



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la
communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle
comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux

Auswirkung der gerundet oder teilweise gerundet Gesteinkörnungen auf den Griffigkeit
der Asphaltbeton

Incidence of round or partially round shape of aggregates on the skid resistance of
bituminous mixtures

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)
Laboratoire des voies de circulation (LAVOC)

ERTEC SA Le Mont s/Lausanne

Michel Pittet, responsable des essais (LAVOC)
J.-L. Cuénoud, ing. dipl. EPF (ERTEC SA)

Mandat de recherche ASTRA 2002/405

Avril 2008

Préambule

L'application des futures normes européennes, selon les accords du GATT, en particulier la norme EN 13043 – SN 670 103 [3] "Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation" a entraîné l'apparition de nouveaux essais avec lesquels sont associées de nouvelles exigences. De plus certains essais appliqués en Suisse ont vu leurs procédures modifiées, ce qui a nécessité une adaptation des exigences. Pour les matériaux utilisés dans les revêtements routiers et pour pouvoir sélectionner des exigences qui répondent aux besoins de la Suisse en connaissance de cause, sans préjudice des matériaux suisses qui répondent à satisfaction aux domaines d'emploi qui leurs sont reconnus, une première recherche, FA 22/92 [11], intitulée : "Réalisation d'essais en voie de normalisation européenne sur un échantillonnage de granulats suisses utilisés pour la fabrication de revêtements routiers" a été effectué en 1992. Celui-ci a été suivi d'une recherche relative aux fillers, FA 6/96 [12], intitulée : "Evaluation de méthodes de laboratoire pour l'analyse des fillers dans le cadre de la normalisation européenne".

En 2001 une commission a été spécialement créée pour organiser l'introduction des normes européennes relatives aux enrobés et à leurs composants. Une évaluation de l'état des connaissances a révélé un certain manque d'information, en particulier en ce qui concerne la forme des granulats. Une application restrictive de la norme européenne concernant le pourcentage de matériaux concassés dans les enrobés ne permettrait plus aux gravières qui produisent actuellement ce genre de matériaux, de continuer à fabriquer un matériau conforme (en particulier pour les enrobés type S pour couche de surface) sans une modification importante de leurs installations. Une application moins rigoureuse de la norme européenne est envisageable mais l'incidence du choix d'une classe moins sévère (d'éléments concassés) doit être évaluée, notamment la conséquence sur la sécurité des usagers liée à l'adhérence.

Table des matières

1. Résumé	4
2. Normalisation	5
3. Sélection des matériaux et prélèvements	7
4. Méthodologie	8
4.1 Analyse des granulats	8
4.2 Recettes, fabrication des plaques et traitement de surface	8
4.2.1 Recette AB 11 S	8
4.2.2 Recette MR 11	9
4.2.3 Fabrication des plaques et traitement de surface	9
4.3 Caractéristiques de surface et essais	9
5. Examen de qualification des granulats	11
5.1 Analyse granulométrique	11
5.2 Forme des grains selon SN 670 130 (pied à coulisse, rapport 1/2.5)	11
5.3 Indice de forme <i>S</i> /selon EN 933-4 (pied à coulisse de rapport 1/3)	11
5.4 Arrondi des grains selon SN 670 130	12
5.5 Coefficient d'aplatissement selon EN 933-3 (Flakiness Index)	14
5.6 Pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons selon EN 933-5	15
6. Caractéristiques de surface	18
6.1 Nombre de grains à faces arrondies présent en surface	18
6.2 Détermination de la macrorugosité selon EN 13036-1	19
6.3 Détermination de la qualité antidérapante selon SN 640 510 b	19
7. Synthèse des résultats d'essais	20
7.1 AB 11 S, nombre de grains arrondis, hauteur au sable PMT, SRT	20
7.2 MR 11, nombre de grains arrondis, hauteur au sable PMT, SRT	22
8. Conclusions et recommandations	24
9. Bibliographie	26
10. Annexes	27

1. Résumé

Cette recherche a permis d'évaluer l'incidence du taux de granulats à surfaces naturelles (soit non concassées), d'une sélection de matériaux alluvionnaires suisses, sur l'état de surface d'enrobés, en particulier la qualité antidérapante (adhérence) et la macrorugosité. Une sélection de 5 gravières représentatives des sources d'approvisionnement actuellement exploitées sur le territoire suisse a été évaluée par la commission d'experts VSS 4.01 - Granulats minéraux.

Dans cette étude, il a été vérifié que l'utilisation de matériaux alluvionnaires contenant une teneur moyenne de 7% de grains entièrement roulés et de 72% de grains semi-concassés et totalement concassés ne semblait pas présenter une contre-indication à une utilisation plus large de ces matériaux en couches de roulement.

La relation entre le pourcentage de faces arrondies apparaissant en surface des enrobés fabriqués en laboratoire et la variation des valeurs SRT correspondantes d'une part, et celle entre le pourcentage de faces arrondies en surface et le % d'éléments partiellement concassés ou ronds d'autre part a permis de recommander pour la Suisse l'introduction d'une nouvelle catégorie d'exigences EN C_{70/10}, qui ne préjuge pas les gravières qui fournissent des granulats, sans faire de concession sur la sécurité des usagers.

Zusammenfassung

Diese Forschungsarbeit ermöglichte es, die Auswirkung des Gehaltes an Gesteinskörnungen mit natürlicher Oberfläche (nicht gebrochene Gesteinskörnungen) einiger ausgewählter Schweizer Kiesabbaustellen mit alluvialen Kiesvorkommen auf die Oberflächenbeschaffenheit des Asphaltmischgutes - insbesondere was die Griffbarkeit und die Oberflächenrauigkeit betrifft, abzuschätzen. Die VSS Expertenkommission EK 4.01 - Gesteinskörnungen hat 5 aktuelle Versorgungsquellen ausgewählt.

In dieser Forschungsarbeit wurde überprüft, ob eine breitere Nutzung aufbereiteter Gesteinskörnungen, welche einen durchschnittlichen Gehalt von 7 % vollständig gerundeter Gesteinskörner und von 72 % teilweise bzw. vollständig gebrochener Gesteinskörner enthalten, in Deckschichten möglich ist.

Einerseits die Beziehung zwischen dem Anteil abgerundeter Flächen, welche an der Oberfläche des im Labors hergestellten Asphaltmischgutes erscheinen und die Veränderung der entsprechenden SRT-Werte und andererseits die Beziehung zwischen dem Anteil abgerundeter Flächen bzw. dem Anteil von gebrochenen oder abgerundeten Flächen, welche an der Oberfläche erscheinen, haben es ermöglicht, für die Schweiz eine neue SN EN-Anforderungskategorie C_{70/10} zu empfehlen, welche weder zu einer Einschränkung bei den Herstellern der Gesteinskörnungen noch zu einer Beeinträchtigung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer führt.

Summary

This research made it possible to evaluate the incidence of the aggregate rate with natural surfaces (not crushed and broken), of a Swiss gravel material selection, on the surface condition of asphalt mixture, in particular the anti-skid property (skid resistance) and macrorugosity. A selection of 5 gravel pits representative of the sources of provisioning currently exploited on the Swiss territory was endorsed by the commission of experts VSS 4.01 - Granulats minéraux.

In this study it was examined that a widely use of gravel materials in wearing courses, containing an average content of 7% totally rounded particles and 72% crushed or broken particles and totally crushed or broken particles, is to be envisaged.

The correlation between the percentage of round faces appearing on the surface of the asphalt mixture manufactured in laboratory and the variation of corresponding SRT values on the one hand, and the correlation between the percentage of round faces on the surface and percentage of partially crushed or rounded particles on the other hand, made it possible to recommend for Switzerland the adoption of a new category of standards EN C_{70/10}, which doesn't penalize gravel pits providing aggregates, with no concessions on users safety.

2. Normalisation

Jusqu'au 31 décembre 2004, l'essai de détermination du pourcentage de gravillons concassés, respectivement, semi-arrondis et ronds, était régi par la norme SN 670 130 « Sables, graviers, gravillons et pierres concassées pour revêtements – Exigences de qualité. » [1].

Cette dernière classait chaque gravillon dans l'une des trois catégories suivantes, en fonction de son pourcentage de surface concassée ou cassée, respectivement roulée ou naturelle :

Pourcentage de surface cassée [%]	Catégories selon SN 670 130
> 80 %	Granulat concassé
20 ... 80 %	Granulat semi-concassé ou semi-roulé
< 20 %	Granulat roulé

Tableau 1- Détermination du pourcentage d'éléments concassés, définition des catégories selon SN 670 130 [1].

Les exigences alors appliquées étaient celles figurant dans le tableau 3.2.

Arrondi du grain	Quantité maximale admissible pour chaque fraction isolée en % du nombre		
	Couche de roulement en enrobé type S ou H	Couche de roulement en enrobé N ou L	Couches de support bitumineuses à chaud
Semi-arrondi	25	33	33
Rond	1	2	2

Tableau 2 - Teneurs maximales admissibles en grains semi-arrondis et ronds des sables concassés, gravillons et pierres concassées selon SN 670 130 [1].

L'entrée en vigueur, en janvier 2005 des normes européennes dans le domaine des granulats minéraux a généré de nombreux changements aux niveaux des exigences et des essais y relatif.

