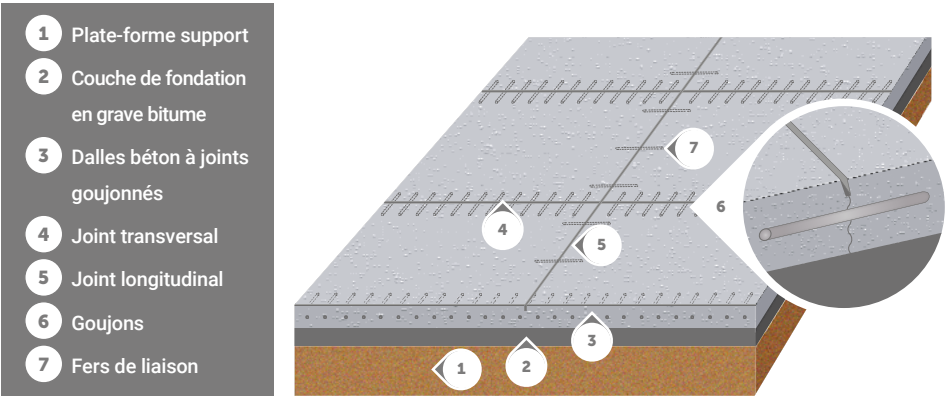
2.2. La structure BAC/GB3. Schéma de principe

➤ Figure 1. Schéma d'une structure en Béton Armé Continu BAC avec fondation en Grave Bitume GB3.



2.3. La structure BC5g/GB3. Schéma de principe

➤ Figure 2. Schéma d'une structure en dalles béton non armées et à joints goudonnés avec fondation en Grave Bitume GB3.



CHAUSSÉE COMPOSITE DE BAC SUR GB



Gilles Laurent - Chargé d'études du CETE de l'Ouest (CEREMA). Chargé par le SETRA pour l'assistance à maîtrise d'ouvrage et pour le suivi des chantiers expérimentaux en chaussées composites RN141 et RN4.



Ces structures apparues dans les années 2000 ont été inspirées des essais FABAC (Fatigue du Béton Armé Continu), du constat que le béton adhère durablement sur un support bitumineux et, par quelques essais d'ovalisation réalisés sur des chaussées BAC/BB en Belgique.

L'idée était d'avoir une fondation en grave bitume, donc non érodable, associé à un BAC pour éviter la création de joints, toujours compliqués à réaliser et à entretenir. Dans le fonctionnement théorique de cette structure, c'est essentiellement la grave-bitume qui supporte les efforts de traction par flexion dus aux charges routières. Il était donc nécessaire, pour avoir une bonne durabilité de la structure d'avoir une couche de forme de bonne qualité de classe PF3 (supérieur à 120 MPa). Les chantiers expérimentaux réalisés en 1998 sur la RN141 en Charente et en 2001 sur la RN 4 en Moselle ont montré la faisabilité de la technique et le bien-fondé des hypothèses de dimensionnement. Après plus de 25 ans sous de très forts trafics, ces chaussées n'ont reçu qu'un entretien de surface. Néanmoins l'expérience a montré que comme pour toute structure l'étanchéité de surface est importante pour limiter les entrées d'eau par les microfissures du BAC.

De nombreuses réalisations avec cette technique ont été depuis réalisées avec succès (voie bus à Nantes, giratoires, route départementale en Mayenne, etc.).



➤ RN4. Déviation de Bebing et d'Imling réalisée en 2001 en chaussée composite BAC sur GB3.



➤ Carrefour giratoire d'Airvault (Deux-Sèvres) en BAC sur GB3. Date de réalisation 2001.

2.4. Réalisation des chaussées composites. Photos



↗ Chaussée composite BC5g/GB3

↖ Chaussée composite BAC/GB3.



↗ Illustrations du collage entre le béton et la grave-bitume après 15 ans.

2.5. Le concept de chaussées composites

Le concept repose sur le principe de l'utilisation optimale des qualités mécaniques intrinsèques des matériaux et du collage « naturel » et durable du béton mis en œuvre sur un matériau bitumineux :

• Pour le revêtement en béton

- Un module élastique élevé : 35 000 MPa.
- Un module élastique Invariant dans le temps : insensible à la température et à la durée d'application des charges.
- Résistance à toute épreuve à l'érosion et au gel.

Le béton est donc idéalement destiné à être placé en couche supérieure de chaussée, car ses performances de résistance/résilience aux charges et aux aléas climatiques permet de garantir une durée de service longue et optimale.

• Pour la fondation en grave-bitume

- Un module élastique modéré 9 000 MPa,
- Un module viscoélastique, variant dans le temps, en fonction de la température (23000 MPa à - 10 °C et 1000 MPa à + 40 °C) et en fonction de la durée d'application de la charge.
- Un matériau non érodable, sans retrait et souple admettant des déformations assez fortes sans rupture.

La grave-bitume est donc idéalement destinée à être placée en couche de fondation car ses propriétés structurantes et sa capacité à reprendre les contraintes en traction permettent d'optimiser la structure de chaussée.

• Pour le collage à l'interface entre le revêtement béton et la grave-bitume

- Il est « naturel » car il est obtenu sans l'utilisation d'aucune colle ou produit chimique. L'hypothèse probable est qu'il est le résultat d'une multitude de minuscules effets « ventouse » (le béton coulé en place sur une surface propre chassant l'air à l'interface). Il n'est pas rare d'observer dans des zones de travaux des surfaces en enrobé bitumineux qui ont été recouvertes accidentellement de béton et pour lesquelles il est très difficile voire impossible de retirer la pâte de béton qui s'est collée « naturellement ».
- Il est durable à condition, d'une part, que la surface bitumineuse qui reçoit le béton soit propre et rugueuse et, d'autre part, que la couche bitumineuse soit monolithique, de bonne qualité (module, compacité et déformabilité) et d'épaisseur suffisante.
- La durabilité du collage à l'interface entre le BAC et la GB3 est validée par des investigations (relevés visuels, essais d'ovalisation) sur des chantiers avec un recul de plus de 22 ans (dernières mesures en 2020). Pour les structures en BC5g sur GB3, la durabilité du collage est observée sur des chantiers réalisés avec un recul de plus de 15 ans (dernières mesures en 2020).

CHAUSSÉES COMPOSITES EN BCg SUR GRAVE-BITUME POUR AIRES DE CIRCULATION AÉROPORTUAIRES



Nicolas Bernard, maître d'ouvrage et exploitant des aires aéronautiques de paris CDG.



Un maître d'ouvrage aéroportuaire, gestionnaire d'un actif conséquent, se doit d'être en veille sur des solutions nouvelles potentiellement industrialisables : le Groupe ADP recherche des solutions d'aménagements des aires aéroportuaires qui soient, à la fois, fiables techniquement, à coûts compétitifs et à impacts réduits sur l'environnement.

De ce point de vue, le concept de chaussée rigide béton sur enrobés (dite chaussée composite inversée) paraît répondre à toutes ces ambitions et, a priori, être une solution intéressante à tester car il permet d'optimiser la structure de chaussée en réduisant son épaisseur par rapport à une structure classique, grâce à la complémentarité des deux matériaux utilisés (béton et enrobé) et du fait de l'adhérence à l'interface des deux matériaux.

Dans sa version BAC/GB, (béton armé continu collé sur grave bitume) le concept bénéficie d'un retour d'expériences routier ou portuaire d'environ 26 ans avec un bilan très positif, mais cette structure trouve difficilement sa place dans les travaux aéroportuaires.

