

# Enrobés hydrocarbonés et enduits superficiels pour chaussées aéronautiques

Guide d'application des normes



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat  
Prévention des risques  
Développement durable  
Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



# *Enrobés hydrocarbonés et enduits superficiels pour chaussées aéronautiques*

*Guide d'application des normes*

*2<sup>e</sup> édition*

*Avril 2009*

Service technique de l'aviation civile  
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX  
Département Infrastructures aéroportuaires

Jean-Claude DEFFIEUX	STAC
Jean-Luc DELORME	DREIF-LREP MELUN
Bernard DEPAUX	STAC
Pascal DUBO	STAC
Jean-Paul GAUTHIER	SNIA - Antenne Méditerranée
François JULLEMIER	ADP
Patrick LERAT	STAC
Arnaud MAZARS	CETE du sud-ouest - LRPC Toulouse
Jean-Paul MICHAUT	USIRF
Cédric RENAULT	STAC
Jean-Noël THEILLOUT	STAC
Patrick VANGREVENYNGHE	CETE Méditerranée - LRPC Aix en Provence





## Résumé Summary

Les normes concernant les enrobés hydrocarbonés sont issues de la normalisation européenne. Elles spécifient les exigences relatives aux mélanges appartenant à la même famille d'enrobés et utilisés pour les routes, aéroports et autres zones de circulation que ce soit en couche de roulement, de liaison ou d'assise.

Aussi, compte tenu de la spécificité des chaussées aéronautiques et de la diversité des produits hydrocarbonés existants sur le marché, il a paru opportun et nécessaire de réviser le guide d'application des normes diffusé en 2003 afin d'aider les maîtres d'œuvre à faire les choix adéquats et à définir dans le cadre de leur marché (CCTP) les performances des enrobés et les caractéristiques des constituants les composant pour répondre au mieux aux exigences du projet.

Ce guide ne traite que les cas de sollicitations les plus couramment rencontrés sur les aéroports français de métropole et d'outre-mer. Il ne traite pas les cas particuliers qui nécessiteraient des études spécifiques.

*The standards for asphalt concrete materials have been established according to European standards. They specify the requirements for mixtures used for wearing course or base courses on roads, airports and other traffic areas*

*The first edition of the application guide for standards was edited in 2003. The aim of such a guide was to help project managers free to choose special products and to define requirements in their contracts.*

*The evolution of traffic on airfield pavement and the increase diversity of products lead us to review this application guide. This document covers only the most common types of solicitations encountered in France and overseas airports. It does not include any special « extreme » case that require specific studies.*

## Analyse Analysis

Le document propose les caractéristiques et formules couramment utilisées en France pour l'ensemble des enrobés hydrocarbonés à chaud utilisables en couche de roulement, de liaison et de base, pour les enduits superficiels d'usure et les enrobés coulés à froid.

Il établit une correspondance entre l'ancienne appellation française et l'appellation telle qu'elle est définie dans les normes européennes NF EN.

Par rapport à la version antérieure, le guide introduit une notion nouvelle, appelée « groupe d'un avion », plus représentative de l'impact d'un avion sur une chaussée que simplement sa masse, à savoir la configuration de son train d'atterrissage et la pression de ses pneumatiques.

Le document propose également une série d'annexes, présentée sous forme de différents tableaux, qui facilite la démarche du projecteur pour déterminer les produits utilisables et définir leurs performances mécaniques.

*The document puts forward the characteristics and mix design commonly used in France for all hot mix asphalt used for wearing course or base course and for surface dressing and cold coat material.*

*It establishes the links between the previous French appellation and the designation as defined by NF EN European standards.*

*Compared to the previous version, the guide introduces a new concept called « group of an aircraft ».*

*A « group of an aircraft » is defined by taking into account the landing gear configuration and the tire pressure. It is more representative than the previous classification based on the aircraft weight.*

*The document also proposes a series of appendices in table form. This approach will facilitate the choice of products and the definition of their mechanical performances.*



# Sommaire

Préface	8
<b>1 – Terminologie et définitions</b>	9
1.1 - Terminologie aéronautique	9
1.2 - Particularités des chaussées aéronautiques	10
1.3 - Rappels et définitions	11
1.3.1 - La chaussée	11
1.3.2 - La couche d'accrochage	11
1.3.3 - Cause des dégradations d'une chaussée aéronautique	11
1.3.4 - Caractérisation de l'adhérence	12
<b>2 – Comment choisir les produits</b>	13
<b>Quelles préconisations d'emploi ?</b>	
2.1 - Les produits	13
2.2 - Terminologie	13
2.3 - Références normatives des produits et des mélanges bitumineux	16
2.4 - Quels produits utiliser ? - Recherche du niveau de sollicitation	17
2.4.1 - Définition de la classe de trafic	17
2.4.2 - Définition des types de climat	18
2.4.3 - Niveau de sollicitation	19
2.5 - Détermination des produits suivant le niveau de sollicitation (NS)	19
2.5.1 - Couche de roulement	19
2.5.2 - Couche de liaison et de reprofilage	21
2.5.3 - Couche d'assise	22
<b>3 - Caractéristiques des composants des produits</b>	23
3.1 - Définition des granulats	23
3.1.1 - Granularité	23
3.1.2 - Granulats	23
3.1.3 - Agrégats d'enrobés	28
3.2 - Liants hydrocarbonés	28
3.2.1 - Types de liants	28
3.2.2 - Préconisations d'emploi	30
3.2.3 - Choix du liant	32
<b>4 - Caractéristiques en laboratoire</b>	33
4.1 - Épreuve de formulation	33
4.2 - Niveau de formulation	33
4.3 - Caractéristiques des enrobés	34
4.3.1 - Caractéristiques générales	34
4.3.2 - Caractéristiques complémentaires	34

<b>5 - Fabrication et mise en œuvre</b>	<b>35</b>
5.1 - Fabrication des enrobés	35
5.1.1 - Centrale d'enrobage	35
5.1.2 - Taux d'agrégats d'enrobés	35
5.1.3 - Température des mélanges	35
5.2 - Mise en œuvre - répandage	35
5.2.1 - Couche d'accrochage	35
5.2.2 - Exécution	36
5.2.3 - Modalités de guidage	36
5.2.4 - Guidage par référence non liée au finisseur	36
5.3 - Mise en œuvre - Compactage	38
5.3.1 - Compactage	38
5.3.2 - Exécution des joints longitudinaux	38
5.3.3 - Épreuve de convenue	38
<b>6 - Caractéristiques sur chantier - Contrôles</b>	<b>39</b>
6.1 - Fournitures	39
6.2 - Épreuves de formulation	39
6.3 - Fabrication des enrobés	39
6.4 - Mise en œuvre	39
6.4.1 - Géométrie	39
6.4.2 - Contrôle de l'uni	39
6.4.3 - Contrôle de l'adhérence	39
<b>Annexes</b>	<b>41</b>
annexe A: Déterminaton du groupe d'un aéronef	43
annexe B: Type de climat des principaux aérodromes français	49
annexe C: Définitions des exigences pour l'utilisation des agrégats d'enrobés	51
annexe D: Tableaux de synthèse des performances des mélanges bitumineux	52
Tableaux récapitulatifs des performances – approche empirique	52
Tableaux récapitulatifs des performances – approche fondamentale	63
annexe E: Résistance aux chargements statiques	69
annexe F: Note technique sur les enrobés percolés	70
annexe G: Spécifications d'uni longitudinal	72
annexe H: Liste des tableaux	74

# Préface

Compte tenu de la spécificité des chaussées aéronautiques, et de l'arrivée des nouvelles normes produits issues de la normalisation européenne, il a paru nécessaire de mettre à jour le guide d'application des normes diffusé en 2003 afin d'assister les maîtres d'œuvre à faire les choix adéquats pour l'utilisation de ces produits dans le cadre de la construction et de la réfection des chaussées aéronautiques.

Le document se compose de trois parties et d'une série d'annexes.

La première partie s'applique à faire un rappel de quelques définitions et de la terminologie aéroportuaire.

La deuxième partie montre la démarche à suivre pour choisir les produits à utiliser et pour définir les performances des enrobés (formulations) et les caractéristiques des constituants (granulats et liants) les composant pour répondre au mieux aux exigences du projet.

La troisième partie fournit les préconisations sur les caractéristiques à obtenir en laboratoire (épreuve et niveau de formulation) et sur le chantier depuis la fabrication de l'enrobé jusqu'à sa mise en œuvre.

La partie « annexes » propose différents tableaux récapitulatifs qui faciliteront la démarche du projeteur.

# 1 – Terminologie et définitions

## 1.1 - Terminologie aéronautique

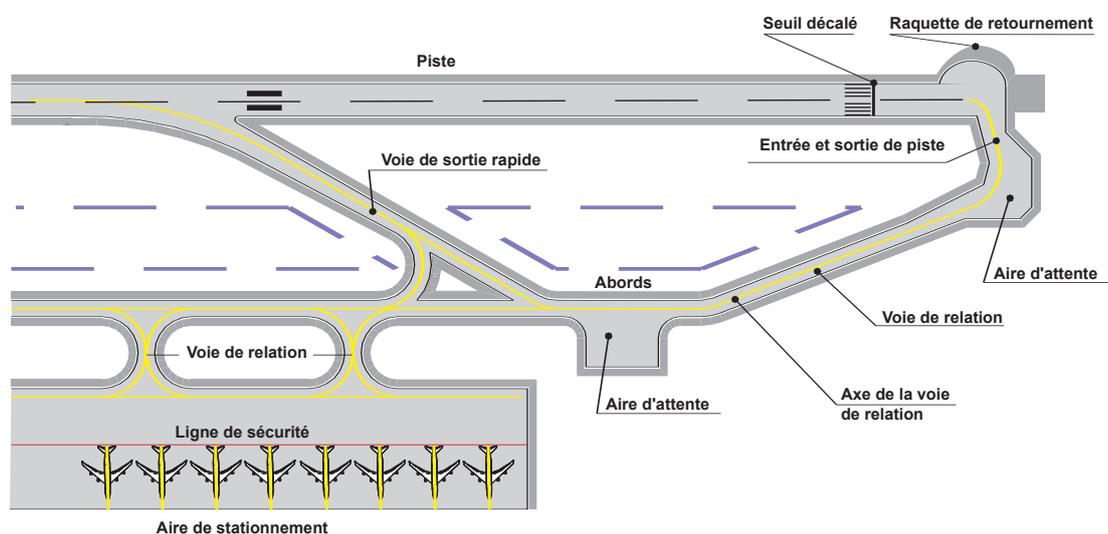
Dans le tableau 1 ci-après sont rappelées les principales définitions concernant une infrastructure aéronautique. Pour les autres termes, se référer à l'ITAC

(Instruction technique sur les aérodromes civils - chapitre 1).

Tableau 1 – Terminologie aéronautique

<b>Aire de mouvement</b>	Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface et, qui comprend l'aire de manœuvre et la ou les aires de trafic.
<b>Aire de manœuvre</b>	Partie d'un aérodrome à utiliser pour les décollages, les atterrissages et la circulation des aéronefs à la surface, à l'exclusion des aires de trafic.
<b>Aire de trafic</b>	Aire, définie sur un aérodrome terrestre, destinée aux aéronefs pendant l'embarquement ou le débarquement des voyageurs, le chargement ou le déchargement de la poste ou du fret, l'avitaillement ou la reprise de carburant, le stationnement ou l'entretien.
<b>Piste</b>	Aire rectangulaire aménagée, sur un aérodrome terrestre, afin de servir au décollage et à l'atterrissage des aéronefs. Les grands côtés de ce rectangle sont appelés bords de piste, ses petits côtés extrémités de piste et son axe longitudinal, axe de piste.
<b>Seuil</b>	Début de la partie de la piste utilisable pour l'atterrissage. Quand l'extrémité de piste ne coïncide pas avec le seuil de piste on parle de seuil décalé.
<b>Raquette de retournement</b>	Aire aménagée en extrémité de piste destinée à faciliter le retournement des avions.
<b>Tiroir</b>	Portion de piste comprise entre le seuil décalé et l'extrémité de piste, utilisable au décollage.
<b>Aire de stationnement</b>	Définition identique à celle de l'aire de trafic.
<b>Voies de circulation</b>	Voie, définie sur un aérodrome terrestre, aménagée pour la circulation à la surface des aéronefs et destinée à assurer la liaison entre les différentes parties de l'aire de mouvement.
<b>Plate-forme d'attente ou aire d'attente</b>	Aire définie, où les aéronefs peuvent être mis en attente, ou dépassés pour faciliter la circulation à la surface (les aires de dégivrage et de lavage, les aires de point fixe peuvent être considérées comme des aires ou plates-formes d'attente).
<b>Raccordements (congrès d'intersection/surlargeurs de virage)</b>	Surface de raccordement, aménagée aux intersections de voies de circulation, qui permet à un aéronef d'y effectuer un changement de direction avec les marges de dégagement.
<b>Sortie de piste</b>	Surface aménagée au droit d'une voie de circulation qui permet aux aéronefs d'accéder à la piste ou de la quitter.
<b>Accotement</b>	Bande de terrain, bordant une chaussée, traitée de façon à offrir une surface de raccordement entre cette chaussée et le terrain environnant et de manière à ce qu'un aéronef sortant accidentellement de cette chaussée ne subisse pas de dommages structurels et que soient évitées les projections ou ingestions de corps étrangers par les groupes motopropulseurs.

Désignation des ouvrages constituant l'aire de mouvement



## 1.2 - Caractéristiques et particularités des chaussées aéronautiques

Bien que les chaussées aéronautiques présentent des qualités d'usage identiques à celles des chaussées routières, il est à constater que les sollicitations induites par le trafic sont très variables tant en intensité qu'en nombre.

Les caractéristiques essentielles qui différencient ces chaussées et notamment leur couche de surface sont identifiées dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2 – Caractéristiques et particularités des chaussées routières et des chaussées aéronautiques

Chaussées routières	Chaussées aéronautiques
Charges appliquées	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● l'application des charges présente une très faible dispersion latérale qui est génératrice du phénomène d'orniérage,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● sur les pistes, le trafic est dispersé (occupation du tiers central de la piste) et la configuration des atterrisseurs variable d'un avion à l'autre. Sur les voies de circulation, la dispersion est moins importante,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● une très grande circulation de charges (jusqu'à 50 000 mouvements par jour) relativement peu élevées (42 t en masse totale et 4,5 t maxi), qui engendre une fatigue principalement due à la répétition importante des charges entraînant de faibles déformations,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● une très faible circulation (quelques mouvements à plus de 100 mouvements par jour) de charges diverses (jusqu'à 550 t voire plus en masse totale, 45 t pour un jumelage et 115 t pour un boggie), qui induit une fatigue due à une répétition restreinte de charges lourdes engendrant de grandes déformations,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● la pression de gonflage des pneumatiques ne doit pas dépasser 0,8 MPa (8 bars),</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● les pressions des pneumatiques peuvent atteindre 1,7 MPa (17 bars) pour certains avions,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● les charges les plus agressives ne sont pas appliquées à une vitesse de plus de 90 km/h,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● des vitesses variables :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- très faibles, générant des phénomènes de poinçonnement,</li> <li>- très élevées, au décollage et à l'atterrissage (supérieures à 300 km/h)</li> </ul> </li> </ul>
Particularités	
<ul style="list-style-type: none"> <li>● des sollicitations particulières qui nécessitent une bonne adhérence des pneumatiques sur la chaussée afin d'assurer la meilleure tenue de route possible et des conditions d'arrêt satisfaisantes aux véhicules,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● des conditions géométriques et d'environnement qui soumettent pendant une durée prolongée les enrobés à l'action des eaux de ruissellement, de l'ensoleillement,...</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● un uni de la surface lié au confort de l'utilisateur,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● un uni de surface lié en majeure partie à la sécurité des avions lors du roulage à grande vitesse,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● une rugosité évoluant essentiellement par le polissage des granulats au cours du temps,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● une rugosité beaucoup plus évolutive due au dépôt de gomme,</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>● déviation et interruption de trafic en cas d'interventions sur la chaussée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● un trafic dont les contraintes d'exploitation et de sécurité ne permettent généralement pas son interruption ni même son aménagement sans de grandes difficultés, en vue d'entretenir ou de rénover les couches de roulement.</li> </ul>

Ces caractéristiques et ces particularités se traduisent par un choix différent des constituants des enrobés et produits bitumineux et de leur formulation, mais également par une adaptation des modalités de mise en œuvre et de contrôle.

Il a donc paru utile et pratique de mettre à la disposition du concepteur un guide spécifique pour l'utilisation des enrobés bitumineux sur chaussées aéronau-

tiques. Ce guide couvre la majorité des besoins et ne se limite donc pas aux seuls bétons bitumineux aéronautiques, mais s'étend à l'ensemble des matériaux bitumineux normalisés (comme les enrobés à module élevé) et aux techniques d'entretien de couche de surface comme les enduits et les enrobés coulés à froid par exemple.

## 1.3 - Rappels et définitions

### 1.3.1 - Constitution d'une chaussée

Une chaussée est en général constituée, de haut en bas, de plusieurs couches de matériaux, qui doivent lui permettre de résister aux diverses sollicitations dues au trafic et d'assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation ou le sol support.

- **Les couches de surface** ont pour rôle de résister au fluage et au poinçonnement, au vieillissement dû aux agents atmosphériques et aux gradients thermiques et à l'agressivité des hydrocarbures. :

- **la couche de roulement** : en contact avec les pneumatiques, doit permettre d'assurer des caractéristiques d'adhérence conformes aux spécifications aéronautiques,

- **la couche de liaison** est une couche intermédiaire entre la couche de roulement et la couche de base ou l'ancienne chaussée. Elle n'est pas systématique pour les chaussées aéronautiques, elle est utilisée principalement lors des travaux d'entretien pour améliorer l'uni ou pour retarder la propagation de fissures des couches inférieures vers la couche de roulement.

- **Les couches d'assise, (couche de fondation et couche de base)** ont pour rôle d'assurer, par la mise en œuvre de matériaux appropriés, la résistance mécanique pour supporter les charges verticales induites par le trafic, et la répartition des efforts sur le sol support.

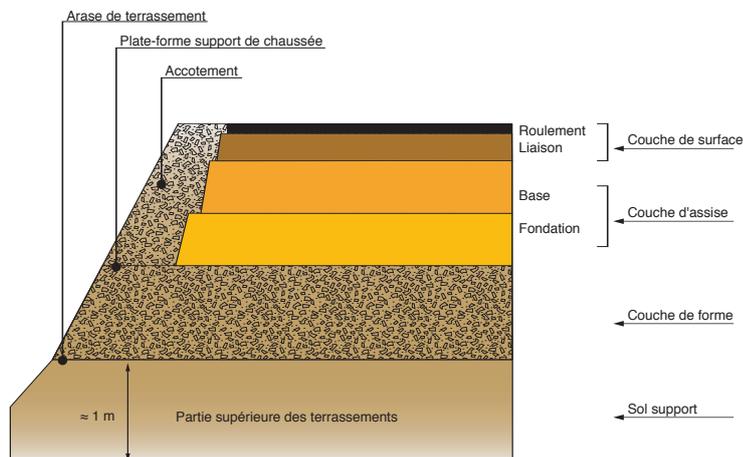
- **La couche de forme**, est destinée à homogénéiser et à améliorer la portance du sol support.

### 1.3.2 - Rôle de la couche d'accrochage

La couche d'accrochage joue un rôle très important pour la pérennisation d'une chaussée. Elle est chargée d'assurer les fonctions suivantes :

- **la liaison mécanique entre couches de la structure** ; la qualité de cette liaison influe très fortement sur la rigidité de la chaussée. Le dimensionnement prend pour hypothèse que les couches sont collées et tout défaut de collage se traduira par des dégradations structurelles à plus ou moins long terme.

- **la résistance au cisaillement** ; dans les zones de sollicitations tangentielles importantes un défaut de collage peut avoir des conséquences à court terme :



fluage horizontal provoquant bourrelets et fissures dans la couche de roulement.

- **la participation à l'imperméabilité de la structure** ; cette fonction est d'autant plus importante, quand l'épaisseur d'enrobés est faible.

### 1.3.3 - Cause des dégradations d'une chaussée aéronautique

Une chaussée aéronautique se dégrade principalement par l'effet du trafic des avions mais également par l'action de facteurs d'origine climatique.

