

RAPPORT DE RECHERCHE / LIVRABLE

Mécanismes de dégradation des chaussées. Retour d'expérience sur les chaussées semi- rigides, mixtes et en béton de ciment

Auteur(s) / Organisme(s) :

Joseph ABDO – Cimbéton

Jean-Pierre MARCHAND – Route et conseil

Florence PERO – Specbea

Thèmes de rattachement :

Mécanismes de dégradation des chaussées (thème 1.1)

DVDC/R/003

LC/17/DVDC/05-06-07

Novembre 2017

Sommaire

Sommaire	2
1 Résumé	3
2 Programme général	4
2.1 Thème 1.1 « Mécanismes de dégradation »	4
3 Retour d'expérience des chaussées semi-rigides, mixtes et en béton	6
4 Retour d'expérience global sur les chaussées semi-rigides et mixtes	7
4.1 Routes nationales (et autoroutes non concédées)	7
4.1.1 Pourcentage de longueur de chaussée entretenue [mai 1986]	7
4.1.2 Fréquences d'entretien [juillet-août 1988]	9
4.1.3 Autoroutes concédées [avril 1986]	11
4.2 Préfissuration.....	15
4.2.1 Procédés et efficacité	15
4.2.2 Grave Ciment Optimisée	16
5 Retour d'expérience sur des chantiers spécifiques de chaussées semi rigides et mixtes	17
6 Retour d'expérience global sur les chaussées en béton de ciment	18
6.1 Bilan de comportement des chaussées en béton de ciment au début des années 80	18
6.1.1 Itinéraires concernés (mai 1986)	18
6.1.2 Dégradations retenues, méthode de relevé et critères retenus	19
6.1.3 Conclusions	20
7 Retour d'expérience sur des chantiers spécifiques de chaussées en béton de ciment ..	21
8 Bibliographie	22
8.1 Ouvrages généraux.....	22
8.2 Références sur les chaussées semi-rigides et mixtes	22
8.3 Références sur les chaussées en béton de ciment.....	23
9 Annexes	25
9.1 Scénarios-types d'entretien du catalogue des structures types de chaussées neuves du réseau RN (1994)	25
9.2 Scénarios-types d'entretien du « Manuel de conception des chaussées d'autoroutes - Chapitre 8 L'entretien des chaussées » Scetauroute 2005.....	27
9.3 Suivi de chantiers de chaussées semi-rigides (GH/GH ou GH/SH).....	29
9.5 Suivi de chantiers de chaussées en béton (BC)	31
9.6 Suivi de chantiers de chaussées en béton (BAC/GB3).....	33

1 Résumé

Résumé

Le but de ce travail sur les « Mécanismes de dégradation des chaussées semi-rigides, mixtes et en béton de ciment » est de fournir, au travers d'un retour d'expérience (REX), un recensement et une analyse sur les modes de dégradation sur une longue période.

Force est de constater que depuis plus d'une vingtaine (voire une trentaine) d'années peu d'études ont été entreprises sur le comportement de ces structures de chaussées.

La recherche bibliographique - sur le réseau routier non concédé (routes nationales et autoroutes) et sur les autoroutes concédées - a permis de définir pour les chaussées semi-rigides les périodes d'intervention pour le premier et le second entretien en fonction du trafic poids lourd cumulé et de l'âge de la chaussée.

Ce travail sert également de pré-étude pour le thème 3.2 « Durée de vie résiduelle des chaussées semi-rigides, mixtes et en béton de ciment ». Il a été complété par un recensement de chantiers spécifiques pouvant utiles pour des études plus approfondies lors de la phase suivante du projet.

En ce qui concerne les chaussées en béton de ciment, le nombre d'études globales est relative faible. Cependant il en ressort que les structures de chaussées en béton de ciment paraissent peu sensibles à l'intensité du trafic sous réserve que l'évolution du trafic cumulé soit compatible avec les hypothèses de dimensionnement. On a également établi un recensement de chantiers spécifiques en béton de ciment pouvant être utiles pour des études plus approfondies pour la phase suivante.

Abstract

The aim of this work on the "Mechanisms of degradation of semi-rigid pavements, mixed and cement concrete" is to provide, through a feedback of experience (REX), a census and an analysis on the modes of degradation for a long period.

It is clear that for more than twenty years (or even thirty years) few studies have been undertaken on the behavior of these pavement structures.

The bibliographic search - on the unpaved road network (national roads and motorways) and on the pay-toll motorways - has made it possible to define for the semi-rigid pavements the periods of intervention for the first and the second maintenance according to heavy truck cumulative traffic and age of the roadway.

This work also serves as a pre-study for theme 3.2 "Residual life of semi-rigid, mixed and cement concrete pavements". It was supplemented by a survey of specific projects that could be useful for further studies during the next phase of the project.

With regard to cement concrete pavements, the number of global studies is relatively low. However, it appears that concrete pavement structures appear to be insensitive to traffic intensity, provided that the evolution of cumulative traffic is compatible with the design assumptions. A census of specific cement concrete sites has also been established which may be useful for further studies for the next phase.

2 Programme général

2.1 Thème 1.1 « Mécanismes de dégradation »

Le but de ce travail est de fournir une analyse des modes de dégradation actuels des différents types de structures de chaussées, et de mettre en évidence d'éventuels nouveaux modes. L'analyse proposée par le groupe de travail croisera une approche par type de dégradations, et une approche par type de structures.

Le choix des types de dégradation (ou facteur prédominant sur l'apparition des dégradations) a été fait pour contribuer au Retour d'expérience des thèmes de DVDC. Le découpage porte ainsi sur :

- les interfaces entre couches. Mécanisme de dégradation. Evolution de la qualité de l'interface (thème 1.3) ;
- la présence d'eau dans les chaussées et mécanismes de dégradation (thème 1.2 & 1.5) ;
- la fissuration transversale des matériaux traités aux liants hydrauliques (thème 2.1) ;
- la fissuration longitudinale des matériaux bitumineux (thème 1.4) ;
- les dégradations ou critères déterminants pour la mise en place d'un entretien (thèmes 2.1 & 3.1).

Le programme de travail porte sur :

- des recherches bibliographiques ciblées,
- une enquête auprès de conseils départementaux et de villes pour identifier leurs problématiques ;
- une analyse de sections tests ou d'études de réhabilitation suffisamment renseignées et documentées grâce au retour d'information (REX) auprès des MOU, MOE et entreprises ;
- La mise au point d'un questionnaire (élaboré en janvier 2017 par le groupe et diffusé en mai 2017) pour évaluer leurs pratiques, et faire émerger les problématiques a été adressé à un certain nombre de départements et plus tard à de grandes villes (ou métropoles) de France,
- l'élaboration *a posteriori* des processus de dégradations propres à chacun de ces mécanismes ;
- les préconisations pour réduire ces types de dégradations et l'identification des critères discriminants pour l'entretien.
- la mise à disposition du processus de dégradation pour être intégré dans les fiches des autres thèmes. ;
- une synthèse par type de structure.

Les retours d'expérience à l'international, en Europe (Belgique, Allemagne essentiellement) et Amérique du Nord (USA, Canada), seront exploités.

Route et conseil assurera la coordination (cf. action 1.1.0), le pilotage de la fiche de recherche, la rédaction des comptes rendus de réunion et la coordination de la rédaction du rapport de synthèse.

Les autres membres du groupe de travail apporteront les compétences requises et les retours d'expériences sur l'ensemble des thématiques traitées, avec une spécificité pour chacun :

- le Specbea et Cimbéton dans le domaine des matériaux traités aux liants hydrauliques (chaussées semi-rigides et mixtes) et en béton de ciment ;
- le Cerema dans le domaine de la fissuration longitudinale des matériaux bitumineux ;
- Eiffage sur la fissuration transversale ;
- Eurovia sur le rôle de l'eau dans la dégradation des chaussées ;
- Colas sur le couplage entre dégradations et entretien ;
- R. Kobisch sur le comportement des interfaces.