Nous nous sommes donc intéressés à la version BC6g/GB qui ne bénéficie certes pas du même retour d'expériences que la version BAC/GB, mais qui a été utilisée avec succès sur des ouvrages routiers très sollicités tels les carrefours giratoires et les plateformes de bus en site propre, mais jamais sur aéroport. Encouragés par ces résultats, ADP a réalisé récemment, sur propositions des entreprises et de l'ingénierie interne, deux chantiers sur l'aéroport Paris - Charles De Gaulle. Le propriétaire et exploitant débute la surveillance et le suivi dans le temps en lien avec son laboratoire interne. Le point de vigilance particulier est la durabilité de l'adhérence à l'interface des deux matériaux et plus particulièrement aux droits des joints de retrait. Cette adhérence constitue la clé du dimensionnement de la chaussée composite inversée, considérée «semi-collée» dans les calculs de dimensionnement à l'interface béton/enrobé

Sur ces deux chantiers, le bilan économique et environnemental à la construction est très intéressant. Si le comportement à moyen terme s'avère positif, le bilan global - à partager avec le Service Technique de l'Aviation Civile- sera alors de nature à nous motiver à développer l'usage de ce concept.



Romain Clouzeau (études) et Philippe Coustal (suivi des travaux)



L'idée d'utiliser une structure composite béton sur enrobés sur les voies de circulation (taxiways) a émergé dans le cadre de la démarche globale de réduction des impacts environnementaux mise en place par le Groupe ADP, alors que nous cherchions en lien avec le Maître d'Ouvrage à réduire à la fois le coût et les impacts environnementaux dans tous nos projets, notamment dans le cadre d'une variante initialement suggérée par l'entreprise AGILIS

Ainsi, l'Aéroport de Paris-CDG, après concertation du Service Technique de l'Aviation Civile STAC, décide de lancer un programme expérimental pour tester le concept de chaussées composites sur les aires de circulation.

Il s'agit d'une structure intégrant nos spécificités aéroportuaires et comportant un revêtement en Béton à joints goujonnés (BCg), mise en œuvre non pas de façon traditionnelle sur une fondation en béton poreux puis GTLH, mais sur une fondation en grave-bitume puis GNT. L'objectif étant de profiter du collage des deux couches de sorte à faire jouer à la fondation en enrobés un vrai rôle dans le dimensionnement de la chaussée, contrairement au béton poreux négligé dans les calculs dans les méthodes admises à ce jour.

Le but recherché de la démarche est d'avoir une structure à longue durée de vie, donc à faible impact sur l'environnement et à un coût moindre sur l'ensemble du cycle de vie. Dans le cas des chantiers réalisés, ce but a été atteint par une diminution des épaisseurs (de l'ordre de 20% pour le trafic considéré). La structure composite réalisée (40cm BC6g/10 cm GB5/15 cm GNT) a été dimensionnée à l'aide du logiciel ALIZE aéronautique pour un trafic important (37000 passages par an d'avions moyen porteur et 2700 passages par an d'avions gros porteur) et ceci pour une durée de 20 ans. En lien avec le Service Technique de l'Aviation Civile et la Maîtrise d'Ouvrage, il a été pris l'hypothèse d'un semi-collage à l'interface entre les couches béton et grave-bitume afin de représenter un risque de la perte d'adhérence entre ces matériaux, et avons fait le choix d'une grave-bitume GB5 pour une meilleure résistance à la traction et à la fatigue. Etant donnée la sensibilité de la structure et pour des raisons de cohérence avec les voies adjacentes, l'épaisseur de 40 cm de dalles béton a été retenue pour le premier essai, quand le calcul démontrait que 36 cm suffiraient.

Ce programme, de deux sections de taxiways (respectivement 6500 m² réalisés en 2022, et 11000 m² achevés mi-Juin 2024) permettant d'analyser la pertinence de la solution technique sur

différentes typologies de trafic et d'améliorer la comparaison entre les solutions béton usuelles et les solutions composite.

La planche expérimentale réalisée en 2024 a été instrumentée en 2024 pour mesurer les contraintes à l'interface entre les couches béton et grave-bitume dans le but d'y déceler tout décollement.

Une troisième section est programmée pour des travaux réalisés en 2025, section qui sera instrumentée dans ces différentes couches afin de permettre un meilleur suivi dans le temps et finaliser le calage des mesures par capteurs, dans le but d'améliorer le dimensionnement de ces typologies de structures novatrices en aéroportuaires.

A l'issue de ce programme d'expérimentation et d'une période de suivi, le Groupe ADP sera en mesure de décider si la chaussée composite inversée est adaptée ou non aux sollicitations particulières des aires de circulation aéroportuaires, et potentiellement de la généraliser pour les structures rigides de nos plateformes.



➤ Paris CDG, chaussée composite en BC6g/GB5 pour une aire de circulation avion. Mise en œuvre de la GB5.



➤ Paris CDG, chaussée composite en BC6g/GB5. Mise en œuvre du BC6g.

L'INTÉRÊT DES STRUCTURES COMPOSITES POUR LES TRAVAUX AÉROPORTUAIRES :

> Sur le plan technique :

- Structure optimisée tirant parti des avantages des deux matériaux (bonne tolérance de la grave-bitume à la traction, bonne résistance du béton aux charges statiques et de poinçonnement, aux déversements de carburants et meilleure résistance aux variations de température),
- Structure à durabilité accrue par rapport aux structures conventionnelles,
- Structure à impact environnemental réduit car plus fine et plus durable que les structures rigides usuelles.

> En matière de mise en œuvre :

- Gain de temps dans la mise en œuvre en remplaçant le béton drainant et la GTLH par la grave-bitume et la GNT (plus besoin d'observer un temps de séchage et de prise du béton poreux et de la GTLH),
- La mise en œuvre des fourreaux de balisage dans la grave-bitume est plus simple et plus aisée que dans les matériaux traités aux liants hydrauliques.

> En matière de bilan global :

- Réduction de l'épaisseur de la structure et diminution de la consommation des ressources nobles,
- Réduction des impacts sur l'environnement et en particulier les émissions de GES,
- Réduction des coûts d'investissement.

3. GENÈSE DES CHAUSSEES COMPOSITES

3.1. Historique des chaussées béton en France

3.1.1. Evolution des structures de chaussées

Depuis leur apparition en France au début du 20^e siècle, la conception des chaussées en béton a sans cesse évolué :

- Tantôt pour accompagner l'évolution du trafic (en nombre et en charge),
- Tantôt pour prendre en compte la variabilité des conditions climatiques (fréquence de gel, degré de pluviométrie),
- Tantôt pour intégrer des données techniques obtenues soit par des retours d'expérience concernant le comportement des matériaux ou des structures de chaussées in situ,
- Soit par de nouvelles connaissances des matériaux acquises grâce aux recherches en laboratoire, et tantôt grâce aux nouvelles méthodes de calcul pour le dimensionnement des chaussées.

3.1.2. Evolution de la typologie des structures de chaussées

Ainsi, d'une structure de chaussée constituée d'une seule couche de béton, la technique a évolué, petit à petit, pour atteindre, vers les années 1980/1990, une structure comprenant en principe deux couche :

- Un revêtement en béton qui peut être en dalles béton non armé et à joints non goudonnés « BC » dites « Dalles californiennes », ou en dalles béton non armé et à joints goudonnés « BCg » dites « Dalles goudonnées », ou enfin en Béton Armé Continu « BAC » caractérisé par l'absence des joints de retrait transversaux,
- Une couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (Grave-Ciment « GC » ou Béton Maigre « BM » ou Béton Compacté Routier au Rouleau « BCR »).