- Effets du trafic qui engendrent des contraintes mécaniques :

- Le **cisaillement** qui résulte de la contrainte horizontale due aux efforts tangentiels transmis par les pneus lors des girations des avions,

- L'**orniérage** qui est le fait d'une déformation permanente due aux répétitions de charges roulantes à faible vitesse,

- Le **poinçonnement** qui a pour cause la déformation permanente due à des charges statiques,

- Effets d'origine climatique :

- Le **vieillissement** qui n'affecte que la couche de roulement et qui dépend du climat, de la nature des produits et des éventuelles pollutions. L'aptitude à résister à ce facteur est appelée « la **durabilité** ».

Il s'exerce également des agressions de type chimique (déversement accidentel d'huiles ou d'hydrocarbures) qui, bien que très agressives pour la durée de vie d'une chaussée, ne sont cependant pas assez discriminantes pour être appréciées et retenues comme critère d'appréciation des niveaux d'agression définis dans le tableau 3 présenté ci-dessous.

Cependant, il en sera tenu compte pour déterminer le choix de l'enrobé à mettre en œuvre et pour définir ses performances mécaniques.

### 1.3.4 - Caractérisation de l'adhérence

L'adhérence d'une chaussée se caractérise par la qualité et le maintien de la rugosité de son revêtement. Elle est définie par :

- la **macrotexture** : qui représente l'ensemble des aspérités dont la dimension horizontale est comprise entre 0,5 mm et 50 mm et dont la dimension verticale est comprise entre 0,2 mm et 10 mm. La macrotexture est liée au type de revêtement et à son mode de mise

en œuvre, aux dégradations et aux traitements ponctuels de la surface.

- la **microtexture** : qui représente l'ensemble des aspérités pouvant être en contact avec les pneumatiques, dont la dimension horizontale est comprise entre 0 mm et 0,5 mm et dont la dimension verticale est comprise entre 0 mm et 0,2 mm. La microtexture est liée aux aspérités de la surface des granulats en contact avec la gomme des pneumatiques.

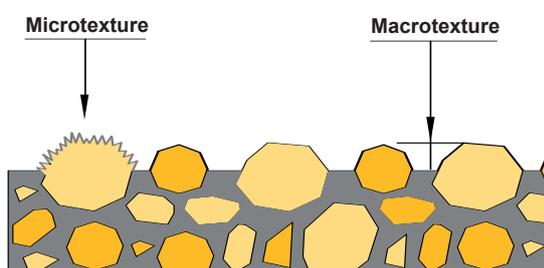


Tableau 3 – Appréciation du niveau d'agression et de la qualité des caractéristiques de surface d'une chaussée

		Cisaillement	Orniérage	Poinçonnement	Durabilité	Adhérence
<b>Aire de stationnement</b>		++	+++	+++	++	++
Piste	Partie courante	+	+	+	++	+++
	Raquette	+++	++	+	+++	++
	Sortie de piste	+++	+	+	++	+++
	Seuil de piste (*)	+++	+	++	+++	+++
Voies de circulation	Partie courante	+	++	+	++	++
	Raccordement	++	++	++	+++	++
Plate-forme ou aire d'attente		+	+++	+++	++	++

(\*) Zone de toucher des roues incluse

+: Niveau faible  
 ++: Niveau moyen  
 +++: Niveau élevé



## 2 – Comment choisir un produit ? Quelles préconisations d'emploi ?

### 2.1 - Produits

Le tableau 4 présente en pages suivantes une récapitulation des produits utilisables pour la construction et la rénovation des chaussées aéronautiques.

Il précise, pour chaque produit référencé, la classification, la granularité et les épaisseurs d'utilisation, ainsi que les prescriptions relatives aux déformations maximales du support existant avant la mise en œuvre d'une nouvelle couche d'enrobé.

La dénomination des produits est l'association des appellations des normes NF EN et des anciennes normes NF P.

La classe 0, définie pour certains produits, ne spécifie pas de performance à l'essai de tenue à l'orniérage.

### 2.2 - Terminologie

EB10-BBA C :	béton bitumineux aéronautique de granularité 0/10 continue
EB14-BBA C :	béton bitumineux aéronautique de granularité 0/14 continue
EB10-BBA D :	béton bitumineux aéronautique de granularité 0/10 discontinue
EB10-BBA D :	béton bitumineux aéronautique de granularité 0/14 discontinue
EB10-BBME :	béton bitumineux à module élevé de granularité 0/10
EB14-BBME :	béton bitumineux à module élevé de granularité 0/14
EB10-BBM :	béton bitumineux mince de granularité 0/10
EB14-BBM :	béton bitumineux mince de granularité 0/14
BBTM 6 :	béton bitumineux très mince de granularité 0/6,3
BBTM 10 :	béton bitumineux très mince de granularité 0/10
EB10-BBSG :	béton bitumineux semi-grenu de granularité 0/10
EB14-BBSG :	béton bitumineux semi-grenu de granularité 0/14
EB14-GB :	grave bitume de granularité 0/14
EB20-GB :	grave bitume de granularité 0/20
EB10-EME :	enrobé à module élevé de granularité 0/10
EB14-EME :	enrobé à module élevé de granularité 0/14
EB20-EME :	enrobé à module élevé de granularité 0/20
EP :	enrobé percolé
EB4 ou EB6 :	sable enrobé de granularité 0/4 ou 0/6 (sable anti-fissure)
ECF :	enrobé coulé à froid
ESU :	enrobé superficiel d'usure

Tableau 4 – Produits utilisables sur chaussées aéronautiques

Produits					Épaisseur moyenne d'utilisation	Défaut maximal de planéité du support existant
Dénomination	Classification	Référence NF EN	Granularité <sup>(1)</sup>	Épaisseur minimale en tout point		
				Classe ou type		
<b>EB10-BBA C</b>	roulement et liaison	Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/10	6 à 7 cm	≤ 2 cm
					4 cm	
<b>EB10-BBA D</b>	roulement	Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/10	4 à 5 cm	≤ 2 cm
					3 cm	
<b>EB14-BBA C</b>	roulement et liaison	Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	7 à 9 cm	≤ 2 cm
					5 cm	
<b>EB14-BBA D</b>	roulement	Classe 0,1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	5 à 7 cm	≤ 2 cm
					4 cm	
<b>EB10-BBME</b>	roulement et liaison	Classe 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/10	5 à 7 cm	≤ 2 cm
					4 cm	
<b>EB14-BBME</b>	roulement et liaison	Classe 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	6 à 9 cm	≤ 2 cm
					5 cm	
<b>EB10-BBM</b>	roulement et liaison	Type A, B ou C selon courbe granulométrique	NF EN 13 108-1	0/10	3 à 4 cm	≤ 1,5 cm
		Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques			2,5 cm	
<b>EB14-BBM</b>	roulement et liaison	Type A, B ou C selon courbe granulométrique	NF EN 13 108-1	0/14	3,5 à 5 cm	≤ 1,5 cm
		Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques			3 cm	
<b>BBTM 6</b>	roulement	Classe 1 ou 2	NF EN 13 108-2	0/6,3	2 à 3 cm	≤ 1 cm
					1,5 cm	
<b>BBTM 10</b>	roulement	Classe 1 ou 2	NF EN 13 108-2	0/10	2 à 3 cm	≤ 1 cm
					1,5 cm	

Tableau 4 – Produits utilisables sur chaussées aéronautiques (suite)

Produits					Épaisseur moyenne d'utilisation	Défaut maximal de planéité du support existant
Dénomination	Classification	Référence NF EN	Granularité (1)	Épaisseur minimale en tout point		
<b>EB10-BBSG</b>	roulement et liaison	Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/10	5 à 7 cm	≤ 2 cm
					4 cm	
<b>EB14-BBSG</b>	roulement et liaison	Classe 0, 1, 2 ou 3 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	6 à 9 cm	≤ 2 cm
					5 cm	
<b>ECF</b>	-	-	en cours	0/6 à 0/10	Dosage à 10 ou 15 kg/m <sup>2</sup>	≤ 1 cm
<b>EB14-GB</b>	assise	Classe 2, 3 ou 4 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	8 à 14 cm	≤ 2 cm
					6 cm	
<b>EB20-GB</b>	assise	Classe 2, 3 ou 4 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/20	10 à 16 cm	≤ 3 cm
					8 cm	
<b>EB10-EME</b>	assise	Classe 1 ou 2 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/10	6 à 8 cm	≤ 2 cm
					5 cm	
<b>EB14-EME</b>	assise	Classe 1 ou 2 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/14	7 à 13 cm	≤ 2 cm
					6 cm	
<b>EB20-EME</b>	assise	Classe 1 ou 2 selon performances mécaniques	NF EN 13 108-1	0/20	9 à 15 cm	≤ 2 cm
					8 cm	
<b>ESU</b>	-	Classe A, B ou C	NF EN 12 271	2/4	-	≤ 2 cm
<b>EB4 ou EB6-Sable enrobé (2)</b>	-	-	NF EN 13 108-1	0/4 ou 0/6	2 cm	≤ 1 cm
<b>Enrobé percolé (EP)</b>	-	-	aucune	-	4 à 5 cm	≤ 2 cm

(1) une granularité correspondant au D des tamis de la série 1 peut être admise.

(2) son emploi est généralement prescrit pour limiter ou ralentir la remontée des fissures notamment dans le cas des assises traitées aux liants hydrauliques (voir le guide « Techniques anti-remontée de fissures », de 1999, édité par le STAC).

Le Stone Mastic Asphalt (SMA), bien que peu utilisé en France, peut être employé en travaux neufs ou en travaux d'entretien. Son utilisation se limitera à la partie courante de la piste et uniquement à la couche de roulement.

Les caractéristiques ou exigences du SMA seront conformes aux spécifications de la norme NF EN 13 108-5.

Les caractéristiques d'utilisation sont les suivantes : granularité 0/10, épaisseur moyenne d'utilisation de 3 à 4 cm et épaisseur minimale en tout point de 2 cm.

Pour l'emploi d'autres produits spécifiques, il pourra être fait référence à des avis techniques ou autres documents non normatifs.

#### Recommandations

Il est à noter que d'autres produits existent sur le marché. Cependant, du fait de caractéristiques peu adap-

tées à un usage aéronautique, ils sont fortement déconseillés voire interdits en couche de roulement :

**Béton bitumineux cloutés** - (risque d'arrachement, risque de projection de clous).

**Béton bitumineux drainants** - (risque d'un colmatage trop rapide sur zone peu circulée, risque d'arrachement dû aux efforts de cisaillement).

**Béton bitumineux ultra-mince** - (risque d'arrachement dû aux efforts de cisaillement).

**Béton bitumineux souple** - (son emploi tiendra compte de ses particularités : rugosité géométrique assez faible, forte sensibilité aux déformations permanentes).

**Béton bitumineux aéronautique 0/10 C** - (à proscrire en couche de roulement, (sur piste uniquement), du fait d'une rugosité géométrique difficile à atteindre).

## 2.3 - références normatives des produits et des mélanges bitumineux

La composition, les performances et les essais des produits et des mélanges bitumineux, sont définis dans la série des normes européennes NF EN.

Ces normes ne fournissent aucune information sur le transport et la mise en œuvre des enrobés. Ce sont les prescriptions de la norme NF P 98 150-1 qui sont à appliquer.

NF EN 12271:	Enduits superficiels – Exigences
NF EN 12591:	Bitumes et liants bitumineux – Spécifications des bitumes routiers
NF EN 13043:	Granulats pour mélanges hydrocarbonés et enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation
NF EN 13 108-1:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 1: Enrobés bitumineux
NF EN 13 108-2:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 2: Bétons bitumineux très minces
NF EN 13 108-4:	Mélanges bitumineux - Spécifications des matériaux - Partie 4: Hot rolled asphalt – Annexe B (uniquement pour les asphaltes naturels définis dans cette annexe)
NF EN 13 108-5:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 5: Stone mastic asphalt
NF EN 13 108-8:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 8: Agrégats d'enrobés
NF EN 13 108-20:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 20: Épreuve de formulation
NF EN 13 108-21:	Mélanges bitumineux – Spécifications des matériaux - Partie 21: Maîtrise de la production
NF EN 13924:	Bitumes et liants bitumineux – Spécifications des bitumes durs
NF EN 14023:	Bitumes et liants bitumineux – Spécifications des bitumes modifiés par des polymères
XP P 18 545:	Granulats – Éléments de définition, conformité et codification
NF P 98 150-1:	Enrobés hydrocarbonés à chaud - Exécution des assises de chaussées, couches de liaison et couches de roulement - Partie 1 : Constituants - Composition des mélanges - Exécution et contrôles

## 2.4 - Quels produits utiliser ? - Recherche du niveau de sollicitation

Les spécifications relatives au choix des produits sont guidées par une notion que l'on appellera « niveau de sollicitation » qui résulte, pour un aéroport donné, de la combinaison de deux facteurs : la classe de trafic et le type de climat.

### 2.4.1 - Définition de la classe de trafic

Pour définir la « classe de trafic », la démarche a consisté à établir un ordre de grandeur réaliste pouvant exprimer les diverses sollicitations induites dans les couches d'une chaussée, par le passage d'un aéronef.

Plusieurs critères sont susceptibles d'influer sur la détermination de la classe de trafic : la masse de l'avion, le nombre d'atterrisseurs principaux, le nombre de roues d'un atterrisseur principal, ainsi que la surface de contact des pneumatiques avec le sol et leur pression de gonflage.

Dans la version antérieure du guide (2003), la classe de trafic était définie par 2 paramètres : la masse totale de l'avion ou la masse par atterrisseur principal et le nombre journalier de passage de cette charge. La pratique a montré que cette démarche est pénalisante pour un certain nombre d'avions de masse identique mais dont la configuration des atterrisseurs est différente ( par exemple : un nombre de roues plus important, diminue d'autant la charge sur une roue et ainsi la contrainte exercée sur la chaussée).

Pour remédier à cette lacune, la présente version introduit une notion de « groupe », qui fait intervenir deux variables représentatives de l'impact d'un avion sur une chaussée : la pression (P) de gonflage des pneumatiques et le nombre de roues (R) de l'atterrisseur principal. Le tableau 5 indique en fonction du produit (P,R) le groupe correspondant de l'avion considéré.

Le tableau 25, présenté en annexe A, fournit la liste des principaux avions référencés à l'heure actuelle, et le groupe auquel ils appartiennent (colonne 8).

#### 2.4.1.1 Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic est définie pour le passage de l'avion le plus contraignant utilisant une zone de l'aéroport. Ainsi, sur un aéroport, plusieurs classes de trafic peuvent être définies suivant la zone considérée (piste, voies de circulation, parkings,...) mais également par zones de sollicitation homogène (même type d'avion et même fréquence).

Pour déterminer la classe de trafic, la démarche à suivre est la suivante :

- définir le produit P.R ou rechercher le « groupe » de l'avion dans le tableau 25 de l'annexe A,
- utiliser le tableau 5, présenté ci-après, et par une lecture croisée de la colonne correspondant au produit P.R ou au « groupe de l'avion » et de l'une des lignes définissant sa « fréquence » (nombre journalier de passage\* de l'avion), lire la « classe de trafic » correspondante.

Tableau 5 – Détermination de la classe de trafic

Pression gonflage x Roues (MPa)	Aviation légère Masse totale avion < 5 700 kg				
	P x R < 2	2 ≤ P x R < 4,1	4,1 ≤ P x R < 5,5	5,5 ≤ P x R	
Fréquence (F)*	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4	Groupe 5
F < 10 mvts/j**	CT1	CT2	CT2	CT3	CT4
10 mvts/j ≤ F ≤ 100 mvts/j	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
F > 100 mvts/j	CT1	CT2	CT4	CT5	CT5

\* un passage correspond à un mouvement dû soit à un atterrissage soit à un décollage

\*\* si F > 1 mouvement par jour, la classe de trafic déterminée est retenue pour l'ensemble des aires (de manœuvre et de trafic).

Si F ≤ 1 mouvement par jour, la classe de trafic n'est retenue que pour l'aire de trafic et la classe de trafic de l'aire de mouvement est déterminée par les autres avions accueillis sur la plate-forme.

À titre d'exemple, deux cas sont présentés et traités ci-après.

Premier cas, l'aérodrome accueille un trafic d'avions du groupe 2 et du groupe 3.

Type d'avions	Masse Totale (kg)	« Groupe » de l'avion	Fréquence (mvts/jour)	Classe de Trafic
Fokker 27	20400	2	0,8	CT2
BAe 146-100	38300	2	4	CT2
B 737-200	52600	3	2	CT2
MD 80-83	72500	3	2	CT2

Pour cet exemple, la classe de trafic retenue est **CT2**.

Second cas, l'aérodrome accueille un trafic d'avions du groupe 3, du groupe 4 et du groupe 5

Type d'avions	Masse Totale (kg)	« Groupe » de l'avion	Fréquence (mvts/jour)	Classe de Trafic
B 737-200	52600	3	20	CT3
A 320-200 Jumbo	75900	3	25	CT3
B 767-200	143800	4	4	CT3
B 747-400 type 4	395600	5	0,5	CT4

Dans ce second exemple, 2 classes de trafic sont envisageables : CT3 et CT4. Cependant, compte tenu que la fréquence journalière du B 747-400 est inférieure à 1 mouvement, on retiendra la classe de trafic CT3 pour l'aire de mouvement (piste et voies de circulation) et la classe de trafic CT4 pour l'aire de trafic.

## 2.4.2 - Définition des types de climat

Quatre types de climat ont été définis, sur la base des températures relevées sur un grand nombre d'années : « valeurs normales » de Météo France, à partir des moyennes des températures maximales journalières sur les deux mois les plus chauds et sur les deux mois les plus froids de l'année :

- type 1 à dominante océanique,
- type 2 à dominante méditerranéenne,
- type 3 à dominante continentale ou montagneuse,
- type 4 à dominante tropicale.

Tableau 6 – Définition du type de climat

		Moyenne des températures maximales journalières sur les 2 mois les plus chauds	
		T° ≤ 27 °C	T° > 27 °C
Moyenne des températures minimales journalières sur les 2 mois les plus froids	T° > 14 °C	Type 4 : dominante tropicale	
	0 °C ≤ T° ≤ 14 °C	Type 1 : dominante océanique	Type 2 : dominante méditerranéenne
	T° < 0 °C	Type 3 : dominante continentale ou montagneuse	sans objet

Pour information, les tableaux 26, 27 et 28 présentés dans l'annexe B proposent les types de climat des

principaux aérodromes français de métropole et d'outre-mer.

### 2.4.3 - Niveau de sollicitation

Le niveau de sollicitation est déterminé, à l'aide du tableau 7, en fonction de la classe de trafic et du type de climat.

Tableau 7 – Définition du niveau de sollicitation (NS)

Classe de trafic	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
<b>Climat</b>					
Océanique	NS1	NS1	NS2	NS3	NS4
Continental					
Méditerranéen		NS2	NS3	NS4	
Tropical					

## 2.5 - Détermination des produits suivant le niveau de sollicitation

Tableau 8 - Produits utilisables pour la constitution d'une chaussée aéronautique

	Produits
<b>Couche de roulement</b>	EB-BBA, EB-BBSG, EB-BBME, EB-BBM, BBTM, SMA, ESU, ECF, EP
<b>Couche de liaison</b>	EB-BBA, EB-BBME, EB-BBM, EB-BBSG
<b>Couche d'assise</b>	EB-GB, EB-EME
<b>Anti-remontée de fissures</b>	EB-Sable enrobé

### 2.5.1 - Couche de roulement

Les produits utilisés en couche de roulement sont :

EB-BBA classe 0, 1, 2 et 3

EB-BBME classe 1, 2, 3

EB-BBSG classe 0, 1, 2, 3

EB-BBM A, B ou C de classe 0, 1, 2, 3

BBTM classe 1, 2

ECF

ESU

EP: Enrobé percolé (une note technique présentée en annexe F du présent document, décrit les principales caractéristiques de fabrication et de mise en œuvre)

SMA

Les produits de classe 0 peuvent être utilisés sur les parties de chaussée peu circulées **et** uniquement pour un niveau de sollicitation NS1.

Pour répondre au mieux aux objectifs et aux exigences (résistance et état de surface) réglementaires pour une utilisation des chaussées, dans les conditions normales d'exploitation, le tableau 9 propose les produits utilisables en couche de roulement, sous réserve de l'application des recommandations énoncées en page 15, et suivant le niveau de sollicitation défini.

