



Retraitements en place à froid des chaussées souples

ERASMUS V5

Le retraitement en place

(technique d'entretien et de réhabilitation
des structures)

- Avantages :
- Limite l'apport de matériaux (se limite parfois à l'apport d'un correcteur granulométrique)
- Choix du liant pour la c. de retraitement
- Technique favorable au développement durable

Retraitements en place à froid des chaussées souples



Retraitements en place à froid des chaussées souples



Guide technique

Retraitement en place à froid des anciennes chaussées





Précautions élémentaires

- Etude de faisabilité obligatoire (assez lourde) pour toute étude de retraitement.
- Etude de formulation à réaliser au moins 3mois avant le début du chantier si l'on retient un liant hydraulique pour le retraitement .
- Techniques : Choix et classes de retraitement en fonction de la structure de l'ancienne chaussée et du trafic



Les retraits en place à froid disponibles

Référence : Guide technique sur le retraitement en place à froid des anciennes chaussées (07.2003)

Trois chapitres :

Retraitement en place à l'émulsion de bitume

Retraitement en place avec un liant hydraulique

Retraitement en place avec un liant composé (ciment + émulsion)

On se limitera aux données utiles pour leur intégration dans ERASMUS Réhabilitation



A-Retraitemment en place à l'émulsion de bitume

- Trois classes :
- Classe 1 : Renforcement structurel
- Classe 2 et 3 : Réhabilitation des couches de surface



A-Retraitemment en place à l'émulsion de bitume

- Classement des techniques de retraitement à l'émulsion de bitume, avec ou sans régénérant se fait en fonction du pourcentage en matériaux bitumineux de la chaussée à retraiter

% de matériaux bitumineux à retraiter	< 75%	75 à 90%	> 90%	100%
classe	I	II 1	II 2	III



Domaine d'emploi

Classe I : chaussées souples présentant des défauts structurels, dont la couche bitumineuse est de faible épaisseur ($\leq 0,04$ m).

Classe II : chaussées souples dont l'épaisseur de la couche bitumineuse est supérieure à 0,04 m, chaussées à assise traitée aux liants hydrauliques qui présentent un problème d'interface à la partie supérieure du MTLH (désagrégation sur quelques centimètres), le retraitement dans ce dernier cas inclut ces matériaux désagrégés.

Classe III : recyclage de la couverture bitumineuse afin de la régénérer et de supprimer des décollements éventuels, les structures ne présentant pas de problèmes structurels



Dimensionnement?

Hypothèses -Calcul de dimensionnement fondé sur:

- une interface collée entre le retraitsment et son support (si mise en œuvre d'une couche d'accrochage);
- un module du matériau traité corrélé avec son pourcentage d'agrégats bitumineux et les résultats de l'étude Duriez $\nu = 0,35$;
- la déformation verticale admissible du sol support ainsi que la déformation en extension à la base de la couche bitumineuse qui recouvre le retraitsment ;
- la prise en compte des couches non endommagées de l'ancienne chaussée conservées (vérification des sollicitations eu égard aux valeurs admissibles).

Modélisation retraitement

C. Souple à faible épaisseur bitumineuse classel

Ancienne chaussée		Chaussée retraitée	Critère dim.	Epaisseur ; module ; coef. Poisson	Interfa ce
		CS	$S_{T11 \text{ inf}}$	H11 ; E11 ; ν_{11}	Collé e
CS $h \leq 4 \text{ cm}$		Retraitement classe I		H12 : 10 à 15 cm E12 (*) : 1500 ou 2500 MPa ; $\nu = 0,35$	Collé e
GNT		GNT		H21 ; E21 ; ν_{21}	Collé e
Sol support		Sol support	$S_{Zn \text{ sup.}}$	$h_n ; E_n ; \nu_n$	