Ces structures sont accompagnées de règles de l'art en matière de calepinage des joints (Joints de retrait, joints de construction et joints de dilatation). Dans le cas des routes à fort trafic, elles font l'objet de dispositions constructives strictes (Fondation non érodable, surlargeur côté Bande d'Arrêt d'Urgence « BAU », drainage efficace à l'interface revêtement/fondation/BAU).

Excepté le revêtement armé continu BAC, le revêtement en béton est constitué de dalles courtes en béton non armé, séparées par des joints de retrait.

3.1.3. Evolution de la Méthode de dimensionnement des chaussées en France :

- Avant 1960 : Méthode expérimentale,
- À partir de 1960 : Méthode rationnelle formalisée à partir du modèle de Burmister, proposant entre autres la vérification des contraintes et des déformations d'un massif élastique semi-infini sous une charge verticale.
- 1971 : Standardisation des matériaux et progrès des moyens de calcul. Premier « Catalogue des structures types de chaussées »; Direction des Routes.
- 1977 : Meilleures connaissances des sols, des matériaux, du fonctionnement des chaussées, des comportements in-situ, du trafic poids lourds, des méthodes de calcul. Deuxième « Catalogue des structures-types des chaussées neuves ».
- 1980 : Méthode rationnelle, codifiée dans le guide technique publié en 1994 « Conception et dimensionnement des structures de chaussée »,
- 1998 : Catalogue des structures-types des chaussées neuves » SETRA/LCPC.
- Norme NF P 98 086: Dimensionnement structurel des chaussées routières. Application aux chaussées neuves , 2019

3.1.4. Focus sur le dimensionnement des chaussées en béton

- Les contraintes sous chargement poids lourds, sont calculées en milieu de dalle, en assimilant la structure béton à une structure continue.
- Majoration des contraintes en bord de dalle ou près des discontinuités transversales (Fissures ou joints de retrait),
- Enfin, la notion de collage des couches entre elles est importante dans le dimensionnement et celles prises en compte dans le guide de 1994 sont les suivantes :
 - Interface couche de fondation/plate-forme considérée collée,
 - Interface revêtement en béton sur couche de fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques (Béton maigre, GTLH, BCR, etc.) volontairement décollée à la construction pour éviter la transmission des fissures de retrait non contrôlées de la fondation au revêtement.

Différents paramètres sont pris en compte dans le calcul de la contrainte admissible dans le revêtement en béton selon l'équation :

$$\sigma_{\text{t admissible}} = \sigma_{\text{t (NE chargements)}} \cdot K_r \cdot K_d \cdot K_c \cdot k_s$$

- $\sigma_{\text{t (NE chargements)}}$: contrainte à la rupture en traction par fendage au nombre de chargements d'essieux équivalents de 130 kN,
- K_r : coefficient de risque ajustant la valeur de contrainte admissible en fonction notamment des valeurs de dispersion sur les épaisseurs des matériaux et sur les résultats des essais de fatigue,

- K_d : coefficient prenant en compte l'effet des discontinuités des structures béton, notamment en dalles, et l'incidence des gradients thermiques.
Ces gradients peuvent conduire à des défauts d'appui du revêtement béton, sur sa fondation entraînant une majoration des sollicitations,
- K_c : coefficient de calage prenant en compte le comportement observé sur chaussée,
- K_s : Coefficient lié à la qualité de la plate-forme support. Il permet d'ajuster la valeur de la contrainte admissible en fonction des hétérogénéités de portance de la plate-forme support.

3.1.5. Constat

Ces structures « historiques » en béton sont performantes et durables mais souffrent si l'on considère uniquement l'étape « construction » (sans tenir compte de l'entretien et de leur durée de vie) d'un handicap économique lié à la conception même de ces structures. En effet, le décollement à l'interface entre le revêtement en béton et la fondation en matériaux traités aux liants hydrauliques, volontairement réalisé à la construction, a pour inconvénient de conduire, par rapport à l'hypothèse d'une interface collée, à une majoration des contraintes horizontales générées par le trafic à la base du revêtement, donc à des épaisseurs à prévoir plus importantes.

3.1.6. Voies de progrès

Pour améliorer les conditions de dimensionnement des structures béton et améliorer leur compétitivité, plusieurs pistes ont été envisagées et étudiées :

- Rendre possible le collage des couches d'une structure béton pour qu'elles participent toutes au fonctionnement de la chaussée,
- Réduire autant que possible la valeur du coefficient de discontinuités K_d , coefficient majorateur dans le calcul des épaisseurs de béton.

3.2. Naissance du concept des chaussées composites

Le collage entre le béton et les matériaux bitumineux a été établi, d'une façon inattendue, sur des structures BAC/support bitumineux :

- Expérience belge des structures en BAC/enrobé : collage observé à l'interface entre le béton armé continu (BAC) et le support en enrobé. A l'origine, il s'agissait d'avoir sous la couche BAC un support non érodable en enrobé. Les questions de collage des couches BAC sur enrobé n'étaient pas encore envisagées.
- Expérience française des structures en BAC sur support en BBSG sur A71 : collage observé à l'interface entre le BAC et le Béton Bitumineux Semi-Grenu BBSG, alors que le matériau bitumineux était prévu pour jouer un rôle de couche non érodable sous le BAC.

Ces deux constats ont encouragé la direction des Routes et la profession du béton en France à lancer une réflexion sur des structures mixtes, constituées d'un revêtement en béton et d'une fondation en matériau bitumineux.

3.3. Le projet national FABAC

- Réflexion menée par les services techniques du ministère des transports SETRA (aujourd'hui CEREMA) et LCPC (aujourd'hui Université Gustave Eiffel), les syndicats professionnels français, Cimbéton, Centre d'information sur le ciment et ses applications et SPECBEA, syndicat des professionnels de la route en béton.
- Mise au point d'une structure innovante « mixte » ou encore appelée « composite », constituée d'un revêtement en BAC et d'une couche de fondation en grave bitume. La grave-bitume joue un rôle structurel du fait du collage supposé entre les deux couches.
- Projet National FABAC (FATigue de chaussée en BAC): des essais menés de 1995 à 1998 sur un manège de fatigue avaient montré qu'il y avait une forte suspicion au collage durable des couches de BAC et d'enrobé.



⬆ Les résultats de FABAC : Tenue de la structure après plusieurs millions de passages d'Essieux Standards.



⬆ Site d'expérimentation du projet FABAC.



⬆ La Machine FABAC peut simuler le trafic en accéléré.



⬆ La Machine FABAC : 3 Essieux Standards en rotation qui simule un passage chaque seconde.

3.4. Les chantiers expérimentaux

Encouragée par les résultats de FABAC, la Direction des Routes et son service technique le SETRA acceptaient de réaliser des chantiers expérimentaux, en vrai grandeur, sur des routes nationales très circulées (plus de 1500 poids lourds par jour et par sens de circulation lors des études, aujourd'hui plus de 2000 PL/J). Le chantier de la RN 141 a été réalisé en 1998 et le chantier de la RN 4 en 2001.

Le but de ces chantiers était :

- De montrer la faisabilité de la technique de mise en œuvre de béton en « faible » épaisseur sur une couche de grave bitume,
- D'apprécier la durée du collage de ces deux couches,
- De vérifier in situ les hypothèses retenues pour le coefficient Kd, (coefficient prenant en compte l'effet des discontinuités des structures béton et l'incidence des gradients thermiques).