Tableau 9 – Produits utilisables en couche de roulement

Ouvrage / Section d'ouvrage		NS 1	NS 2	NS 3	NS 4
Aire de trafic		EB-BBA 2, ESU, ECF, EP, EB-BBM 1	EB-BBA 3, EB-BBM 2, EB-BBME 1, EP	(***) EP <sup>(1)</sup>	(***) EP <sup>(1)</sup>
Piste (*)	Partie courante	EB-BBA 1, EB-BBM A1, EB-BBM B1, BBTM	EB-BBA 1, EB-BBM A2, BBTM	EB-BBA 2	EB-BBA 2
	Raquette		EB-BBA 2, EB-BBME 1	EB-BBME 2 <sup>(2)</sup>	EB-BBME 3 <sup>(2)</sup>
	Sortie/Entrée de piste		EB-BBA 2, EB-BBM A2	EB-BBA 3 EB-BBME 2	EB-BBA 3
	Seuil (**)		EB-BBA 2, EB-BBM A2	EB-BBA 3 <sup>(2)</sup>	EB-BBA 3 <sup>(2)</sup>
Voies de circulation	Partie courante	EB-BBA 1, ECF, EB-BBM B2, BBTM	EB-BBA 2, EB-BBM B3, BBTM	EB-BBA 2, EB-BBME 1	EB-BBA 3, EB-BBME 2
	Raccordement		EB-BBA 2, EB-BBM B3	EB-BBA 3, EB-BBME 2	EB-BBA 3, EB-BBME 2
Plate-forme ou aire d'attente		EB-BBA 1, ECF, EB-BBM B2, BBTM	EB-BBA 3, EB-BBM B3	EB-BBME 3	EB-BBME 3

(\*) L'utilisation de l'EB10-BBA C est à proscrire (rugosité géométrique assez faible).

(\*\*) Sur les bases militaires, les avions de chasse peuvent provoquer des dégradations sur les chaussées en enrobés (brûlures superficielles/déversement d'hydrocarbure) : une chaussée en béton de ciment est préconisée.

(\*\*\*) Sur les aires de trafic où les risques de poinçonnement sont importants, la réalisation d'une chaussée en béton de ciment est fortement recommandée.

(1) Son emploi est lié au support (couche de base) qui doit présenter un haut module de rigidité (par exemple structure semi-rigide ou bitumineuse). En généralement, le support est composé soit d'une grave hydraulique, soit d'un enrobé à module élevé ou d'une grave bitume.

(2) Pour une meilleure résistance aux contraintes de cisaillement, il est préconisé un liant modifié.

Tous les produits désignés peuvent être utilisés, sans priorité d'emploi. Toutefois, pour des réalisations neuves, il sera privilégié l'utilisation d'un BBA.

**Remarques:** La résistance aux déformations permanentes (orniérage) des EB-BBME et des EB-BBSG, de même classe, est équivalente. Aussi, dès lors qu'un module élevé n'est pas recherché, il peut être utilisé un EB-BBSG à la place d'un EB-BBME.

Les produits de classe de performance supérieure peuvent être utilisés dans la mesure où le bilan économique reste satisfaisant. De même, dans la pratique, pour répondre aux contraintes économiques générales du projet on peut préconiser l'emploi d'un seul produit sur l'ensemble des aires.

Lors du choix du produit pour l'entretien d'une chaussée, il faut se rappeler que les ESU, ECF, BBTM et EB-BBM présentent une sensibilité décroissante aux risques d'arrachements ou de décollements liés à leur forte rugosité et à leur faible épaisseur.

### Le prescripteur tiendra compte de ces remarques pour choisir le produit le mieux adapté aux objectifs à atteindre.

Sur les autres aires, tels que les accotements, les prolongements d'arrêt, les surlargeurs de voies, les bandes anti-souffle,...les produits suivants sont utilisés :

- ESU, ECF, EB-BBS, EB-BBM (A, B ou C de classe 1), BBTM. Pour les ESU, un voile de fermeture (scellement) aux gravillons 2/4 est à prévoir.

#### 2.5.1.1 Résistance à un carburant

Les aires de stationnement construites en structure souple doivent faire l'objet d'un traitement particulier contre l'agressivité des carburants des avions, ce qui est appelé communément la protection anti-kérosène. Cette protection est réalisée :

- **soit en surface :** dans ce cas, un enduit est étalé sur la surface à traiter, après réalisation des enrobés, ce produit devant empêcher la pénétration des hydrocar-

bures dans l'enrobé. Le produit doit être appliqué dans le respect des conditions de mise en œuvre édictées par le fournisseur.

● **soit en pleine masse** : dans ce cas, le mélange bitumineux doit résister aux carburants pour avions. Cette résistance est déterminée conformément à l'annexe D.11 de la norme NF EN 13 108-20. La méthode d'essai utilisée est celle décrite dans la norme NF EN 12 697-43.

Dans ce cas, un liant spécial est généralement utilisé. Ce liant devant conférer à l'enrobé une bonne résistance aux hydrocarbures (huiles, carburants, lubrifiants,...) ainsi qu'une bonne résistance au poinçonnement.

Dans le cadre d'un marché, si on précise qu'un enrobé doit avoir une résistance à un carburant, il doit être demandé :

- bonne résistance à ce carburant, avec comme objectifs  $A \leq 5\%$  et  $B < 1\%$ .

### 2.5.1.2 Résistance aux produits de déverglaçage

Dans les régions où les chaussées sont sujettes au verglas, la couche de roulement doit résister aux produits de déverglaçage. Cette résistance est déterminée conformément à l'annexe D.12 de la norme NF EN

13 108-20. La méthode d'essai utilisée est celle décrite dans la norme NF EN 12 697-41.

En l'absence d'indication de la norme, on peut retenir dans le cadre d'un marché le critère suivant :  $\beta 75$  ou  $\beta 100$ .

### 2.5.2 - Couche de liaison et de reprofilage

Les produits suivants sont utilisables :

EB-BBA de type C \*

EB-BBM,

EB-BBSG,

EB-BBME.

\* les spécifications des granulats étant plus sévères pour les EB-BBA que pour les autres produits bitumineux, pour des raisons économiques, on écartera tant que possible les EB-BBA.

La nature et les classes de performance des produits utilisables sont indiquées dans le tableau 10 ci-dessous.

Remarque : En travaux neufs, d'une manière générale, il faut retenir que la mise en œuvre d'une couche de liaison n'est pas à conseiller. On choisira d'augmenter l'épaisseur de la couche d'assise (base ou fondation).

Tableau 10 – Produits utilisables en couche de liaison et de reprofilage

Ouvrage / Section d'ouvrage		NS 1	NS 2	NS 3	NS 4
Aire de stationnement		EB-BBM 1 EB-BBSG 1	EB-BBM 3 EB-BBSG 1	(1)	(1)
Piste (*)	Partie courante	EB-BBM 1 EB-BBSG 1	EB-BBM 1 EB-BBSG 1	EB-BBM 2 EB-BBSG 1 EB-BBME 1	EB-BBSG1 EB-BBME1
	Raquette			EB-BBM 2 EB-BBSG 1	EB-BBSG 2 EB-BBME 2
	Sortie/Entrée de piste	EB-BBSG 2 EB-BBME 2			
	Seuil	EB-BBSG 2 EB-BBME 2			
Voies de circulation	Partie courante	EB-BBM 1 EB-BBSG 1	EB-BBM 2 EB-BBSG 1	EB-BBM 2 EB-BBSG 1 EB-BBME 1	EB-BBSG 1 EB-BBME 1
	Raccordement			EB-BBM 3 EB-BBSG 1 EB-BBME 1	
Plate-forme ou aire d'attente		EB-BBM 1 EB-BBSG 1	EB-BBM 2 EB-BBSG 1	EB-BBM 3 EB-BBSG 1 EB-BBME 1	EB-BBSG 2 EB-BBME 2

(1) Sans objet. Pour les aires de stationnement où les risques de poinçonnement sont importants, la réalisation d'une chaussée en béton de ciment est fortement recommandée.

Remarque : les produits de classe de performance supérieure peuvent être utilisés dans la mesure où le bilan économique reste satisfaisant. Les produits utilisés ne contiennent généralement pas de bitume polymère.

### 2.5.3 - Couche d'assise

Les principaux produits utilisables en couche d'assise sont les suivants :

EB-GB classe 2, 3 ou 4,

EB-EME classe 1 ou 2.

La nature et les classes de performance des produits utilisables sont indiquées dans le tableau 11 présenté ci-dessous.

Tableau 11 – Produits utilisables en couche d'assise

Ouvrage / Section d'ouvrage		NS 1	NS 2	NS 3	NS 4
Aire de stationnement		EB-GB 2	EB-GB 2	(1)	(1)
Piste	Partie courante	EB-GB 2	EB-GB 2	EB-GB 2	EB-GB 3 EB-EME 2
	Raquette			EB-EME 1	
	Sortie/Entrée de piste			EB-GB 3	
	Seuil			EB-EME 1	
Voies de circulation	Partie courante	EB-GB 2	EB-GB 2	EB-GB 3	EB-GB 3 EB-EME 2
	Raccordement			EB-EME 1	
Plate-forme ou aire d'attente		EB-GB 2	EB-GB 2	EB-GB 3 EB-EME 1	EB-GB 3 EB-EME 2

(1) Sans objet. Pour les aires de stationnement où les risques de poinçonnement sont importants, la réalisation d'une chaussée en béton de ciment est fortement recommandée.



# 3 – Caractéristiques des composants des produits

## 3.1 - Définition des granulats

### 3.1.1 - Granularité

Les enrobés bitumineux 0/6, 0/10, 0/14 et 0/20 sont constitués à partir de :

- sable 0/2 ou grave tout venant 0/4 (0/6 possible pour un EB-GB et un EB-EME)
- 2/6-4/6-4/10-6/10-6/14-10/14-10/20 (6/20 et 14/20 pour un EB-GB et un EB-EME)
- 2/4 pour un ESU

Pour respecter au mieux la courbe granulométrique du mélange, dans tous les cas, il est nécessaire d'utiliser au moins trois classes granulaires, filler d'apport exclu.

Il convient de noter que l'utilisation des fractions 0/6, 6/14 et 6/20, peut entraîner des risques de ségrégation.

### 3.1.2 - Granulats

Les gravillons et les sables sont conformes à la norme NF EN 13043.

Suivant la classe de trafic (CT), le type d'enrobés ou de produits bitumineux et la nature de la couche de chaussée, les granulats doivent avoir les caractéristiques minimales décrites dans les tableaux 12 à 19 présentés ci-après.

Tableau 12 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-BBA

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic				
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
EB-BBA	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation Usure Polissage	LA <sub>25</sub> <sup>(1)</sup> M <sub>DE20</sub> <sup>(1)</sup> PSV <sub>50</sub>			LA <sub>20</sub> <sup>(1)</sup> M <sub>DE15</sub> <sup>(1)</sup> PSV <sub>50</sub>	
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire Propreté Aplatissement	G <sub>C</sub> 85/20 (G <sub>C</sub> 85/15 – formules discontinues)  G <sub>20/15</sub>  f <sub>1</sub> FI <sub>25</sub>				
	Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Générales de granulométrie D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	G <sub>F</sub> 85 ou G <sub>A</sub> 85 si 2 < D ≤ 6,3 mm  G <sub>TC</sub> 10				
	Fines et fillers	Qualité des fines Porosité des fillers ΔTBA des fillers	MB <sub>F</sub> 10 V <sub>28/38</sub> Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16				
	Angularité des gravillons	% de surfaces cassées	C <sub>95/1</sub>	C <sub>95/1</sub>			
	Temps d'écoul. des sables	Écoulement des sables	E <sub>CS</sub> 35	E <sub>CS</sub> 38			

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de LA = 25 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un M<sub>DE</sub> = 10
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 20 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 15
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 18 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 17

Tableau 13 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-BBSG, EB-BBM et EB-BBME

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic				
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
EB-BBSG EB-BBM EB-BBME	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation Usure Polissage	$LA_{25}^{(1)}$ $M_{DE20}^{(1)}$ $PSV_{50}$				
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire Propreté Aplatissement	$G_C 85/20$ ( $G_C 85/15$ – formules discontinues)  $G_{20/15}$ ou $G_{25/15}$  $f_1$ $Fl_{25}$				
	Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Générales de granulométrie D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	$G_F85$ ou $G_A85$ si $2 < D \leq 6,3$ mm  $G_{TC10}$				
	Fines et fillers	Qualité des fines Porosité des fillers $\Delta TBA$ des fillers	$MB_F10$ $V_{28/38}$ $\Delta_{R\&B} 8/16$				
Angularité des gravillons	% de surfaces cassées	$C_{95/1}$					
Temps d'écoul. des sables	Écoulement des sables	$E_{CS38}$					

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de  $LA = 25$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $M_{DE} = 10$
- un granulat de  $M_{DE} = 20$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $LA = 15$
- un granulat de  $M_{DE} = 18$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $LA = 17$

Tableau 14 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les BBTM

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic				
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
BBTM	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation Usure Polissage	$LA_{20}^{(1)}$ $M_{DE15}^{(1)}$ $PSV_{50}$				
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire Propreté Aplatissement	$G_C 85/15$  $G_{20/15}$ ou $G_{25/15}$  $f_1$ $Fl_{25}$				
	Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Générales de granulométrie D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	$G_F85$ ou $G_A85$ si $2 < D \leq 6,3$ mm  $G_{TC10}$				
	Fines et fillers	Qualité des fines Porosité des fillers $\Delta TBA$ des fillers	$MB_F10$ $V_{28/38}$ $\Delta_{R\&B} 8/16$				
	Angularité des gravillons	% de surfaces cassées	$C_{95/1}$				
	Temps d'écoul. des sables	Écoulement des sables	$E_{CS35}$				

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de  $LA = 25$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $M_{DE} = 10$
- un granulat de  $M_{DE} = 20$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $LA = 15$
- un granulat de  $M_{DE} = 18$  est jugé conforme à [ $LA_{20} M_{DE15}$ ] s'il possède un  $LA = 17$

Tableau 15 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les ECF

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic				
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
ECF	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation	<b>LA<sub>20</sub><sup>(1)</sup></b>	non préconisé			
		Usure	<b>M<sub>DE20</sub><sup>(1)</sup></b>				
		Polissage	<b>PSV<sub>50</sub></b>				
	Générales de granulométrie d/D Caractéristiques de fabrication des gravillons		<b>G<sub>C</sub> 85/15</b>				
		Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	<b>G<sub>20/15</sub></b>				
		Propreté	<b>f<sub>1</sub></b>				
Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Aplatissement	<b>FI<sub>25</sub></b>					
	Générales de granulométrie D	<b>G<sub>F85</sub> ou G<sub>A85</sub> si 2 &lt; D ≤ 6,3 mm</b>					
Fines et fillers	Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	<b>G<sub>TC10</sub></b>					
	Qualité des fines	<b>MB<sub>F10</sub></b>					
	Porosité des fillers	<b>V<sub>28/38</sub></b>					
Angularité des gravillons Temps d'écoul. des sables	ΔTBA des fillers	<b>Δ<sub>R&amp;B</sub> 8/16</b>					
	% de surfaces cassées	<b>C<sub>50/10</sub></b>					
	Écoulement des sables	<b>E<sub>CS30</sub></b>					

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de **LA = 25** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **M<sub>DE</sub> = 10**
- un granulat de **M<sub>DE</sub> = 20** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **LA = 15**
- un granulat de **M<sub>DE</sub> = 18** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **LA = 17**

Tableau 16 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les EP

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic					
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	
EP	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation	<b>LA<sub>25</sub><sup>(1)</sup></b>			<b>LA<sub>20</sub><sup>(1)</sup></b>		
		Usure	<b>M<sub>DE20</sub><sup>(1)</sup></b>			<b>M<sub>DE15</sub><sup>(1)</sup></b>		
		Polissage	<b>PSV<sub>50</sub></b>			<b>PSV<sub>50</sub></b>		
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D		<b>G<sub>C</sub> 85/20</b>				
		Tolérance granulométrie tamis intermédiaire		<b>G<sub>20/15</sub></b>				
		Propreté		<b>f<sub>1</sub></b>				
Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Aplatissement		<b>FI<sub>25</sub></b>					
	Générales de granulométrie D		<b>G<sub>F85</sub> ou G<sub>A85</sub> si 2 &lt; D ≤ 6,3 mm</b>					
Fines et fillers	Tolérance granulométrie tamis intermédiaire		<b>G<sub>TC10</sub></b>					
	Qualité des fines		<b>MB<sub>F10</sub></b>					
	Porosité des fillers		<b>V<sub>28/38</sub></b>					
Angularité des gravillons Temps d'écoul. des sables	ΔTBA des fillers		<b>Δ<sub>R&amp;B</sub> 8/16</b>					
	% de surfaces cassées		<b>C<sub>50/10</sub></b>					
	Écoulement des sables		<b>E<sub>CS30</sub></b>					

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de **LA = 25** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **M<sub>DE</sub> = 10**
- un granulat de **M<sub>DE</sub> = 20** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **LA = 15**
- un granulat de **M<sub>DE</sub> = 18** est jugé conforme à [**LA<sub>20</sub> M<sub>DE15</sub>**] s'il possède un **LA = 17**

Tableau 17 – Couche de roulement - Caractéristiques minimales des granulats pour les ESU

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic				
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5
ESU	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation	LA <sub>20</sub> <sup>(1)</sup>				
		Usure	M <sub>DE</sub> 15 <sup>(1)</sup>				
	Polissage	PSV <sub>50</sub>					
	Générales de granulométrie d/D	G <sub>C</sub> 85/20	GC 85/15				
Caractéristiques de fabrication des gravillons	Tolérance granulométrie tamis intermédiaire	G <sub>20/15</sub>	G <sub>20/15</sub>				
	Propreté	f <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>				
	Aplatissement	FI <sub>20</sub>	FI <sub>20</sub>				
Angularité des gravillons	% de surfaces cassées	C <sub>95/1</sub>					

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de LA = 25 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un M<sub>DE</sub> = 10
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 20 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 15
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 18 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 17

Tableau 18 – Couche de liaison - Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-BBA, EB-BBSG, EB-BBME et EB-BBM

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic						
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5		
EB-BBA EB-BBSG EB-BBME EB-BBM	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation	non préconisé			LA <sub>30</sub> <sup>(1)</sup>	LA <sub>25</sub> <sup>(1)</sup>		
		Usure				M <sub>DE</sub> 25 <sup>(1)</sup>	M <sub>DE</sub> 20 <sup>(1)</sup>		
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D				G <sub>C</sub> 85/20			
		Tolérance granulométrie tamis intermédiaire				G <sub>20/15</sub> ou G <sub>25/15</sub>			
Caractéristiques de fabrication des sables et graves	propreté	f <sub>1</sub>							
	Aplatissement	FI <sub>25</sub>							
	Générales de granulométrie D	G <sub>F</sub> 85 ou G <sub>A</sub> 85							
Fines et fillers	Tolérance sur la granulométrie tamis intermédiaire	G <sub>TC</sub> 10							
	Qualité des fines	MB <sub>F</sub> 10							
	Porosité des fillers	V <sub>28/38</sub>							
	ΔTBA des fillers	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16							

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de LA = 25 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un M<sub>DE</sub> = 10
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 20 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 15
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 18 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 17

Tableau 19 – Couche d'assise - Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-GB et EB-EME

Produits	Caractéristiques		Classes de trafic					
			CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	
EB-GB EB-EME	Caractéristiques intrinsèques des gravillons	Fragmentation Usure	non préconisé	LA <sub>30</sub> <sup>(1)</sup> M <sub>DE</sub> 25 <sup>(1)</sup>		LA <sub>25</sub> <sup>(1)</sup> M <sub>DE</sub> 20 <sup>(1)</sup>		
	Caractéristiques de fabrication des gravillons	Générales de granulométrie d/D Tolérance granulométrie tamis intermédiaire Propreté Aplatissement		G <sub>C</sub> 85/20  G <sub>25/15</sub>  f <sub>1</sub> FI <sub>25</sub>				
	Caractéristiques de fabrication des sables et graves	Générales de granulométrie D Tolérance sur la granulométrie tamis intermédiaire		G <sub>F</sub> 85 ou G <sub>A</sub> 85  G <sub>TC</sub> 10				
	Fines et fillers	Qualité des fines Porosité des fillers ΔTBA des fillers		MB <sub>F</sub> 10  V <sub>28/38</sub>  Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16				

<sup>(1)</sup> Avec application possible, sous réserve d'une justification explicite dans les pièces du marché, d'une compensation maximale de 5 points entre les caractéristiques LA et MDE (article 8.1 de la norme XP P 18545). Par exemple :

- un granulat de LA = 25 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un M<sub>DE</sub> = 10
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 20 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 15
- un granulat de M<sub>DE</sub> = 18 est jugé conforme à [LA<sub>20</sub> M<sub>DE</sub>15] s'il possède un LA = 17

### 3.1.3 - Agrégats d'enrobés

Les exigences pour la description et la classification des agrégats d'enrobés sont au minimum conformes aux catégories F1, P15 ou S70 de la norme NF EN 13 108-8. Le tableau 20 ci-dessous la complète et précise l'emploi possible des agrégats d'enrobés dans la for-

mulation d'enrobés neufs suivant leur composition et leur caractérisation.