Au niveau de la classification des granulats en concassés et roulés, les changements ont été très importants puisque la nouvelle norme EN 933-5 « Essais pour déterminer les propriétés géométriques des granulats – Partie 5 : Détermination du pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons » [5] définit, non plus trois catégories comme le proposait la norme nationale SN 670 130 [1], mais quatre. De plus, les limites de chacune de ces nouvelles catégories ne correspondent pas à celles des anciennes (c.f. tableau 3.2).

Pourcentage de surface cassée [%]	Catégories selon EN 933-5
> 90 %	Granulat totalement concassé
50 ... 90 %	Granulat concassé (*)
10 ... < 50 %	Granulat roulé (*)
< 10 %	Granulat totalement roulé

(*) : Il est à noter que dans la norme EN 933-5 [6] version française, on parle de granulat semi-concassé, respectivement semi-roulé, alors que dans les versions allemande et anglaise, il est fait mention de granulats concassés (gebroschene / crushed) et roulés (gerundete / rounded).

Tableau 3 - Détermination du pourcentage d'éléments concassés, définition des catégories selon EN 933-5 [6].

De plus, la norme EN 933-5 [6] définit également les caractéristiques d'une surface cassée : « Facette d'un gravillon alluvionnaire produite par concassage ou par des forces naturelles, limitées par des arêtes aigues. Si la surface des arêtes est usée ou altérée, elle doit être considérée comme roulée dans le cadre de cet essai. »

La norme directrice EN 13043 « Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aéroports et d'autres zones de circulation » [2] définit, au tableau 9, sept catégories C en fonction du pourcentage de grains entièrement concassés, de grains entièrement ou semi-concassés et de grains entièrement roulés. Ces 7 catégories sont résumées dans le tableau 3.4

Pourcentage de grains entièrement concassés, en masse	Pourcentage de grains entièrement concassés ou semi-concassés, en masse	Pourcentage de grains entièrement roulés, en masse	Catégorie
90 à 100	100	0	$C_{100/0}$
30 à 100	95 à 100	0 à 1	$C_{95/1}$
30 à 100	90 à 100	0 à 1	$C_{90/1}$
-	50 à 100	0 à 10	$C_{50/10}$
-	50 à 100	0 à 30	$C_{50/30}$
-	< 50	> 30	$C_{Déclarée}$
Non requis	Non requis	Non requis	C_{NR}

Tableau 4 - Catégorie C selon le tableau 9 de l'EN 13043 [2].

On trouve également, dans la norme directrice EN 13043 [2], la remarque suivante concernant cet essai : « Les granulats provenant du concassage de roches massives sont de catégorie $C_{100/0}$ et ne nécessitent aucun essai. »

On peut constater, dans le tableau 3.4, que la définition des 7 catégories possibles est surprenante. En effet, d'une part, la différence entre les catégories $C_{95/1}$ et $C_{90/1}$ est infime (en tous les cas discutable par rapport à la précision attendue d'un essai visuel) et d'autre part, il y a un domaine entièrement vide entre les catégories $C_{90/1}$, catégorie qui n'autorise que 1% de grains entièrement roulés et qui oblige au minimum 90% de grains entièrement concassés ou semi-concassés, et $C_{50/10}$, catégorie qui autorise jusqu'à 39% de grains semi-roulés et 10% de grains entièrement roulés !

Les catégories retenues par la Suisse dépendent du groupe et du type d'enrobé considérés et ont été fixées dans le tableau 4 de l'annexe nationale SN 670 103 [3] (versions sans indice et avec indice « a »). Ces exigences sont résumées dans le tableau 3.5.

Groupe d'enrobé	Type d'enrobé	Catégorie
Couche de roulement	AC type L (ex AB L)	$C_{50/10}$
	AC type N (ex AB N) AC type S, H (ex AB S et H) AC VTL, SMA, MR, PA, MA, OB	$C_{95/1}$
Couche de liaison	AC B	$C_{50/10}$
	PA B et MA	$C_{90/1}$
Couche de support	AC T type L, N (ex HMT L et N)	$C_{50/30}$
	AC T type S, H (ex HMT S et H)	$C_{50/10}$
Couche de fondation	AC F (ex HMF)	C_{NR}
Couche de drainage	PA S (ex DRAS)	$C_{50/10}$

Tableau 5 - Catégorie C fixée en Suisse, selon le groupe et le type d'enrobé (SN 670 103) [1].

Bien qu'il soit impossible de faire une comparaison directe entre les 2 méthodes (norme SN 670 130 et normes EN), on constate que si l'on avait voulu conserver l'ensemble des anciennes exigences nationales selon SN 670 130 [1], il aurait fallu disposer d'une ou plusieurs catégories supplémentaires, positionnées entre les catégories de la norme EN 13043 [2] $C_{90/1}$ et $C_{50/10}$.

Ainsi, il a été engagé la présente recherche pour évaluer l'incidence de l'application de la norme EN 13043.

3. Sélection des matériaux et prélèvements

La sélection des gravières retenues pour l'étude a été faite sur la base des matériaux utilisés dans le cadre du mandat de recherche FA 22/92 [11]. Cet échantillonnage est représentatif des sources d'approvisionnement actuellement exploitées. Cette sélection a été avalisée par la commission d'experts VSS 4.01.

Les 5 gravières sélectionnées pour fournir les fractions 3/6 et 6/11 sont les suivantes :

2. Makies AG Kies-u. Betonwerk – 6142 Gettnau LU (Alluvions de la Luthern)
3. Weiacher Kies AG – 8187 Weiach ZH (Alluvions du Rhin)
4. Creabéton matériaux AG (anciennement Bangarter AG) – 3250 Lyss BE (Alluvions de l'Aare)
5. Gravière de la Bourgeoisie de Sion (Alluvions du Rhône)
6. Kieswerk RISI AG- Gulmatt – 6340 Baar (Alluvions de la Reuss)

Il est à relever qu'initialement, la gravière n° 1 de Kieswerk Boningen AG – 4618 Boningen SO (Alluvions de l'Aare) avait été retenue. Il s'est avéré que les matériaux n'étaient pas livrables. En remplacement, les matériaux provenant de la gravière RISI AG Gulmatt à Baar ont été sélectionnés (gravière n° 6).

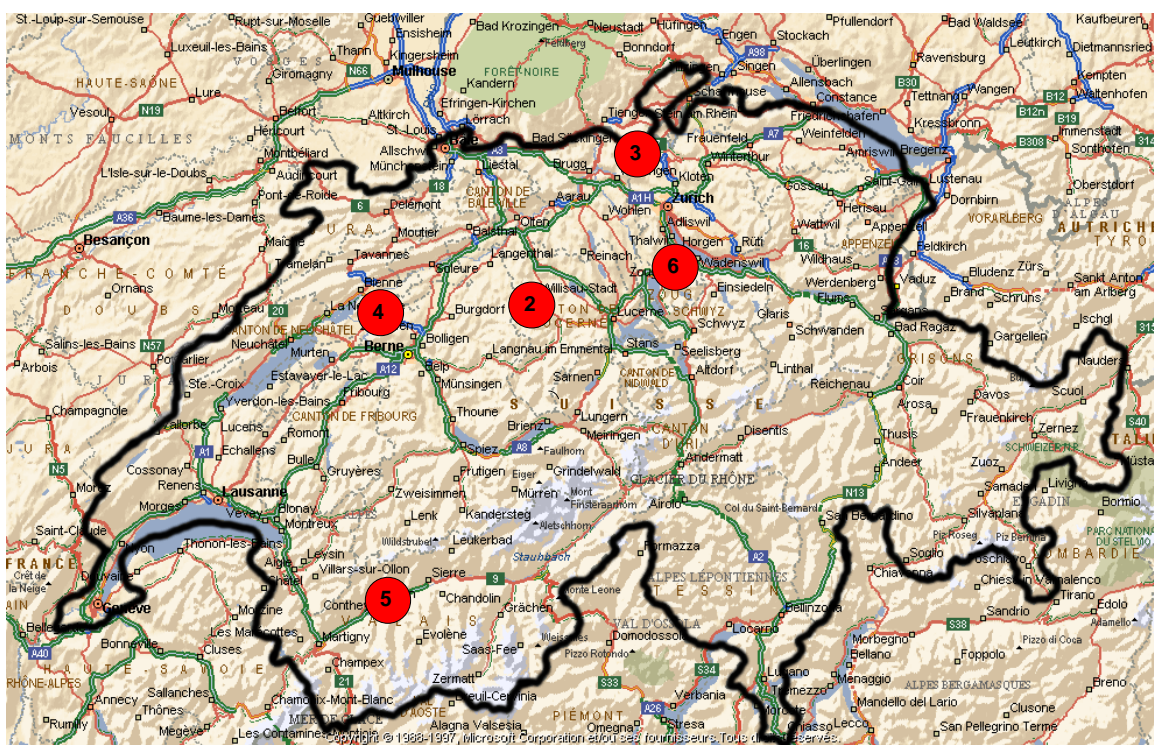


Figure 1 - Situation géographique des 5 sources d'approvisionnement sélectionnées

Pour toutes les formules, le sable 0/3 et le filler sélectionnés proviennent de la carrière d'Arvel (Villeneuve). Ces 2 composants font partie des paramètres semblables à toutes les formules (paramètres bloqués). Les faces arrondies apparaissant en surface des revêtements (principalement pour les revêtements spéciaux à courbes discontinues) sont principalement issues des fractions 3/6 et 6/11. Il est important de préciser que la norme SN-EN 933-5 "Détermination du pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons" [5] traite des grains de dimensions comprises entre 4 mm et 63 mm.