3.5. Constat

Les essais réalisés dans le cadre du projet national FABAC (1995 – 1998) ainsi que le bilan des chantiers expérimentaux sur le réseau national ont permis de confirmer que le collage d'une dalle en béton armé continu sur un support bitumineux était effectif et durable sous fatigue prolongée.

La prise en compte dans les calculs de dimensionnement d'un collage durable à l'interface béton/grave-bitume a permis une réduction substantielle des épaisseurs des matériaux et donc une compétitivité accrue à la technique du Béton Armé Continu BAC.

3.6. L'objectif recherché

Le collage à l'interface Revêtement béton /Matériau bitumineux permet à celui-ci de participer au fonctionnement mécanique de la structure en assurant le rôle d'une couche structurelle.

Les efforts de traction par flexion induits par le trafic sont ainsi repris par l'ensemble de la structure (Revêtement béton + Fondation matériau bitumineux) au lieu du revêtement béton seul.

Le but recherché est d'avoir une structure à longue durée de vie, à faibles impacts sur l'environnement et à un coût moindre, obtenue par une diminution des épaisseurs, grâce au bon collage entre la grave-bitume et le béton.

4. CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES CHAUSSEES COMPOSITES

4.1. La plate-forme support

La chaussée composite doit être conçue et réalisée sur une plateforme support de bonne qualité. En effet, l'hypothèse d'un collage à l'interface entre le Béton et la grave-bitume, conduit à reporter sur celle-ci les efforts de traction en fond de couche. C'est pourquoi, pour ne pas trop solliciter la grave-bitume en traction, il est indispensable d'avoir une couche de forme d'excellente qualité :

- Pour les chaussées composites en BAC sur GB3, le CEREMA a retenu une classe d'au moins PF3 soit un module EV2 supérieur à 120 MPa,
- Pour les chaussées composites en BC5g sur GB3, il a été retenu une classe d'au moins PF2qs soit un module EV2 supérieur à 80 MPa.

4.2. Les matériaux

4.2.1. Le béton

Le béton de ciment doit être conforme :

- À la norme NF EN 13 877-1 « Chaussées en béton – Partie 1 : Matériaux »,
- À la norme NF EN 206+A2/CN « Béton - Spécification, performance, production et conformité »,
- À la norme NF P 98 170 « Chaussées en béton de ciment – Exécution et contrôles »,
- Aux spécifications données dans le catalogue des structures-types de chaussées neuves SETRA-LCPC (1998).

Le béton doit satisfaire par conséquent les deux exigences suivantes :

- Classe mécanique minimale BC5
- Classe d'exposition XFi (i variant de 1 à 4 en fonction du niveau du gel et de la fréquence du salage), conformément aux stipulations de la norme Béton NF EN 206+A2/CN.

4.2.2. La grave bitume

La grave bitume doit être conforme :

- Aux exigences de la norme NF EN 13 108-1 « enrobés bitumineux »,
- Aux spécifications données dans le catalogue des structures-types de chaussées neuves SETRA-LCPC (1998).

CHAUSSÉES COMPOSITES EN BAC SUR GRAVE-BITUME



Gilles Lacassy - Responsable du service de l'ingénierie pour l'exploitation et l'entretien de la route. DIR Atlantique (DIRA).



Le premier chantier expérimental de chaussée composite a été réalisé en France à l'été 1998 sur la RN 141 à l'Est d'Angoulême. Il s'agit de la déviation des RASSATS-FAVRAUDS à 2x2 entre les PR 52+540 au PR 55+370 dans le département de la Charente.

Sur une longueur de 2,5 km, dans le sens 1 Limoges Angoulême, la structure est composée d'une couche de surface en BBTM d'épaisseur 2,5 cm, d'une couche de base en Béton Armé Continu BAC d'épaisseur 17 cm et d'une couche de fondation en Grave Bitume (GB3), d'épaisseur 8 cm.

Cette structure a été dimensionnée pour un trafic de 2200 PL/j et pour une période de 30 ans (soit 30 Millions de PL sur 30 ans, classe de trafic cumulé TC630). Depuis 2013, le trafic est supérieur aux 2200 PL/j et se situe actuellement plutôt vers 3000 PL/J.

En ma qualité d'exploitant de ce chantier je peux faire le constat suivant durant ces 26 ans :

- La structure composite se comporte d'une façon excellente,
- Aucune dégradation structurelle n'a été relevée à ce jour,
- Seulement quelques petites réparations sur la couche de surface en BBTM,
- Un confort de roulement apporté par le BAC (revêtement sans joints) et par la couche de surface en BBTM,
- Il faut toutefois attendre la fin de la période de dimensionnement (30 ans) et regarder l'état de la chaussée composite, identifier les besoins en matière d'entretien et estimer les coûts des réparations et de calculer les impacts sur l'environnement.

Pour information, le sens 2 de cette déviation réalisé en parallèle en structure bitumineuse a déjà fait l'objet d'un entretien avec une réfection généralisée des couches de chaussées en 2019.

Ce bon comportement nous rassure et nous encourage à introduire le concept de chaussée composite parmi les solutions à envisager pour de futurs projets et de procéder ensuite à une comparaison économique et environnementale, sur le cycle complet (construction, entretien, fin de vie) entre les solutions envisagées.



➤ RN 141. Déviation des Rassats-Favrauds en BBTM/BAC/GB3.

La grave bitume doit satisfaire par conséquent les deux conditions suivantes :

- Une classe mécanique minimale GB3,
- Une compacité supérieure à 92 %.

Nota : D'autres matériaux de classes de performance différentes peuvent être utilisés :

- **BC6 pour le revêtement béton ;**
- **EME, GB4 pour les matériaux bitumineux.**

4.2.3. Épaisseurs des couches

Pour une durée de service de trente ans, les structures composites ont les épaisseurs suivantes :

- Pour la couche de roulement en béton, l'épaisseur varie entre 14 et 20 cm, selon le trafic et la nature du revêtement en béton (Béton Armé Continu BAC ou dalles non armées et à joints goujonnés BC5g).
- Pour la grave-bitume, l'épaisseur minimale retenue est de 8 cm. L'épaisseur maximale pour la mise en œuvre en une seule couche est de 14 cm.

4.2.4. Les armatures / armatures longitudinales du BAC

- Nature : Barres d'acier adhérent, conformes à la norme NF EN 10080. Acier de Nuance minimale Fe E 400 MPa.
- Rôle : Positionnées à la fibre neutre et dans le sens longitudinal du revêtement en béton, leur rôle principal est de contrôler la fissuration de retrait du béton et transformer ce retrait en une multitude de fissures transversales fines.
- Spécifications
 - Norme NF EN 13877-1 : conformité à l'article 6.7,
 - Norme NF P 98 170 : Le paragraphe B.3 de l'Annexe B informative fixe les conditions d'emploi (taux minimal d'armatures en fonction de la classe mécanique du béton, diamètres des armatures et leurs espacements).

4.2.5. Les armatures / les goujons

- Nature : Barres en acier lisse, conformes à la norme NF EN 10080. Acier de Nuance Fe E 250 MPa. Barres plastifiées ou enduites pour faciliter le glissement du béton.
- Rôle : Positionnées à la fibre neutre, à cheval sur le joint de chaussée en béton et perpendiculairement à celui-ci, afin d'assurer le transfert des charges tout en permettant la dilatation du béton.
- Spécifications
 - Norme NF EN 13877-3 « Chaussées en béton – Partie 3 : Spécifications relatives aux goujons »,
 - Norme NF P 98 170 : le tableau B.1 de l'Annexe B fixe les conditions d'emploi des goujons (longueur, diamètre et espacement).