Les termes  $TL_i$ ,  $B_i$ ,  $G_i$  et  $R_i$  sont définis en annexe 3 du présent document.

Tableau 20 - Pourcentage maximal d'agrégats d'enrobés utiliser comme constituants des mélanges bitumineux

Composants de l'agrégat d'enrobé	Liant bitumineux	Teneur	$TL_{NS}$	$TL_2$	$TL_1$		
		Pénétrabilité ou TBA	$B_{NS}$	$B_2$	$B_1$		
	Granulats	Granularité	$G_{NS}$	$G_2$		$G_1$	
Caractéristiques intrinsèques		$R_{NS}$		$R_1$	$R_{NS}$	$R_1$	
CT1 et CT2	CT1 et CT2	Couche de roulement	0 %		20 %	0 %	20 %
		Couche de liaison	0 %	30 %			
		Couche d'assise	10 %	20 %	30 %	40 %	
CT3 et CT4	CT3 et CT4	Couche de roulement	0 %		10 %	0 %	10 %
		Couche de liaison			10 %	20 %	
		Couche d'assise	10 %	20 %		40 %	
CT5	CT5	Couche de roulement	0 %		0 %	0 %	10 %
		Couche de liaison	0 %		10 %	0 %	10 %
		Couche d'assise	0 %		20 %	0 %	20 %

Remarque : Les caractéristiques de résistance au polissage des granulats des agrégats d'enrobés sont conformes à celles requises pour les granulats vierges.

## 3.2 - Liants hydrocarbonés

Les normes produits laissent un large choix au formulateur : bitume pur, bitume - polymère, bitume + additif (ajouté en centrale d'enrobage), en imposant un résultat par :

- la sanction du comportement à une année de service pour les enduits et les ECF.
- le respect des spécifications de l'épreuve de formulation pour les enrobés à chaud.

Or, ces seules prescriptions ne suffisent pas à garantir la pérennité de l'ouvrage. En effet, aucun essai de l'épreuve de formulation d'enrobé ne permet d'appréhender le vieillissement in situ de l'ouvrage, donc sa durabilité. Il est donc très important dans certains cas que le projeteur mène une réflexion préalable sur le choix des types de liant qu'il proposera au marché, sachant que ce choix influe par ailleurs assez fortement le coût des techniques.

### 3.2.1 - Types de liants

Les liants d'enrobage disponibles sur le marché sont :

- *les bitumes purs « traditionnels »*

Ces liants sont conformes à la norme NF EN 12591. Ils sont classés selon l'essai de pénétration à 25 °C. Les liants utilisables vont de la classe 20/30 (la plus dure) à la classe 160/220 (la moins dure).

- *les bitumes « durs »*

Ces liants sont conformes à la norme NF EN 13924. Ils sont classés selon l'essai de pénétrabilité à 25 °C. Deux classes sont couramment utilisées : la classe 10/20 et la classe 15/25.

- *les bitumes « multigrades »*

Ces liants sont en cours de normalisation.

Ce sont des bitumes purs dont la susceptibilité thermique a été abaissée par un traitement spécial lors de leur fabrication. Ces liants ont été développés pour lutter contre l'orniérage des chaussées routières, la classe la plus couramment utilisée est la classe 35/50. On note également une classe 20/30 dont l'usage est rarement justifié en aéronautique.

- *les bitumes « avec additifs »*

Ces liants ne sont pas considérés comme des liants modifiés.

Les additifs visent généralement à l'amélioration de la résistance à l'orniérage, voire à l'augmentation de la résistance à la fatigue dans le cas d'ajout de fibres.

Les additifs sont ajoutés dans le malaxeur lors de la fabrication de l'enrobé.

- *les bitumes modifiés par des polymères (BmP)*

Ces liants font l'objet d'un cadre de spécifications dans la norme NF EN 14023.

Ils sont principalement utilisés pour les enrobés de couche de roulement en épaisseur mince ou très mince et pour les enduits superficiels, lorsqu'il est recherché :

- une amélioration des performances mécaniques en terme :

- d'élasticité et de souplesse,
  - une plus grande résistance à l'orniérage,
  - une moindre sensibilité aux arrachements de surface et aux efforts de cisaillement,
  - une plus grande résistance aux hydrocarbures.
- une durabilité plus grande (augmentation du liant d'enrobage) sans modification des propriétés (résistance à l'orniérage, conservation de la macrotexture,...),
- une cohésion superficielle plus importante,
- une moindre sensibilité aux températures, tant hautes que basses.

Ces liants sont également préconisés pour la réalisation des couches d'accrochage des couches d'enrobés en épaisseur mince ou très mince et sur les zones de circulation où les sollicitations tangentielles (cisaillement) sont importantes.

Leur dosage en polymères est différent selon l'usage de la chaussée.

Ils peuvent être répartis en deux catégories : définies comme « faiblement modifié » et « fortement modifié ».

Le critère de classement pour caractériser un liant faiblement modifié d'un liant fortement modifié est l'étendue de l'intervalle de plasticité, c'est-à-dire la différence entre la température de ramollissement TBA (norme NF EN 1427) et la température de fragilité (norme NF EN 12593).

- pour un liant « faiblement modifié », l'intervalle de plasticité est compris entre 65 et 75 °C,

- pour un liant « fortement modifié », l'intervalle dépasse 75 °C.

La modification du liant n'est pas significative en dessous de 65 °C

Pour un usage aéronautique, les exigences essentielles retenues à minima, sont PMB 45/80-60<sup>1</sup> ou PMB 40/100-65<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Le premier terme (45/80) exprime la pénétrabilité et le second terme (60) exprime la TBA.

Les exigences techniques complémentaires à demander sont :

- un retour élastique supérieur ou égal à 70, à 25 °C,
- et un intervalle de plasticité compris entre à 65 et 75 (faiblement modifié) ou supérieur ou égal à 75 (fortement modifié).

#### ● *Les liants de régénération pour recyclage*

Ces liants sont nettement plus fluides que les bitumes traditionnellement utilisés pour l'enrobage. Leur consistance et leur composition sont adaptées à l'objectif recherché, de manière à ce que le mélange du liant de l'enrobé à recycler et du liant neuf puisse avoir les mêmes propriétés qu'un liant d'enrobage utilisé dans le cas d'un enrobé neuf.

#### ● *Autres utilisations des liants*

- les enrobés coulés à froid (ECF)

Ils sont fabriqués avec des émulsions cationiques à rupture lente. Le liant de base est soit un bitume pur assez mou (généralement 70/100), soit un bitume modifié par des polymères (très semblable à celui utilisé en enrobé à chaud) ou un bitume pur avec ajout de latex (émulsion bi-phase). Les polymères ou l'émulsion bi-phase au latex sont ajoutés en phase aqueuse et non pré-mélangés à chaud au bitume.

- les enduits superficiels

Ils sont fabriqués avec des émulsions cationiques à rupture rapide, dans lesquelles le liant de base est très semblable à celui des ECF, ou bien ce sont des bitumes fluxés dans lesquels le liant de base est mélangé à un fluxant plus ou moins volatil.

- les couches d'accrochage

Généralement, les couches d'accrochage sont composées d'une émulsion cationique de bitume à rupture rapide dont le dosage en bitume résiduel est élevé (> 60 %).

Le liant est soit un bitume pur, soit un bitume modifié par des polymères ou par une émulsion bi-phase au latex qui est ajouté en phase aqueuse de l'émulsion.

Les couches d'accrochage à base de bitume modifié (polymère ou émulsion au latex) sont utilisées sur les zones soumises à des efforts tangentiels importants (cisaillement), telles que les raquettes de retournement, les entrées et sorties de piste et les seuils de piste, et dans une moindre mesure sur les aires de stationnement.

Leur dosage est au minimum de 250 g/m<sup>2</sup> de bitume résiduel pour l'ensemble des bétons bitumineux, à l'exception des BBTM où elle sera au minimum de 300 g/m<sup>2</sup>. Pour les enrobés de faible épaisseur (EB-BBM et BBTM), le dosage sera établi en fonction de la rugosité et/ou de la porosité du support

Il est à noter qu'il existe sur le marché, outre les produits classiques, des produits dits « propres » qui évitent la souillure (galettes) des chaussées laissées par les camions lors de leur passage.

- les enrobés « anti-kérosène »

Ce type d'enrobé est généralement mis en œuvre sur les aires de stationnement. Le liant utilisé est un liant modifié par des polymères auquel un additif peut être ajouté pour améliorer la résistance au poinçonnement.

### 3.2.2 - Préconisations d'emploi

Du fait que l'épreuve de formulation ne tient pas compte du vieillissement d'un enrobé pendant la durée de l'ouvrage, l'intérêt du gestionnaire est de considérer à la fois les critères de performance minimale au jeune âge (épreuve de formulation) et la durabilité souhaitée. En effet, à titre d'exemple, l'usage d'un bitume trop dur dans un site soumis à un vieillissement rapide et à des contraintes thermiques fortes peut s'avérer à long terme beaucoup plus coûteux en entretien que l'usage d'un bitume-polymère, pourtant plus cher.

Compte tenu de ces éléments, il n'apparaît pas souhaitable de laisser le libre choix du type et de la classe de liant dans un marché. Ce choix est guidé par les éléments d'appréciation développés ci - après :

#### ● *liants pour couches d'assises*

La règle est l'utilisation de bitumes purs avec additifs ou de bitumes modifiés par des polymères. Pour les EB-GB, les bitumes sont habituellement de la classe 35/50, voire de la classe 50/70.

Pour les EB-EME, les bitumes sont généralement de la classe 20/30, 15/25 ou 10/20.

#### ● *liants pour couches de liaison*

Ces couches subissent un vieillissement assez faible et par conséquent les produits utilisés peuvent donc contenir un liant dur si la résistance à l'orniérage l'exige, et si les amplitudes thermiques du site restent modérées.

Les EB-BBME sont formulés avec des bitumes 20/30. L'usage de liant plus dur (10/20) ne se justifie généralement pas et un bitume 35/50 conduit très souvent à une rigidité inférieure à celle requise pour ce type de matériau.

Les EB-BBM et EB-BBSG sont généralement fabriqués avec un bitume pur 35/50 ou 50/70 et lorsque le niveau de résistance à l'orniérage l'exige, un bitume multigrade 35/50 ou un bitume 35/50 avec additif (usage de déchets de câbles par exemple) peuvent être utilisés.

#### ● liants pour couches de roulement

Les couches de roulement doivent à la fois résister à l'orniérage, au cisaillement et au vieillissement. La résistance à l'orniérage étant réglée lors de l'épreuve de formulation, le choix du type de liant influe donc directement sur les deux autres paramètres.

#### Couches ultra-minces (<2 cm)

Les produits utilisés sont les ESU et les ECF, réservés aux très faibles trafics. Les liants sont soit des émulsions de bitume pur réservées aux zones géographiquement peu sollicitées par le vieillissement (faibles amplitudes thermiques), soit des émulsions de bitume polymère ou des émulsions bi-phases de bitume avec ajout de latex, dans les autres cas.

#### Couches d'épaisseur intermédiaire (2 à 4 cm)

C'est le domaine des BBTM, EB-BBM et des EB-BBA de granularité discontinue.

De telles couches ne sont pas préconisées sur les zones où les contraintes de cisaillement sont importantes sous trafic élevé. Par conséquent les matériaux peuvent donc être formulés avec un bitume pur, de classe 50/70 voire de classe 70/100. Par sécurité, la couche d'accrochage sera réalisée avec une émulsion de bitume-polymère ou une émulsion bi-phase de bitume avec ajout de latex. L'usage d'un EB-BBA discontinu sur les chaussées supportant un trafic important peut, dans certains cas, nécessiter l'emploi d'un bitume-polymère permettant de réduire le vieillissement du liant et prolonger ainsi la durabilité de l'enrobé.

#### Couches épaisses (5 à 8 cm):

C'est le cas où le choix du liant est le plus vaste du fait de la variété des sollicitations mécaniques et climatiques pouvant être rencontrées.

Pour les EB-BBA, le liant peut être un bitume pur 50/70 ou 35/50, un bitume avec additif, un bitume multigrade 35/50 ou un bitume - polymère. Ce dernier est à privilégier pour les chaussées soumises à la fois à un cisaillement et à un vieillissement intenses.

Pour les EB-BBME, le choix se restreint au bitume pur 20/30, ou au bitume 35/50 avec additif, ou au bitume-polymère pour les cas extrêmes (cisaillement et vieillissement intenses).



### 3.2.3 – Choix du liant

Les liants sont choisis en fonction des performances à obtenir lors de l'étude en laboratoire. À titre indicatif, le tableau 21 préconise, suivant le type d'enrobé choisi et la classe de performance recherchée, la nature et la catégorie de liant à utiliser.

Tableau 21 – Choix du liant selon le produit et la classe de performance recherchée

LIANT		BITUME PUR						BITUME POLYMÈRE		
Enrobé	Classe	70/100	50/70	35/50	20/30	15/25 ou 10/20	Multigrade*	faiblement modifié**	fortement modifié**	Anti-K
EB-BBSG	1		x	x						x(4)
	2		x	x						x(4)
	3			x	x		x	x (1)	x(2)	x(4)
EB-BBA	1	x	x							x(4)
	2		x	x						x(4)
	3			x			x	x (1)	x(2)	x(4)
EB-BBME	1			x	x					x(4)
	2				x	x(3)	x (1)	x (1)		x(4)
	3				x	x(3)	x (1)	x (1)		x(4)
BBTM	1	x	x					x		
	2	x	x							
EB-BBM	1	x	x							
	2		x	x						
	3			x			x	x (1)		
EB-GB	1		x	x						
	2		x	x						
	3			x						
EB-EME	1					x				
	2					x				
EB-SAF***								x		

\* liant à susceptibilité améliorée

\*\* critère de choix voir article 3.2.1 « les bitumes modifiés par des polymères (BmP) ».

\*\*\* Sable anti-fissure

(1): en couche de roulement

(2): si NS 4 et en couche de roulement

(3): éviter le 10/20 en couche de roulement

(4): si la propriété anti-K est recherchée

## 4 – Caractéristiques en laboratoire

### 4.1 - Épreuve de formulation

L'épreuve de formulation est réalisée pour fournir la preuve que la formule satisfait aux spécifications appropriées de la norme produit. Elle est réalisée

conformément à la norme NF EN13 108-20 et la vérification de la formule est effectuée en laboratoire avec les matériaux du chantier.

### 4.2 - Niveau de formulation

Dans le cadre des approches faites au niveau européen, il est défini en France 5 niveaux de formulation, notés de 0 à 4 :

- **Niveau 0** : il consiste à établir une courbe granulométrique et à fixer une teneur en liant. Ce niveau peut être requis pour les enrobés utilisés sur les zones peu circulées (accotement par exemple).
- **Niveau 1** : essai PCG<sup>1</sup> et essai de tenue à l'eau.
- **Niveau 2** : essai PCG, essai de tenue à l'eau et essai d'orniérage.
- **Niveau 3** : essai PCG, essai de tenue à l'eau, essai d'orniérage et essai de module (sans objet pour EB-BBM et BBTM).
- **Niveau 4** : essai PCG, essai de tenue à l'eau, essai d'orniérage, essai de module et essai de fatigue

<sup>1</sup> Presse à compactage giratoire.

Le niveau de formulation d'un enrobé dépend de sa position dans la chaussée (couche de roulement, de liaison ou d'assise) et du niveau de sollicitation. Le tableau 22 ci-dessous définit les niveaux de formulation en fonction de ces deux critères.

Le choix de l'utilisation de résultats antérieurs ou la réalisation d'une nouvelle épreuve doit être fait en considérant l'enjeu du chantier, son volume, l'âge des études et leurs représentativités. L'étude doit dater de moins de 5 ans pour les niveaux de sollicitations NS1 et NS2, et de moins de 2 ans pour les niveaux de sollicitations NS3 et NS4.

Tableau 22 - Niveaux d'études de formulation selon le niveau de sollicitation

		NS1	NS2	NS3	NS4
<b>Aire de stationnement</b>		1	2 / 1	*	*
<b>Piste</b>	<b>Partie courante</b>	1	1 / 1	2 / 4	2 / 4
	<b>Raquette</b>	1	2 / 3	3 / 4	3 / 4
	<b>Sortie rapide</b>	1	2 / 1	3 / 4	3 / 4
	<b>Seuil</b>	1	2 / 1	3 / 4	3 / 4
<b>Voie de circulation et voie de desserte</b>	<b>Partie courante</b>	1	2 / 1	3 / 4	3 / 4
	<b>Raccordement</b>	1	2 / 3	3 / 4	3 / 4
<b>Plate-forme ou aire d'attente**</b>		1	2 / 1	2 / 4	2+P / 4

\* Structure en béton hydraulique ou Enrobé Percolé

\*\* Voir définitions chapitre 1

P : essai de résistance à la déformation statique (voir annexe E)

couches de surface
couches d'assises

## 4.3 - Caractéristiques des enrobés

La série des normes NF EN 13 108 définit la formule d'un enrobé à partir de caractéristiques générales complétées par des caractéristiques empiriques ou par des caractéristiques fondamentales et ainsi détermine deux approches: l'approche dite empirique et l'approche dite fondamentale.

### 4.3.1 - Caractéristiques générales

Ce sont généralement la granularité, la caractérisation du pourcentage de vides (teneur en vides), la sensibilité à l'eau (tenue à l'eau), et la résistance aux déformations permanentes (essai à l'orniéreur).

### 4.3.2 - Caractéristiques complémentaires

- *Caractéristiques empiriques*: ce sont principalement la teneur en bitume minimale du mélange (exprimée en pourcentage de la masse totale de l'enrobé), la nature du liant et l'étendue de fuseaux granulométriques aux tamis caractéristiques.
- *Caractéristiques fondamentales*: ce sont principale-

ment le module de rigidité et la résistance à la fatigue. Un choix doit être fait entre ces 2 dernières. Il n'est pas possible de retenir à la fois des caractéristiques empiriques et des caractéristiques fondamentales.

Dans la majorité des cas, les spécifications sont caractérisées par l'approche empirique, et dans tous les cas pour les BBTM et les EB-BBM.

L'approche fondamentale correspond aux études de formulations de niveau 3 ou 4. Elle s'applique essentiellement aux matériaux à vocation structurelle tels que les enrobés à module élevé, les graves bitumes dans le cas de variantes, et les bétons bitumineux à module élevé.

Les tableaux 29 à 54 de l'annexe D présente une synthèse des performances des mélanges bitumineux dans le cas de formulation par approche empirique et par approche fondamentale.



# 5 – Fabrication et mise en œuvre

## 5.1 - Fabrication des enrobés

### 5.1.1 - Centrale d'enrobage

Ses caractéristiques doivent être conformes à l'une des normes NF P 98 728-1 (centrales d'enrobage en mode continu) ou NF P 98 728-2 (centrales d'enrobage en mode discontinu).

### 5.1.2 - Taux d'agrégats d'enrobés

Dans les centrales en mode discontinu, ainsi que dans les centrales en mode continu non équipées d'un système spécifique de recyclage, le taux d'agrégats d'enrobés est limité à 15 % en masse.

### 5.1.3 - Température des mélanges

Dans le cas de l'utilisation de bitume routier, la température du mélange, mesurée conformément à la norme NF EN 12697-13, doit être comprise dans les

limites du tableau 23 présenté ci-après.

Le respect des limites garantit une évolution normale du liant à l'enrobage et la possibilité de compacter correctement le mélange, si tant est que l'épaisseur, les conditions météo et l'atelier de compactage conviennent.

Le transport des enrobés, de la centrale au lieu de mise en œuvre, est effectué dans des camions à benne métallique qui doivent être équipés d'une bâche capable de protéger les enrobés et d'éviter leur refroidissement. Cependant, pour des cas particuliers, l'utilisation de bennes calorifugées peut être prescrite.

Les températures minimales du produit délivré en centrale doivent être documentées et déclarées par le fournisseur.