Pour chacune des fractions 3/6 et 6/11, les fournisseurs ont fait parvenir environ 500 kg de matériaux aux laboratoires chargés de l'étude. Le sable et le filler d'Arvel ont été prélevés conjointement par ERTEC et le LAVOC. Les échantillons ont été répartis à parts égales entre les deux laboratoires.

Le bitume utilisé pour l'étude est un 70/100 provenant de Cressier.

4. Méthodologie

4.1 Analyse des granulats

Un examen de qualification des matériaux prélevés a été réalisé sur les nouvelles fractions européennes 4/8 et 8/11 mm. Ces fractions ont été reconstituées à partir des matériaux 3/6 et 6/11 livrés. L'examen effectué comprend :

- L'étude de la forme au moyen d'un pied à coulisse de rapport 1/2.5 et de l'arrondi des grains, selon la norme SN 670 130 [1]
- La détermination de la forme des granulats par mesure du coefficient d'aplatissement aux grilles à fentes selon EN 933-3 [4]
- La détermination de l'indice de forme des grains au moyen d'un pied à coulisse de rapport 1/3 selon EN 933-4 [5]
- La détermination du pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons selon la norme EN 933-5 [6]

4.2 Recettes, fabrication des plaques et traitement de surface

Le sable, le filler ainsi que le bitume sont de la même provenance pour les 10 formules étudiées. Ce choix permet de diminuer le nombre de paramètres intervenants et par conséquent doit offrir une meilleure mise en évidence des effets possibles liés à la qualité des différents gravillons testés.

Les enrobés testés ont été fabriqués en laboratoire. Deux produits ont été formulés selon les anciennes normes SN en vigueur lors de la réalisation du mandat, le premier, un AB 11 S à courbe continue en milieu de fuseau et le second un MR 11 à courbe discontinue. Ce qui représente une matrice de 2 formules et 5 granulats, soit 10 caractéristiques de surfaces différentes.

4.2.1 Recette AB 11 S

La recette d'AB 11 S fabriquée par le LAVOC se réfère à la formule de référence développée dans le cadre de la recherche VSS 12/89 et 2/95 "Caractéristiques d'une formulation de référence pour les bétons bitumineux". La recette est composée de granulats de Balmholz et de bitume de classe B 80/100. Les caractéristiques Marshall de cette formule sont : teneur en vides de 4%, stabilité de 9.9 kN et fluage de 2.9 mm. La composition de la recette est indiquée ci-après.

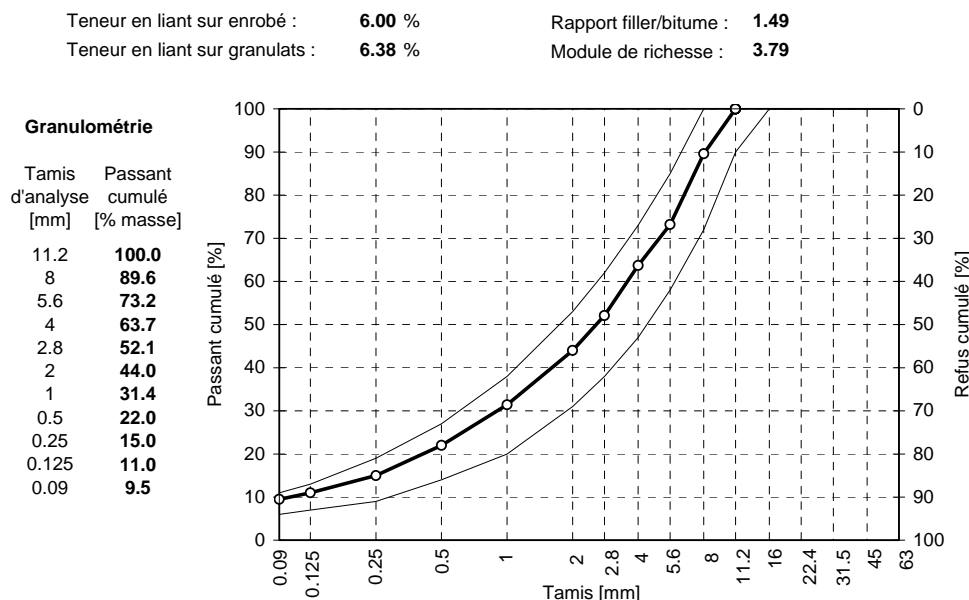


Figure 2 - Recette AB 11 S

4.2.2 Recette MR 11

La recette du MR 11 fabriqué par ERTEC SA se réfère à une formule représentative de ce type de matériaux

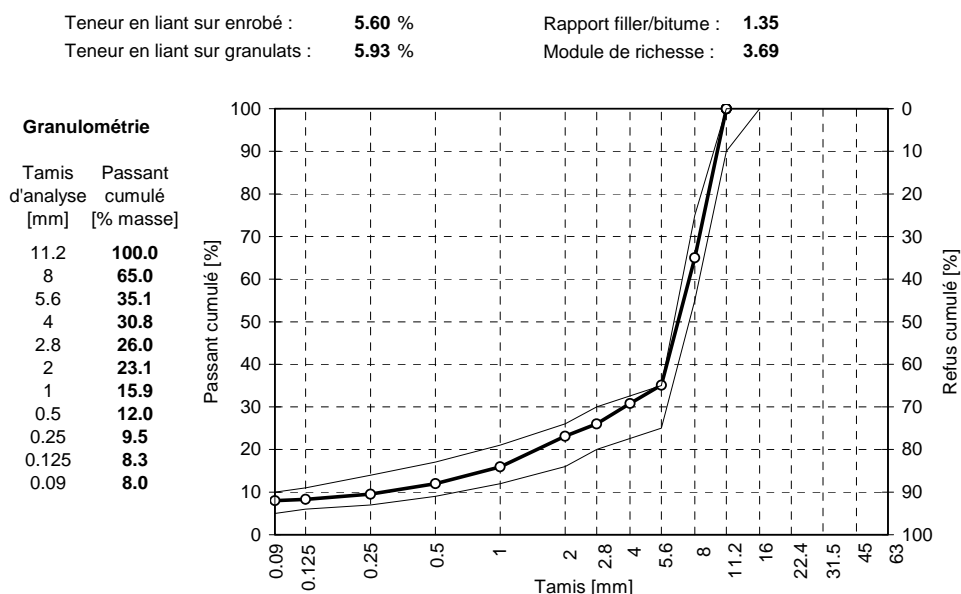


Figure 3 - Recette MR 11

4.2.3 Fabrication des plaques et traitement de surface

Les enrobés ont été fabriqués en laboratoire avec un malaxeur Guedu (identique pour les 2 laboratoires). La température de fabrication du mélange est de 155°C (granulats et liant), la température de compactage en début d'essai est d'environ 145°C. Le compactage des plaques, de dimensions 500 mm x 180 mm x 80 mm, a été effectué à la table de compactage LPC. Le compactage final a été réalisé au moyen d'un rouleau lisse en acier avec à l'interface enrobé/rouleau une membrane de caoutchouc d'environ 2 mm d'épaisseur. Cette technique permet d'obtenir une surface très régulière et n'endommage pas les arêtes des granulats présents en surface.

Par formule, 2 plaques rigoureusement identiques ont été fabriquées (10 formules, 20 plaques). Sur une des plaques de chaque formule compactée, sur l'enrobé encore chaud, le film de liant a été soigneusement enlevé par désenrobage, en évitant au maximum une modification de l'état de surface par arrachement des grains. La procédure utilisée a été optimisée lors d'une étude précédente (VSS 2000-360 - Besoin en adhérence des revêtements [14]). Le désenrobage est réalisé manuellement par frottement léger au moyen d'étoffe imbibée de solvant très volatile (dichlorométhane). Pour chaque formule, la seconde plaque fabriquée est conservée intacte avec le film de liant.

4.3 Caractéristiques de surface et essais

Pour chacune des 20 plaques fabriquées (10 avec film de liant et 10 sans film de liant), les caractéristiques de surface suivantes ont été évaluées :

- détermination du pourcentage de grains à faces arrondies présent en surface à l'aide d'une méthode optimisée dans le cadre de l'étude (la surface de la plaque est décomposée en 10 zones puis un repérage visuel et un comptage sont effectués)
- photos d'échantillons caractéristiques
- détermination de la macrorugosité par mesurage de la profondeur de macrotecture de la surface du revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tache (hauteur au sable PMT) selon la norme EN 13036-1 [7]
- détermination de la qualité antidérapante au moyen du pendule SRT selon la norme EN 640 510 b [8]

Le schéma type des plaques ainsi que le positionnement des essais de mesure de macrotecture et de qualité antidérapante sont présentés ci-après.