4.2.6. Les armatures / les fers de liaison

- Nature : Barres d'acier adhérent, conformes à la norme NF EN 10080. Acier de Nuance minimale Fe E 400 MPa.
- Rôle : Positionnées à la fibre neutre et à cheval sur le joint longitudinal de deux revêtements en béton adjacents, afin de maintenir fermé le joint et de participer efficacement au transfert des charges.
- Spécifications
 - Norme NF EN 13877-1: conformité à l'article 6.5. Leur longueur minimale est de 80 cm,
 - Norme NF P 98 170 : le Tableau B.2 de l'Annexe B informative fixe les conditions d'emploi des fers de liaison (longueur, diamètre et espacement).

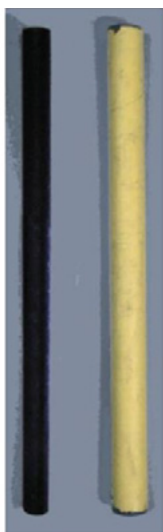
4.3. Hypothèses de dimensionnement

Le dimensionnement des chaussées composites en BAC ou en BC5g sur GB3 est mené conformément à la méthode définie par le guide technique SETRA/LCPC de 1994, mais en y intégrant les hypothèses spécifiques aux chaussées composites, retenues par la norme NF P 98 086 « Dimensionnement des chaussées » :

- La prise en compte d'une interface semi-collée entre le Revêtement en BAC ou en BC5g et la fondation en GB3 (interface collée pendant les 15 premières années et décollée au-delà),
- L'adaptation du coefficient de discontinuité « kd » selon le tableau 1 qui suit :



▲ Armatures longitudinales du BAC



▲ Goujons pour revêtement en dalles béton à joints goujonnés.

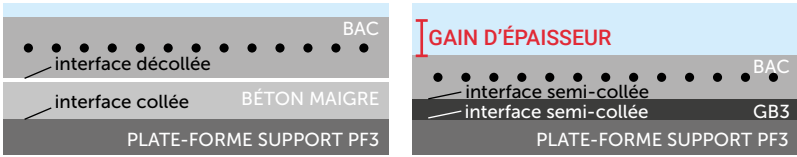
➤ Tableau 1. Valeurs du coefficient de discontinuité Kd pour les structures en BAC et en BC5g en fonction de la nature de la couche de fondation.

COEFFICIENT DE DISCONTINUITÉ	BAC		BC5g	
	BAC/BC3	BAC/GB3	BC5g/BC3	BC5g/GB3
kd	1/1,37	1/1,07	1/1,47	1/1,37

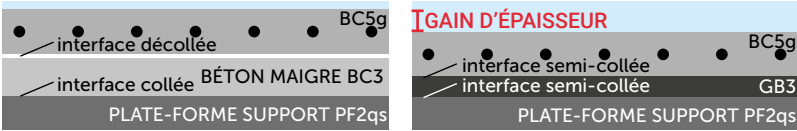
4.4. Conséquences des hypothèses de dimensionnement

Ces deux modifications entraînent une réduction significative de l'épaisseur de la structure composite par rapport à une structure classique.

➤ Figure 3. Gain d'épaisseur d'une structure composite BAC/GB3 par rapport à une structure BAC/BC3.



➤ Figure 4. Gain d'épaisseur d'une structure composite BC5g/GB3 par rapport à une structure BC5g/BC3.



4.5. Dimensionnement comparatif des structures routières en BAC et bitumineuses

Le tableau 2 donne les épaisseurs des structures béton classiques BAC/BC3, des structures bitumineuses et des structures composites BAC/GB3, pour différentes classes de plateforme (PF2qs ; PF3 et PF4) et différentes classes de trafic cumulé exprimé en Essieu Standard (TC3 = 1.10⁶ ES ; TC5 = 5.10⁶ ES ; TC7 = 15.10⁶ ES).

A conditions égales (trafic et portance plateforme), la chaussée composite BAC/GB3 est toujours moins épaisse que la structure BAC/BC3 et devient moins épaisse que la structure bitumineuse à partir d'un niveau de trafic cumulé TC5 (classe de trafic T1).

➤ Tableau 2. Dimensionnement comparatif des structures de chaussées en BAC/BC3, en BB/GB3 et en BAC/GB3.

		CLASSES TRAFIC CUMULÉ								
		TC3			TC5			TC7		
		BAC/BC3	BB/GB3	BAC/GB3	BAC/BC3	BB/GB3	BAC/GB3	BAC/BC3	BB/GB3	BAC/GB3
PORTANCE DE LA PLATE-FORME	PF2qs	14 cm	6 cm		18 cm	8 cm		22 cm	8 cm	
		16 cm	14 cm		16 cm	9 cm +9 cm		16 cm	13 cm +14 cm	
	PF3	13 cm	6 cm	13 cm	16 cm	8 cm	15 cm	20 cm	8 cm	17 cm
		15 cm	11 cm	8 cm	15 cm	8 cm +8 cm	8 cm	15 cm	12 cm +13 cm	8 cm
	PF4	12 cm	6 cm	12 cm	15 cm	8 cm	14 cm	20 cm	8 cm	16 cm
		12 cm	8 cm	8 cm	12 cm	14 cm	8 cm	12 cm	11 cm +12 cm	8 cm

4.6. Dimensionnement comparatif des structures routières en BC5g et bitumineuses

Le tableau 3 donne les épaisseurs des structures béton classiques BC5g/BC3, des structures bitumineuses et des structures composites BC5g/GB3, pour différentes classes de plateforme (PF2qs ; PF3 et PF4) et différentes classes de trafic cumulé exprimé en Essieu Standard (TC3 = 1.10⁶ ES ; TC5 = 5.10⁶ ES ; TC7 = 15.10⁶ ES).

A conditions égales (trafic et portance plateforme), la chaussée composite BC5g/GB3 est toujours moins épaisse que la structure béton BC5g/BC3 et devient moins épaisse que la structure bitumineuse lorsque le trafic cumulé est supérieur à TC5 (classe de trafic T1).

➤ Tableau 3. Dimensionnement comparatif des structures de chaussées en BC5g/BC3, en BB/GB3 et en BC5g/GB3.

		CLASSES TRAFIC CUMULÉ								
		TC3			TC5			TC7		
		BC5g/BC3	BB/GB3	BC5g/GB3	BC5g/BC3	BB/GB3	BC5g/GB3	BC5g/BC3	BB/GB3	BC5g/GB3
PORTANCE DE LA PLATE-FORME	PF2qs	15 cm	6 cm	16 cm	19 cm	8 cm	18 cm	23 cm	8 cm	20 cm
		16 cm	14 cm	8 cm	16 cm	9 cm +9 cm	8 cm	16 cm	13 cm +14 cm	8 cm
	PF3	14 cm	6 cm	15 cm	17 cm	8 cm	17 cm	21 cm	8 cm	19 cm
		15 cm	11 cm	8 cm	15 cm	8 cm +8 cm	8 cm	15 cm	12 cm +13 cm	8 cm
	PF4	13 cm	6 cm	14 cm	17 cm	8 cm	16 cm	21 cm	8 cm	18 cm
		12 cm	8 cm	8 cm	12 cm	14 cm	8 cm	12 cm	11 cm +12 cm	8 cm

CHAUSSÉES COMPOSITES EN BCg SUR GB POUR UNE AIRE DE REPOS



Gilles Petit - Chef de projet en Ingénierie routière – DIR Atlantique (DIRA), Secrétaire de la commission de normalisation chaussées en béton de 2009 à 2021



Choix d'un revêtement en béton

Pour l'aire de repos de la Grolle, la DREAL Nouvelle-Aquitaine, maître d'ouvrage, et la DIRA, maître d'œuvre, n'ont pas hésité sur le choix du béton comme matériau de surface. En effet, pour une aire de repos où le stationnement est la fonction d'usage par excellence, il était impératif de rechercher un matériau de revêtement de chaussée capable de résister durablement au poinçonnement, aux charges lourdes, aux efforts tangentiels et aux agressions chimiques causées par les chutes accidentelles de fioul, le béton étant le matériau le plus approprié pour un tel usage. En outre, compte tenu du trafic élevé de poids lourds (dimensionnement retenu : 970 Poids Lourds par jour, soit 10 % du nombre de Poids Lourds circulant sur la RN10, qui avoisine 10 000 PL/j) qui vont circuler et stationner sur ce revêtement, la DIRA a choisi un revêtement en dalles en béton non armé mais à joints goujonnés BC5g, car ce type de revêtement en béton présente une durée de service très élevée, ce qui – en termes de coût global – est important.