Paris-TW5 Décembre 2011

Modélisation retraitement

C. Souple à faible épaisseur

bitumineuse $H1 > 4\text{cm}$ classe II₁

Ancienne chaussée		Chaussée retraitée	Critère dim.	Epaisseur ; module ; coef. Poisson	Interface
		CS	$S_{T11\text{ inf}}$	H11 ; E11 ; v11	Collée
CS $H1 > 4\text{ cm}$		Retraitement classe II ₁		$H12 \sim H1 \times (1 + (1 - p) / p)$ E12 (*) : 2000 ou 3000 MPa ; $v = 0,35$	Collée
GNT		GNT		H21 ; E21 ; v21	Collée
Sol support		Sol support	$S_{Zn\text{ sup.}}$	$h_n ; E_n ; v_n$	

p : % d'agrégat bitumineux dans le retraitement

Forum TWS Décembre 2011

Modélisation retraitement avec liant hydrocarboné de classe III

Modélisation d'un retraitement à froid aux liants
hydrocarbonés de classe III

Ancienne chaussée		Chaussée retraitée	Critère dim.	Epaisseur ; module ; coef. Poisson	Interface
		CS	$S_{T11\ inf}$	H11 ; E11 ; ν_{11}	Collée
CS		Retraitement classe III		H12 E12 = 4000 MPa ; $\nu = 0,35$	Collée
CS				H13 ; E13 ; ν_{13}	
CS					
MB ou ATLH ou GNT		MB ou ATLH ou GNT	$S_{T2\ inf}$	H2 ; E2 ; ν_2	Collée
Sol support		Sol support	$S_{Zn\ sup.}$	h_n ; E_n ; ν_n	

recyclage de la couverture bitumineuse afin de la régénérer et de supprimer des décollements éventuels, les structures ne présentant pas de problèmes structurelles.

Forum TWS Décembre 2011

8

Retraitement en place à l'émulsion de bitume Classe1

Chaussées à trafic $\leq T2$



Couverture bitumineuse	$\leq 4\text{cm}$	
Matériaux A .chaussée	VB ≤ 1 , D $\leq 31,5$ 25 à 35 % de passant à 2mm	
Trafic	$\leq T2$	
Teneur en liant	3à 5% de bitume résiduel	
Performances matériau retraité	Si $1,5 < R_c < 2,2$ Si $2,2 < R_c < 3\text{MPa}$	E = 1500 MPa E = 2500 MPa
Dimensionnement	Couches collées	
Critère dimensionnant		3Z

Retraitement en place à l'émulsion de bitume Classe2

Classe du retraitement	Couverture bitumineuse	4 à 8 cm	Critère dimensionnant
II 1 : 75 à 90% d'agrégats Bitumineux dans le matériau	Objectif	Baisse TBA 5 à 15°C	
	Duriez	Vides ≤ 15 $r/R \geq 0,65$ $R_c(14J) \geq 3 \text{ MPa}$ $PCG(100) \leq 25\%$	Déformation verticale sur le sol ϵ_z et à la base de la C. bitumineuse couvrant le retraitement si épaisseur $\geq 4 \text{ cm}$
	performances	E = 2000 MPa si $R_c < 4 \text{ MPa}$ E = 3000 MPa si $R_c \geq 4 \text{ MPa}$	
	Couches		Collées
II 2 Plus de 90% d'agrégat bitumineux dans le matériau	Performances	E = 3000 MPa si $R_c < 4 \text{ MPa}$ E = 4000 MPa si $R_c \geq 4 \text{ MPa}$	Déformation verticale sur le sol ϵ_z et à la base de la C. bitumineuse couvrant le retraitement si épaisseur $\geq 4 \text{ cm}$
	Couches		Collées

Retraitement en place à l'émulsion de bitume Classe3

Classe 3		Critère dimensionnant
Objectif	Réhabilitation couches de surface recyclage de la couverture bitumineuse avec régénération du bitume	Déformation verticale sur le sol ϵ_z et à la base de la C. bitumineuse couvrant le retraitement si épaisseur ≥ 4 cm
Matériaux à retraiter	Matériaux bitumineux + interface D < 25mm après fragmentation bitume situ: Pen 25°C ≥ 10 mm/10; TBA m = 75°C et ≤ 80 °C	
Liant (teneur)	émulsion bitume régénérant (jusqu'à 2% bitume résiduel)	
Epaisseur retraitée	5 à 12cm	
Duriez	% de vides < 14%	
	Rc 14j ≥ 5 MPa r/R $\geq 0,7$	
Module	E = 4000MPa	
Couches		collées

Application avec Erasmus V5

The screenshot displays the Erasmus V5 application interface, which is used for managing road infrastructure data. The interface is divided into several sections:

- Top Section:** Contains fields for 'Nom' (Name) and 'RD: Voie' (Road: Road). The 'Voie' dropdown is set to 'RD23'. There are also buttons for 'Localis...' and 'Supprimer'.
- Left Panel:** Includes a 'Trafic' (Traffic) section with a sun icon and 'Lille' text. Below it is an 'Essais: Voie 1' (Tests: Road 1) section with a truck icon and '2005 Voie 1 : 49 PL/j' text. At the bottom is a 'Dégradations: Voie 1' (Degradations: Road 1) section with a '2010' entry and two road sign icons.
- Right Panel:** Displays a vertical list of road layers for 'Voie 1' in the year '2014'. The layers are:
 - beton bitumineux - 4,0 cm - 21 ans
 - enduit - 35 ans
 - enduit - 45 ans
 - enduit - 60 ans
 - grave non traitée - 10,0 cm - 60 ans
 - grave non traitée - 17,0 cm - 60 ans
 - finis - A1

RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1

Caractéristiques Economiques

Coût min TTC (€)	50.0	Coût max TTC (€)	65.0
Unité de vente	t		

Caractéristiques Intrinsèques

Type de liant	émulsion	Liant	c80/100
Nature granulats	silice	Teneur en liant (%)	2.0
Compacité (%)	85.0	Masse volumique (t/m³)	2.25

Caractéristiques Thermiques

Teneur en eau (%)	1.0	Lambda g (J/m².K)	2.1
Lambda ng (J/m².K)	2.0	Géllivité intrinsèque	0
Chaleur spécifique (Cal/g/deg C)	0.21		

Caractéristiques Elastiques

Module minimal (MPa)	2000.0	Module fatigue (MPa)	2000.0
Module nominal (MPa)	4000.0	Module maximal (MPa)	4500.0
Coefficient de Poisson	0.35	Epsilon ε (10⁻⁶)	600.0
Module nominal 10degC (MPa)	4500.0	Kc (calage)	1.0
Pente courbe fatigue	0.2	Dispersion loi fatigue	0.3
Variation liée à Fatigue	Loi-p-2(M-sans-défaut, M-fatigue, dommage), entre ((200 * Epaisseur) - 1000) et M-sans-défaut	Variation liée à Cisaillement	Loi-p-2(M-sans-défaut, M-min, dommage(couche-inférieure))

Application avec Erasmus V5

Etude (Sections Travaux) - RD23 10+766 11+290 Dep: 80 - DAUZATS

Etude

Année d'étude 2010

Résultats d'étude

Voie 1

- Solution 1: Orniérage / Gravité / plus grave
- Solutions de conception (1)
 - 2010 - 4.0 cm - BB discontinu couche mince (N)
 - Liant d'accrochage
 - 2010 - 5.0 cm - RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (AT)
 - Echecs de conception (4)
 - Echec 1

Colonnes

Erasmus vert

Résultats de conception	Modèle mécanique	Epaisseur totale	Problèmes vérifiés	Critères d...
2010 : BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) Liant d'accrochage 2010 : RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (AT) (5.0 cm)		4.0	Fatigue de Sol Fatigue de BB discontinu couche mince Problème heuristique de BB discontinu couche mince Fatigue de retraits emulsion M3R1	



B- Retraitement en place avec un liant hydraulique

- Objectif: renforcement structurel
- Principe : créer une nouvelle assise semi-rigide avec ou sans matériau d'apport avec ou sans enlèvement de matériaux.
- Matériaux concernés par le retraitement: matériaux bitumineux, assises traitées ou non, éventuellement une partie du sol
- Liant : ciment ou liant routier (3 à 6%)
- Epaisseur de la couche retraitée : 20 à 30cm



B- Retraitement en place avec un liant hydraulique

- Valeurs études (faisabilité et formulation) minorées de 10% pour les modules E_{360} et 30% pour les Rt_{360}
- $\sigma_6 = 0,7 (\sigma_6 / Rt) Rt_{360}$ $\sigma_6 = 0,7 \cdot Rt_{360}$
 $E = 0,9 E_{360}$
- Choix de la couche de roulement:
- T4, T5 : ES ou ECF
- T3, T2 : 6BBSG
- T1 : 8BBSG une seule couche ou 7cm



Caractéristiques des matériaux RiMj

- Qualité de retraitement Ri
 - Homogénéité du liant
 - Homogénéité de la fragmentation et du malaxage
- Qualité des matériaux Mj
 - M1 dans le fuseau granulométrique et $V_{bs} < 0.8$
 - M2 autres