Plaques fabriquées en laboratoire - Dimensions : 18 X 50 x 8 cm

2 types d'enrobé, 5 provenances de granulats, 10 plaques avec film de liant, 10 plaques sans film

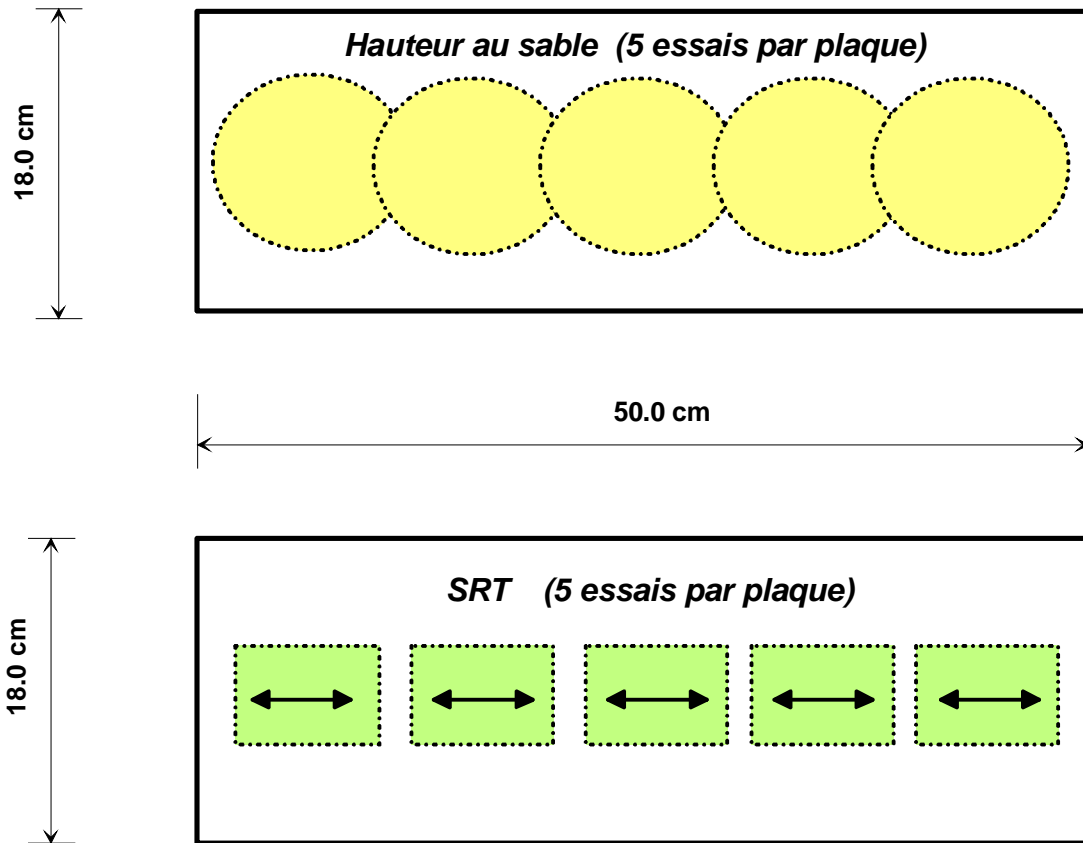


Figure 4 - Géométrie des plaques et situation des essais

5. Examen de qualification des granulats

Les analyses ont été effectuées sur les fractions 4/8 et 8/11 (EN). La fraction 4/8 est recomposée à partir des fractions 3/6 et 6/11 (SN). La fraction 8/11 provient de la fraction 6/11.

5.1 Analyse granulométrique

Les procès-verbaux d'analyse granulométrique des matériaux granulaires utilisés figurent en annexe. Les résultats obtenus ne font pas l'objet d'analyse car pour la fabrication toutes les fractions ont été réduites en fractions pures, de manière à maîtriser parfaitement la composition du mélange.

5.2 Forme des grains selon SN 670 130 (pied à coulisse, rapport 1/2.5)

La forme des grains a été déterminée selon SN 670 130 [1] au moyen d'un pied à coulisse dont le rapport dimensionnel est de 1/2.5. Les grains de chaque catégorie ont ensuite été transformés en pourcentage relatif à la masse, de manière à pouvoir être comparé à ceux obtenus avec la méthode EN, laquelle détermine un indice de forme en pourcentage de la masse initiale soumise à l'essai. Cet examen a été réalisé par le LAVOC.

5.3 Indice de forme *S/* selon EN 933-4 (pied à coulisse de rapport 1/3)

La forme des grains a été déterminée selon EN 933-4 [5] au moyen d'un pied à coulisse dont le rapport dimensionnel est de 1/3. L'indice de forme *S/* est défini comme étant la masse de grains dont le rapport des dimensions *L/E* (longueur/épaisseur) est supérieur à 3, exprimée en pourcentage de la masse totale des grains soumis à l'essai. Cet examen a été réalisé par le LAVOC.

Matériaux	Fraction [mm]	Procédure	Nbre de grains	Masse soumise à l'essai [g]	Cubique			Non cubique			Indice de forme <i>S/</i> [-]	Ratio <i>S/</i> EN / SN Masse [-]
					Nbre	[g]	[%]	Nbre	[g]	[%]		
Makies AG N° 2	4/8	SN 1/2.5 nombre	465		368		21	97		20.9	21	-
		SN 1/2.5 masse		101		80	21		21	20.8	21	0.67
		EN 1/3 masse		101		87	14		14	13.9	14	
	8/11.2	SN 1/2.5 nombre	207		181		13	26		12.6	13	-
		SN 1/2.5 masse		300		266	11		34	11.3	11	0.35
		EN 1/3 masse		300		288	4		12	4.0	4	
Weiacher N° 3	4/8	SN 1/2.5 nombre	503		398		21	105		20.9	21	-
		SN 1/2.5 masse		118		101	14		17	14.4	14	0.53
		EN 1/3 masse		118		109	8		9	7.6	8	
	8/11.2	SN 1/2.5 nombre	239		195		18	44		18.4	18	-
		SN 1/2.5 masse		309		252	18		57	18.4	18	0.26
		EN 1/3 masse		309		294	5		15	4.9	5	
Créabéton N° 4	4/8	SN 1/2.5 nombre	502		312		38	190		37.8	38	-
		SN 1/2.5 masse		107		70	35		37	34.6	35	0.41
		EN 1/3 masse		107		92	14		15	14	14	
	8/11.2	SN 1/2.5 nombre	250		164		34	86		34.4	34	-
		SN 1/2.5 masse		319		218	32		101	31.7	32	0.37
		EN 1/3 masse		319		282	12		37	11.6	12	
Bourgeoisie Sion N° 5	4/8	SN 1/2.5 nombre	442		247		44	195		44.1	44	-
		SN 1/2.5 masse		114		69	39		45	39.5	39	0.44
		EN 1/3 masse		114		94	18		20	17.5	18	
	8/11.2	SN 1/2.5 nombre	301		201		33	100		33.2	33	-
		SN 1/2.5 masse		313		219	30		94	30.0	30	0.43
		EN 1/3 masse		313		273	13		40	12.8	13	
Risi AG N° 6	4/8	SN 1/2.5 nombre	237		167		30	70		29.5	30	-
		SN 1/2.5 masse		48		33	31		15	31.3	31	0.42
		EN 1/3 masse		48		40.2	11		5	11.1	11	
	8/11.2	SN 1/2.5 nombre	245		158		36	87		35.5	36	-
		SN 1/2.5 masse		314		210	33		104	33.1	33	0.60
		EN 1/3 masse		314		252	20		62	19.7	20	

	Indice de forme $S/[-]$					
	Fraction 4/8		Fraction 8/11.2		Moyenne fractions 4/8 et 8/11.2	
	SN 1/2.5	EN 1/3	SN 1/2.5	EN 1/3	SN 1/2.5	EN 1/3
Makies AG N° 2	21	14	11	4	16	9
Weischer N° 3	14	8	18	5	16	7
Créabéton N° 4	35	14	32	12	34	13
Bourgeoisie Sion N° 5	39	18	30	13	35	16
Risi AG N° 6	27	11	33	20	30	16
Moyenne	27.2	13	24.8	10.8	26	11.9
Minimum	14	8	11	4	16	6.5
Maximum	39	18	33	20	34.5	15.5
Ecart-type	9.1	3.3	8.7	5.8	8.3	3.6

Tableau 6 - Résultats de la forme des grains avec pieds à coulisse de rapport 1/2.5 et 1/3 selon SN et EN

Les résultats obtenus selon SN en nombre puis transformés en masse pour être compatible avec la norme EN (indice de forme S) montrent un écart absolu moyen de 2.7 (fractions 4/8 et 8/11.2) pour un indice $S/$ compris entre 11 et 39. A titre indicatif, la comparaison des indices $S/EN/SN$ indique un ratio de 0.45 toutes classes confondues (0.49 pour la fraction 4/8 et 0.40 pour la fraction 8/11.2). Pour l'indice de forme $S/$, le résultat moyen obtenu selon SN est de 26 pour les deux fraction 4/8 et 8/11.2 (27 pour 4/8 et 25 pour 8/11.2). En moyenne ces matériaux sont donc conforme au sens de l'ancienne norme SN 670 130 [1] qui spécifie un pourcentage de grains non cubique compris entre 20 et 50%, on remarque cependant quelques valeurs en dessous du seuil de 20%. Le résultat moyen obtenu selon EN est de 12 pour les deux fractions 4/8 et 8/11.2 (13 pour 4/8 et 11 pour 8/11.2). On constate que 8 fractions sur les 10 analysées satisfont à la catégorie $S/_{15}$ et les 2 restantes satisfont à la catégorie $S/_{20}$.