Choix de la chaussée composite comme type de chaussée

Encouragées par l'excellent comportement de la chaussée composite appliquée sur la déviation des Rassats-Favrauds sur la RN141, également en Charente, en 1998 (Cf. Interview Gilles Lacassy DIR Atlantique), la DREAL et la DIR ont décidé de retenir pour l'aire de la Grolle le concept de chaussée composite en BC5g/GB3.

Difficultés à surmonter

J'ai dû faire face à plusieurs difficultés qu'il a fallu surmonter :

- Peu de retour d'expériences sur des chantiers importants en béton sur le réseau de la DIRA (RN141 était le seul chantier et de surcroît expérimental) et même plus généralement sur le réseau routier national non concédé,
- Convaincre le maître d'ouvrage d'accepter un surcoût présumé de la structure en béton et estimé à 30 % par rapport à une structure bitumineuse. Mais, compte tenu des économies attendues dans l'entretien, le maître d'ouvrage (DREAL) et l'exploitant (DIRA- Gilles Lacassy) ont accepté le surcoût initial.
- Elaborer un CCTP adapté à une structure en béton n'était pas une tâche habituelle pour le service Ingénierie de la DIRA. D'autant que le revêtement en béton nécessite des dispositions constructives particulières (réalisation d'un schéma de calepinage, goujons, conditions de bétonnage), Ceci m'a amené à contacter plusieurs spécialistes (Cimbéton et SPECBEA) pour parfaire mon schéma de calepinage, concevoir les dispositifs d'ancrage des bordures latérales sur les dalles, etc...

Avantages des chaussées composites

- Dimensionnement d'une chaussée composite facile à faire avec Alizé LCPC et en s'appuyant sur la norme dimensionnement structurel NF P 98-086 qui précise tous les paramètres de calcul,
- À hypothèses identiques (trafic, portance), la chaussée composite est 25 % moins épaisse qu'une structure béton classique (avec fondation en béton BC3) et, par conséquent, elle entraîne une réduction de la consommation des matériaux nobles dans la chaussée.
- Bilan économique et environnemental global sur le cycle complet (construction + entretien) très avantageux, compte tenu du faible entretien que nécessite ce type de structure et surtout en considérant une période de service longue (supérieure aux 30 ans pris en compte comme durée de dimensionnement théorique).

Mise en service 30 août 2022.

Bon comportement à ce jour.



➤ RN 10. Aire de la Grolle. Chaussée composite en BC5g sur GB3. (photo © Gilles PETIT / DIRA)

5. CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE DES CHAUSSEES COMPOSITES

5.1. L'interface béton / grave bitume

Lors de la mise en œuvre du béton, la surface de la couche de la grave-bitume doit être impérativement :

- Propre et exempte de toute pollution (objets divers, poussière, huile, etc.),
- Suffisamment rugueuse.



⬆ Mise en œuvre d'une structure en BAC/GB3. La propreté de la grave bitume est indispensable pour assurer le collage à l'interface béton/grave bitume



⬆ Mise en œuvre d'une structure en BC5g /GB3. La propreté de la grave bitume est indispensable pour assurer le collage à l'interface béton/grave bitume.

5.2. Positionnement des armatures longitudinales et des fers de liaison pour le BAC

Les armatures doivent être positionnées à la fibre neutre du revêtement béton, parallèlement à l'axe de la chaussée (pour les armatures longitudinales) et perpendiculairement au joint longitudinal (pour les fers de liaison), en respectant les tolérances fixées au paragraphe 8.4 de la norme NF P 98 170.

Le positionnement peut être réalisé :

- Soit manuellement en utilisant des supports « distanciers », spécialement confectionnés en atelier, acheminés, positionnés transversalement avec un espacement de 1 m, fixés solidement dans la fondation et sur lesquels les armatures longitudinales sont fixées avant le bétonnage (les distanciers assurant en même temps la fonction dévolue aux fers de liaison) ;
- Soit durant le bétonnage, si la mise en œuvre se fait à la machine à coffrages glissants, par positionnement automatique des armatures longitudinales dans le béton frais, à l'aide de trompettes, et par l'insertion mécanisée dans le béton frais des fers de liaison.



⬆ BAC. Positionnement des armatures longitudinales sur des supports ou « distanciers ».

5.3. Positionnement des goudjons et des fers de liaison pour le BC5g

Les goudjons doivent être positionnés à la fibre neutre du revêtement béton, parallèlement (et parfois perpendiculairement) à l'axe de la chaussée (pour les goudjons) et perpendiculaire au joint longitudinal (pour les fers de liaison), en respectant les tolérances fixées au paragraphe 8.4 de la norme NF P 98 170. Ceci peut être réalisé :

- Soit en utilisant des supports « paniers » spécialement confectionnés en atelier, acheminés, positionnés et fixés solidement dans la fondation avant le bétonnage ;
- Soit durant le bétonnage, par insertion automatique dans le béton frais si la mise en œuvre se fait à la machine à coffrages glissants.

➤ Positionnement des goudjons sur des paniers avant le bétonnage.



5.4. Le bétonnage

- Transport du béton : par camions-toupies ; ou camions-bennes si centrale de chantier
- Livraison du béton : directement par les camions-toupies. Pour certains chantiers dont l'accès est difficile ou dont la configuration et le phasage ne permettent pas l'accès aux camions-toupies, il peut être fait appel au pompage du béton ;
- Mise en place du béton : soit à la machine à coffrages glissants (si le linéaire du chantier le justifie), soit à l'aide d'une poutre vibrante, d'une règle vibrante et/ou à l'aide d'aiguilles vibrantes ;
- Consistance du béton : dans tous les cas, il faut adapter la formulation et la consistance du béton au mode de bétonnage et à la configuration du chantier.



⤴ Mise en œuvre du béton à la poutre vibrante.



⤴ Mise en œuvre du béton à l'aide d'une machine à coffrages glissants.

CHAUSSÉES COMPOSITES EN BCg SUR GB POUR UN CARREFOUR GIRATOIRE



Christophe Chevalier - Directeur technique Entreprise AGILIS – Groupe NGE



Les chaussées composites sont des structures compétitives et plus respectueuses de l'environnement. Significativement moins épaisses qu'une structure équivalente tout béton ou tout matériau bitumineux, elles sont plus économiques et moins émettrices de GES, avec une réduction pouvant aller jusqu'à 30%.

Pour leur pérennité, il est fondamental d'assurer et de garantir le collage entre la couche de fondation (en grave bitume) et la couche de base /roulement (en béton). Leurs mises en œuvre restent, en conséquence, le travail de spécialistes.