3 Retour d'expérience des chaussées semi-rigides, mixtes et en béton

Force est de constater que depuis plus d'une vingtaine (voire une trentaine) d'années peu d'études ont été entreprises sur le comportement des chaussées semi-rigides, mixtes ou en béton.

Malheureusement les chartes pour l'innovation routière ou les avis techniques chaussées, ont concerné essentiellement les couches de roulement et d'assise en matériaux bitumineux. C'est donc vers d'autres recherches bibliographiques que Cimbéton, le Specbea et Route et conseil ont porté leur attention

Parmi les documents ou séminaires les plus intéressants nous avons retenu :

Le Séminaire USAP de septembre 1985,
Le Comportement des chaussées dégradées » – FAER 1.01.47.2 LCPC Février 1986
Le bilan permanent des chaussées de 1986,
Les résultats du Groupe de Travail « Fissuration des chaussées semi-rigides » créé en décembre 1985 et publiés dans les bulletins de liaison de P ; & Ch. 156 & 157 de 1988
et beaucoup plus récemment celui du Cete de l'ouest sur la durabilité des chaussées de 2008.

L'ensemble des documents consultés figure en bibliographie (ch. 6).

Le programme consiste à répertorier les bilans et les suivis de chaussées semi-rigides, mixtes et en béton pour lesquelles on dispose des relevés de dégradations associés au premier et/ou deuxième entretien.

Les résultats de cette approche seront comparés aux renseignements fournis à ce sujet par le questionnaire en ligne.

4 Retour d'expérience global sur les chaussées semi-rigides et mixtes

4.1 Routes nationales (et autoroutes non concédées)

Les principales sources d'information sont

« Séminaire USAP 1985 - Chaussées d'autoroutes » dans le n° 629 de la RGRA d'avril 1986

« Bilan permanent du comportement des structures de chaussées » dans le n° 630 de la RGRA de mai 1986

« Fissuration de retrait des chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques » Bull. liaison Labo. P & Ch. n°156 juillet-août 1988 et n° 157 sept-oct. 1988

Le rapport LCPC « Comportement des chaussées dégradées » – FAER 1.01.47.2 LCPC – section mécanique des chaussées Février 1986

Le rapport du Cete de l'ouest « Durabilité structurelle des chaussées Pathologies et entretien » Opération 11N042 Pathologie des structures neuves et entretenues » de janvier 2008

Les principaux résultats de cette recherche bibliographique sont exprimés sous la forme de graphiques et de tableaux de synthèse

4.1.1 Pourcentage de longueur de chaussée entretenue [mai 1986]

a) L'entretien sur les renforcements de chaussées réalisés avec des graves hydrauliques (RGH) est très différent selon la date de leur réalisation.

L'âge moyen se situe à 5,25 années pour ceux réalisés avant 1975 et de 9 ans pour les autres (Figure 1).

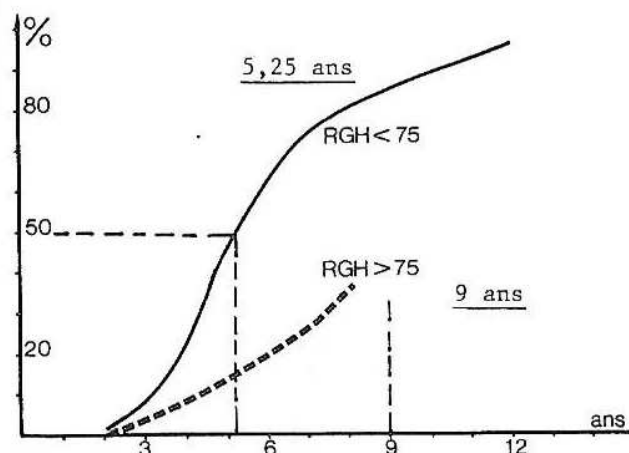


Figure 1 Pourcentage de longueur entretenue en fonction de l'âge (en années) sur les renforcements en grave hydraulique (RGH) avant (< 1975) et après (> 1975)

b) Pour les renforcements postérieurs à 1975, le pourcentage de longueur entretenue diffère significativement avec les classes de trafic. Il est en moyenne situé à 9 ans.

Remarque 1: Plus le trafic est élevé plus l'entretien est tardif. Ceci s'expliquerait par le fait que le pourcentage de risque associé au dimensionnement diminue avec l'intensité du trafic PL (Figure 2).

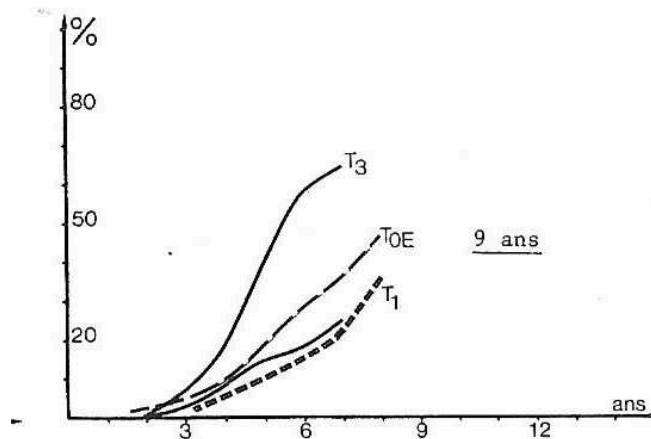


Figure 2 : Pourcentage de longueur entretenue en fonction de l'âge (en années) sur les renforcements en grave hydraulique réalisés après 1975

c) Les chaussées « tout grave hydraulique » font l'objet d'interventions d'entretien plus précoces que les renforcements en grave hydraulique (GH). En moyenne à 7,75 années (Figure 3).

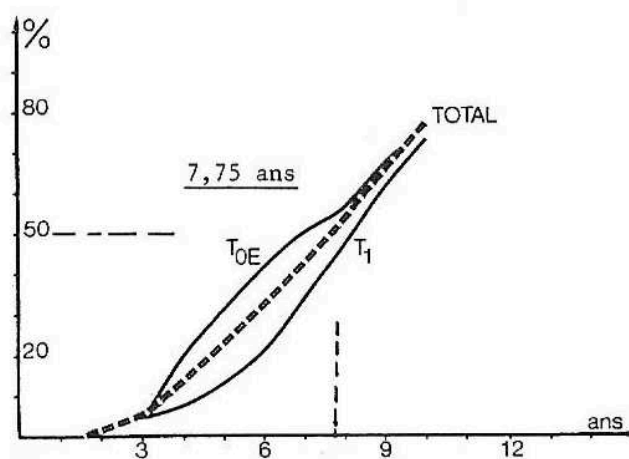


Figure 3 : Pourcentage de longueur entretenue en fonction de l'âge (en années) sur les chaussées neuves à couches de base et fondation en grave hydraulique (GH)

Remarque 2: Par rapport au graphique précédent on constate que l'entretien est plus tardif avec les chaussées supportant un trafic T1 qu'avec celles ayant un trafic T0E. Même si les courbes sont resserrées

d) Les chaussées mixtes ont un comportement global très proche de la moyenne de tous les types de chaussées. Elles font l'objet d'interventions d'entretien en moyenne à 8,75 années (Figure 4).