Tableau 23 - Température d'enrobage des mélanges suivant le grade du bitume (NF P 98 150-1)

Grade du bitume pur	Température usuelle de fabrication (C°)*	Température maximale (C°)*
10/20 – 15/25	160 à 180	190
20/30	160 à 180	190
35/50	150 à 170	190
50/70	140 à 160	180
70/100	140 à 160	180
160/220	130 à 150	170

\* Pour les liants spécifiques (bitume modifié, bitume dur ou avec additifs), des températures différentes peuvent être appliquées. Dans ce cas, elles doivent être documentées et déclarées par le fournisseur dans le cadre du marquage réglementaire. Il en est de même pour les techniques permettant d'abaisser la température d'enrobage (cas des enrobés tièdes).

## 5.2 - Mise en œuvre - répannage

### 5.2.1 - Couche d'accrochage

Dans le cas de la réalisation d'une couche de matériaux bitumineux (renforcement, réfection de la couche), une couche d'accrochage est appliquée pour assurer un bon collage au support.

À cet effet, l'emploi de liants additionnés de polymères est recommandé sur les zones soumises à des efforts tangentiels importants : raquette, sortie de piste, seuil de piste, zone de toucher et dans une moindre mesure sur les aires de stationnement et les zones de raccordement. Cette disposition est également recommandée pour toutes les couches minces ou très minces, dès lors que le trafic dépasse le niveau CT3.

Les couches d'accrochage doivent être mises en œuvre à l'aide d'un dispositif mécanique d'épandage ; l'usage de la lance étant proscrit. Les matériels utilisés

sont généralement des épanduses classiques pour enduits superficiels d'usure. Des rampes intégrées existent également sur les alimentateurs continus.

Lorsqu'une épanduse classique est utilisée, il importe que le réglage des paramètres de fonctionnement du matériel conduise à un épandage homogène sur le profil en travers (absence de peignage).

Dans des cas précis, notamment lorsque les salissures dues à la circulation des camions sur la couche d'accrochage ne sont pas admises, l'épanduse autonome ne peut être utilisée qu'à condition de répandre une émulsion spéciale, non adhérente aux pneumatiques. Pour les mêmes raisons, la couche d'accrochage peut être remplacée par un enduit superficiel monocouche ; dans ce cas, les dosages en liant et en gravillons doivent être adaptés.

Tout gravillonnage (ou sablage) de la couche d'accrochage est à éviter.

Le dosage minimal en liant résiduel est de :

- 300 g au m<sup>2</sup> pour un BBTM
- 250 g au m<sup>2</sup> pour les autres enrobés

Ces dosages sont à adapter à l'état du support.

## 5.2.2 - Exécution

Pour garantir les objectifs de qualité de surface d'une chaussée, il faut veiller à ce que les matériels et les techniques de construction soient adaptés aux contraintes du chantier et respectent les règles constructives indiquées ci-après :

- limiter au strict minimum les joints froids, car ils sont les points faibles notoires des pistes,
- décaler les joints de répandage, des couches d'enrobés qui se superposent, d'au moins 20 centimètres pour les joints longitudinaux et d'au moins un mètre pour les joints transversaux,
- maintenir une vitesse suffisante du finisseur pour garantir un uni de surface correct. En effet, une vitesse de moins de 2 mètre par minute ne permet pas de respecter les objectifs,
- préconiser l'utilisation d'un alimentateur continu pour éviter les arrêts du finisseur à chaque fin de camion,

Dans le cas d'un renforcement de piste en pleine largeur, deux méthodes peuvent être envisagées.

- piste à dévers unique : les passes de finisseurs sont de préférence effectuées en descendant du bord haut vers le bord bas.
- piste à dévers symétrique par rapport à l'axe : les passes de finisseurs sont exécutées en partant de l'axe vers les bords.

## 5.2.3 - Modalités de guidage

Les modalités de guidage du finisseur doivent être indiquées dans le cahier de clauses techniques particulières (CCTP) du marché et l'entreprise est tenue de les préciser dans son Plan d'Assurance Qualité (PAQ.).

### 5.2.3.1 Uni longitudinal

Ces modalités de guidage sont déterminées en fonction de l'uni de surface recherché.

En effet, il faut bien prendre en compte que la correction des défauts de grande longueur d'ondes génère généralement la mise en œuvre de fortes épaisseurs de matériaux.

Le prescripteur se référera à la norme NF P 98 150- 1 et à la circulaire de la Direction des Routes DR 2000-36 du 22 mai 2000 (uni longitudinal de couches de roulement neuves) pour rechercher le mode de guidage qui convient le mieux aux travaux envisagés.

### 5.2.3.2 Uni transversal

Le respect des spécifications d'uni transversal (pente, flaches) implique le guidage par deux références latérales lorsque la largeur d'épandage dépasse 5 mètres.

## 5.2.4 - Guidage par référence non liée au finisseur

Lorsqu'un fil est utilisé en guidage, un soin particulier doit être apporté à sa mise en œuvre et plus particulièrement à l'espacement des potences, la tension du fil et la force d'appui du palpeur. À titre indicatif, une flèche de 4 mm du fil de guidage conduit à une note de 6 en ondes moyennes. Il est à noter que la topographie des aires aéronautiques se prête particulièrement bien à l'utilisation de références immatérielles, telles que le laser et le GPS.

## 5.2.5 - Réalisation du raccordement d'une couche de roulement neuve à un ouvrage ancien

Selon les contraintes du chantier, deux types de raccordement sont préconisés.

### 5.2.5.1 Sifflet de raccordement définitif sur ouvrage ancien

Lors d'un renforcement, le raccordement à l'ancien ouvrage s'effectue sur une longueur qui dépend de l'épaisseur de la nouvelle couche d'enrobés et de la pente respectant les recommandations en vigueur (1 % à 1,5 %). Pour assurer la continuité du revêtement, une engravure de 4 à 5 cm est pratiquée dans la couche d'enrobé de l'ouvrage ancien. Une couche d'émulsion de bitume est appliquée pour assurer un parfait collage. Le schéma A montre ces dispositions.

### 5.2.5.2 Sifflet de raccordement provisoire

Ce type de joint est réalisé chaque fois que la circulation aérienne doit être rétablie après un arrêt de chantier. Il est réalisé transversalement à la chaussée. La pente du raccordement est fonction de l'épaisseur de la couche mise en œuvre. Le schéma B montre le principe de réalisation.

Pour exécuter ces travaux, le guidage par référence mobile est le plus adapté ; la longueur de la poutre doit être supérieure ou égale à 1 mètre.

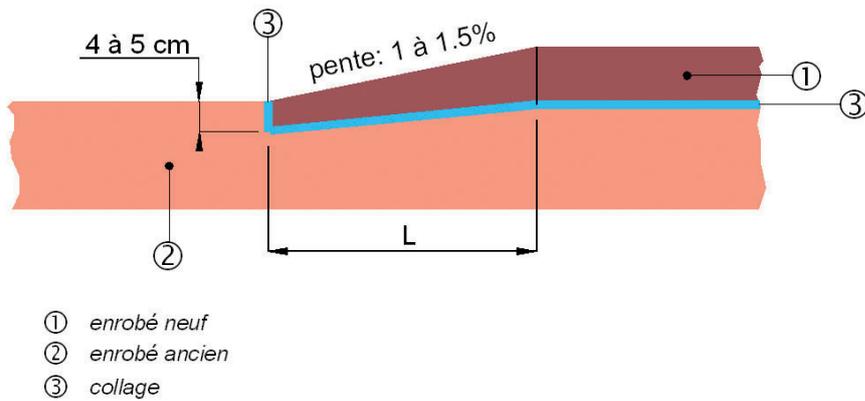


Schéma A – Sifflet de raccordement définitif à un ouvrage ancien, en enrobés bitumineux

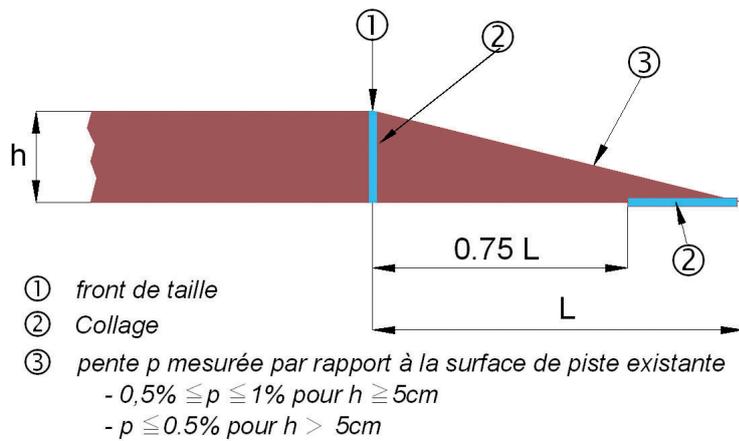


Schéma B – Sifflet de raccordement provisoire, en enrobés bitumineux

## 5.3 - Mise en œuvre - Compactage

### 5.3.1 - Compactage

Le compactage des enrobés sur chaussées aéronautiques est très semblable à celui des enrobés sur chaussées routières. Seul un soin particulier est requis pour le compactage des bords de bandes des couches de roulement.

### 5.3.2 - Exécution des joints longitudinaux

Le prescripteur se réfère à la norme NF P 98150-1 pour définir le mode d'exécution en fonction de la composition de l'atelier d'épandage.

L'obtention d'un résultat satisfaisant au niveau des joints longitudinaux (entre 2 bandes répandues) résulte du mode d'exécution mis en œuvre. Le sciage est prohibé, car il conduit à une ouverture très rapide du joint. Il en est de même pour l'utilisation des systèmes « réchauffeurs de joints », parfois installés sur les finisseurs, car peu efficaces.

Pour remédier à ce genre de problèmes, les enrobés peuvent être mis en œuvre à l'aide de deux finisseurs, voire plus, travaillant en parallèle. La distance entre deux finisseurs ne doit en aucun cas excéder 20 m. Cette disposition n'est préconisée qu'à la seule condition que l'économie globale de l'opération ne soit pas remise en cause.

### 5.3.3. - Épreuve de convenance

C'est l'ensemble des opérations destinées à s'assurer que les matériels et leurs modalités d'utilisation permettent d'atteindre les caractéristiques recherchées.

Les planches de vérification et de référence font parties de l'épreuve de convenance de mise en œuvre. Elles définissent les modalités de compactage.

La planche de référence est préconisée notamment dans le cas de chantier d'une durée supérieure à une semaine pour l'application d'une même formule.



## 6 – Caractéristiques sur chantier - Contrôles

Dans le cadre du suivi des travaux, le maître d'œuvre exerce un contrôle permanent afin de garantir que l'ouvrage réalisé est conforme aux exigences du maître d'ouvrage. Ce contrôle s'applique à chaque phase du chantier et notamment pour vérifier si les

caractéristiques prescrites dans le cahier des clauses techniques particulières sont bien respectées. Ce contrôle porte notamment sur les points précisés ci-après.

### 6.1 - Fournitures

Les additifs et agrégats d'enrobé) sont contrôlés et soumis aux essais suivant les procédures détaillées dans le plan qualité et selon un programme conforme aux exigences de la norme NF EN 13108-21 (tableaux 3, 4, 5, 6, 7).

Les additifs, doivent être conformes soit à une norme européenne, soit à un agrément technique européen, soit à des spécifications de matériaux pour lesquels l'expérience démontre qu'ils ont donné satisfaction comme constituants d'enrobés bitumineux.

### 6.2 - Épreuves de formulation

Les documents d'épreuves de formulation, fournis par l'entreprise, doivent être validés par le contrôle du maître d'œuvre (avec ou sans essais de vérification).

### 6.3 - Fabrication des enrobés

Le maître d'œuvre impose un contrôle pour s'assurer de la conformité des caractéristiques des produits enrobés des lots considérés.

Il convient de se reporter à la norme NF EN 13108-21 pour constater la conformité du mélange en centrale et à la NF 98150-1 pour les contrôles in-situ.

### 6.4 - Mise en œuvre

Les conditions d'exploitation des chaussées aéronautiques nécessitent des caractéristiques très strictes en terme d'adhérence et d'uni longitudinal. En effet, leur largeur et leur faible pente impliquent des contraintes altimétriques très strictes, notamment pour respecter les pentes et la profondeur des flaches. Il faut noter qu'une bonne adhérence par temps de pluie ne se conçoit qu'en associant les propriétés du revêtement à une bonne géométrie de surface.

Enfin, la largeur des chaussées conduit à la réalisation de nombreux joints de construction, qui sont les points faibles notoires de ces ouvrages. Il est donc important que l'exécution soit contrôlée avec attention.

#### 6.4.1 - Géométrie

Pour satisfaire à ces exigences il convient de se reporter aux référentiels en vigueur : CHEA, Annexe 14 de l'OACI, annexe 1 de l'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe et ITAC.

#### 6.4.2 - Contrôle de l'uni

L'uni de la couche de roulement est contrôlé selon les dispositions de la norme NF P 98218-3 et de la méthode n°46 du LPC. L'évaluation des notes s'établit selon les spécifications définies dans la note d'information éditée par le LCPC et le STAC.

Ces spécifications sont définies dans l'annexe F du présent document.

#### 6.4.3 - Contrôle de l'adhérence

Deux types d'essai in situ sont réalisés pour caractériser l'adhérence : la mesure de la macrotexture et la mesure du coefficient de frottement longitudinal (CFL).

##### 6.4.3.1 Macrotexture (PMT)

Elle est appréciée par mesures de la profondeur moyenne de texture (PMT) selon la norme NF EN 13036-1. Cette mesure est réalisée sur chantier le plus rapidement possible après la mise en œuvre et dans un

délai inférieur à 2 semaines. Les valeurs minimales à retenir sont récapitulées dans le tableau 24 présenté ci-dessous.

#### 6.4.3.2 Coefficient de frottement longitudinal (CFL)

Des mesures de coefficient de frottement longitudinal sont à exécuter sur la couche de roulement des chaussées aéronautiques, dès la réception des travaux et dans un délai de 3 à 12 mois après la mise en service de la chaussée (norme NF P 98 150-1). Ces mesures seront réalisées à des deux vitesses: 65 km/h et 95 km/h.

À la réception des travaux, les valeurs de coefficient de frottement mesurées doivent être au minimum celles indiquées au paragraphe 3 de l'annexe 1 de l'arrêté du 10 juillet 2006 relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par

les aéronefs à voilure fixe.

Lors de la rédaction des pièces techniques du marché (CCTP), le prescripteur peut proposer d'autres valeurs, à condition qu'elles ne soient pas inférieures à celles définies dans l'annexe 1 de l'arrêté.

Pour les mesures effectuées entre 3 et 12 mois, les valeurs à atteindre doivent être celles définies pour une surface neuve. À titre d'exemple, pour des mesures réalisées à l'aide de l'appareil IMAG, on retiendra les valeurs suivantes :

- 0,51 à une vitesse de 65 km/h,
- 0,43 à une vitesse de 95 km/h.

Tableau 24 – Valeur de Profondeur Moyenne de Texture (PMT) suivant le produit

Produits	Valeurs minimales observées sur chantier (en mm)	Valeurs minimales exigées par la norme (en mm) NF P 98 150-1
ESU (MCO 2/4)	non renseigné	0,6
ECF (0/6)	0,6	-
BBTM 0/6 type 1	0,6	0,7
BBTM 0/10 type 1	0,9	0,9
EB-BBMA 0/10	0,6	0,7
EB-BBMA 0/14	non renseigné	0,7
EB-BBMB 0/10	non renseigné	0,5
EB-BBMB 0/14	non renseigné	0,7
EB-BBMC 0/10	non renseigné	0,5
EB-BBA 0/10C	0,4	0,4
EB-BBA 0/10 D	0,5	sur v/circulation et 0,6 sur piste
EB-BBA 0/14 C	0,4	
EB-BBA 0/14 D	0,6	
EB-BBME 0/10	0,4	
EB-BBME 0/14	0,4	0,5
EB-BBSG 0/10	non renseigné	0,4
EB-BBSG 0/14	non renseigné	0,5

Note : Sur la couche de roulement des chaussées aéronautiques, les valeurs minimales exigées, pour 90 % des points contrôlés, sont :  
 - 0,6 mm sur les pistes  
 - 0,4 mm sur les voies de circulation



# Annexes



# Annexe A: détermination du groupe d'un aéronef

Le tableau 25 ci-dessous donne pour chaque avion et chaque hélicoptère exploités à l'heure actuelle, le « groupe » auquel il appartient.

Pour un aéronef non répertorié dans le tableau, il suffit de comparer la valeur du produit (PxR) « nombre de roues de l'atterrisseur principal multiplié par pression des pneumatiques<sup>1</sup> » aux égalités suivantes pour définir le groupe auquel il appartient :

- groupe 1 : Pas de valeur. Comprend tous les avions *d'aviation légère* dont la masse totale est inférieure à 5700 kg et la pression des pneumatiques est inférieure à 0,9 MPa
- groupe 2 :  $(PxR) < 2$
- groupe 3 :  $2 \leq (PxR) < 4,1$
- groupe 4 :  $4,1 \leq (PxR) < 5,5$
- groupe 5 :  $5,5 \leq (PxR)$

Tableau 25 – Définition du groupe d'un aéronef

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
AIRBUS	A 300	600 R	171 400	1,34	4	5,36	groupe 4
AIRBUS	A 300	600 ST BELUGA	156 500	1,24	4	4,96	groupe 4
AIRBUS	A 300	B2	142 900	1,28	4	5,12	groupe 4
AIRBUS	A 300	B4/C4/600	165 900	1,28	4	5,12	groupe 4
AIRBUS	A 310	200	153 900	1,46	4	5,84	groupe 5
AIRBUS	A 310	200 BASIC	139 900	1,30	4	5,20	groupe 4
AIRBUS	A 310	200 C/DEV	142 900	1,33	4	5,32	groupe 4
AIRBUS	A 310	300	164 900	1,29	4	5,16	groupe 4
AIRBUS	A 318		68 400	1,24	2	2,48	groupe 3
AIRBUS	A 319	100 BOG	70 400	1,13	2	2,26	groupe 3
AIRBUS	A 319	100 JUM	75 900	1,38	2	2,76	groupe 3
AIRBUS	A 320	100	68 400	1,28	2	2,56	groupe 3
AIRBUS	A 320	200 BOG	75 900	1,22	2	2,44	groupe 3
AIRBUS	A 320	200 JUM	77 400	1,44	2	2,88	groupe 3
AIRBUS	A 321	100	85 400	1,39	2	2,78	groupe 3
AIRBUS	A 321	200	93 400	1,50	2	3,00	groupe 3
AIRBUS	A 330	200	233 900	1,42	4	5,68	groupe 5
AIRBUS	A 330	300	233 900	1,45	4	5,80	groupe 5
AIRBUS	A 340	200 AILE	275 900	1,42	4	5,68	groupe 5
AIRBUS	A 340	200 FUSEL	275 900	1,09	2	2,18	groupe 3
AIRBUS	A 340	300 AILE	277 400	1,42	4	5,68	groupe 5
AIRBUS	A 340	300 FUSEL	277 400	1,09	2	2,18	groupe 3
AIRBUS	A 340	500 AILE	381 200	1,61	4	6,44	groupe 5
AIRBUS	A 340	500 FUSEL	381 200	1,61	4	6,44	groupe 5
AIRBUS	A 340	600 AILE	381 200	1,61	4	6,44	groupe 5
AIRBUS	A 340	600 FUSEL	381 200	1,61	4	6,44	groupe 5
AIRBUS	A 380	800 AILE	571 000	1,50	4	6,00	groupe 5
AIRBUS	A 380	800 FUSEL	571 000	1,50	6	9,00	groupe 5
AIRBUS	A 380	800 F AILE	602 000	1,50	4	6,00	groupe 5
AIRBUS	A 380	800 F FUSEL	602 000	1,50	6	9,00	groupe 5
ANTONOV	AN-12		61 200	1,20	4	4,80	groupe 4
ANTONOV	AN-124		406 500	1,25	10	12,50	groupe 5
ANTONOV	AN-225		588 400	1,13	14	15,82	groupe 5