Durant la phase de réalisation, il est primordial de conserver l'état de surface de la couche de fondation propre de toute pollution afin de permettre au béton de bien y adhérer. Le respect des épaisseurs des couches est aussi un point sensible pour la longévité de la structure.



➤ Carrefour giratoire de Billom (Puy-De-Dôme, 63). 2016.



➤ Le giratoire de Pérourges, sur la RD65b, lors du bétonnage. La société Agilis a utilisé une règle vibrante pour assurer la mise en place du béton.

5.5. Au niveau du calepinage des joints

Pour maîtriser le retrait du béton (phénomène inévitable), deux solutions existent :

• Réaliser des joints de retrait

Les joints ont pour but de localiser de manière précise et déterminée à l'avance la fissuration naturelle du béton. Ces joints sont réalisés transversalement avec un espacement maximal conseillé (entre 3 et 5 m en fonction de l'épaisseur du revêtement) et aussi longitudinalement si la largeur du béton est supérieure à 5 m (Cf. Routes La Revue N°7. Spécial Joints et calepinage. Cimbéton septembre 2023).

• Utiliser des armatures longitudinales

Les armatures longitudinales ont pour rôle de contrôler la fissuration de retrait du béton. La quantité d'armatures est calculée de manière à obtenir un grand nombre de fissures transversales, espacées en moyenne d'un mètre et suffisamment fines (ouvertures inférieures à 0,5 mm), pour empêcher la pénétration de l'eau et pour garantir une bonne imbrication des granulats du béton, synonyme d'un bon transfert de charges au droit des fissures. Il est à noter que, du fait de l'absence des joints de retrait transversaux, les revêtements en béton armé continu apportent à la fois la solidité à la structure, le confort au roulement et un niveau faible du bruit de roulement comparable aux autres revêtements routiers.

5.6. Revêtements en Béton Armé Continu BAC

Les revêtements en béton armé continu ne nécessitent pas de réaliser des joints de retrait transversaux ; seuls les joints de retrait longitudinaux sont nécessaires lorsque la largeur du revêtement est supérieure à 5 m.

En outre, à l'instar des autres structures en béton, il y a besoin de réaliser des joints de construction (après chaque arrêt de bétonnage supérieur à 1 heure) et des joints de dilatation (à réaliser en des points particuliers).

Les joints de construction et de dilatation sont réalisés en créant dans le revêtement une discontinuité totale sur toute la hauteur du revêtement.

5.7. Revêtements en dalles non armées et à joints goujonnés BCg

Le revêtement béton en dalles non armées nécessite la réalisation de joints de retrait transversaux pour contrôler le retrait du béton.

En outre, à l'instar des autres structures en béton, il y a besoin de réaliser des joints de retrait longitudinaux (si la largeur du revêtement est supérieure à 5 m), des joints de construction (après chaque arrêt de bétonnage supérieur à 1 heure) et des joints de dilatation (à réaliser en des points particuliers).

Ces joints de retrait sont réalisés en créant une entaille partielle qui matérialise un plan de faiblesse selon lequel le béton en cours de durcissement est amené à se fissurer sous l'action des contraintes de traction.

Les joints de construction et de dilatation sont réalisés en créant dans le revêtement une discontinuité totale sur toute la hauteur du revêtement.

5.8. Pour le traitement de surface du béton

Pour conférer au béton les qualités d'adhérence, d'esthétique et de bruit exigées, plusieurs techniques de traitement de surface sont envisageables: béton balayé, béton désactivé, béton sablé, béton bouchardé, béton coloré, béton hydro-gommé, béton poncé, etc.

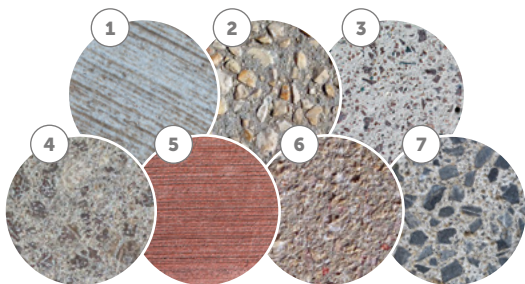
6. CONCLUSION

Les structures composites se déclinent en deux différentes techniques :

- La structure composite BAC/GB3 est validée, après plus de vingt-cinq ans de service sur des chaussées à fort trafic poids lourds.
- Les structures composites BC5g/GB3 sont utilisées depuis 20 ans sur des chantiers à moyen/fort trafics. Elles montrent également un collage pérenne du béton sur le matériau bitumineux sous-jacent et offre donc la possibilité de réduire les épaisseurs de béton afin de rendre ces structures compétitives.

Il est à souligner que les chaussées composites font l'objet actuellement d'un programme de recherche et d'expérimentation sur les aires de circulation aéroportuaires (Cf. Interviews de Nicolas Bernard et de MM. Clouzeau et Coustal). ■

- 1 Béton balayé
- 2 Béton désactivé
- 3 Béton sablé
- 4 Béton bouchardé
- 5 Béton coloré
- 6 Béton hydro-gommé
- 7 Béton poncé



SIMULATION PERCEVAL / STRUCTURES COMPARÉES

HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

- Trafic 500 PL/j
- Plate-forme support : PF2qs
- Durée de vie : 30 ans
- Taux de croissance du trafic : 2% par an

Structure composite : 20 cm BC5g/8 cm GB3

Structure classique BC5g/BC3 : 23 cm BC5g/16 cm BC3

Structure bitumineuse : 8 cm /13 cm GB3/14 cm GB3

SCÉNARIO D'ENTRETIEN

Structure béton classique et structure composite : réfection des joints et régénération de surface à 10, 20 et 30 ans

Structure bitumineuse : entretien superficiel à 8, 16, 24 et 32 ans et entretien structurel à 24 ans.

SIMULATION PERCEVAL Indicateurs environnementaux et économiques		STRUCTURES COMPARÉES		
		Chaussée béton classique 23 cm BC5g/ 16 cm BC3	Structure composite 20 cm BC5g/ 8 cm GB3	Chaussée bitumineuse 8 cm BB/13 cm GB3/14 cm GB3
Emissions de GES (kg CO2 eq/m²)	Construction	98.36 (+49%)	65.85	33.11 (-50%)
	Cycle complet	99.64 (+48%)	67.13	80.56 (+20%)
Consommation Energie (MJ/m²)	Construction	890.5 (-13%)	1.021*10³	2.246*10³ (+120%)
	Cycle complet	917.8 (-12%)	1.048*10³	5.459*10³ (+421%)
Epuisement des ressources (kg Sb éq/m²)	Construction	31.32*10 ⁻⁶ (-35%)	48.23*10 ⁻⁶	117.5*10 ⁻⁶ (+144%)
	Cycle complet	33.48*10 ⁻⁶ (-34%)	50.39*10 ⁻⁶	284.8*10 ⁻⁶ (+465%)
Consommation d'eau (l/m²)	Construction	254.7 (+4%)	244.7	109.9 (-55%)
	Cycle complet	256.5 (+4%)	246.6	263.4 (+7%)
Acidification (kgSO2 éq/m²)	Construction	0.2435 (+38%)	0.1762	0.1122 (-36%)
	Cycle complet	0.2463 (+38%)	0.1789	0.2717 (+52%)
Eutrophisation (kgPO4 éq/m²)	Construction	34.28*10 ⁻³ (+51%)	22.75*10 ⁻³	10.06*10 ⁻³ (-56%)
	Cycle complet	34.48*10 ⁻³ (+50%)	22.94*10 ⁻³	24.13*10 ⁻³ (+5%)
Coût (€/m²)	Construction	125.8 (+31%)	95.8	102.8 (+7%)
	Cycle complet	143.1 (+26%)	113.1	202.0 (+79%)