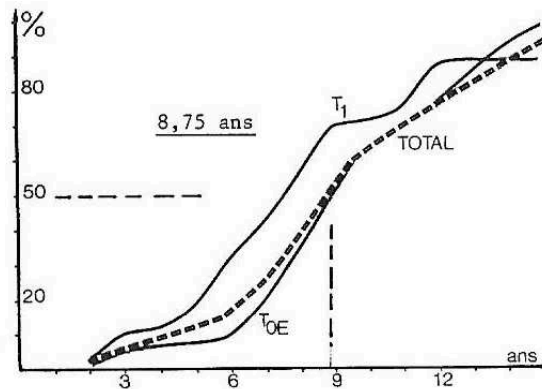


Figure 4 : Pourcentage de longueur entretenue en fonction de l'âge (en années) sur les chaussées neuves à couches de base bitumineuse et fondation en grave hydraulique (GH)

4.1.2 Fréquences d'entretien [juillet-août 1988]

A la lecture des quatre graphiques suivants il n'est pas évident que l'entretien des assises traitées aux liants hydrauliques (ATLH) soit lié à la fissuration car on ne voit presque pas de différence avec la courbe des structures bitumineuses (GB/GNT).

On peut toutefois remarquer que les interventions sont plus précoces sur les ATLH

Remarques 3 : On note que sur le 1^{er} graphique les structures mixtes (GB/GH) nécessitent un premier entretien précoce sans que la raison soit expliquée (Figure 5).

80% d'entre elles ont reçu un 1^{er} entretien à 3 ans alors que celui-ci apparaît à 10 ans pour les chaussées semi-rigides (GH/GH) !

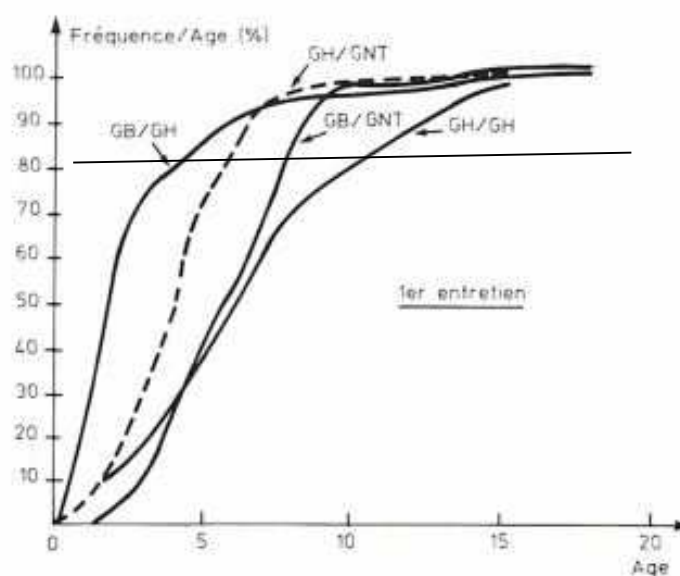


Figure 5 : Fréquence du premier entretien en fonction de l'âge de la chaussée

Si on se reporte aux scénarios-types d'entretien du guide de 1998, les échéances du premier entretien sont respectivement à 8 ans (GH/GH), 9 ans (GB/GH) et 9 ans (GB/GNT)

Il y a donc cohérence entre le suivi et les scénarios-types pour les GH/GH

Remarque 4 : Lorsque la fréquence d'entretien est rapportée au trafic PL cumulé (Figure 6) les graphiques sont plus resserrés. L'intensité du trafic PL cumulé lisse les disparités liées à l'âge de la chaussée.

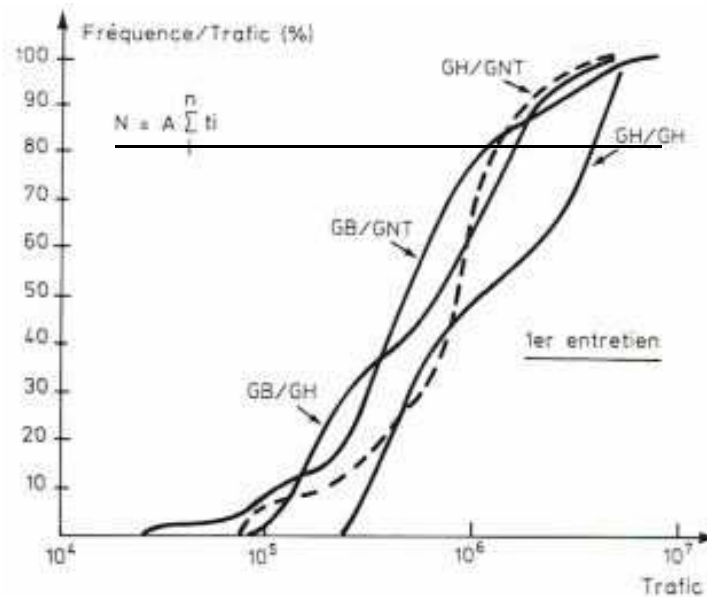


Figure 6 : Fréquence du premier entretien en fonction du trafic poids lourds cumulé

Remarque 5 : Dans le cas du deuxième entretien on constate encore que les structures semi-rigides GB/GH nécessitent un 2nd entretien plus précoce que les structures semi-rigides (Figure 7) avec l'âge et que cette différence s'estompe légèrement lorsque l'on prend en compte le trafic PL cumulé (Figure 8).

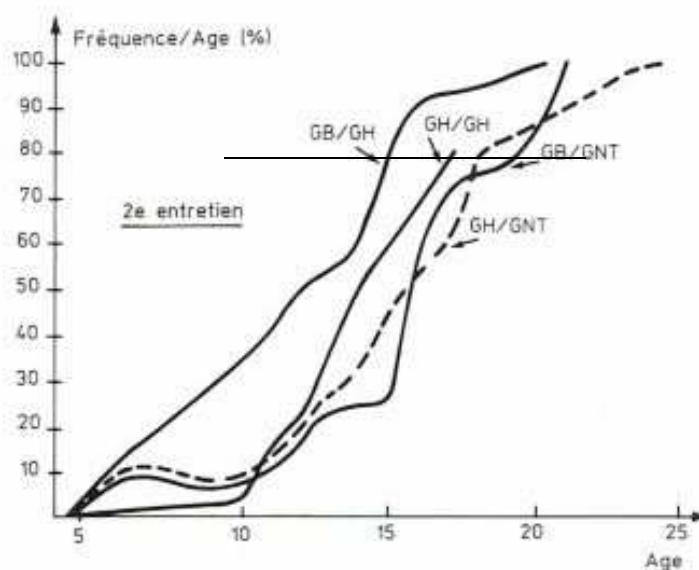


Figure 7 : Fréquence du deuxième entretien en fonction de l'âge (en années) de la chaussée

Remarque 6 : Si on se reporte aux scénarios-types d'entretien du guide de 1998 (annexe 1.1), les échéances du deuxième entretien sont respectivement à 16 ans (GH/GH), 17 ans (GB/GH) et 17 ans (GB/GNT).

On peut considérer que les chaussées semi-rigides (GH/GH) sont bien dimensionnées et que les séquences d'entretien sont conformes avec les scénarios.

Ce qui n'est pas le cas des chaussées mixtes (GB/GH) avec un second entretien plutôt précoce (12 ans)

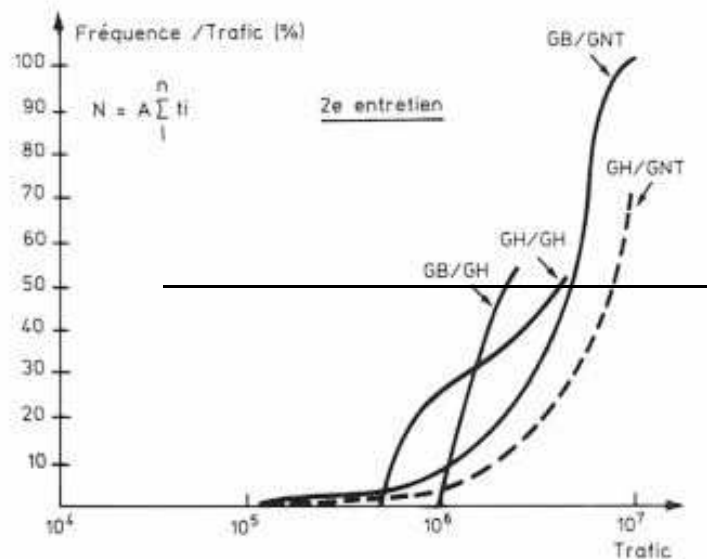


Figure 8 : Fréquence du deuxième entretien en fonction du trafic poids lourds cumulé

4.1.3 Autoroutes concédées [avril 1986]

Les éléments d'information sont issus du rapport d'avril 1986

Si on exclut le pontage des fissures, le premier entretien se situe en moyenne à huit ans pour les GH/GH et 9 ans pour les structures mixtes (GB/GH). (Tableau 1)

Il est réalisé après que la chaussée a supporté un trafic de $2 \cdot 10^6$ essieux de 130 kN pour les GH/GH et GB/GH. Pour les structures GH/GN et GB/GN l'entretien est plus précoce et arrive après $8 \cdot 10^5$ essieux de 130 kN.