5.4 Arrondi des grains selon SN 670 130

L'arrondi des grains a été déterminé, par le LAVOC, en pourcentage relatif aux nombres de grains, selon SN 670 130 [1]. Les grains de chaque catégories ont ensuite été transformés en pourcentage relatif à la masse, de manière à pouvoir comparer les résultats obtenus à ceux issus de la méthode EN, laquelle détermine un pourcentage de chaque catégorie en fonction de la masse initiale soumise à l'essai.

Matériaux	Fraction [mm]	Procédure	Nbre de grains	Masse éch. [g]	Arrondi selon SN en % du nombre et en % de la masse								
					Cubiques			Non cubiques			Total cubiques + Non cubiques		
					Δ	$\frac{1}{2} \Delta$	\emptyset	Δ	$\frac{1}{2} \Delta$	\emptyset	Total Δ [%]	Total $\frac{1}{2} \Delta$ [%]	Total \emptyset [%]
Makies AG N° 2	4/8	SN nombre	465		360	8	0	93	4	0	97.4	2.6	0.0
		SN masse		101	78	2	0	20	1	0	97.0	3.0	0.0
	8/11.2	SN nombre	207		161	20	0	24	2	0	89.4	10.6	0.0
		SN masse		300	234	32	0	31	3	0	88.3	11.7	0.0
Weischer N° 3	4/8	SN nombre	503		372	26	0	96	9	0	93.0	7.0	0.0
		SN masse		118	90	11	0	13	4	0	87.3	12.7	0.0
	8/11.2	SN nombre	239		166	27	2	41	3	0	86.6	12.6	0.8
		SN masse		309	211	39	2	50	7	0	84.5	14.9	0.6
Créabéton N° 4	4/8	SN nombre	502		298	14	0	188	2	0	96.8	3.2	0.0
		SN masse		107	65	5	0	35	2	0	93.5	6.5	0.0
	8/11.2	SN nombre	250		148	16	0	60	26	0	83.2	16.8	0.0
		SN masse		319	194	24	0	69	32	0	82.4	17.6	0.0
Bourgeoisie Sion N° 5	4/8	SN nombre	442		239	8	0	191	4	0	97.3	2.7	0.0
		SN masse		114	65	4	0	43	2	0	94.7	5.3	0.0
	8/11.2	SN nombre	301		192	9	0	94	6	0	95.0	5.0	0.0
		SN masse		313	206	13	0	89	5	0	94.2	5.8	0.0
Risi AG N° 6	4/8	SN nombre	237		165	2	0	67	3	0	97.9	2.1	0.0
		SN masse		45	31	1	0	11	2	0	93.3	6.7	0.0
	8/11.2	SN nombre	245		150	8	0	81	6	0	94.3	5.7	0.0
		SN masse		314	208	2	0	101	3	0	98.4	1.6	0.0

Δ : grain concassé présentant moins de 20% de surfaces arrondies

$\frac{1}{2} \Delta$: grain semi-concassé présentant entre 20% et 80% de surfaces arrondies

\emptyset : grain rond présentant moins de 20% de surfaces de rupture

Fraction	Arrondi selon SN 670 130 en % du nombre (N) et en % de la masse (M)											
	4/8				8/11.2				Moyenne 4/8 et 8/11.2			
	Semi-arrondi		Rond		Semi-arrondi		Rond		Semi-arrondi		Rond	
Type	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M	N	M
Makies AG N° 2	2.6	3.0	0	0	10.6	11.7	0	0	6.6	7.4	0	0
Weiacher N° 3	7.0	12.7	0	0	12.6	14.9	0.8	0.6	9.8	13.8	0.4	0.3
Créabéton N° 4	3.2	6.5	0	0	16.8	17.6	0	0	10.0	12.1	0	0
Bourgeoisie Sion N° 5	2.7	5.3	0	0	5.0	5.8	0	0	3.9	5.6	0	0
Risi AG N° 6	2.1	6.7	0	0	5.7	1.6	0	0	3.9	4.2	0	0
Moyenne	3.5	6.8	0	0	10.1	10.3	0.2	0.1	6.8	8.6	0.1	0.1
Minimum	2.1	3.0	0	0	5.0	1.6	0	0	3.9	4.2	0	0
Maximum	7.0	12.7	0	0	16.8	17.6	0.8	0.6	10.0	13.8	0.4	0.3
Ecart-type	1.8	3.2	-	-	4.4	5.9	-	-	2.7	3.7	-	-

Tableau 7 - Résultats de l'arrondi des grains selon SN

Les résultats obtenus selon SN en nombre et transformés en masse pour être compatible avec la norme EN montrent un écart absolu moyen pour les fractions 4/8 mm et 8/11.2 mm (total cubiques + non cubiques) de 1.7 autant dans le cas des grains concassés que semi-concassés. On constate qu'il n'y a pratiquement pas de grains roulés dans les fractions 4/8 mm et 8/11.2 mm. Comme dans le cas de l'essai de forme selon SN, la transformation du nombre de grains en masse ne montre pas d'effet significatif sur la variation des résultats. Le résultat moyen du nombre de grains semi-arrondi obtenus selon SN est de 7% pour les deux fraction 4/8 et 8/11.2 (4% pour 4/8 et 10% pour 8/11.2), résultat nettement en dessous du seuil de 25% exigé par la norme SN. Le nombre de grains ronds répertoriés est très faible, seul le matériau Weiacher présente un pourcentage de l'ordre de 0.6% à 0.8% soit en dessous du seuil de 1% au maximum exigé par la norme. Selon l'ancienne norme SN 670 130 [1] ces granulats sont donc conformes à une utilisation pour couches de roulement en enrobé type H ou S.

5.5 Coefficient d'aplatissement selon EN 933-3 (Flakiness Index)

La détermination de la forme par mesure du coefficient d'aplatissement aux grilles à fentes a été déterminée selon EN 933-3 [4], pour la fraction 4/8 mm sur les granulats élémentaires 4/5 mm, 5/6.3 mm et 6.3/8 mm. Pour la fraction 8/11 mm sur les granulats élémentaires de la fraction 8/10 mm et 10/11.2 mm. Le coefficient d'aplatissement global est obtenu par la combinaison pondérée des différentes fractions soumise à l'essai. Les essais ont été réalisés, par le LAVOC et ERTEC, sur des échantillons différents.

Matériaux	Fraction [mm]	Granulats élémentaires d/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulats élémentaire A_i		Coefficient d'aplatissement global classe combinée A		Coefficient d'aplatissement global A
				LAVOC	ERTEC	LAVOC	ERTEC	Moyenne
Makies AG N° 2	4/8	6.3/8	4	6	5	7	5	6
		5/6.3	3.15	8	5			
		4/5	2.5	6	6			
	8/11	12.5/16	8	-	-	2	5	
		10/12.5	6.3	9	6			
		8/10	5	2	3			
Weiacher N° 3	4/8	6.3/8	4	11	5	9	6	8
		5/6.3	3.15	8	6			
		4/5	2.5	7	6			
	8/11	12.5/16	8	-	-	4	5	
		10/12.5	6.3	0	6			
		8/10	5	4	5			
Créabéton N° 4	4/8	6.3/8	4	10	13	13	12	13
		5/6.3	3.15	16	10			
		4/5	2.5	14	13			
	8/11	12.5/16	8	-	-	9	10	
		10/12.5	6.3	6	10			
		8/10	5	9	10			
Bourgeoisie Sion N° 5	4/8	6.3/8	4	13	11	14	11	13
		5/6.3	3.15	16	11			
		4/5	2.5	13	11			
	8/11	12.5/16	8	-	-	12	14	
		10/12.5	6.3	31	18			
		8/10	5	12	13			
Risi AG N° 6	4/8	6.3/8	4	23	14	11	12	12
		5/6.3	3.15	5	12			
		4/5	2.5	7	10			
	8/11	12.5/16	8	-	-	12	12	
		10/12.5	6.3	40	12			
		8/10	5	8	11			

Fraction	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A				
	4/8		8/11.2		Moyenne 4/8 et 8/11.2
Laboratoire	LAVOC	ERTEC	LAVOC	ERTEC	LAVOC - ERTEC
Moyenne	10.8	9.2	7.8	9.2	9.4
Minimum	7	5	2	5	5
Maximum	14	12	12	14	13
Ecart-type	2.6	3.1	4.1	3.7	3.3

Tableau 8 - Résultats du coefficient d'aplatissement selon EN pour fraction 4/8 et 8/11

Les résultats de détermination du coefficient d'aplatissement selon EN montrent que les fractions testées de l'ensemble des matériaux ont un coefficient $A \leq 15$. Les matériaux satisfont totalement aux exigences de la norme SN 670 103- NA qui exige un coefficient d'aplatissement de catégorie A_{25} . Le coefficient moyen obtenu par les 2 laboratoires est de 9.4. Cinq fractions testées ont un coefficient $A \leq 10$ et les cinq autres un coefficient $A \leq 15$. L'écart moyen obtenu entre les deux laboratoires pour la mesure du coefficient d'aplatissement aux grilles à fentes est de ± 1.0 pour la fraction 4/8 mm, il est de ± 0.8 pour la fraction 8/11.2 mm.