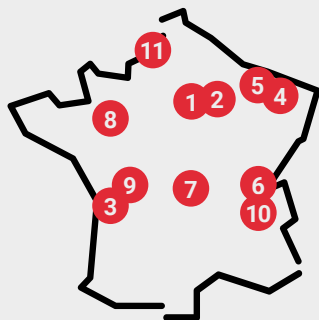


RETROUVEZ NOTRE LOGICIEL SUR INFOCUMENTS.FR



www.infociments.fr/calculateur-perceval

Quelques références de chantiers de chaussées composites



11. Seine-Maritime (76)

Réaménagement du carrefour RD33-RD926-RD6015
au poteau d'Allouville – Routes Info #27/28

Guides techniques

T 50

Voiries et aménagements urbains
en béton. Tome 1 : Conception
et dimensionnement
Collection technique, CIMbéton,
2019.

T 52

Voiries et aménagements urbains
en béton. Tome 3 : Cahier des
Clauses Techniques Particulières
CCTP-Type ; Bordereau de prix
unitaire BPU ; Détail estimatif DE
CCTP-Type, CIMbéton, 2007.

T 65

Chaussées composites en béton de
ciment. Tome 1 : Structures neuves
en BAC collé sur GB
Collection technique, CIMbéton,
2008.

Plaquettes techniques

Chaussées composites en Béton
Armé Continu sur fondation en
Grave Bitume BAC/GB3. Dépliant
Collection SNBPE - Collection
technique CIMbéton, 2020.

Chaussées composites en dalles
béton à joints goudonnées sur Grave
Bitume BC5g/GB3. Dépliant
Collection SNBPE - Collection
technique CIMbéton, 2020.

À retrouver sur specbea.com

Les bétons décoratifs

Voiries et aménagements urbains.
Tome 3 : Les règles de l'art
Specbea, 2019.

Autres références

Guides techniques

■ Conception et dimensionnement
des structures de chaussées
SETRA / LCPC, 1994.

■ Chaussées Béton
SETRA / LCPC, 1997.

■ Catalogue des structures-types
de chaussées neuves
SETRA / LCPC, 1998.

■ Fiches de structures composites
BBTM/ES/BAC/GB3 (Note Direction
des Routes ; 2000).
Fiches additionnelles au Catalogue
des structures-types de chaussées
neuves
SETRA / LCPC, 1998.

Normes

Norme NF P 98 086. Dimensionnement des chaussées. Norme NF EN 13877-1. Chaussées en béton - Partie 1 : Matériaux.

Norme NF EN 206+A2/CN. Béton - Spécification, performance, production et conformité. Norme NF P 98 170. Chaussées en béton de ciment - Exécution et contrôles.

■ Direction de la publication : François Redron

■ Direction de la rédaction, coordinateur des reportages : Cédric Le Gouil,
Joseph Abdo

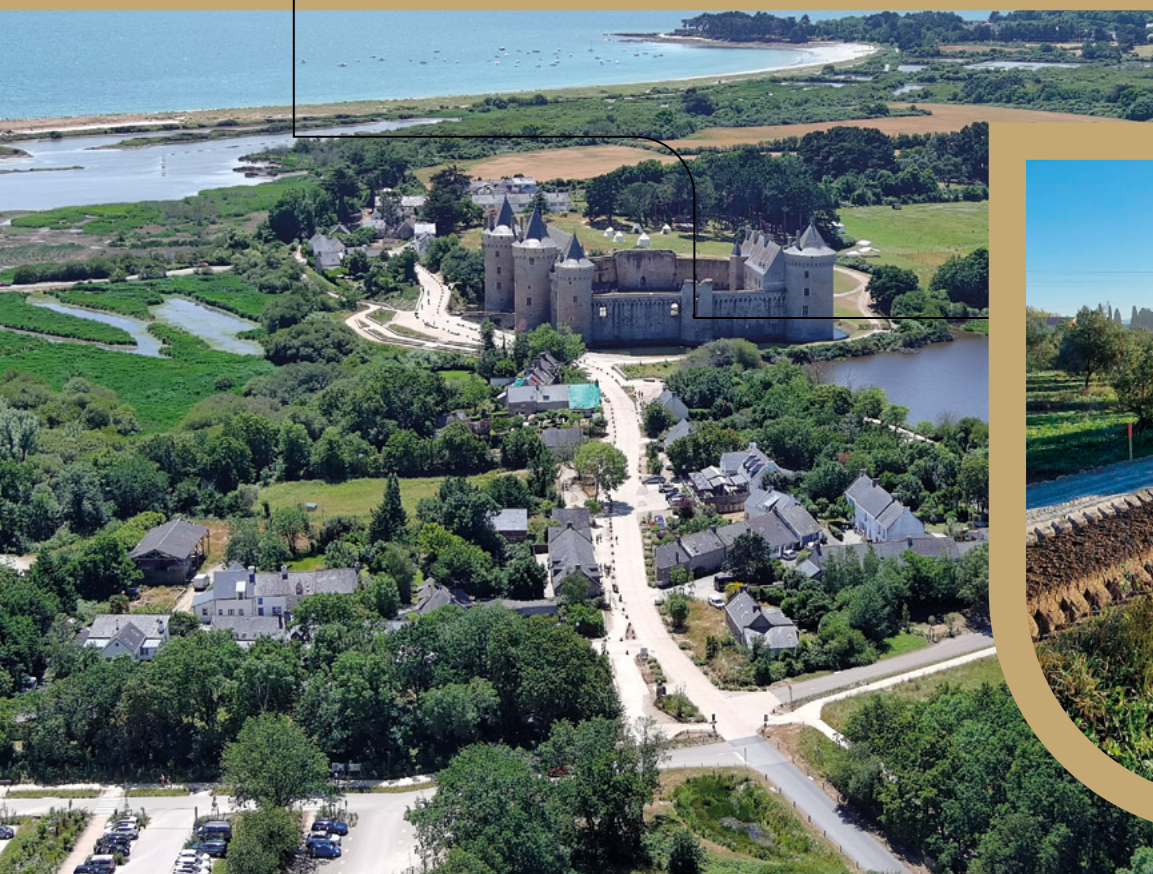
■ Rédaction et interviews : Joseph Abdo, Cédric Le Gouil

■ Direction de projet & direction artistique : Fenêtre sur cour / Studio L&T

■ Crédits photos : Gilles Petit/DIRA. Joseph Abdo/JA-Consulting. © Cimbéton

Pour tout renseignement, contacter Cimbéton : 16 bis, boulevard Jean Jaurès - 92110 Clichy. Tél. : 01 55 23 01 00 - E-mail : centrinfo@cimbeton.net

Nouveaux enjeux, nouveaux défis...



Ci-dessus : vue aérienne des aménagements des espaces publics autour du château de Suscinio. (©Phytolab). En encadré : La voie verte Via Venaisia sur le tronçon entre Jonquières et Orange. (© Bruno Montagnini_Ecostab)

**Cimbéton se réinvente
pour renforcer la diffusion
des pratiques d'aménagement
et de construction durable,
ainsi que les innovations !**

**Une nouvelle identité qui marque
notre engagement :**

**Ensemble, accélérons
la construction durable.**



Cimbéton

**Ensemble, accélérons
la construction durable.**

infociments.fr