Le deuxième entretien intervient en moyenne à 15 ans après avoir supporté un trafic cumulé de 4 à $7 \cdot 10^6$ essieux de 130 kN.

		GH/GH	GH/GN	GB/GH	GB/GN
Age	Premier entretien	8 ans	4 - 5 ans	9 ans	6 ans
	Deuxième entretien	14 ans	15 ans	-	16 ans
Trafic cumulé en essieux de 130 kN	Premier entretien	2×10^6	8×10^5	2×10^6	8×10^5
	Deuxième entretien	4×10^6	$7,5 \times 10^6$	-	6×10^6

Tableau 1 : Médianes des fréquences observées – premier et deuxième entretien

Remarque 6 : Si on se reporte aux scénarios-types d'entretien du catalogue 2005 de Scetauroute, les échéances du premier et du deuxième entretiens des chaussées mixtes GB/GH (seule structure retenue) sont respectivement à 9 ans et à 18 ans. Il y a une bonne concordance entre les préconisations et le suivi.

Outre le pontage des fissures (non comptabilisé) et la régénération de surface (thermorégénération ou recyclage en place) abandonnée depuis en France, le premier entretien (Tableau 2) consiste essentiellement en des rechargements minces (4 à 6 cm) de béton bitumineux.

En pourcentage	GH/GH	GH/GN	GB/GH	GB/GN
Régénération	12	-	-	1
ESUP	-	-	-	-
BB 3 - 6	59	88	100	92
BB 7 - 10	22	8	-	6
BB > 10	7	4	-	1

Tableau 2 : Répartition des opérations pour le premier entretien

Les informations sur le second entretien (Tableau 3) avec essentiellement de la régénération montrent que seuls des désordres superficiels apparaissent. Aujourd'hui ils seraient résolus par l'application d'un béton bitumineux mince ou très mince.

Remarque 7 : Si l'on exclut le pontage et la thermorégénération (cf. plus haut) les entretiens sont conformes à ce qui préconisé dans le catalogue Scetauroute.

En pourcentage	GH/GH	GH/GN	GB/GH	GB/GN
Régénération	72	11	100	42
ESUP	-	-	-	-
BB 3 - 6	28	69	-	58
BB 7 - 10	-	4	-	-
BB > 10	-	16	-	-

Tableau 3 : Répartition des opérations pour le deuxième entretien

L'ensemble des informations précédentes est résumé dans le Tableau 4 ci-dessous dont l'analyse n'est pas toujours évidente car les résultats sont exprimés soit en moyenne soit en médiane. Elles sont complétées par les échéances des scénarios-types.

	Routes nationales et autoroutes non concédées					Autoroutes concédées			
	Bilan			Scénarios-types		Bilan		Scénarios-types	
	Entretien	1 ^{er} entretien	2 ^{ème} entretien	1 ^{er} entretien	2 ^{ème} entretien	1 ^{er} entretien	2 ^{ème} entretien	1 ^{er} entretien	2 ^{ème} entretien
Age (années)	Moyenne	Médiane	Médiane			Moyenne	Moyenne		
Renforcements en grave hydraulique (< 1975)	5,3								
Renforcements en grave hydraulique (> 1975)	9,0								
Chaussées neuves en grave hydraulique	7,8								
Chaussées mixtes	8,8	2,0	12,0	9	17	9		9	18
Chaussées semi-rigides (GH/GH)		7,0	14,0	8	16	8	14		
Chaussées semi-rigides (GH/GN)		4,0	10	8	16	4,5	15		

Trafic poids lourd cumulé (10 ⁶)	Moyenne	Médiane	Médiane			Moyenne	Moyenne		
Chaussées mixtes		0,1	1,0			2,0			
Chaussées semi-rigides (GH/GH)		0,2	0,7			2,0	4,0		
Chaussées semi-rigides (GH/GN)			10			0,8	7,5		

(*) y compris pontage des fissures

Tableau 4 : Tableau de synthèse des entretiens

4.2 Préfissuration

4.2.1 Procédés et efficacité

Pour réduire la fissuration transversale dans les assises traitées aux liants hydrauliques les ingénieurs routiers ont préféré organiser celle-ci par interposition de « joints » lors de la mise en œuvre du matériau. Dès 1964, le laboratoire des ponts et chaussées d'Autun a initié le principe avec des tasseaux de bois disposés sur la forme tous les 3 m ;

Et vers la fin des années 90, trois procédés se sont développés

Craft (Eurovia ex Cochery Bourdin Chaussé) avec la création d'un joint à l'émulsion de bitume

Olivia (Eurovia ex Viafrance) avec l'interposition d'un film vertical de polyane

Joint actif (Colas ex Sacer) avec l'insertion d'un joint sinusoïdal

Ces trois procédés ont fait l'objet de nombreuses publications.

L'efficacité de ces techniques a été validée par la parution d'avis techniques.

Quelques suivis ont permis de quantifier l'apport de la préfissuration dans la réduction du nombre de fissures transversales (Figure 9)

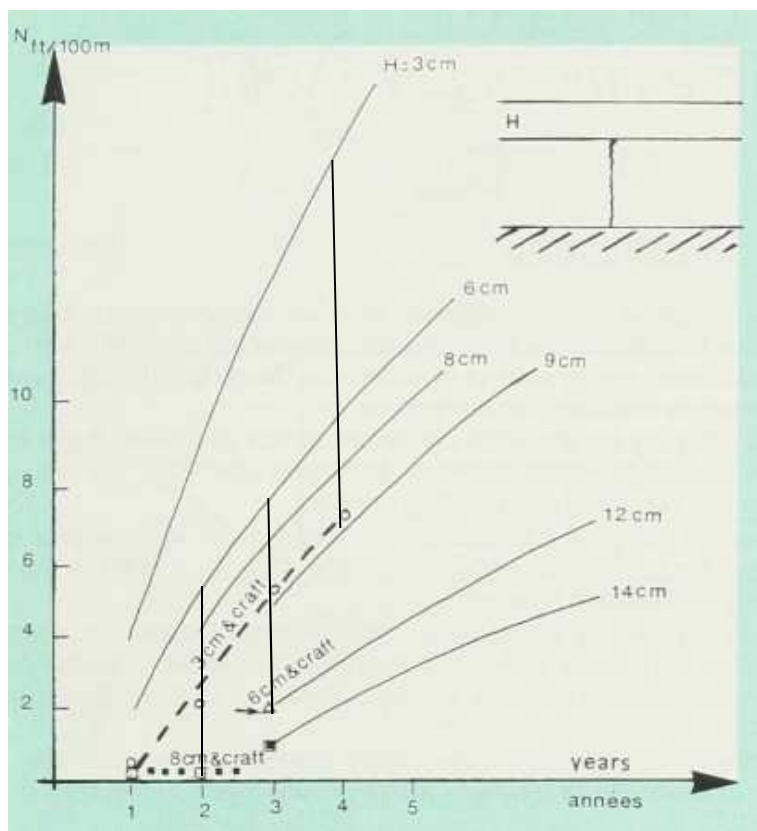


Figure 9 : Evolution comparée du nombre de fissures transversales (par sections de 100 m) en fonction de l'épaisseur de la couverture bitumineuse et de l'âge de l'assise, avec et sans préfissuration

○ - - - - avec CRAFT

— sans préfissuration

On constate sur le graphique précédent que la préfissuration conduit à retarder d'au moins cinq années l'apparition ou le nombre de fissurations transversales.