5.6 Pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons selon EN 933-5

Il est utile de rappeler que la version française de la norme EN 933-5 de janvier 1998 [6] précise au paragraphe 3.9 surfaces cassées la définition suivante : « *Facettes d'un gravillon alluvionnaire produites par concassage ou par des forces naturelles, limitées par des arêtes aiguës. Si la surface des arêtes est usée ou altérée, elle doit être considérée comme roulée dans le cadre de cet essai* ». Cette définition comportant une grande difficulté d'interprétation, une correction a été nécessaire. L'amendement EN 933-5 :1998/A1 :2004 contribue donc à mieux définir la qualité des arêtes en remplaçant la deuxième phrase par la définition suivante : « *Si la surface ainsi que les arêtes d'une particule de gravillons concassés sont usées ou altérées, alors la particule doit être considérée comme roulée dans le cadre de cette méthode d'essai* ».

La version anglaise originale précise la définition suivante au paragraphe 3.9 crushed or broken surfaces : « *Facets of a particle of gravel produced by crushing or broken by natural forces and bounded by sharp edges. If the surface edges of a particle of crushed or broken gravel are worn or weathered then its surfaces shall be considered as rounded for the purposes of this test method* ». L'amendement EN 933-5 :1998/A1 :2004 a proposé la définition suivante : « *If both the surface and the edges of a particle of crushed or broken gravel are worn or weathered then it shall be considered as rounded for the purposes of this test method* ».

La version allemande originale précise la définition suivante au paragraphe 3.9 Gebrochene Oberfläche : « *Fläche eines Kieskorns, die durch Brechen auf Grund natürlicher Kräfte entstehen und von scharfen Kanten begrenzt ist. Wenn eine Oberflächenkante eines gebrochenen Kieskorns abgenutzt oder verwittert ist, wird die Oberfläche nach dieser Norm als gerundet bewertet* ». L'amendement EN 933-5 :1998/A1 :2004 a proposé la définition suivante : « *Wenn sowohl die Oberfläche als auch die Kanten eines gebrochenen Kieskorns abgenutzt oder verwittert sind, muss die Oberfläche nach dieser Norm als gerundet bewertet werden* ».

Suite à l'amendement EN 933-5 :1998/A1 :2004, les trois versions, anglaise, allemande et française sont en accord.

Exemple de différents types de granulats selon EN 933-5 - Détermination du pourcentage de surfaces cassées



Grains entièrement concassés



Grains entièrement roulés



Grains semi-concassés



Grains semis-roulés

Fraction 4/8

Matériaux	Laboratoire	> 90% cassée <i>tc</i> [%]	> 50% cassée <i>c</i> [%]	Semi-concassés <i>c y.c. tc</i> [%]	< 50% cassée <i>r</i> [%]	Entièrement roulés > 90% arrondie <i>tr</i> [%]	Semi-roulés <i>r y.c. tr</i> [%]	Résultat classification [%]	Catégorie selon EN 13043:2002/AC :2004 et SN 670103a	Classification selon nouvelle catégorie proposée C 70/10
Makies AG n° 2	LAVOC	60.4	9.9	70.3	22.8	6.9	29.7	70.3 / 6.9	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	68.9	4.8	73.7	16.7	9.6	26.3	73.7 / 9.6	C 50/10	C 70/10
	Moyenne	64.6	7.4	72.0	19.7	8.3	28.0	72.0 / 8.3	C 50/10	C 70/10
	Ecart	8.5	5.1	3.4	6.1	2.7	3.4	3.4 / 2.7	-	-
Weiacher n° 3	LAVOC	61.9	9.3	71.2	22.9	5.9	28.8	71.2 / 5.9	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	49.7	6.5	56.2	23.6	20.3	43.9	56.2 / 20.3	C 50/30	C 50/30
	Moyenne	55.8	7.9	63.7	23.2	13.1	36.4	63.7 / 13.1	C 50/30	C 50/30
	Ecart	12.2	2.8	15.0	0.7	14.4	15.1	15.0 / 14.4	-	-
Créabéton N°4	LAVOC	66.4	9.3	75.7	19.6	4.7	24.3	75.7 / 4.7	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	49.0	8.6	57.6	32.1	10.3	42.4	57.6 / 10.3	C 50/10	C 50/10
	Moyenne	57.7	9.0	66.7	25.9	7.5	33.3	66.7 / 7.5	C 50/10	C 50/10
	Ecart	17.4	0.7	18.1	12.5	5.6	18.1	18.1 / 5.6	-	-
Bourgeoisie de Sion n° 5	LAVOC	81.4	8.8	90.3	4.4	5.3	9.7	90.3 / 5.3	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	60.0	4.4	64.4	22.2	13.3	35.5	64.4 / 13.3	C 50/30	C 50/30
	Moyenne	70.7	6.6	77.3	13.3	9.3	22.6	77.3 / 9.3	C 50/10	C 70/10
	Ecart	21.4	4.4	25.9	17.8	8.0	25.8	25.9 / 8.0	-	-
RISI AG N° 6	LAVOC	77.2	5.0	82.2	11.9	5.9	17.8	82.2 / 5.9	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	73.7	5.8	79.5	14.6	5.8	20.4	79.5 / 5.8	C 50/10	C 70/10
	Moyenne	75.5	5.4	80.8	13.2	5.9	19.1	80.8 / 5.9	C 50/10	C 70/10
	Ecart	3.5	0.8	2.7	2.7	0.1	2.6	2.7 / 0.1	-	-
Moyenne 5 gravières	LAVOC	69.5	8.5	77.9	16.3	5.8	22.1	77.9 / 5.8	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	60.3	6.0	66.3	21.8	11.9	33.7	66.3 / 11.9	C 50/30	C 50/30
	Moyenne	64.9	7.2	72.1	19.1	8.8	27.9	72.1 / 8.8	C 50/10	C 70/10
	Ecart	9.2	2.5	11.6	5.5	6.1	11.6	11.6 / 6.1	-	-

Tableau 9 - Pourcentage de surfaces cassées des matériaux de fraction 4/8

Selon la norme EN 13043 [2] et SN 670 103a [3] pour la fraction 4/8, 4 matériaux sur les 5 sélectionnés entrent dans la classe $C_{50/10}$ et le 5^{ème} dans la classe $C_{50/30}$. Si l'on introduit une classe intermédiaire $C_{70/10}$ située entre $C_{95/10}$ et $C_{50/10}$, 3 matériaux sur 5 satisfont à cette classification. On remarque un écart significatif entre les résultats des 2 laboratoires ce qui met en évidence la difficulté à estimer les caractéristiques de surface.

Fraction 8/11

Matériaux	Laboratoire	> 90% cassée <i>tc</i> [%]	> 50% cassée <i>c</i> [%]	Semi-concassés <i>c</i> y.c. <i>tc</i> [%]	< 50% cassée <i>r</i> [%]	Entièrement roulés > 90% arrondie <i>tr</i> [%]	Semi-roulés <i>r</i> y.c. <i>tr</i> [%]	Résultats classification [%]	Catégorie selon EN 13043:2002/ AC :2004 et SN 670103a	Classification selon nouvelle catégorie proposée C 70/10
Makies AG n° 2	LAVOC	65.0	4.7	69.7	25.3	5.0	30.3	69.7 / 5.0	C 50/10	C 50/10
	ERTEC	65.6	9.6	75.2	21.5	3.4	24.9	75.2 / 3.4	C 70/10	C 70/10
	Moyenne	65.3	7.1	72.4	23.4	4.2	27.6	72.4 / 4.2	C 50/10	C 70/10
	Ecart	0.6	4.9	5.5	3.8	1.6	5.4	5.5 / 1.6	-	-
Weiacher n° 3	LAVOC	78.3	6.5	84.8	13.3	1.9	15.2	84.8 / 1.9	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	59.6	6.7	66.3	15.2	18.4	33.6	66.3 / 18.4	C 50/30	C 50/30
	Moyenne	69.0	6.6	75.5	14.2	10.2	24.4	75.5 / 10.2	C 50/30	C 70/10
	Ecart	18.7	0.2	18.5	1.9	16.5	18.4	18.5 / 16.5	-	-
Créabéton N°4	LAVOC	78.7	7.2	85.9	11.9	2.2	14.1	85.9 / 2.2	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	49.6	10.9	60.5	24.6	14.9	39.5	60.5 / 14.9	C 50/30	C 50/30
	Moyenne	64.1	9.1	73.2	18.3	8.5	26.8	73.2 / 8.5	C 50/10	C 70/10
	Ecart	29.1	3.7	25.4	12.7	12.7	25.4	25.4 / 12.7	-	-
Bourgeoisie de Sion n° 5	LAVOC	79.6	4.5	84.0	12.1	3.8	16.0	84.0 / 3.8	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	51.9	10.9	62.8	28.7	8.5	37.2	62.8 / 8.5	C 50/10	C 50/10
	Moyenne	65.7	7.7	73.4	20.4	6.2	26.6	73.4 / 6.2	C 50/10	C 70/10
	Ecart	27.7	6.4	21.2	16.6	4.7	21.2	21.2 / 4.7	-	-
RISI AG N° 6	LAVOC	79.9	7.9	87.8	6.6	5.6	12.2	87.8 / 5.6	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	64.9	10.3	75.2	19.1	5.8	24.9	75.8 / 5.8	C 50/10	C 70/10
	Moyenne	72.4	9.1	81.5	12.8	5.7	18.5	81.5 / 5.7	C 50/10	C 70/10
	Ecart	15.0	2.4	12.6	12.5	0.2	12.7	12.6 / 0.2	-	-
Moyenne 5 gravières	LAVOC	76.3	6.1	82.4	13.8	3.7	17.6	82.4 / 3.7	C 50/10	C 70/10
	ERTEC	58.3	9.7	68.0	21.8	10.2	32.0	68.0 / 10.2	C 50/10	C 50/10
	Moyenne	67.3	7.9	75.2	17.8	7.0	24.8	75.2 / 7.0	C 50/10	C 70/10
	Ecart	18.0	3.5	14.4	8.0	6.5	14.5	14.4 / 6.5	-	-