B- Retraitement en place avec un liant hydraulique: performances

Valeurs usuelles si mélange contient entre 10 et 20% de mat Bitumineux	R1		R2	
	M1	M2	M1	M2
Module E MPa	20000	18000	18000	13000
σ_6	0,7	0,55	0,55	0,35
-1/b	16	16	16	16
SN	1	1,5	1,5	1,5
Sh	3*ou 4	3*ou 4	5	5

* si reprofilage préalable avant retraitement

R1 : qualité avec méthodes et matériel les meilleurs

R2 : matériels et méthodes acceptables pour faibles trafics

Fiche technique

Retraitement au ciment dans

E.Tech de E.TOOLS

Caractéristiques Economiques Coût min TTC (€) <input type="text" value="12.2"/> Coût max TTC (€) <input type="text" value="16.77"/> Unité de vente <input type="text" value="t"/>		Sigma 0 (MPa) <input type="text" value="1.51"/> Sigma 6 (MPa) <input type="text" value="0.71"/> Kc (calage) <input type="text" value="1.5"/> Pente courbe fatigue semi-log <input type="text" value="0.0887"/> Dispersion loi fatigue <input type="text" value="1.5"/> Variation liée à Fatigue <input type="text" value="Loi-p-20,-20(M-sans-defa)"/>		<input type="checkbox"/> griffage couche support <input type="checkbox"/> pose couche d'accrochage <input type="checkbox"/> pose couche d'étanchéité Travaux préparatoires Loi dispersion épaisseur <input type="text" value="Dispersion épaisseur noi"/> Dispersion épaisseur (cm) <input type="text" value="3.5"/>	
Caractéristiques Intrinsèques Nature <input type="text" value="Grave ciment"/> Nature granulats <input type="text" value="silex"/> Teneur en liant (%) <input type="text"/> Masse volumique (t/m³) <input type="text" value="2.25"/>		Caractéristiques de Comportement Loi N cycles admissibles (conc) <input type="text" value="LCPC"/>		Intégration dans ERASMUS Label Matériau <input type="text" value="Avis technique"/> Document de référence <input type="text" value="???"/> Nom raccourci <input type="text" value="gc-retraite"/>	
Caractéristiques Thermiques Teneur en eau (%) <input type="text" value="3"/> Lambda g (J/m².K) <input type="text" value="1.9"/> Lambda ng (J/m².K) <input type="text" value="1.8"/> Gélivité intrinsèque <input type="text" value="0"/> Chaleur spécifique (Cal/g/deg C) <input type="text" value="0.21"/> Coeff. de dilatation thermique (deg) <input type="text" value="8"/> Baisse de temp. créant la fissure <input type="text" value="6"/>		Modes de dégradations Critères de Fatigue <input checked="" type="checkbox"/> Niveau de dommage (1) <input type="checkbox"/> Niveau de dommage (2)			
		Caractéristiques Industrielles Rôle fonctionnel <input checked="" type="checkbox"/> Couche de base <input type="checkbox"/> Couche de fondation <input type="checkbox"/> Couche de forme Type de travaux <input type="text" value="Retraitement en place"/> Supports possibles <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> sth bb gb gh gnt sol es Epaisseur min (cm) <input type="text" value="25"/> Epaisseur max (cm) <input type="text" value="35"/> Loi de choix d'épaisseur init <input type="text" value="Base > roulement"/> Trafic Max (PL/jour/sens) <input type="text" value="10000"/>			
Caractéristiques Elastiques Module minimal (MPa) <input type="text" value="3000"/> Module fatigue (MPa) <input type="text" value="3000"/> Module nominal (MPa) <input type="text" value="12000"/> Module maximal (MPa) <input type="text" value="15000"/> Coefficient de Poisson <input type="text" value="0.25"/>					



C . Retraitement en place avec un liant composé ClasseV

- Liant : Association d'une émulsion et d'un liant hydraulique (liant prêt à l'emploi élaboré sur site) ou incorporation successive des deux liants.(mini 2% de ciment+ 3% d'émulsion)
- Objectifs:créer une nouvelle structure en réalisant une nouvelle couche d'assise ou une nouvelle c. de liaison
- Principe : Une ou plusieurs machines :
- Fraisage du matériau avec ou sans matériaux correcteurs de granularité
- Ajout de liant en humidifiant si nécessaire
- Homogénéisation
- Scellement de surface + c.de surf (ES ou BB)