4.2.2 Grave Ciment Optimisée

De façon à réduire les risques de fissuration liée à la mise en œuvre différée de la couche de fondation et de la couche de base avec l'existence d'un non collage de ces deux couches, le principe de la GCO-Craft (Grave ciment optimisée avec préfissuration Craft) a été développée au début des années 2000. Il s'agit d'une assise de chaussée (couche de base + couche de fondation) traitée au ciment (ou avec un liant routier) dont la formulation et la mise en œuvre sont optimisées de façon à pouvoir :

- être appliquée en une seule couche
- et recevoir une couche de roulement en enrobé mince sans risque de dégradation lié à la fissuration.

Cette technique permet également de réduire l'épaisseur de matériaux traités aux liants hydrauliques en supprimant les conséquences de l'interface semi-collée sur le dimensionnement. Cette réduction peut aller jusqu'à 8 cm (35 cm de grave ciment au lieu de 20 + 23 cm par exemple).

La GCO a reçu en 1999 un certificat dans le cadre de la charte de l'innovation routière

5 Retour d'expérience sur des chantiers spécifiques de chaussées semi rigides et mixtes

Cette synthèse sur les chaussées semi-rigides et mixtes sera complétée dans la tranche 2 par l'étude de cas particuliers fournies par :

la bibliographie (non exhaustive)

Bretelle de Dordives de l'A77 en Seine-et-Marne (1993)

A35, déviation de Sélestat - Réhabilitation lourde d'une chaussée béton – RGRA 920 avril-mai 2014.

A25 Lille Dunkerque – Rénovation des dalles de BC sur Grave ciment (2008 – 2010)

Le document « Durabilité structurelle des chaussées Pathologies et entretien » Opération 11N042 Pathologie des structures neuves et entretenues » Cete de l'ouest janvier 2008. Une analyse partielle et incomplète figure en annexe

les chantiers réalisés par les entreprises :

Boulevard Périphérique de Chalons en Champagne dans la Marne (2007-2008).

Liaison A330/A31 Aménagement sur Viterne en Moselle (2002)

RD 331 Déviation de Blainville sur Madon et de Maizières en Meurthe et Moselle (1998)

RN 137 Déviation de Hédé-Tinténiac en Ille-et-Vilaine (1991)

RD 438 Déviation de Héricourt en Haute Saône (1992)

RN 67 Déviation de Rachecourt en Haute Marne (1993)

RN 26 Déviation de Rai-Aube dans l'Orne (1995)

RD 919 Déviation de l'Aigle dans l'Orne (2000 et 2001)

les enseignements fournis par le questionnaire adressé aux conseil départementaux

6 Retour d'expérience global sur les chaussées en béton de ciment

6.1 Bilan de comportement des chaussées en béton de ciment au début des années 80

Parmi les études les plus anciennes sur le comportement des chaussées en béton de ciment notons celle publiée dans la RGRA n°680 de mai 1986 dans le cadre du séminaire sur les chaussées d'autoroutes organisé en septembre 1985 par l'USAP (Union des sociétés d'autoroutes à péage)

6.1.1 Itinéraires concernés (mai 1986)

Le bilan proposé par SAPRR (Tableau 5 et Figure 10) porte sur 30 % du réseau comportant 890 km) soit 253 km de chaussées en béton en situés pour la plupart sur l'axe Paris-Lyon. Le bilan a été fait sur des chaussées ayant différentes mises en service

Année de mise en service	1981 à 1985	1972	1969	1968	1967	1966
Age de la chaussée	1 à 4 ans	14 ans	17 ans	18 ans	19 ans	20 ans
Répartition des sections selon leur âge (en%)	7%	27%	32%	22%	5%	7%

Tableau 5 : Années de mise en service des chaussées en béton de ciment étudiées sur le SAPRR

L'étude a porté plus particulièrement sur 468 km de chaussées dont 134 km avec un trafic T_0 (14 ans) et 33 km avec un trafic T_1 (17 à 20 ans)

Les structures de chaussées (Tableau 6) sont uniformes, à savoir

25 cm Béton de ciment – dalle californienne non goujonnée de 5 m de large 15 cm de Grave traitée aux liants hydrauliques (Grave laitier ou grave ciment) Plate-forme PF ₂ (voire PF ₃)

Tableau 6 : Structure des chaussées en béton

Remarque : Ce dimensionnement correspond à une structure de chaussées T_2 PF₂ en référence au catalogue des structures de chaussées de 1977, élaboré pour certaines des chaussées postérieurement à leur construction.

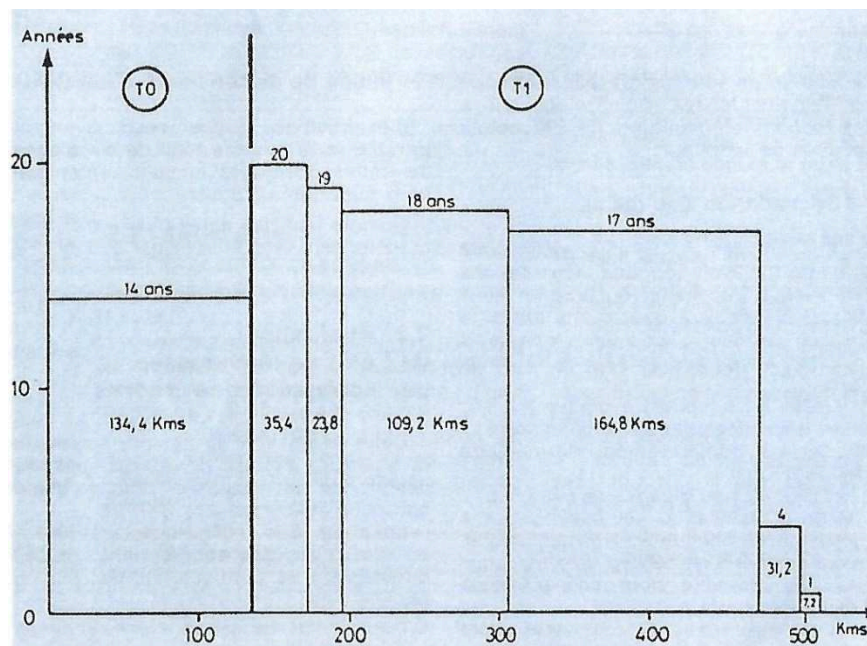


Figure 10 : Répartition du linéaire des chaussées en béton de ciment selon leur âge et le trafic

6.1.2 Dégradations retenues, méthode de relevé et critères retenus

Les dégradations des dalles retenues sont les suivantes

- Dalles reconstruites (REC)
- Dalles comportant plus de deux fissures (FRACT)
- Dalles comportant une fissure transversale, longitudinale ou oblique (FI)
- Dalles avec une cassure d'angle (CA)

Le relevé des dégradations (Tableau 7) est effectué tous les 2 à 4 ans après la mise en service.

Elles sont exprimées en pourcentage de dalles dégradées (DEG), toutes dégradations confondues, suivant la formule :

$$\% \text{ DEG} = \% \text{ REC} + \% \text{ FRACT} + \% \text{ FI} + \% \text{ CA}$$

Par ailleurs l'indice de discontinuité d'uni (IDU) correspond, pour un pas de 200 m, au nombre total de décalages de dalles positifs et négatifs ainsi que ceux supérieurs à 5 mm.