<sup>1</sup> Ces informations sont à recueillir auprès des constructeurs

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
ATR	ATR 42	200	15750	0,74	2	1,48	groupe 2
ATR	ATR 42	320	16720	0,75	2	1,50	groupe 2
ATR	ATR 42	500	18770	0,83	2	1,66	groupe 2
ATR	ATR 72	101/102	20020	0,79	2	1,58	groupe 2
ATR	ATR 72	201/202/212	21530	0,79	2	1,58	groupe 2
ATR	ATR 72	212A	22670	0,84	2	1,68	groupe 2
ATR	ATR 72	500	22670	0,84	2	1,68	groupe 2
BOEING	B 377	Super Guppy	77500	1,25	2	2,50	groupe 3
BOEING	B 737	400	68250	1,28	2	2,56	groupe 3
BOEING	B 737	500	60800	1,34	2	2,68	groupe 3
BOEING	B 737	600	65771	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 737	700	70307	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 737	800	79243	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 737	900	79243	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 737	BBJ	77791	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 737	BBJ2	79245	1,41	2	2,82	groupe 3
BOEING	B 747	100 SF	334700	1,60	4	6,40	groupe 5
BOEING	B 747	100/100B	341500	1,32	4	5,28	groupe 4
BOEING	B 747	100B SR	273500	1,12	4	4,48	groupe 4
BOEING	B 747	100B 300	341500	1,32	4	5,28	groupe 4
BOEING	B 747	100B 300 SR	273500	1,12	4	4,48	groupe 4
BOEING	B 747	200B COMBI 300	379100	1,31	4	5,24	groupe 4
BOEING	B 747	200B/200B COMBI	379100	1,31	4	5,24	groupe 4
BOEING	B 747	200B 300	379100	1,31	4	5,24	groupe 4
BOEING	B 747	200C	379100	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 747	200F	379100	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 747	400	397801	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 747	400 COMBI	397801	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 747	400 DOMESTIC	278279	1,03	4	4,12	groupe 4
BOEING	B 747	400 FREIGHTER	397801	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 747	400ER	414130	1,57	4	6,28	groupe 5
BOEING	B 747	400ER FREIGHTER	414130	1,59	4	6,36	groupe 5
BOEING	B 747	SP	318800	1,41	4	5,64	groupe 5
BOEING	B 757	200	116100	1,26	4	5,04	groupe 4
BOEING	B 757	200 PF	116100	1,26	4	5,04	groupe 4
BOEING	B 757	300	122930	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 767	200	143800	1,31	4	5,24	groupe 4
BOEING	B 767	200 ER	179623	1,31	4	5,24	groupe 4
BOEING	B 767	300	159650	1,25	4	5,00	groupe 4
BOEING	B 767	300 ER	187334	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 767	300 FREIGHTER	187334	1,38	4	5,52	groupe 5
BOEING	B 767	400 ER	204630	1,50	4	6,00	groupe 5
BOEING	B 777	200	243500	1,25	6	7,50	groupe 5
BOEING	B 777	200 ER	287800	1,41	6	8,46	groupe 5
BOEING	B 777	200 LR	348721	1,50	6	9,00	groupe 5
BOEING	B 777	300	300280	1,48	6	8,88	groupe 5
BOEING	B 777	300 ER	352441	1,52	6	9,12	groupe 5
BOEING	B 777	300 FREIGHTER	348721	1,52	6	9,12	groupe 5
BOMBARDIER	BD700	Global 5000	39894	1,15	2	2,30	groupe 3
BOMBARDIER	BD700	Global express	44565	1,15	2	2,30	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	300 (BD100)	17671	1,04	2	2,08	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	600	18758	1,53	2	3,06	groupe 3

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
BOMBARDIER	CHALLENGER	601	20 503	1,42	2	2,84	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	604	21 885	1,27	2	2,54	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	800, 850	24 154	1,26	2	2,52	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	870	35 115	1,05	2	2,10	groupe 3
BOMBARDIER	CHALLENGER	890	38 555	1,16	2	2,32	groupe 3
BOMBARDIER	CRJ	100, 200, 440	24 154	1,26	2	2,52	groupe 3
BOMBARDIER	CRJ	700	35 115	1,05	2	2,10	groupe 3
BOMBARDIER	CRJ	705, 900	38 555	1,16	2	2,32	groupe 3
BOMBARDIER	DASH8	Q100	16 740	0,53	2	1,06	groupe 2
BOMBARDIER	DASH8	Q200	16 556	0,63	2	1,26	groupe 2
BOMBARDIER	DASH8	Q300	19 600	0,70	2	1,40	groupe 2
BOMBARDIER	DASH8	Q400	29 347	1,56	2	3,12	groupe 3
BRITISH AEROSPACE	BAE 146	100 Ser	38 330	0,90	2	1,80	groupe 2
BRITISH AEROSPACE	BAE 146	200 Ser	43 100	1,14	2	2,28	groupe 3
BRITISH AIRCRAFT	BAC 01	nov 400	39 690	0,96	2	1,92	groupe 2
BRITISH AIRCRAFT	BAC 01	nov 475	44 680	0,58	2	1,16	groupe 2
BRITISH AIRCRAFT	BAC 01	nov 500	47 400	1,10	2	2,20	groupe 3
BRITISH AIRCRAFT	BAC 111		47 600	0,90	2	1,80	groupe 2
CANADAIR	CANADAIR CL-44		95 710	1,62	4	6,48	groupe 5
CONVAIR	CONVAIR 880 M		87 700	1,03	4	4,12	groupe 4
CONVAIR	CONVAIR 900		115 670	1,28	4	5,12	groupe 4
DASSAULT	FALCON 20		12 800	0,92	2	1,84	groupe 2
DASSAULT	FALCON 2000		16 300	1,43	2	2,86	groupe 3
DASSAULT	FALCON 50		17 600	1,43	2	2,86	groupe 3
DASSAULT	FALCON 900		20 640	1,30	2	2,60	groupe 3
DASSAULT	FALCON 7X		31 300	1,43	2	2,86	groupe 3
DEHAVILLAND	DHC 7 DASH 7		20 000	0,74	2	1,48	groupe 2
EMBRAER	EMB120	ER	12 070	0,94	2	1,88	groupe 2
EMBRAER	EMB120	RT	11 580	0,83	2	1,66	groupe 2
EMBRAER	EMB135	ER	19 100	0,95	2	1,90	groupe 2
EMBRAER	EMB135	LEGACY (BJ)	22 570	1,13	2	2,26	groupe 3
EMBRAER	EMB135	LR	20 100	1,04	2	2,08	groupe 3
EMBRAER	EMB145	EP	21 090	1,05	2	2,10	groupe 3
EMBRAER	EMB145	ER	20 700	1,03	2	2,06	groupe 3
EMBRAER	EMB145	EU	20 090	1,03	2	2,06	groupe 3
EMBRAER	EMB145	LR/LU/MR	22 100	1,15	2	2,30	groupe 3
EMBRAER	EMB145	MK	20 090	1,08	2	2,16	groupe 3
EMBRAER	EMB145	MP	21 090	1,08	2	2,16	groupe 3
EMBRAER	EMB145	XR	24 200	1,26	2	2,52	groupe 3
EMBRAER	EMB170	LR/SU	37 360	0,97	2	1,94	groupe 2
EMBRAER	EMB170	STD	36 150	0,97	2	1,94	groupe 2
EMBRAER	EMB175	STD/LR	38 950	1,00	2	2,00	groupe 3
EMBRAER	EMB190	LR/AR	51 960	1,08	2	2,16	groupe 3
EMBRAER	EMB190	STD	47 950	1,08	2	2,16	groupe 3
EMBRAER	EMB195	IGW	52 450	1,13	2	2,26	groupe 3
EMBRAER	EMB195	LR	50 950	1,13	2	2,26	groupe 3
EMBRAER	EMB195	STD	48 950	1,13	2	2,26	groupe 3
EMBRAER	ERJ140	KE	20 200	1,02	2	2,04	groupe 3
EMBRAER	ERJ140	KL	21 200	1,08	2	2,16	groupe 3
FOKKER	FOKKER 70	OPT	41 800	0,81	2	1,62	groupe 2
FOKKER	FOKKER 100	OPT	43 320	0,92	2	1,84	groupe 2
FOKKER	FOKKER 100	STD	41 730	0,89	2	1,78	groupe 2

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
FOKKER	FOKKER 27	200/500	20410	0,54	2	1,08	groupe 2
FOKKER	FOKKER F-28	1000	29480	0,58	2	1,16	groupe 2
FOKKER	FOKKER F-28	2000	29480	0,70	2	1,40	groupe 2
FOKKER	FOKKER F-28	4000	32210	0,70	2	1,40	groupe 2
FOKKER	FOKKER F-29		59780	1,02	2	2,04	groupe 3
HAWKER SIDDELEY	HS 121	2E	65950	1,09	4	4,36	groupe 4
HAWKER SIDDELEY	HS 121	3	68270	1,16	4	4,64	groupe 4
HAWKER SIDDELEY	HS 748		21180	0,65	2	1,30	groupe 2
HAWKER SIDDELEY	TRIDENT	1E	61160	1,03	4	4,12	groupe 4
HAWKER SIDDELEY	TRIDENT	2E	66000	1,07	4	4,28	groupe 4
ILYUSHIN	IL 62		166570	0,93	4	3,72	groupe 3
ILYUSHIN	IL 76	TD	191500	0,64	8	5,12	groupe 4
ILYUSHIN	IL 78	M	211000	0,64	8	5,12	groupe 4
LOCKHEED	L 1011	1	195960	1,24	4	4,96	groupe 4
LOCKHEED	L 1011	100/200	212290	1,21	4	4,84	groupe 4
LOCKHEED	L 1011	500	225890	1,27	4	5,08	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-6	PC	46200	0,90	2	1,80	groupe 2
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	43	144245	1,22	4	4,88	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	55	148781	1,28	4	5,12	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	55F	148781	1,28	4	5,12	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	61	148780	1,30	4	5,20	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	61F	150142	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	62	160121	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	62F	160121	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	63	162389	1,35	4	5,40	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	63F	162389	1,35	4	5,40	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	71	148781	1,30	4	5,20	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	71F	150142	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	72	153317	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	72F	153317	1,31	4	5,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	73	162389	1,35	4	5,40	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-8	73F	162389	1,35	4	5,40	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	15	41504	0,89	2	1,78	groupe 2
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	15F	41504	0,89	2	1,78	groupe 2
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	21	45813	0,99	2	1,98	groupe 2
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	32F	49442	1,07	2	2,14	groupe 3
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	33	49442	1,07	2	2,14	groupe 3
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	41	52163	1,11	2	2,22	groupe 3
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	51	55338	1,19	2	2,38	groupe 3
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-9	80/81	63958	1,18	2	2,36	groupe 3
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	10	207750	1,34	4	5,36	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	10CF	207750	1,34	4	5,36	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	30 AILE	264445	1,22	4	4,88	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	30 FUSEL	264445	1,06	4	4,24	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	30CF AILE	264445	1,22	4	4,88	groupe 4
Mc DONNELL DOUGLAS	DC-10	30CF FUSEL	264445	1,06	4	4,24	groupe 4

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
Mc DONNEL DOUGLAS	DC-10	40 AILE	264 445	1,22	4	4,88	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	DC-10	40 FUSEL	264 445	1,06	4	4,24	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	DC-10	40CF AILE	264 445	1,22	4	4,88	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	DC-10	40CF FUSEL	264 445	1,06	4	4,24	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-10	10	207 750	1,07	4	4,28	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-10	30F AILE	264 444	1,21	4	4,84	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-10	30F FUSEL	264 444	1,00	4	4,00	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-11	AILE	287 120	1,42	4	5,68	groupe 5
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-11	FUSEL	287 120	1,25	4	5,00	groupe 4
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-80	81	63 958	1,18	2	2,36	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-80	82/88	68 266	1,27	2	2,54	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-80	83	73 028	1,34	2	2,68	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-80	87	68 266	1,27	2	2,54	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-90	30	71 214	1,31	2	2,62	groupe 3
Mc DONNEL DOUGLAS	MD-90	30ER	76 430	1,33	2	2,66	groupe 3
SAAB	SAAB 2000		23 200	1,14	2	2,28	groupe 3
SAAB	SAAB 340		13 290	0,79	2	1,58	groupe 2
TUPOLEV	TU 134		45 200	0,59	4	2,36	groupe 3
TUPOLEV	TU 134	A	47 200	0,59	4	2,36	groupe 3
TUPOLEV	TU 154		90 300	0,79	6	4,74	groupe 4
TUPOLEV	TU 154	A	94 300	0,79	6	4,74	groupe 4
TUPOLEV	TU 154	B	96 300	0,79	6	4,74	groupe 4
TUPOLEV	TU 154	M	100 500	0,79	6	4,74	groupe 4
<b>AVIONS MILITAIRES</b>							
AEROSPATIALE-MBB	TRANSALL C 160		49 100	0,40	4	1,60	groupe 2
AEROSPATIALE-MBB	TRANSALL C 160	F	51 000	0,40	4	1,60	groupe 2
AEROSPATIALE-MBB	TRANSALL C 160	G - GABRIEL	51 000	0,40	4	1,60	groupe 2
AEROSPATIALE-MBB	TRANSALL C 160	H - ASTARTE	51 000	0,40	4	1,60	groupe 2
AEROSPATIALE-MBB	TRANSALL C 160	NG	51 000	0,40	4	1,60	groupe 2
AIRBUS	A400M		137 000	0,88	6	5,28	groupe 4
BRITISH AEROSPACE	BAE NIMROD		104 500	1,20	4	4,80	groupe 4
BRITISH AEROSPACE	BAE SUPER-VC10		153 000	1,01	4	4,04	groupe 3
BOEING	C17A		265 800	0,95	6	5,70	groupe 5
BOEING	KC135		152 500	1,24	4	4,96	groupe 4
CASA	CN 235	100	16 000	0,80	2	1,60	groupe 2
CASA	CN 235	300	16 700	0,80	2	1,60	groupe 2
DASSAULT/DORNIER	ALPHAJET		7 250	1,40	1	1,40	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE 2000		15 200	1,04	1	1,04	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE 2000	5F	17 000	1,04	1	1,04	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE 2000	B	16 500	1,04	1	1,04	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE 2000	C	16 500	1,04	1	1,04	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE F1	B	16 200	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE F1	C	15 200	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE F1	CT	16 270	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE III	B	11 400	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE III	C	11 600	1,32	1	1,32	groupe 2

Constructeur	Type	Série	Masse maximale (kg)	Pression pneu atterrisseur (MPa)	Nombre de roues (atterrisseur principal)	Pression x nbr roues/att. principal	« Groupe » de l'avion
DASSAULT	MIRAGE III	E	13 500	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	MIRAGE IV	P	33 800	1,32	1	1,32	groupe 2
DASSAULT	RAFALE		24 600	1,66	1	1,66	groupe 2
EMBRAER	EMB 121 XINGU		5 700	1,40	1	1,40	groupe 2
EMBRAER	EMB 312 TUCANO		3 200	1,40	1	1,40	groupe 2
LOCKHEED	F16	D	17 010	1,97	1	1,97	groupe 2
LOCKHEED	HERCULES C 130	H	79 200	0,54	2	1,08	groupe 2
LOCKHEED	HERCULES C 130	H 30	79 200	0,54	2	1,08	groupe 2
LOCKHEED	HERCULES C 130	L382	70 760	0,74	2	1,48	groupe 2
LOCKHEED	HERCULES C 130		79 380	0,54	2	1,08	groupe 2
LOCKHEED-MARTIN	C5A GALAXY		349 000	0,84	6	5,04	groupe 4
LOCKHEED-MARTIN	ORION P3C		63 500	0,90	2	1,80	groupe 2
MAURANE-SAULNIER	MS-760 PARIS		4 000	0,40	1	0,40	groupe 2
PANAVIA	TORNADO		27 985	1,60	1	1,60	groupe 2
SEPECAT	JAGUAR		15 800	1,60	2	3,20	groupe 3
SOCATA	EPSILON TB 30		1 300	1,40	1	1,40	groupe 2
<b>HÉLICOPTÈRES</b>							
AEROSPATIALE	DAUPHIN/ PANTHERAS	365/AS 565	4 300	0,86	1	0,86	groupe 2
AEROSPATIALE	DAUPHIN	EC 155	4 850	0,86	1	0,86	groupe 2
AEROSPATIALE	PUMA		7 400	0,48	2	0,96	groupe 2
AEROSPATIALE	SUPER FRELON		13 000	0,69	2	1,38	groupe 2
AEROSPATIALE	SUPER PUMA/ COUGAR	AS 332 L2	9 300	0,90	1	0,90	groupe 2
AEROSPATIALE	SUPER PUMA/ COUGAR	AS 532 A2	11 200	0,90	1	0,90	groupe 2
AEROSPATIALE	SUPER PUMA/ COUGAR	AS 532 U2	9 750	0,90	1	0,90	groupe 2
EH1	EH1	EH 101	14 600	0,70	1	0,70	groupe 2
EUROCOPTER	NH 90		10 600	0,93	1	0,93	groupe 2
EUROCOPTER	SUPER PUMA/ COUGAR	EC 225	10 400	0,90	1	0,90	groupe 2
EUROCOPTER	SUPER PUMA/ COUGAR	EC 725	11 000	0,90	1	0,90	groupe 2
MIL	MIL	MI 26	56 500	0,60	2	1,20	groupe 2

# Annexe B: définition du type de climat des principaux aérodromes français

Moyennes des températures maximales et minimales journalières mensuelles (source METEO-FRANCE)

■ type 1  
■ type 2  
■ type 3  
■ type 4

Tableau 26 – Définition du type de climat des principaux aérodromes français de métropole

Stations	température minimale journalière		température maximale journalière		Type de climat
	Janvier	Février	Juillet	Août	
Agen La Garenne	2,8	2,7	27,5	28,2	2
Ajaccio	4,5	4	28	29	2
Alençon	2,1	2,1	23,5	25	1
Amiens Glisy	1,4	1,9	22,9	24,6	1
Aurillac	-0,1	-0,7	23,7	24,5	3
Auxerre	1,2	1,5	25,3	26,6	1
Bastia	5,6	5	28,9	29,6	2
Besançon	-0,1	0,1	24,6	25,6	3
Biarritz Anglet	5,2	5	23,6	25,1	1
Bordeaux Mérignac	3,9	3,6	26,4	27,8	2
Brest-Guipavas	4,6	4,7	20,4	21,5	1
Châteauroux Déols	1,6	1,7	25,4	26,5	1
Clermont-Ferrand	0,6	0,9	26	26,8	1
Dijon Longvic	-0,4	0	25,7	26,4	3
Lannaero	4,3	4,4	20,1	21,4	1
Lille - Lesquin	1,5	2,3	22,5	24	1
Limoges	2	1,8	25,7	26,9	1
Lorient	4,1	4,1	22,3	23,3	1
Lyon Saint-Exupéry	0,9	1,3	26,6	27,3	2
Marseille Marignane	3,8	3,6	30	30,1	2
Megève	-5,4	-5,4	9,7	10,2	3
Metz Frescaty	-0,5	0,2	24,6	25,7	3
Mont-de-Marsan	1,9	1,9	27,2	28	2
Montpellier	3,7	3,4	28,9	28,9	2
Bâle Mulhouse	-1	-0,5	25,1	26,1	3
Nantes	3,4	3,2	24,4	25,7	1
Nevers-Marzy	0,7	0,4	24,9	26,1	1
Nice	5,5	5,8	27,1	28	2
Nîmes-Garons	3,5	3,5	30	29,9	2
Paris-le-Bourget	1,9	2,3	24,5	25,9	1
Perpignan Rivesaltes	4,7	5,3	28,8	29,2	2
Poitiers Biard	2	1,5	25,3	26,5	1
Le Puy en Velay	-0,6	-0,4	26,5	27	3
Reims Champagne	0,2	0,9	24	25,1	1
Rennes Saint Jacques	3,5	3,4	24,2	25,2	1
Albi	2,2	2	28,3	28,9	2
Rouen	1,4	1,8	22,3	23,8	1
Strasbourg	-0,7	0	25	26,2	3
Tarbes-Ossun	1,3	1,7	24,6	25,5	1
Toulouse-Blagnac	3,2	3,3	27,6	28,2	2
Tours	2,2	2,4	25	26,2	1
Montélimar	2,3	2,5	28,9	29,5	2

## OUTRE-MER

### Hémisphère NORD

Tableau 27 – Définition du type de climat des principaux aéroports français d'outre-mer situés dans l'hémisphère Nord

Stations	température minimale journalière		température maximale journalière		type de climat
	Janvier	Février	Juillet	Août	
Cayenne-Suzini (Guyane)	24,5	25,6	30,7	31,1	4
Fort de France Desaix (Martinique)	22,2	21,9	29,5	30,2	4
Basse-Terre (Guadeloupe)	22,0	21,7	30,8	31,2	4
St Pierre et Miquelon	-4,8	-5,6	16,8	18,2	3

### Hémisphère SUD

Tableau 28 – Définition du type de climat des principaux aéroports français d'outre-mer situés dans l'hémisphère Sud

Stations	température maximale journalière		température minimale journalière		type de climat
	Janvier	Février	Juillet	Août	
Dzoudzi - Pamandzi (Mayotte)	30,3	30,4	21,5	20,4	4
Nouméa - La Tontouta (Nouvelle-Calédonie)	29,3	29,4	17,4	17,2	4
St-Denis-Gillot (La Réunion)	29,7	29,8	17,6	17,3	4
St-Pierre (La Réunion)	30,9	30,3	17,1	17,0	4
Tahiti - Faa'a (Tahiti)	31,1	30,3	21,8	21,6	4



# Annexe C: définitions des exigences pour l'utilisation des agrégats d'enrobés

Les exigences pour la description et la classification des agrégats d'enrobés sont conformes à la norme NF EN 13 108-8.