Tableau 10 - Pourcentage de surfaces cassées des matériaux de fraction 8/11.2

Selon la norme EN 13043 [2] et SN 670 103a [3] pour la fraction 8/11.2, 4 matériaux sur les 5 sélectionnés entrent dans la classe $C_{50/10}$ et le 5^{ème} dans la classe $C_{50/30}$. Si l'on introduit une classe intermédiaire $C_{70/10}$ située entre $C_{95/1}$ et $C_{50/10}$, 5 matériaux sur 5 satisfont à cette classification. Comme pour la fraction 4/8 mm, on remarque un écart significatif entre les résultats des 2 laboratoires ce qui confirme la difficulté à estimer les caractéristiques de surface.

Définition de la classe $C_{70/10}$

Pour être conforme à la classe $C_{70/10}$ et par analogie aux classes déjà existantes dans la norme directrice EN 13043, une classe granulaire doit remplir les 3 conditions suivantes :

1. Contenir, au maximum 10% en masse de grains entièrement roulés
2. Contenir, au minimum 70% en masse de grains semi-concassés et entièrement concassés, selon EN 933-5
3. Contenir, au minimum, 30% en masse de grains entièrement concassés selon EN 933-5

6. Caractéristiques de surface

6.1 Nombre de grains à faces arrondies présent en surface

La détermination du pourcentage de grains à faces arrondies présent en surface a été effectuée au moyen d'une méthode optimisée dans le cadre de l'étude. Pour chaque plaque, la surface a été décomposée en 10 zones de 5 cm de large par 17 cm de haut puis un repérage visuel et un comptage des grains à faces arrondies ont été effectués.

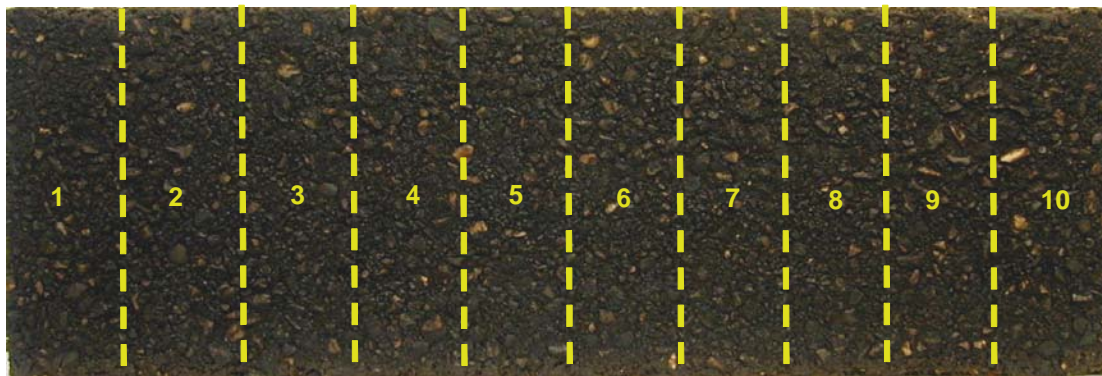


Figure 5 - Décomposition de la surface en 10 zones

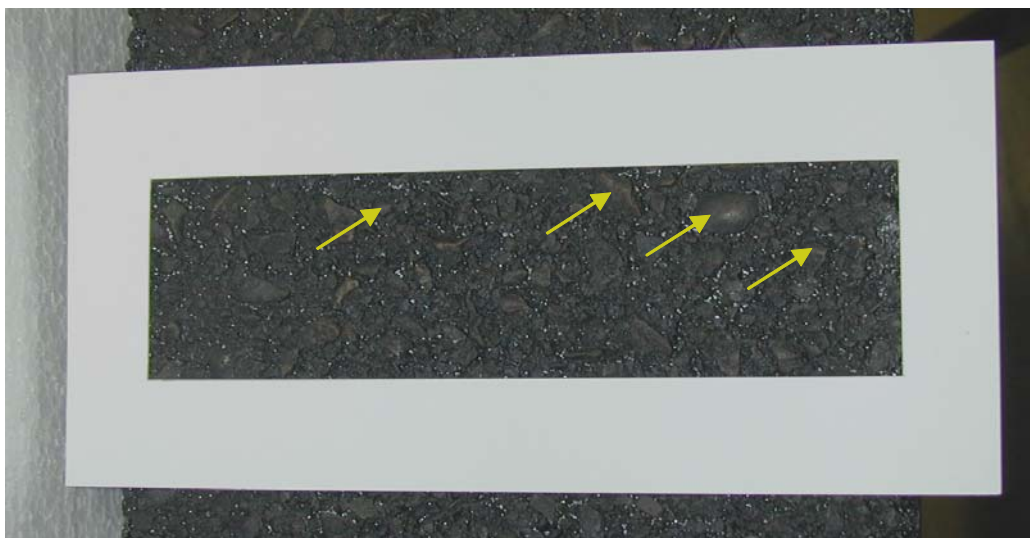


Figure 6 - Cache pour le repérage, par zone, des gravillons avec faces arrondies

6.2 Détermination de la macrorugosité selon EN 13036-1

La détermination de la macrorugosité de la surface du revêtement a été effectuée par mesurage de la profondeur de macrotecture à l'aide d'une technique volumétrique à la tache (hauteur au sable PMT) selon la norme EN 13036-1 [7]. Cette méthode utilise un volume donné de billes de verre calibrées, arasé à la surface de la route en une tache circulaire. On calcule la surface de cette tache après avoir mesuré son diamètre. En divisant le volume du sable par la surface couverte, on obtient une valeur qui représente la profondeur moyenne de la couche de sable, c'est-à-dire une "profondeur de texture" moyenne. Pour cette application sur des plaques de surfaces limitées, le volume de référence de 25'000 mm³ a été réduit de moitié soit à 12'500 mm³



Figure 7 - Mesurage de la profondeur de macrotecture avec billes de verre calibrées

6.3 Détermination de la qualité antidérapante selon SN 640 510 b

La détermination de la qualité antidérapante a été effectuée au moyen du pendule SRT selon la norme SN 640 510 b [8]. Un support adéquat a été développé au LAVOC pour permettre un positionnement précis de l'appareillage SRT et une parfaite répétabilité. Le patin en caoutchouc utilisé pour mesurer les caractéristiques d'adhérence a une largeur de 72 mm. La zone auscultée est située dans l'axe longitudinal de la plaque dans le sens du compactage. Les 5 points de mesures choisis (longueur de 126 mm par point) couvrent toute la longueur de la plaque à l'exception de 20 mm situé aux deux extrémités de la plaque. Pour chaque zone testée, il y a donc un recouvrement d'environ 26 mm.



Figure 8 - Support spécial avec pendule SRT pour mesure de la qualité antidérapante

7. Synthèse des résultats d'essais

7.1 AB 11 S, nombre de grains arrondis, hauteur au sable PMT, SRT

Matériaux	Nombre de grains arrondis			Hauteur au sable PMT			SRT		
	Avec liant [-]	Sans liant [-]	Ecart [-]	Avec liant [mm]	Sans liant [mm]	Ecart [mm]	Avec liant [-]	Sans liant [-]	Ecart [-]
Makies AG n° 2	46	44	2	0.82	0.75	-0.07	69	65	-4
Weiacher n° 3	63	57	6	0.90	0.72	-0.18	67	62	-5
Créabéton N°4	49	44	5	0.80	0.74	-0.06	71	66	-5
Bourgeoisie de Sion n° 5	37	31	6	0.80	0.69	-0.11	72	67	-5
RISI AG N° 6	59	44	15	0.84	0.83	-0.01	73	70	-3
Moyenne 5 gravières	51	44	7	0.83	0.75	-0.086	70.4	66.0	-4.4
Ecart-type [-]	8.5	7.5	-	0.03	0.04	-	2.0	2.4	-