Retraitement avec un liant composé

Performances - dimensionnement

- Données nécessaires:
- Performances mécaniques à 380j
- σ_6 et $1/b$ comportement en fatigue
- Portance du sol support mesurée ou estimée à partir de la modélisation
- Partie restante de l'ancienne structure :
- Si $h < 5\text{cm}$ $E = E_{\text{sol}}$
- Si $h \geq 5$ $E = 4 \times E_{\text{sol}}$ avec $E_{\text{max}} = 320 \text{ MPa}$
- Calcul des contraintes admissibles:
- Si $h \geq 5\text{cm}$ $K_c = 1,6$ sinon $1,5$



Retraitement avec un liant composé

Performances - dimensionnement

- Risque ceux des MTLH
- Valeurs des dispersions

Qualité retraitement	R1	R1	R2
Epaisseur Retraitée	e= 10cm	e> 10cm	Toutes épaisseurs
Sh	2	3	5
SN	1,0		1,5



Retraitement avec un liant composé

Performances - dimensionnement

■ Valeurs indicatives:

	Exemple 1	Exemple 2
E MPa	5500	14500
Coef .de Poisson	0,30	0,25
σ_6 MPa	0,33	0,66
Pentes	9,5	13,7



Retraitement avec un liant composé

Performances - dimensionnement

- Calculs conformes à la démarche du GCD et utilisation des logiciels adhoc
- Couches de surface :valeurs minimales
- trafics T4 –T 5 : ESU suffisant
- Trafic T3 –T2 : 4 cm BBSG
- Trafic>T2 : 6 cm BBSG
- Techniques assez couteuses ayant pour objectif de limiter les FT de retrait
- Techniques les plus courantes : Flexocim(APPIA)
- Stabicol (COLAS)








Conclusions

- Ces techniques de retraitement se développent sur les réseaux routiers à trafic faibles ou moyens , voire sur trafic fort.
- Si elles présentent de nombreux avantages sur le plan économique et environnemental , elles nécessitent une réflexion préalable avant de lancer la consultation sur leur faisabilité .
- Elles exigent des études de formulation d'autant plus complètes que les trafics sont élevés.
- Les trois techniques ont été intégrées dans ERASMUS V5 comme le montrent les fiches techniques figurant dans E Tools



ETools - Technique

Référentiel     

Enrobés de base	Graves hydrauliques
<input type="checkbox"/> GB-0/20-CLASSE-4 (système) Gbc4M3KC=1.2 GBO/14C3/C2M1insitu grave_émulsion_type1 grave_émulsion_type_2 graveémulsion GRAVE-EMULSION-TYPE1 (système) GRAVE-EMULSION-TYPE2 (système) OPTIMA_SACER RETRAITEMENT-EMULSION-M1R1 (système) RETRAITEMENT-EMULSION-M2R1 (système) RETRAITEMENT-EMULSION-M2R2 (système) RETRAITEMENT-EMULSION-M3R1 (système) RETRAITEMENT-EMULSION-M3R2 (système) sable_bitume_2 <input type="checkbox"/> sable_bitume_cofiroute	<input type="checkbox"/> GRAVE-LAITIER-PREBROYE (système) NOVACOL_STABICOL R1M1Bis R1M2Bis R2M1Bis R2M2Bis R2M2colas RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M1 (système) RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R1M2 (système) RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R2M1 (système) RETRAITEMENT-HYDRAULIQUE-R2M2 (système) RETRAITEMENT-LIANT-COMPOSE-R1M1 (système) RETRAITEMENT-LIANT-COMPOSE-R1M2 (système) RETRAITEMENT-LIANT-COMPOSE-R2M1 (système) retraitémulsion <input type="checkbox"/> sable_ciment_cassé

Application avec Erasmus V5

Réhabilitation (Réhabilitation) - RD3000

Général

Route: RD3000 Nom: RD3000 0+0 1+0 C
Département: 81 Longueur (m): 1 000
Gestionnaire: Localisation dé... Supprimer
Localisation fin Supprimer
pr: 1 abs: 0
abs: 0 Bihlinthène: testemulion

Climat

Lille

Trafic

Taux d'accroissement à l'origine: 2
2008
Voie 1: 1251

Essais: Voie 1

100 80
??? ???
Déflexion

Dégradations: Voie 1

Année du relevé: 2008
2008
Omierage
Faiencage sur BDR
Fissure longitudinale sur BDR