Les agrégats d'enrobés sont désignés par l'abréviation AE, précédée de la désignation de la dimension des agrégats d'enrobés et suivie de la désignation de la dimension des granulats de l'enrobé.

Ils sont au maximum de catégorie 35 AE 0/D avec D inférieur à D de l'enrobé recyclé.

Les spécifications des agrégats d'enrobés sont au minimum conformes aux catégories F1, P15 ou S<sub>70</sub>.

- Catégorie d'agrégats d'enrobés suivant l'étendue de leur teneur en liant (TL)

Étendue de la teneur en liant	Catégorie
≤ 1 %	TL <sub>1</sub>
≤ 2 %	TL <sub>2</sub>
> 2 % ou non spécifié	TL <sub>NS</sub>



- Pénétrabilité minimale ou TBA (température bille et anneau) maximale (B) du liant extrait des agrégats d'enrobés pour un échantillon et la moyenne de n échantillons.

L'échantillonnage doit être fait conformément à la norme EN 932-1.

Pénétrabilité (1/10 mm)	TBA (°C)	Fréquence des essais	Catégorie
Minimale = 5 et étendue ≤ 15	Maximale = 77 et étendue ≤ 8	n1 (*)	B <sub>1</sub>
Minimale = 5	Maximale = 77	n2 (**)	B <sub>2</sub>
à déclarer	à déclarer	non spécifiée	B <sub>NS</sub>

(\*) n1= 1 échantillon pour 1000 tonnes avec un minimum de 5 essais

(\*\*) n2= 1 échantillon pour 1000 tonnes, sans condition de minimum d'essais

- Homogénéité granulométrique (G) des agrégats d'enrobés

Passant à 1,4 D	Passant à D	% passant à 2 mm	% passant à 0,063 mm	Catégorie
Vsi 99	Li 85 Ls 99 e 10	e 15	e 4	G <sub>1</sub>
Vsi 99	Li 80 Ls 99 e 15	e 20	e 6	G <sub>2</sub>
non spécifiée	non spécifiée	non spécifiée	non spécifiée	G <sub>NS</sub>

Note : Les définitions des symboles D, Vsi, Li, Ls, e sont celles de la norme XP P 18-545

- Classement des agrégats d'enrobés suivant l'homogénéité de leurs caractéristiques intrinsèques et leur angularité (R)

Catégorie des granulats suivant l'article 8 de la norme XP P 18-545	Fréquence des essais	Catégorie d'agrégats d'enrobés
Code A ou B et code Ang1 pour les gravillons et les sables (essai d'écoulement)	1 pour 2000 tonnes (*)	R <sub>1</sub>
Catégorie C ou non caractérisée	non spécifiée	R <sub>NS</sub>

(\*) Valeur déclarée dans le cas de fraisats issus d'une formulation unique (homogène et D ≤ 31,5 mm).

# Annexe D : tableaux de synthèse des performances des mélanges bitumineux

## Tableaux récapitulatifs des performances – approche empirique

Tableau 29 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBSG – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr <sub>70</sub> (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations		à 10 girations	0,063	0,250	2,00	6,3		D
									%	%	%	%	%		
EB10-BBSG classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	V <sub>10C<sub>min</sub>11</sub>	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,2
EB10-BBSG classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,2
EB10-BBSG classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,2
EB10-BBSG classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,2

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 30 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBSG – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations		à 10 girations	0,063	0,250	2,00	6,3		D
								%	%	%	%	%			
EB14-BBSG classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 9</sub>	80	V <sub>10C<sub>min11</sub></sub>	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min5,0</sub>
EB14-BBSG classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 9</sub>	80	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min5,0</sub>
EB14-BBSG classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 9</sub>	80	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min5,0</sub>
EB14-BBSG classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 9</sub>	80	NR	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min5,0</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 31 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBA de type C – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques							
					Sensibilité à l'eau ITS <sub>R</sub> (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	4,00	6,3		D
										%	%	%	%	%		%
EB10-BBA type C classe 0	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min</sub> 3 V <sub>max</sub> 7	60	V10G <sub>min11</sub>	NR	6	10	35	65	90	TL <sub>min</sub> 5,4	
	Liaison				ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 8				9	25	45	-	80		100
EB10-BBA type C classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min</sub> 3 V <sub>max</sub> 7	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	6	10	35	65	90		TL <sub>min</sub> 5,4
	Liaison				ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 8				9	25	45	-	80		
EB10-BBA type C classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min</sub> 3 V <sub>max</sub> 7	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	6	10	35	65	90	TL <sub>min</sub> 5,4	
	Liaison				ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 8				9	25	45	-	80		
EB10-BBA type C classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min</sub> 3 V <sub>max</sub> 7	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	6	10	35	65	90		TL <sub>min</sub> 5,4
	Liaison				ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 8				9	25	45	-	80		
										5	10	32	62	90		
										8	25	42	-	77	100	

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 32 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBA de type C – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques							
					Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques						Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	4,00	6,3	D	
EB14-BBA type C classe 0	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 3	80	V <sub>10G<sub>min</sub>11</sub>	NR	6	10	32	54	90	TL <sub>min</sub> 5,2	
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 7				9	25	45	-	69		100
EB14-BBA type C classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 3	80	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	6	10	32	54	90		TL <sub>min</sub> 5,2
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 7				9	25	42	-	69		
EB14-BBA type C classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 3	80	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	6	10	32	54	90	TL <sub>min</sub> 5,2	
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 7				9	25	42	-	69		
EB14-BBA type C classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 3	80	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	6	10	32	54	90		TL <sub>min</sub> 5,2
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 7				9	25	42	-	69		
						V <sub>min</sub> 4				5	10	30	50	90		
						V <sub>max</sub> 8				8	25	40	-	65	100	

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 33 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBA de type D – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITS <sub>R80</sub> (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Caractéristiques empiriques							
						Pourcentage de vide PCG		Étendue (%) /Tamis caractéristiques		Teneur en liant minimale							
						classe	Nb girations				à 10 girations	0,063	0,250	2,00	4,00	6,3	D
												%	%	%	%	%	%
EB10-BBA type D classe 0 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*		ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min 5</sub> V <sub>max 9</sub>	40	V10G <sub>min11</sub>	NR	6 à 9	10 à 25	35 à 45	47 à 57	53 à 63	90 à 100	TL <sub>min5,2</sub>	
EB10-BBA type D classe 1 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*		ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min 5</sub> V <sub>max 9</sub>	40	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	6 à 9	10 à 25	35 à 45	47 à 57	53 à 63	90 à 100	TL <sub>min5,2</sub>	
EB10-BBA type D classe 2 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*		ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min 5</sub> V <sub>max 9</sub>	40	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	6 à 9	10 à 25	35 à 45	47 à 57	53 à 63	90 à 100	TL <sub>min5,2</sub>	
EB10-BBA type D classe 3 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*		ITS <sub>R80</sub>	V <sub>min 5</sub> V <sub>max 9</sub>	40	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	6 à 9	10 à 25	35 à 45	47 à 57	53 à 63	90 à 100	TL <sub>min5,2</sub>	

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR: non requis

Tableau 34 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBA de type D – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr <sub>80</sub> (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques							
						Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques						Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	4,00	6,3	D	
										%	%	%	%	%	%	
EB14-BBA type D classe 0 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	V10G <sub>min11</sub>	NR	6 à 9	10 à 25	33 à 43	36 à 46	37 à 47	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBA type D classe 1 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	6 à 9	10 à 25	33 à 43	36 à 46	37 à 47	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBA type D classe 2 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	6 à 9	10 à 25	33 à 43	36 à 46	37 à 47	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBA type D classe 3 (D 4/6) (D 2/6)	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	NR	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	6 à 9	10 à 25	33 à 43	36 à 46	37 à 47	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR: non requis

Tableau 35 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBM de type A – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	6,3	D	
%	%	%	%	%											
EB10-BBM de type A classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	40	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type A classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	3000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type A classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	10000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type A classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	30000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 36 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBM de type A – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	6,3	D	
%	%	%	%	%											
EB14-BBM de type A classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	40	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type A classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	3000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type A classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	10000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type A classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	NR	30000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 37 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBM de type B – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations		à 10 girations	0,063	0,250	2,00	6,3		D
%	%	%	%	%											
EB10-BBM de type B classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type B classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	3 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type B classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	10 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type B classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	30 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 38 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBM de type B – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales			Caractéristiques empiriques						
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations		à 10 girations	0,063	0,250	2,00	6,3		D
%	%	%	%	%											
EB14-BBM de type B classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type B classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	3 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type B classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	10 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB14-BBM de type B classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 7 V <sub>max</sub> 12	40	NR	30 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 39 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBM de type C – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques						
					Sensibilité à l'eau ITS <sub>R70</sub> (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	6,3	D	
%	%	%	%	%											
EB10-BBM de type C classe 0	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 6 V <sub>max</sub> 11	40	V10G <sub>min1</sub>	NR	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type C classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 8 V <sub>max</sub> 13	40	NR	3000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type C classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 8 V <sub>max</sub> 13	40	NR	10000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>15</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
EB10-BBM de type C classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITS <sub>R70</sub>	V <sub>min</sub> 8 V <sub>max</sub> 13	40	NR	30000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 23	27 à 37	30 à 40	90 à 100	TL <sub>min</sub> 4,8

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
NR : non requis

Tableau 40 – Couches de surface - Performances d'un BBTM 10 – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques							
					Sensibilité à l'eau ITS <sub>R75</sub> (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	4,00	6,3		D
%	%	%	%	%												
BBTM 10 classe A ou B	roulement	NF EN 13108-2	*	10	ITS <sub>R75</sub>	V <sub>min</sub> 10 V <sub>max</sub> 17	25	NR	NR	4,5 à 6,5	15 à 25	27 à 33	-	28 à 45	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
BBTM 10 classe A ou B niv 2**	roulement	NF EN 13108-2	*	10	ITS <sub>R75</sub>	V <sub>min</sub> 10 V <sub>max</sub> 17	25	NR	Stabilité mécanique 3000 cycles (Vi = 11 % Vs = 14 % épaisseur 5 cm) P <sub>15</sub>	4,5 à 6,5	15 à 25	27 à 33	-	28 à 45	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
BBTM 10 classe B	roulement	NF EN 13108-2	*	10	ITS <sub>R75</sub>	V <sub>min</sub> 18 V <sub>max</sub> 25	25	NR	NR	4 à 6	10 à 20	15 à 25	-	28 à 45	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
BBTM 10 classe B niv 2**	roulement	NF EN 13108-2	*	10	ITS <sub>R75</sub>	V <sub>min</sub> 18 V <sub>max</sub> 25	25	NR	Stabilité mécanique 3000 cycles (Vi = 11 % Vs = 14 % épaisseur 5 cm) P <sub>15</sub>	4 à 6	10 à 20	15 à 25	-	28 à 45	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21  
\*\* Niveau 2 de formulation  
NR : non requis

Tableau 41 – Couches de surface - Performances d'un BBTM 6 – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques							
					Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale	
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	4,00	6,3		D
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%							
BBTM 6 classe A	roulement	NF EN 13108-2	*	6,3	ITSR <sub>75</sub>	V <sub>min</sub> 12 V <sub>max</sub> 19	25	NR	NR	7 à 9	15 à 25	20 à 30	25 à 35	-	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0
BBTM 6 classe B niv 2**	roulement	NF EN 13108-2	*	6,3	ITSR <sub>75</sub>	V <sub>min</sub> 20 V <sub>max</sub> 25	25	NR	Stabilité mécanique 3000 cycles (Vi = 17 % Vs = 20 % épaisseur 5 cm) P <sub>20</sub>	4 à 6	10 à 20	15 à 25	20 à 30	-	90 à 100	TL <sub>min</sub> 5,0

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

\*\* Niveau 2 de formulation

NR : non requis

Tableau 42 – Couches d'assise - Performances d'un EB14-GB – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques						
					Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	6,3	D	
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
EB14-GB classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 11	100	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 3,8
EB14-GB classe 2 Niv. 2**	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 11	100	NR	10 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 3,8
EB14-GB classe 3	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 10	100	V10G <sub>min</sub> 11	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 4,2
EB14-GB classe 3 Niv. 2**	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max</sub> 10	100	NR	10 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min</sub> 4,2

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

\*\* Niveau 2 de formulation

NR : non requis

Tableau 43 – Couches d'assise - Performances d'un EB20-GB – Approche empirique

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Caractéristiques générales				Caractéristiques empiriques						
					Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Pourcentage de vide PCG			Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Étendue (%) /Tamis caractéristiques					Teneur en liant minimale
						classe	Nb girations	à 10 girations		0,063	0,250	2,00	6,3	D	
										%	%	%	%	%	
EB20-GB classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max11</sub>	120	V10G <sub>min11</sub>	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min3,8</sub>
EB20-GB classe 2 Niv. 2**	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max11</sub>	120	NR	10000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min3,8</sub>
EB20-GB classe 3	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max10</sub>	120	V10G <sub>min11</sub>	NR	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min4,2</sub>
EB20-GB classe 3 Niv. 2**	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max10</sub>	120	NR	10000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	5 à 8	10 à 25	28 à 38	50 à 65	90 à 100	TL <sub>min4,2</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

\*\* Niveau 2 de formulation

NR : non requis

## Tableaux récapitulatifs des performances – approche fondamentale

Tableau 44 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBSG – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz (% vides plaque) Classe	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2 (% vides plaque) Classe
						classe	Nb girations			
EB10-BBSG classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB10-BBSG classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB10-BBSG classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 45 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBSG – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz (% vides plaque) Classe	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2 (% vides plaque) Classe
						classe	Nb girations			
EB14-BBSG classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB14-BBSG classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB14-BBSG classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>70</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 46 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBME – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr <sub>80</sub> (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C	Essai de fatigue 10 °C
						classe	Nb girations	Nb cycles (% vides plaque)	(% vides plaque)	(% vides plaque)
							Classe	Classe	Classe	
EB10-BBME classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 9000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB10-BBME classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 11000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB10-BBME classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 10	60	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 11000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 47 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBME – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr <sub>80</sub> (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C	Essai de fatigue 10 °C
						classe	Nb girations	Nb cycles (% vides plaque)	(% vides plaque)	(% vides plaque)
							Classe	Classe	Classe	
EB14-BBME classe 1	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 9000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB14-BBME classe 2	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 11000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>
EB14-BBME classe 3	Roulement ou liaison	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 4 V <sub>max</sub> 9	80	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>5</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min</sub> 11000	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 48 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBA de type C – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2
						classe	Nb girations			
				Classe	Classe	Classe				
EB10-BBA Type C classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>15</sub>		
EB10-BBA Type C classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>10</sub>		
EB10-BBA Type C classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>7,5</sub>		

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 49 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBA de type C – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2
						classe	Nb girations			
				Classe	Classe	Classe				
EB14-BBA Type C classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	80	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>15</sub>		
EB14-BBA Type C classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	80	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>10</sub>		
EB14-BBA Type C classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>80</sub>	V <sub>min 3</sub> V <sub>max 7</sub>	80	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)	(Vi = 4 % Vs = 7 %)
	Liaison				ITSR <sub>70</sub>	V <sub>min 4</sub> V <sub>max 8</sub>		P <sub>7,5</sub>		

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 50 – Couches de surface - Performances d'un EB10-BBA de type D – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2
						classe	Nb girations			
						Classe	Classe	Classe		
EB10-BBA Type D classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	40	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-130</sub>
EB10-BBA Type D classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	40	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-100</sub>
EB10-BBA Type D classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	10	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	40	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 51 – Couches de surface - Performances d'un EB14-BBA de type D – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSr (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2
						classe	Nb girations			
						Classe	Classe	Classe		
EB14-BBA Type D classe 1	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>15</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-130</sub>
EB14-BBA Type D classe 2	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 5500	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-100</sub>
EB14-BBA Type D classe 3	Roulement	NF EN 13108-1	*	14	ITSr <sub>80</sub>	V <sub>min</sub> 5 V <sub>max</sub> 9	60	10 000 cycles (Vi = 4 % Vs = 7 %) P <sub>7,5</sub>	(Vi = 4 % Vs = 7 %) S <sub>min</sub> 7000	(Vi = 4 % Vs = 7 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 52 – Couches d’assise - Performances d’un EB14-GB – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l’eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d’ornièrage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz (% vides plaque) Classe	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2 (% vides plaque) Classe
						classe	Nb girations			
EB14-GB classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 11</sub>	100	10 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) S <sub>min9000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) ε <sub>6-80</sub>
EB14-GB classe 3	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 10</sub>	100	10 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) S <sub>min9000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) ε <sub>6-90</sub>
EB14-GB classe 4	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 9</sub>	100	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min11000</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 53 – Couches d’assise - Performances d’un EB20-GB – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l’eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d’ornièrage à 60 °C Nb cycles (% vides plaque) Classe	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz (% vides plaque) Classe	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2 (% vides plaque) Classe
						classe	Nb girations			
EB20-GB classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 11</sub>	120	10 000 cycles (Vi = 8 % Vs = 11 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) S <sub>min9000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) ε <sub>6-80</sub>
EB20-GB classe 3	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 10</sub>	120	10 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) S <sub>min9000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %) ε <sub>6-90</sub>
EB20-GB classe 4	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max 9</sub>	120	30 000 cycles (Vi = 5 % Vs = 8 %) P <sub>10</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) S <sub>min11000</sub>	(Vi = 5 % Vs = 8 %) ε <sub>6-100</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

Tableau 54 – Couches d'assise - Performances d'un EB-EME – Approche fondamentale

Désignation	Destination	NF EN de référence	Liant grade	D (max) en mm	Sensibilité à l'eau ITSR (I/C) méthode B par compression	Caractéristiques générales		Caractéristiques fondamentales		
						Pourcentage de vide PCG		Essai d'orniérage à 60 °C  Nb cycles (% vides plaque)  Classe	Essai de module 15 °C 0,02s ou 10 Hz  (% vides plaque)  Classe	Essai de fatigue 10 °C 25 Hz flex.2  (% vides plaque)  Classe
						classe	Nb girations			
EB10-EME classe 1	Assise	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max10</sub>	80	30 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  ε <sub>6-100</sub>
EB10-EME classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	10	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max6</sub>	80	30 000 cycles (Vi = 3 % Vs = 6 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  ε <sub>6-130</sub>
EB14-EME classe 1	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max10</sub>	100	30 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  ε <sub>6-100</sub>
EB14-EME classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	14	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max6</sub>	100	30 000 cycles (Vi = 3 % Vs = 6 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  ε <sub>6-130</sub>
EB20-EME classe 2	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max10</sub>	120	30 000 cycles (Vi = 7 % Vs = 10 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 7 % Vs = 10 %)  ε <sub>6-100</sub>
EB20-EME classe 1	Assise	NF EN 13108-1	*	20	ITSR <sub>70</sub>	V <sub>max6</sub>	120	30 000 cycles (Vi = 3 % Vs = 6 %)  P <sub>7,5</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  S <sub>min14000</sub>	(Vi = 3 % Vs = 6 %)  ε <sub>6-130</sub>

\* Pour le type de liant et le grade, se reporter au tableau 21

# Annexe E: résistance aux chargements statiques

La résistance aux chargements statiques d'un enrobé, peut être caractérisée suivant l'un des deux essais présentés ci-après.

## Essai de module en traction directe – chargement long

Suivant la norme NF EN 12 697-26 et selon l'une des modalités DT-CY ou DT-PR.

Le pourcentage de vides des corps d'épreuve doit respecter la norme « produit », si elle existe. Dans le cas contraire, il doit être spécifié dans le marché ou dans la proposition de l'Entreprise.

L'essai est réalisé dans les conditions opératoires suivantes :

- température d'essai : + 30 °C,
- amplitude de déformation relative : 200 microdéfs,
- temps de chargement : 300 secondes.

La valeur du module doit être supérieure ou égale à 200 MPa.