	Valeurs acceptables	Valeurs justifiant une réhabilitation	Valeurs en deçà des minima admis
Dégradation des dalles	DEG < 10%	$10 \leq \text{DEG} \leq 20\%$	DEG > 20%
Nb de décalages en %	Nb < 50 %	$50\% \leq \text{Nb} < 80 \%$	Nb > 80 %
Nb de décalages ≥ 5 mm en %	Nb < 20 %	$20\% \leq \text{Nb} < 25 \%$	Nb > 25 %

Tableau 7 : Dégradations et critères retenus sur les chaussées en béton

Selon ces critères (Tableau 8)

40 % des chaussées supportant un trafic T0 (134,4 km) sont en classe 2 et donc à réhabiliter (après 14 années)

53,1 % des chaussées supportant un trafic T1 (333,1 km) sont à réhabiliter selon la répartition suivante (Tableau 8)

« Fin de service » à	15 ans	16 ans	17 ans	18 ans	19 ans	20 ans
Pourcentage de chaussées	4.5 %	3.0 %	10.1 %	30.2 %	2.6 %	2.7 %
Total	53.1 %					

Tableau 8 : Pourcentage de chaussées en béton de trafic T1 à réhabiliter en fonction de leur « fin de service »

Dans cette étude on en déduit que pour un dimensionnement uniforme proche du T₂ PF₂ les échéances de service des chaussées en béton sont :

14 années pour 40 % du linéaire supportant un trafic T0 (trafic cumulé de $9,8 \cdot 10^6$ PL > 5 tonnes)

17,1 années pour 53,1 % du linéaire soumis à un trafic T1 (trafic cumulé de $6,7 \cdot 10^6$ PL > 5 tonnes)

6.1.3 Conclusions

Les structures de chaussées en béton de ciment paraissent peu sensibles à l'intensité du trafic sous réserve que l'évolution du trafic cumulé soit compatible avec les hypothèses de dimensionnement. On remarque dans les documents que le trafic initialement estimé à T₂ est finalement T₀/T₁ et la durée de vie de 30 ans est réduite à 20 ans dans 50% des cas, ce qui est finalement décevant.

Les points faibles sont

Les surlargeurs des voies lente et rapide sont insuffisantes
 Les fondations érodables alliées à des plates-formes faibles ont entraîné des opérations de réparations de dalles
 L'impossibilité de recourir à une adaptation progressive de la structure.

D'où l'importance d'un dimensionnement adapté dès la conception.

7 Retour d'expérience sur des chantiers spécifiques de chaussées en béton de ciment

Comme pour les chaussées semi-rigides on complètera cette synthèse par l'étude de cas spécifiques fournis par :

La bibliographie (non exhaustive)

Réhabilitation des chaussées de l'autoroute A6 dans l'Essonne (2012)

La RD940 à Gien dans le Loiret (1977)

Guide technique Carrefours giratoires en béton (IDRRIM, mars 2015)

A35, déviation de Sélestat - Réhabilitation lourde d'une chaussée béton – RGRA 920 avril-mai 2014

Chantier de démolition d'une chaussée en béton armé continu (BAC) sur A71- – RGRA 920 avril-mai 2014.

Un questionnaire adressé aux sociétés concessionnaires d'autoroute par l'intermédiaire de l'Asfa (Association française des sociétés d'autoroutes)

RN 141 Déviation de Rassats-Favrauds en Charente : Chaussée en béton armé continu sur Grave Bitume (1998)

RN 4 Déviation de Beblin-Imling en Moselle : Chaussée en béton armé continu sur Grave Bitume (2001)

Déviation de St Pierre La Cour en Mayenne : Chaussées en béton armé continu et en béton goujonné sur Grave Bitume (2005)

Déviation de Moulins dans l'Allier : Chaussée en béton armé continu (sur béton maigre (1995).

A25 Lille Dunkerque – Rénovation des dalles de BC sur Grave ciment (2008 – 2010)

8 Bibliographie

8.1 Ouvrages généraux

Bilan permanent du comportement des structures de chaussées. Table ronde SETRA - RGRA, Paris, 12 décembre 1985, RGRA n° 629 avril 1986

« Le bilan permanent du comportement des structures de chaussées » RGRA n° 630 mai 1986

« Mise en concurrence des techniques de construction et de renforcement des chaussées » Direction des Routes -circulaire 89-46 du 8 août 1989

« Catalogue des structures types de chaussées neuves – Annexes – Chapitre 6 Estimation du coût global d'une structure par application de la circulaire DR 89-46 août 1989 » Setra & Lcpc

« Catalogue des structures types de chaussées neuves » Setra & Lcpc, 1998

« Manuel de conception des chaussées d'autoroutes - Chapitre 8 L'entretien des chaussées » Scetauroute 2005

« Chaussées à longue durée de vie et cas de réussite » AIPCR Comité Technique 4.3 Chaussée routières 2009

« Durabilité structurelle des chaussées Pathologies et entretien » Opération 11N042 Pathologie des structures neuves et entretenues » Cete de l'ouest janvier 2008

« Chaussées à longue durée de vie et cas de réussite » Comité technique AIPCR 4.3 Chaussée routières, 2009

8.2 Références sur les chaussées semi-rigides et mixtes

« Comportement des chaussées dégradées » – FAER 1.01.47.2 LCPC – section mécanique des chaussées Février 1986

« Fissuration de retrait des chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques » Bull. liaison Labo. P & Ch. n°156 juillet-août 1988

« Fissuration de retrait des chaussées à assises traitées aux liants hydrauliques » Bull. liaison Labo. P & Ch. n°157 sept-oct. 1988

« Préfissuration remontée des fissures », RGRA n° 702, 1992

« Cinq années de préfissuration chez Sacer » RGRA n° 702, 1992

Avis technique « Joint Actif » n°155, 2012

Avis technique « Craft » n° 141,2004

Certificat Charte de l'innovation routière « Grave Ciment Optimisée – GCO » 1999 -

8.3 Références sur les chaussées en béton de ciment

« Entretien des chaussées en béton – bilan des idées actuelles et résultats des expérimentations française » » Bull. liaison Labo. P & Ch. n°97 sept.-oct.1978

« Panorama des chaussées françaises en béton 1984 » RGRA n°611 septembre 1984

« Le comportement des chaussées en béton de ciment du réseau SAPRR rapporté à leur durée de service » RGRA n° 630 mai 1986

« Entretien et réparation des routes en béton : intervenir à temps prolonge la durée de vie » Centre de Recherches Routières Bulletin CRR 3/1994

« Les chaussées composites De nouvelles potentialités pour l'autoroute, la route, la voirie et l'espace public », RGRA n° 775 - juillet-août 1999

« Chaussées en béton – guide technique – Chapitre 8 Indication sur les travaux d'entretien des chaussées en béton » LCPC et SETRA mars 2000

4 km de déviation en béton armé continu(BAC) Routes n°79, mars 2002

« Continuously Reinforced Concrete Pavements Trials with a CRC + BBM3 type pavement structure on the Rassats-Favrauds by-pass » RGRA ERR n°2 2002

« Etude de la tenue au collage entre béton et enrobé sur chaussée expérimentale (1^{ère} partie) » RGRA n°847 mars 2006

« Comportement des chaussées composites de béton armé continu (BAC) sur grave-bitume (GB) – rapport d'étape 2006 » RGRA n° 853 novembre 2006

« Structure expérimentale BAC sur grave bitume – Bilan d'étape » Setra mai 2007

« La RD940 à Gien dans le Loiret Trente ans, c'est le bel âge » RGRA n°862 novembre 2007

« Aérodrome de Melun-Villaroche Renforcement d'une chaussée en béton : bilan après vingt ans » RGRA n°862 novembre 2007