Application avec Erasmus V5

2010 ☐ Affichage proportionnel

Voie 1

- enduit - 8 ans
- enduit - 23 ans
- enduit - 38 ans
- grave-non-traitee - 25,0 cm - 38 ans
- fines-et-gros-elements - C2

Courant: Cahier des charges

Durée de vie (ans) 0 <= 10 <=50 ☐

Epaisseur min à fraiser (cm) ☐

Risque de dimensionnement (%) 1.0 <= 15 <=100.0 ☐

Adhérence Indifférente ☒ ☐

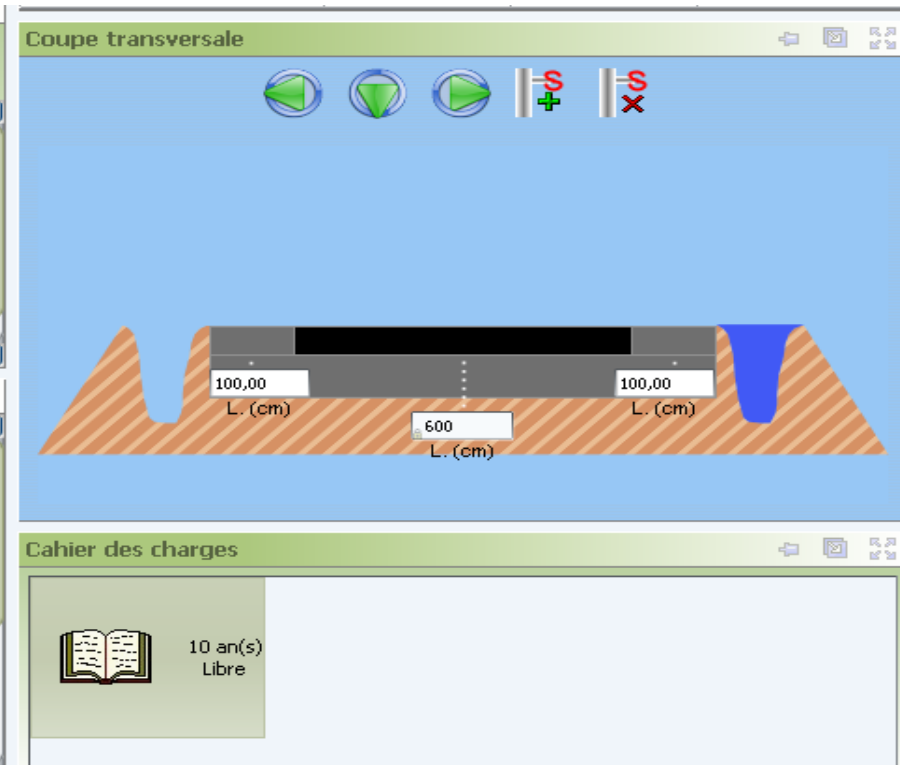
Couche de roulement ☐ ☐

Atténuation du bruit Indifférente ☒ ☐

Qualité de l'uni Indifférente ☒ ☐

☐ Contrainte de seuil Supprimer

Type de contrainte Libre ☐



Diagnostic




Solution 1 Hypothèse Orniérage Gravité plus grave	PB-fatigue	PB-fluage	Dégâts dus au...	PB-fissuration...	Remontée de ..
Section Trafic: 125. PL/jour: t3+ Calage mécanique (2008) Déflexion calculée: 100 mm/100 Valeur de calage: 100 mm/100	fort(e)		moyen(ne)		×
es Enduit (n°1) 8 an(s), collé	faible	×	×	moyen(ne)	×
es Enduit (n°2) 23 an(s), collé		×	×		×
es Enduit (n°3) 38 an(s), collé		×	×		×
gnt1 Grave non traitée (n°4) 25. cm, 38 an(s), collé 480 MPa / 5. cm 322 MPa / 10 cm 161 MPa / 10 cm	non		×	×	×
Sol 80 MPa	fort(e)	×	moyen(ne)	×	×




Modèle mécanique

Grave non traitée (n°4)	5.0 cm	480.0 MPa	n= 0.25	epz= 531. 10-6	Collage
	10.0 cm	322.0 MPa	n= 0.25	epz= 1500. 10-6	Collage
	10.0 cm	161.0 MPa	n= 0.25	epz= 1780. 10-6	Collage
Sol		80.0 MPa	n= 0.25	epz= 1800. 10-6	