## Essai de poinçonnement

Selon le mode opératoire décrit dans la recommandation ANNALES de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics (I.T.B.T.P.), n° 465 de juin 1988.

L'essai consiste à mesurer, en fonction du temps, à des températures et sous des charges données, l'enfoncement d'un poinçon de section définie dans une éprouvette du produit soumis à l'essai.

Cet enfoncement dépend :

- de la durée de l'essai,
- de la charge appliquée,
- de la température à laquelle s'effectue l'essai.

Les valeurs de ces 2 derniers paramètres sont choisies en fonction de l'utilisation pour laquelle le produit est prévu et de l'environnement dans lequel il est utilisé.

À titre d'exemple, pour un essai à l'aide d'un poinçon d'une section de 5 mm<sup>2</sup> et pour une pression de 5 MPa, on peut retenir, pour des températures de 20 °C, 40 °C et 50 °C à des durées d'essai respectivement de 24 h, 24 h et 4 h, les valeurs d'enfoncement du tableau 55.

Tableau 55 – Essai de poinçonnement - Valeurs d'enfoncement du poinçon

Température de l'essai	Durée de l'essai	Enfoncement maximum
20 °C	24 h	2 mm
40 °C	24 h	3 mm
50 °C	4 h	3 mm

# Annexe F : note technique sur les enrobés percolés

## Champ d'application

Ces produits offrent une forte résistance au poinçonnement statique et aux contraintes provoquées par les charges roulantes. Ils sont utilisés depuis de nombreuses années sur les plates-formes industrielles à fortes sollicitations mécaniques.

Ils peuvent être une solution adaptée pour les chaussées des aires de trafic des plates-formes aéronautiques qui subissent de fortes sollicitations mécaniques et des agressions chimiques, et plus particulièrement à celles dont le niveau de sollicitation est NS3 ou NS4.

## Caractéristiques générales

Ce sont des produits d'entreprise qui, à l'heure actuelle, ne font l'objet d'aucune normalisation.

Ils sont constitués d'une matrice composée d'un enrobé ouvert dont tous les vides communicants sont comblés par un coulis hydraulique.

L'épaisseur moyenne de mise en œuvre est d'environ 4 cm à 5 cm.

## La matrice

Elle est constituée d'un enrobé hydrocarboné fortement ouvert dont :

- la granularité 0/10 ou 0/14, est soit continue soit discontinue,
- les granulats sont conformes à la norme NF EN 13043 et à la codification de la norme XP P 18545,
- la teneur en liant est faible de l'ordre de 4%. Le liant utilisé est un bitume pur : 70/100 ou 50/70 ou 35/50, conforme à la norme NF EN 12591,
- le pourcentage de vides à obtenir après compactage est compris entre 15 et 25%.

## Le coulis hydraulique

Il est composé à partir de :

- sables et fines (charges minérales),
- ciment ordinaire, conforme à la norme NF EN 197-1,
- eau, de type 2, répondant aux spécifications de la norme NF EN 1008,
- additifs (résines et polymères) destinés à réduire le retrait et à stabiliser le coulis.

Le dosage de ces différents constituants varie en fonction des performances recherchées.

## Fabrication

### Enrobé hydrocarboné

Il est fabriqué dans tous types de centrale, qu'elle soit à mode continu (NF 98728-1) ou à mode discontinu (NF 98728-2).

La température d'enrobage est comprise entre 140 °C et 180 °C.

### Coulis hydraulique

Il est fabriqué sur place à l'aide d'un malaxeur mobile ou dans une centrale pour les chantiers importants.

Il est livré soit sous forme anhydre pré-mélangé, soit recomposé.

Sa consistance est réglée de façon à obtenir le remplissage de la totalité des vides communicants de l'enrobé ouvert (fluidité proche de 15 secondes au cône de Marsh, orifice de 10 mm).



## Mise en œuvre

### Support de pose

La mise en œuvre d'un enrobé percolé demande la réalisation d'un support ayant un module de rigidité important de type structure semi-rigide ou bitumineuse. En général, le support est constitué soit d'une grave hydraulique, soit d'une grave bitume, soit d'un enrobé à module élevé.

### Enrobé hydrocarboné

La température minimale de répandage est de 135 °C. Son transport et sa mise en œuvre sont réalisés conformément aux prescriptions de la norme NF P 98 150-1. Son répandage se fait au finisseur sur un support parfaitement réglé, pour obtenir une épaisseur la plus régulière possible (déformation maximale: 1 cm sous la règle de 3 mètres).

Avant sa mise en œuvre, une couche d'accrochage est appliquée sur le support.

Le compactage est réalisé exclusivement à l'aide d'un cylindre à jantes lisses. Généralement 4 à 6 passes en tout point suffisent.

Avant la mise en œuvre du coulis, la matrice doit être interdite à toute circulation et protégée de tout colmatage et toute pollution.

### Coulis hydraulique

Sa mise en œuvre est effectuée après refroidissement total de l'enrobé.

L'épandage du coulis est exécuté immédiatement après sa fabrication, à la raclette caoutchouc, et sa mise en place (pénétration) est aidée par le passage d'un engin vibrant (plaque ou cylindre vibrant) jusqu'à refus.

L'évolution de la prise et le durcissement du coulis imposent de ne pas marcher et de ne rien poser sur la surface finie pendant 24 à 48 heures.

## Mise en service

Les délais de mise en service sont variables en fonction des contraintes et des conditions du site.

Après percolation, les délais minimaux de mise en service à retenir peuvent être :

- pour les charges légères (VL): 7 jours,
- Pour les charges lourdes: 14 jours.

Les performances optimales ne sont obtenues qu'au bout de 28 jours.

## Propriétés

### Anti-kérosène

Il a une bonne résistance aux agressions ponctuelles des produits pétroliers: kérosène, huiles,...

Cette résistance peut-être appréciée par l'essai défini par la norme NF EN 12697-43.

### Poinçonnement statique

Il se caractérise par d'excellents résultats de résistance au poinçonnement statique.

À ce jour, aucunes valeurs seuils ne sont déterminées. Le niveau de résistance est adapté à l'importance des sollicitations.

La résistance au poinçonnement statique sera mesurée suivant l'essai de poinçonnement décrit dans l'annexe E.

Ce type d'essai est pratiqué par l'ensemble des entreprises.

La tolérance maximale d'enfoncement à retenir après un délai de vieillissement du coulis de 28 jours sera inférieure à 1 mm.

# Annexe G : spécifications d'uni longitudinal

## Définition

Les spécifications qui suivent concernent l'uni des chaussées aéronautiques dans son aspect uni longitudinal uniquement.

L'uni est un critère géométrique caractérisant l'ensemble des irrégularités ou défauts de surface que peut rencontrer un avion au roulage sur une chaussée.

Un mauvais uni peut avoir pour conséquences :

- des difficultés de pilotage, par suite : de l'accélération verticale (pouvant atteindre 2 g) et des vibrations excessives ressenties ; des phénomènes de pompage ou de tangage pouvant amener les amortisseurs en butée et être à l'origine d'une perte de contrôle de l'appareil ; de résonance longitudinale pouvant induire une perte de l'efficacité du système de freinage et des difficultés de contrôle latéral de l'avion,
- des phénomènes d'aquaplanage (problème accentué en cas de problème d'uni transversal pouvant entraîner un freinage dissymétrique),
- la fatigue de la structure des avions (usure des trains d'atterrissage),
- une dégradation locale accélérée de la chaussée par suite des surcharges dynamiques imposées,
- l'inconfort des passagers.

Les principaux défauts d'uni peuvent être répartis en trois groupes :

- *des défauts ponctuels isolés de faible longueur*, ressentis le plus souvent à faible vitesse, plus particulièrement sur les voies de circulations. Ils sont en général faciles à identifier, un entretien normal permet de les maintenir à un niveau acceptable,
- *des défauts ponctuels distribués de façon périodique*, pouvant provoquer des mises en résonance. L'exemple type est la chaussée rigide : défauts de joints (tous les 5 à 7,5 m), affaissements du centre des dalles,
- *des ondulations de surface ou des défauts de grande longueur*, plus ou moins périodiques, pouvant générer des accélérations verticales et des phénomènes de pompage et de tangage.

## Évaluation de la qualité de l'uni longitudinal

Selon la norme NF P 98218-3 – Détermination de quantificateurs d'uni longitudinal à partir des relevés profilométriques.

La mesure est réalisée selon la méthode d'essai n° 46 du LPC éditée par le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Son interprétation et l'évaluation des notes se font selon les caractéristiques définies dans la note

d'information technique STBA de juin 2002 – Spécifications d'uni longitudinal.

L'évaluation de la qualité de l'uni repose sur un relevé du profil en long d'une chaussée au moyen de l'appareil de mesure LPC « Analyseur de profil en long » (APL) et d'une quantification dans un système de notation par bandes d'onde (NBO) sur une échelle de 0 (très mauvais) à 10 (excellent).

La détermination des notes requiert une décomposition numérique préalable, en signaux filtrés suivant trois bandes de longueurs d'ondes définies comme suit :

- petites ondes (PO) : de 0,707 m à 2,828 m
- moyennes ondes (MO) : de 2,828 m à 11,312 m
- grandes ondes (GO) : de 11,312 m à 45,248 m

La méthode s'applique à toutes les chaussées aéronautiques quelles que soient leurs structures et quelles que soient situées sur un aéroport civil ou militaire et aussi bien dans le cadre de la réception de travaux de chaussée neuve que dans celui de travaux de renforcement ou d'entretien.

## Description de la mesure

Dans le cadre de ces mesures, il faut rappeler que les essais sur chaussées aéronautiques sont soumis à des règles particulièrement strictes pour des raisons de sécurité liées à la circulation aérienne. Ces règles sont décrites dans l'annexe de la méthode d'essais LPC n° 46.

La méthode d'essais différencie les mesures d'uni à réaliser sur une piste ou sur une voie de circulation). Pour des chaussées de moins de 1000 mètres (par exemple sur des voies de dégagement à grande vitesse), on insistera sur le respect des exigences en PO et MO.

Il convient d'attirer l'attention des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage que la présence d'ouvrage d'art peut rendre localement difficile d'atteindre les exigences réclamées. Il convient donc d'exclure de l'analyse les sections incriminées et d'y réaliser une étude spécifique. Il est également important de savoir que :

- dans le cas de la construction de chaussées neuves, la qualité de l'uni de la chaussée est fortement conditionnée par la qualité de l'uni des couches sous-jacentes (base et fondation),
- dans le cas de la réhabilitation de chaussées (renforcement ou réfection de la couche de roulement) avec un traitement monocouche de 5 cm à 7 cm, il est difficile d'améliorer significativement l'uni dans le domaine des GO.

Les solutions techniques proposées, doivent être définies en tenant compte de l'état initial de la chaussée.

En conséquence, le projeteur retient le principe que, préalablement à tous travaux de rénovation de couche de roulement il faut prévoir la réalisation d'une mesure d'uni avant travaux. Cette disposition permet de vérifier la règle de maintien de l'existant et vise à faire lever les contentieux, après travaux, en cas de mesures non conformes.

Il convient également d'attirer l'attention des maîtres d'œuvre et des maîtres d'ouvrage, sur le fait qu'un phasage des travaux comprenant trop d'arrêt de chantier nuit à l'obtention d'un bon uni.

Dans le cadre de l'évaluation de l'uni longitudinal des chaussées neuves, on applique les caractéristiques décrites dans le tableau 56 ci-dessous.

Tableau 56 – Spécifications des notes d'uni longitudinal pour une chaussée aéronautique

	Gammes de longueurs d'onde	Chaussées neuves L < 2000 m	Chaussées neuves L < 2000 m	Chaussées après travaux d'entretien en plusieurs couches	Chaussées après travaux d'entretien en une couche
Exigences globales sur l'ensemble des notes de tous les profils	PO	100 % ≥ 4		100 % ≥ 4	100 % ≥ 4
		95 % ≥ 6		95 % ≥ 6	Maintien de l'existant *
	MO	80 % ≥ 7		80 % ≥ 7	Maintien de l'existant *
GO		100 % ≥ 5		100 % ≥ 5	Maintien de l'existant *
	GO	80 % ≥ 8		80 % ≥ 8	Maintien de l'existant *
Exigences profil par profil pour les 3 paires centrales de profils		PO	100 % ≥ 7	100 % ≥ 7	Maintien de l'existant *
	80 % = 10		90 % = 10		
Exigences profil par profil pour les 3 paires centrales de profils	PO	100 % ≥ 6		100 % ≥ 6	Maintien de l'existant *
		90 % ≥ 7		90 % ≥ 7	Maintien de l'existant *
	MO	100 % ≥ 6		100 % ≥ 6	Maintien de l'existant *
GO		90 % ≥ 8		90 % ≥ 8	Maintien de l'existant *
	GO	100 % ≥ 8	100 % ≥ 8	Maintien de l'existant *	Maintien de l'existant *
80 % = 10		90 % = 10			

\* *Maintien de l'existant* = « note moyenne après travaux ≥ note moyenne avant travaux et note mini après travaux ≥ note mini avant travaux »

**Remarques :**

(a) Ce tableau s'applique à la longueur de mesure et non à la longueur de l'ouvrage. Il convient de préciser que lors d'une mesure à la vitesse de 72 km/h, il faut environ 2 x 200 m d'ouvrage non mesurés (200 m de part et d'autre de l'ouvrage) pour atteindre la vitesse d'essai et l'arrêt en fin de mesure, et la stabilisation des filtres numériques.

(b) Le terme « exigences globales » se rapporte à la méthode de contrôle de ces spécifications. L'analyse globale consiste à vérifier l'atteinte ou non des spécifications sur l'ensemble des notes obtenues pour l'ensemble des traces (14 ou 18 conformément au module 4 de la méthode d'essais LPC n°46).

(c) Le terme « exigences profil par profil » se rapporte à la méthode de contrôle de ces spécifications. Elle consiste à vérifier l'atteinte ou non des spécifications sur chacune des 3 paires de traces centrales regardées individuellement (axe et +/- 2,50 m conformément au module 4 de la méthode d'essais LPC n°46). Ces exigences répondent à des besoins particuliers liés au passage du train avant de l'appareil (roulette de nez) qui se situe sous le poste de pilotage

(d) Lorsque 80%, 90% et 95% du nombre de notes calculées ne donnent pas des valeurs entières, on arrondit à la valeur entière, soit inférieure jusqu'au point inclus, soit supérieure au-dessus du 1/2 point.

(e) Ces spécifications sont généralement applicables dans tous les cas de figure pour une réfection de la couche de roulement. Cependant, dans le cas de travaux d'entretien ne nécessitant qu'une seule couche et lorsque des défauts ponctuels ont été détectés lors des mesures d'uni avant travaux (notes PO inférieures ou égales à 2), il s'avère nécessaire de réaliser des travaux préparatoires (reprofilage ou rabotage) pour pouvoir effectivement appliquer ces spécifications.

# Annexe H : liste des tableaux

Tableau 1:	Terminologie aéronautique	9
Tableau 2:	Caractéristiques et particularités des chaussées aéronautiques	10
Tableau 3:	Appréciation du niveau d'agression et de la qualité des caractéristiques de surface d'une chaussée	12
Tableau 4:	Produits utilisables sur chaussées aéronautiques	14
Tableau 5:	Détermination de la classe de trafic	17
Tableau 6:	Définition des types de climat	18
Tableau 7:	Définition du niveau de sollicitation	19
Tableau 8:	Produits utilisables pour la construction d'une chaussée aéronautique	19
Tableau 9:	Produits utilisables en couche de roulement	20
Tableau 10:	Produits utilisables en couche de liaison et de reprofilage	21
Tableau 11:	Produits utilisables en couche d'assise	22
Tableau 12:	Couche de roulement – Caractéristiques des granulats pour les EB-BBA	23
Tableau 13:	Couche de roulement – Caractéristiques des granulats pour les EB-BBSG, EB-BBM et EB-BBME	24
Tableau 14:	Couche de roulement – Caractéristiques minimales des granulats pour les BBTM	24
Tableau 15:	Couche de roulement – Caractéristiques minimales des granulats pour les ECF	25
Tableau 16:	Couche de roulement – Caractéristiques minimales des granulats pour les EP	25
Tableau 17:	Couche de roulement – Caractéristiques minimales des granulats pour les ESU	26
Tableau 18:	Couche de liaison – Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-BBA, EB-BBSG, EB-BBME et EB-BBM	26
Tableau 19:	Couche d'assise – Caractéristiques minimales des granulats pour les EB-GB et EB-EME	27
Tableau 20:	Pourcentage maximal d'agrégats d'enrobés utiliser comme constituants des mélanges bitumineux	28
Tableau 21:	Choix du liant selon le produit et la classe de performance recherchée	32
Tableau 22:	Niveaux d'études de formulation selon le niveau de sollicitation	33
Tableau 23:	Température d'enrobage des mélanges suivant le grade du bitume (NF P 98 150-1)	35
Tableau 24:	Valeur de profondeur moyenne de texture (PMT)	40
Tableau 25:	Définition du groupe d'un aéronef	43
Tableau 26:	Définition du type de climat des principaux aérodromes français de métropole	49

Tableau 27:	Définition du type de climat des principaux aérodromes français d'outre-mer situés dans l'hémisphère nord	50
Tableau 28:	Définition du type de climat des principaux aérodromes français d'outre-mer situés dans l'hémisphère sud	50
Tableau 29:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBSG – Approche empirique	52
Tableau 30:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBSG – Approche empirique	53
Tableau 31:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBA de type C – Approche empirique	54
Tableau 32:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBA de type C – Approche empirique	55
Tableau 33:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBA de type D – Approche empirique	56
Tableau 34:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBA de type D – Approche empirique	57
Tableau 35:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBM de type A – Approche empirique	58
Tableau 36:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBM de type A – Approche empirique	58
Tableau 37:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBM de type B – Approche empirique	59
Tableau 38:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBM de type B – Approche empirique	59
Tableau 39:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBM de type C – Approche empirique	60
Tableau 40:	Couches de surface – Performances d'un BBTM 10 – Approche empirique	60
Tableau 41:	Couches de surface – Performances d'un BBTM 6 – Approche empirique	61
Tableau 42:	Couches d'assise – Performances d'un EB14-GB – Approche empirique	61
Tableau 43:	Couches d'assise – Performances d'un EB20-GB – Approche empirique	62
Tableau 44:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBSG – Approche fondamentale	63
Tableau 45:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBSG – Approche fondamentale	63
Tableau 46:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBME – Approche fondamentale	64
Tableau 47:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBME – Approche fondamentale	64
Tableau 48:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBA de type C – Approche fondamentale	65
Tableau 49:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBA de type C – Approche fondamentale	65
Tableau 50:	Couches de surface – Performances d'un EB10-BBA de type D – Approche fondamentale	66
Tableau 51:	Couches de surface – Performances d'un EB14-BBA de type D – Approche fondamentale	66
Tableau 52:	Couches d'assise – Performances d'un EB14 GB – Approche fondamentale	67
Tableau 53:	Couches d'assise – Performances d'un EB20 GB – Approche fondamentale	67
Tableau 54:	Couches d'assise – Performances d'un EB-BBME – Approche fondamentale	68
Tableau 55:	Essai de poinçonnement – Valeurs d'enfoncement du poinçon	69
Tableau 56:	Spécifications des notes d'uni longitudinal pour une chaussée aéronautique	73



**Conception :** STAC/SINA groupe Documentation et diffusion des connaissances (DDC)

**Photo de couverture :**

© Laboratoire ADP

**Photos intérieures :**

© Photothèque STAC / Patrice CAZAGOU

DDE 67 - Olivier DESCROIX

Marie-Ange FROISSART

Gabrielle VOINOT

© Laboratoire ADP

**Impression :** Atelier de reprographie du STAC

**2e édition - Avril 2009**

Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

**Présent  
pour  
l'avenir**

---

service technique de l'Aviation civile  
31, avenue du Maréchal Leclerc  
94381 BONNEUIL-SUR-MARNE CEDEX  
Tél. 33 (0) 1 49 56 80 00  
Fax 33 (0) 1 49 56 82 19

Site de Toulouse  
9, avenue du Docteur Maurice Grynfolgel - BP 53735  
31037 TOULOUSE CEDEX 1  
Tél. 33 (0) 1 49 56 83 00  
Fax 33 (0) 1 49 56 83 02

Centre de test de Biscarrosse  
Centre d'essais de lancement de missiles - BP 38  
40602 BISCARROSSE CEDEX  
Tél. 33 (0) 5 58 83 01 73  
Fax 33 (0) 5 58 78 02 02