« Les chaussées composites en béton armé continu (BAC) sur enrobé » RGRA n°880 novembre 2009

« Etude de réhabilitation des chaussées béton - A6 – PR27+850 à 44+440» CETE IdF DIRIF – District sud, 2010

« Chaussée BAC de la RN 4 en Moselle – Bilan à 10 ans » RGRA n°888 octobre 2010

« Autoroute A6a après 17 années de lourd trafic, la chaussée béton est toujours en parfait état ! » Revue Routes n° 118 décembre 2011

« Structure expérimentale BAC sur grave bitume – Note conclusive » Setra mars 2011

« Guide des meilleures pratiques pour l'entretien des chaussées en béton Chaussées en béton non armé à dalles courtes et béton armé continu » AIPCR Comité technique D2 Chaussées routières 2013

9 Annexes

9.1 Scénarios-types d'entretien du catalogue des structures types de chaussées neuves du réseau RN (1994)

Tableau 1 - Scénarios-types d'entretien pour les structures en béton du réseau RN. Circulaire Direction des Routes (extrait du guide de conception et de dimensionnement des chaussées (Déc. 1994) Chapitre II.4.4. Tableau II.2.).

Structures	Classes de trafic					
	T0		T1		T2	
Dalles courtes à joints non goujonnés 20 ans	(*) 5 ans	BBTM + J	5 ans	J	5 ans	J
			(*) 6 ans	ES		
					(*) 7 ans	ES
	10 ans	J	10 ans	J	10 ans	J
	12 ans	50% BBTM				
	15 ans	J	15 ans	J	15 ans	J
		50% BBTM				
			16 ans	ES		
					17 ans	ES
	19 ans	50% BBTM				
	20 ans	J	20 ans	J	20 ans	J
		23 ans	ES	23 ans	ES	
25 ans	J	25 ans	J	25 ans	J	
	BBTM					
30 ans	15 GB + 8 BB ou 20 BAC	30 ans	12 GB + 8 BB ou 18 BAC	30 ans	10 GB + 8 BB ou 16 BAC	
Dalles courtes à joints goujonnés et dalles épaisses	(*) 5 ans	BBTM				
			(*) 6 ans	ES		
	7 ans	J		J	(*) 7 ans	J
						ES
	12 ans	50% BBTM				
	15 ans	50% BBTM				
	16 ans	J	16 ans	J	16 ans	J
				ES		
					17 ans	ES
	19 ans	50% BBTM				
	23 ans	J	23 ans	J	23 ans	J
			ES		ES	
25 ans	BBTM					
30 ans	15 GB + 8 BB ou 20 BAC	30 ans	12 GB + 8 BB ou 18 BAC	30 ans	10 GB + 8 BB ou 16 BAC	
Béton armé continu	(*) 5 ans	BBTM				
			(*) 6 ans	BBTM		
	7 ans	JL	7 ans	JL	(*) 7 ans	JL
						ES
	12 ans	50% BBTM				
	15 ans	50% BBTM				
	16 ans	JL	16 ans	BBTM	16 ans	JL
				JL		
					17 ans	ES
	19 ans	50% BBTM				
	23 ans	JL	23 ans	JL	23 ans	JL
			BBTM		ES	
25 ans	BBTM					
30 ans	15 GB + 8 BB ou 20 BAC	30 ans	12 GB + 8 BB ou 18 BAC	30 ans	10 GB + 8 BB ou 16 BAC	

*Si le traitement initial est un dénudage, l'intervention traitement de surface est retardée de 3 ans.

Tableau 2 - Scénarios-types d'entretien pour les structures souples, semi-rigides et mixtes du réseau RN. Circulaire Direction des Routes (extrait du guide de conception et de dimensionnement des chaussées (Déc. 1994) Chapitre II.4.4. Tableau II.3.).

Structures	Classes de trafic					
	T0		T1		T2	
Structures traitées aux liants hydrauliques	3 ans	33% CF	4 ans	33% CF	4 ans	30% CF
	4 ans	33% CF	5 ans	33% CF	5 ans	30% CF
	5 ans	33% CF	6 ans	33% CF		
	8 ans	60 % BB 4 cm	8 ans	20 % ES	8 ans	20 % ES
		40 % BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	12 ans	50% CF	12 ans	50% CF	12 ans	60% CF
	16 ans	60% BB 4 cm	16 ans	20% ES	16 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	24 ans	60% BB 4 cm	24 ans	20% ES	24 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	30 ans	45% BB 4 cm	30 ans	15% ES	30 ans	15% ES
	30% BB 8 cm		30% BB 4 cm		30% BB 4 cm	
			30% BB 8 cm		30% BB 8 cm	
Structures mixtes (grave-bitume/ matériau traité aux liants hydrauliques)	5 ans	20% CF	5 ans	20% CF		
	9 ans	60% BB 4 cm	9 ans	20% ES	9 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	17 ans	60% BB 4 cm	17 ans	20% ES	17 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	25 ans	60% BB 4 cm	25 ans	20% ES	25 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
30 ans	37% BB 4 cm	30 ans	12% ES	30 ans	12% ES	
	25% BB 8 cm		25% BB 4 cm		25% BB 4 cm	
			25% BB 8 cm		25% BB 8 cm	
Structures souples (grave-bitume/ grave non traitée et grave-bitume/ grave-bitume)	9 ans	60% BB 4 cm	9 ans	20% ES	9 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	17 ans	60% BB 4 cm	17 ans	20% ES	17 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	25 ans	60% BB 4 cm	25 ans	20% ES	25 ans	20% ES
		40% BB 8 cm		40% BB 4 cm		40% BB 4 cm
				40% BB 8 cm		40% BB 6 cm
	30 ans	37% BB 4 cm	30 ans	12% ES	30 ans	12% ES
	25% BB 8 cm		25% BB 4 cm		25% BB 4 cm	
			25% BB 8 cm		25% BB 8 cm	

9.2 Scénarios-types d'entretien du « Manuel de conception des chaussées d'autoroutes - Chapitre 8 L'entretien des chaussées » Scetauroute 2005

Abréviation	Description
RS	Renouvellement de la couche de Surface. Ce peut-être un BBTM, un enrobé drainant. Si ces travaux ne concernent que la voie lente, ils peuvent être associés à un fraisage préalable. Ce peut être du recyclage en place sur une voie.
BB(x)	Béton Bitumeux. BB(6) indique que l'épaisseur théorique moyenne est de 6 cm. Dans la pratique, ces 6 cm peuvent être répartis sur le linéaire concerné entre des sections où on ne réalise qu'un enrobé de 4 cm, d'autres de 6 cm ou de 8 cm. Ils pourront aussi être constitués de BBTM + 4 BB ou BBDr + 4 BB. Si ces travaux ne concernent que la voie lente, ils peuvent être associés à un fraisage préalable.
BBTM	Béton Bitumineux Très Mince
GB	Grave Bitume
SF	Scellement des Fissures ou pontage
J	Garnissage des joints ou pontage

Les enduits superficiels ne sont pas indiqués en technique de référence. Leur utilisation est possible dans certains cas particuliers.

Les techniques à base d'enrobés à module élevé peuvent être envisagées dans certains contextes.