Solutions de conception par renforcement

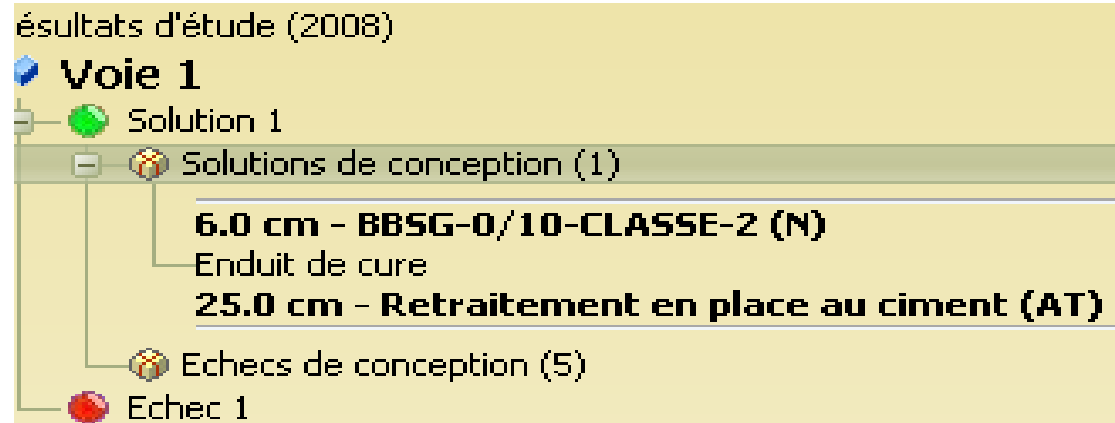
Solutions de conception (3)							
Enduit bicouche (N) 11.0 cm - graveémulsion (N)	Enduit bicouche (N) graveémulsion (N) (11.0 cm)	15.0	26.0	très bonne	très mauv...		12
4.0 cm - BB discontinu couche mince (N) Liant d'accrochage 8.0 cm - graveémulsion (N)	BB discontinu couche mince (N) (4.0 cm) Liant d'accrochage graveémulsion (N) (8.0 cm)	29.0	41.0	bonne	moyenne		20
Enduit bicouche (N) 15.0 cm - GNTémulsion (N) Griffage	Enduit bicouche (N) GNTémulsion (N) (15.0 cm) Griffage	17.0	30.0	très bonne	très mauv...		23
Echecs de conception (7)							
Echec 1							
gnte (n°2)		15.0 cm	1920.0 MPa	n= 0.35	epz= -56.3 10-6	Collage	
Grave non traitée (n°6)		5.0 cm	480.0 MPa	n= 0.25	epz= 490. 10-6	Collage	
		10.0 cm	322.0 MPa	n= 0.25	epz= 497. 10-6	Collage	
		10.0 cm	161.0 MPa	n= 0.25	epz= 539. 10-6	Collage	


Solution retraitement émulsion

Résultats de conception	Coût min. (k€)	Coût max. (k€)	Adhérence	Bruit	Modèle mécanique	Durée de vie r
BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) (6.0 cm) Enduit de cure retraitémulsion (AT) (10.0 cm)	44.0	56.0	bonne	moyenne		28

bbsg-0/10-C2 (n°1)	6.0 cm	7000.0 MPa	n= 0.35	ept= -14.5 10-6	Collage
retraitémul (n°2)	10.0 cm	3500.0 MPa	n= 0.35	sigt= -1.01 MPa	Collage
Grave non traitée (n°6)	5.0 cm	322.0 MPa	n= 0.25	epz= 379. 10-6	Collage
	10.0 cm	161.0 MPa	n= 0.25	epz= 512. 10-6	Collage
Sol		80.0 MPa	n= 0.25	epz= 679. 10-6	

Retraitement avec un liant hydraulique 15ans



Résultats de conception	Coût min. ...	Coût max....	Adhérence	Bruit	Modèle mécani...	Durée de vie ré...
BBSG-0/10-CLASSE-2 (N) (6.0 cm) Enduit de cure Retraitement en place au ciment (AT) (25.0 cm)	95.0	127.0	bonne	moyenne		16



Merci pour votre attention