Chaussées bitumineuses, souples et mixtes – « structures classiques »

Âge Médiane d'intervention	GB/GB - GB/GNT - GB/GH
3 ans	S.F. pour GB/GH (en l'absence d'anti-fissure)
9 ans	BB (6) 60 % / RS 40 %
18 ans	BB (6) 40 % / RS 60 %
27 ans	BB (6) 60 % / RS 40 %
36 ans	BB (6) 40 % / RS 60 %
45 ans	BB (6) 60 % / RS 40 %

*BB ou BBTM en alternance, selon les résultats des mesures d'auscultation,
BBTM ou recyclage en place en alternance.*

Chaussées béton armé continu

Âge Médiane d'intervention	Béton armé continu dénudé	Béton armé continu + BBTM
5 ans	J (100 % des joints BAU et TPC)	J (25 % des joints BAU et TPC)
9 ans	BBTM	BBTM
19 ans	BBTM	Fraisage + BBTM sur V.L.
29 ans	15 GB + BBTM : 5 % BBTM : 95 %	15 GB + BBTM : 5 % BBTM : 95 %
39 ans	15 GB + BBTM : 5 % BBTM : 95 %	15 GB + BBTM : 5 % BBTM : 95 %

*entretien périodique des joints de BAU et TPC,
réfection du drainage entre 15 et 20 ans.*

9.3 Suivi de chantiers de chaussées semi-rigides (GH/GH ou GH/SH)

Structures traitées aux liants hydrauliques			Rapport 11N042											
Trafic T0	Trafic T1	Trafic T2	RN 12 Traverse Mayenne (53)	RN 138 Rocade du Mans (72)	RN 57 PR 31+360 à 31+800 (25)	RN 57 PR 32+500 à 34+150 (25)	RN 57 PR 324+150 à 34+726 (25)	RN 356 PR 3+800 à 2+000 (59)	RN 118 - PR 5+200 à 14+500 (91)	RN 10 Déviation du Perray (78)	RN 104 - PR 48+1080 à 51+0 (91)	RN 66- PR 28+000 à 32+000 (68)	RN 66- PR 36+000 à 38+000 (68)	
Fiche			T1PF1	T1PF1										
C de R			8 BBSG	8 BBSG	7 BBSG	4 BBSG	4 BBSG	10 BBSG	6 BB 0/10	8 BBSG	8 BBSG	8 BBSG	8 BBSG	
C de B			25 GC	25 GC	25 GC	30 GC	25 GC	22 GCV	20 GL	20 GL	20 GL	30 GC	33 GL	
C de Fd			25 GC	25 GC	20 GC	15 GNT-C	20 GNT-C	28 GVT	25 SL	30 SC	35 SL	80 GNT	80 GNT	
C de F					40 GNT	25 GNT	20 GNT	Sch. R	50 Sable					
Constr.			1982	1978	1975	1991	1992	1988	1970	1976	1978	1973	1973	
Année														
0														
1														
2														
3	33%	CF												
4	33%	CF	33%	CF	30%	CF								
5	33%	CF	33%	CF	30%	CF						8	BBSG	
6			33%	CF										
7											6	BBSG		
8	60% 40%	4 BB 8 BB	20% 40%	ES 4 BB	20% 40%	ES 4 BB								
9														
10										4	BBDr			
11													4	
12	50%	CF	50%	CF	60%	CF								
13														
14							8	BBSG						
15							8	Purges	2,5 8	BBDr BBME				
16	60%	4 BB	20%	ES	20%	ES								
17									4 7	BBDR EME		8	BBSG	
18														
19							3	BBTM						
20													7	
21														
22														
23														
24	60%	4 BB	20%	ES	20%	ES								
25														
26														
27														
28														
29														
30	45%	4 BB	15%	ES	15%	ES								
31												6	Frais.	
32												6	BBSG	
33														
34														

	Structures traitées aux liants hydrauliques						Rapport 11N042											
	Trafic T0		Trafic T1		Trafic T2		RN 57 VD PR 34+300 A 34+550 (25)		RN 19 PR 70+450 à 74+800 (70)		RN 12 PR 64+500 à 65+600 (35)		RN 12 PR 67+200 à 67+400 (35)		RN 12 PR 68+400 à 68+600 (35)		RN 12 PR 73+000 à 73+200 (35)	
Fiche																		
C de R							4	BB	6	BBSG	6	BBSG	6	BBSG	6	BBSG	6	BBSG
C de B							25	GC	25	GC	20	GC	20	GC	20	GC	20	GC
C de Fd							20	GC	10	TV	20	GNT	20	GNT	20	GNT	20	GNT
C de F							40	GNT	50	TV		LTCC		A2		A2		A2
Constr.							1991		1976		1971		1971		1971		1971	
Année																		
0																		
1																		
2											8	BBSG	7	BBSG	9	BBSG	8	BBSG
											16	GB	12	GB	11	GB	14	GB
3	33%	CF																
4	33%	CF	33%	CF	30%	CF												
5	33%	CF	33%	CF	30%	CF												
6			33%	CF														
7																		
8	60%	4 BB	20%	ES	20%	ES			3	BB								
	40%	8 BB	40%	4 BB	40%	4 BB			7	GB								
			40%	8 BB	40%	6 BB												
9																		
10																		
11																		
12	50%	CF	50%	CF	60%	CF												
13																		
14																		
15																		
16	60%	4 BB	20%	ES	20%	ES												
17																		
18																		
19											2,5	BBTM						
20													4	BBDr	4	BBDr		
21																		
22									2,5	BBTM							6	BBSG
									9	GB								
23																		
24	60%	4 BB	20%	ES	20%	ES												
25																		
26																		
27																		
28																		
29																		
30	45%	4 BB	15%	ES	15%	ES												
31																		
32																		
33																		
34																		

9.5 Suivi de chantiers de chaussées en béton (BC)

Années	Structures Béton BC - trafic T0				
	Autoroute A6 (Essonne)				
	Catalogue 1998	Cuvette Essonne	PR 27+850 à 34+500	PR 31+200 à 32+650	PR 34+500 à 44+440
0					
1					
2					
3					
4					
5	100%	BBTM + J			
6					
7					
8					
9					
10	100%	J			
11					
12	50%	BBTM			
13			8 cm BB		
14					
15	100%	J			
16					
17					
18					
19	50%	BBTM			
20	100%	J			
21					
22					Reconstruction avec 25 BCg + 15 Bm (*)
23					
24					
25	100%	BBTM + J			
26					
27				11 à 16 cm d'enrobé	
28					
29					
30	100%	BB + 15 GB			
31					
32					
33					
34			Reconstruction 28 cm BAC + 4 cm BBdr		
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50			Reconstruction		

(*) Pas d'entretien pendant 17 années

Années	Structures Béton BC - trafic T2							
	Catalogue 1998		21 à 22 cm BC en renforcement RD 940 Gien (45) RGRA 862					
0								
1								
2								
3								
4								
5	100%	J						
6								
7	100%	ES	100%	ES MCDG BF				
8								
9								
10	100%	J						
11								
12								
13								
14								
15	100%	J						
16								
17	100%	ES	100%	ES MCDG BmP				
18								
19								
20	100%	J						
21								
22								
23	100%	ES						
24								
25	100%	J						
26								
27								
28								
29								
30	100%	8 BB + 10 GB	13%	Dalles fissurées	1%	Dalles réparées	2%	Dalles décalées
31								
32								
33								
34								

9.6 Suivi de chantiers de chaussées en béton (BAC/GB3)

Années	Structures Béton BAC - trafic T0						
	Catalogue 1998		catalogue Scétauroute			BAC /GB3 RN 141 (16) Setra 2011	BAC /GB3 RN4 (57) RGRA 888
0							
1							
2							
3							
4							
5	100%	BBTM	100%	JL (BAU & TPC)			
6							
7	100%	JL					ES MCDG
8							1 Punch out
9			100%	BBTM			100% collage BAC/GB3
10							
11							
12	50%	BBTM			100%	collage BAC/GB3	
13							
14							
15	50%	BBTM					
16	100%	JL					
17							
18							
19	50%	BBTM	100%	BBTM			
20	100%	JL					
21							
22							
23							
24							
25	100%	BBTM					
26							
27							
28							
29							
30	100%	8 BB + 15 GB	5%	BBTM + 15 GB	95%	BBTM	
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39			5%	BBTM + 15 GB	95%	BBTM	