Tableau 11 - Caractéristiques de surface des plaques en enrobé AB 11 S

Le nombre de grains arrondis moyens répertoriés sur les 5 plaques avec film de liant comporte en moyenne 7 points de plus que celles sans film de liant. Cette différence systématique s'explique par le fait qu'il est plus difficile de recenser les granulats concassés lorsqu'ils sont recouverts de liant (voir figures 9 et 10). La représentation des résultats par groupe (avec et sans film de liant, sans Risi) montre bien la diminution du coefficient SRT avec une translation sans variation de pente et une bonne corrélation dans les deux cas. La profondeur de macrotexture PMT (hauteur au sable) moyenne mesurée est plus faible d'environ 0.09 mm pour les plaques avec surfaces désenrobées (voir figures 11 et 12). Cette diminution de macrorugosité est logiquement liée à un état de surface sans film de liant. Les coefficients SRT mesurés indiquent tous des valeurs supérieures à 65 unités SRT dans le cas des surfaces avec film de liant. Pour les surfaces désenrobées on constate une sensible diminution du coefficient SRT de l'ordre de 4 points en moyenne. Cette tendance va dans le sens contraire de ce qui est en général constaté in situ durant les premières années où une augmentation du coefficient SRT est habituellement observée pour ce type de revêtement. La raison réside dans le fait que malgré toute l'attention portée à l'élaboration d'un système de désenrobage minimisant la modification de l'état de surface, quelques grains de sable ont été enlevés avec le nettoyage, à chaud, du liant. Ce qui s'explique par le fait que pour ce type de revêtement, la fraction sable apporte une importance décisive à la valeur d'adhérence et particulièrement dans le cas de la mesure au pendule SRT. La représentation des résultats par groupe (avec et sans film de liant, sans Risi) montre bien la diminution du coefficient SRT et de profondeur de macrotexture PMT avec une bonne corrélation dans le cas du groupe avec film de liant. Dans le cas du groupe sans film de liant, une dispersion élevée est constatée.

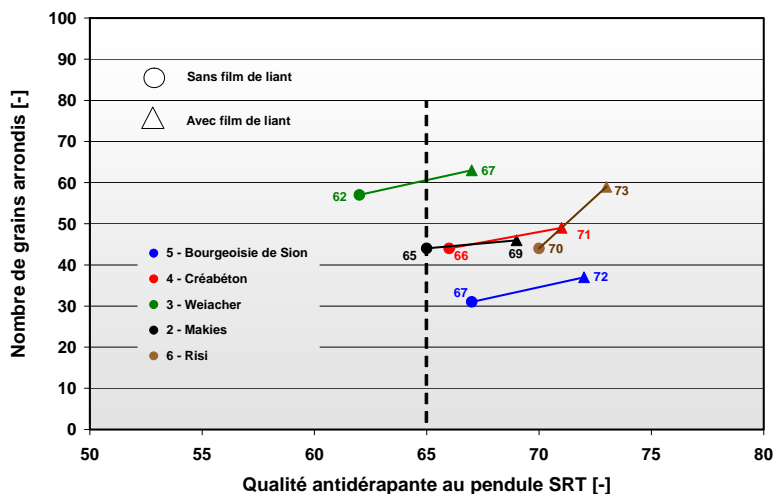


Figure 9 – AB 11 S, valeurs SRT fonction du nombre de grains arrondis avec et sans film de liant, effet par matériaux

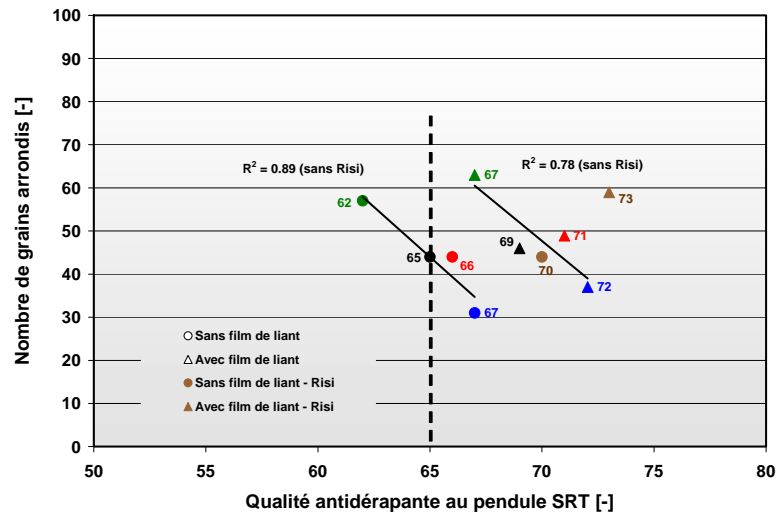


Figure 10 – AB 11 S, valeurs SRT fonction du nombre de grains arrondis, comparaison avec et sans film de liant

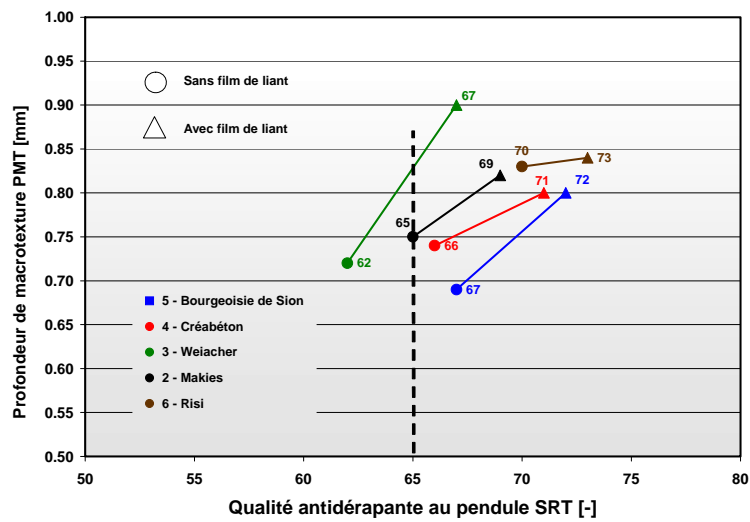


Figure 11 – AB 11 S, valeurs SRT fonction de la macrotexture PMT avec et sans film de liant, effet par matériaux

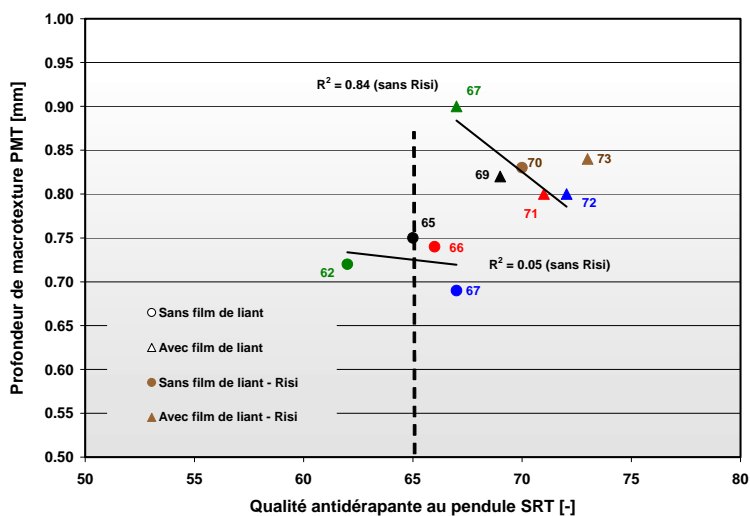


Figure 12 – AB 11 S, valeurs SRT fonction de la macrotexture PMT, comparaison avec et sans film de liant

7.2 MR 11, nombre de grains arrondis, hauteur au sable PMT, SRT

Matériaux	Nombre de grains arrondis			Hauteur au sable PMT			SRT		
	Avec liant [-]	Sans liant [-]	Ecart [-]	Avec liant [mm]	Sans liant [mm]	Ecart [mm]	Avec liant [-]	Sans liant [-]	Ecart [-]
Makies AG n° 2	52	57	5	3.29	3.1	-0.19	61	68	7
Weiacher n° 3	50	68	18	2.30	3.21	-0.91	48	66	18
Créabéton N°4	54	55	1	2.92	2.64	-0.28	60	69	9
Bourgeoisie de Sion n° 5	46	43	-3	2.21	2.48	0.27	58	70	12
RISI AG N° 6	46	43	-3	2.82	2.4	-0.42	59	62	3
Moyenne 5 gravières	50	53	3	2.71	2.77	-0.058	57.2	67.0	9.8
Ecart-type [-]	3.2	9.4		0.4	0.3		4.7	2.8	

Tableau 12 - Caractéristiques de surface des plaques en enrobé MR 11

Pour les plaques en enrobé MR11, le nombre de grains arrondis moyens répertoriés sur les 5 plaques sans film de liant comporte en moyenne 3 grains de plus que pour celles sans film de liant, mais on relève une dispersion assez élevée. La hauteur au sable PMT moyenne mesurée est plus faible d'environ 0.06 mm pour les plaques avec surfaces désenrobées. Comme dans le cas de l'AB 11 S, cette diminution de macrorugosité est logiquement liée à un état de surface sans film de liant. Les coefficients SRT mesurés dans le cas des surfaces avec film de liant indiquent tous des valeurs inférieures à 65 unités SRT. Contrairement à ce qui a été observé dans le cas de l'AB 11 S, on constate pour les surfaces sans film de liant, une augmentation significative du coefficient SRT de l'ordre de 10 points en moyenne avec ponctuellement une variation très élevée de 18 unités SRT dans le cas de Weiacher. Cette augmentation est très importante mais on remarque aussi une variation significative du nombre de grains arrondis sans que l'on constate de relation directe. L'augmentation significative de l'adhérence sur les surfaces sans film de liant confirme ce qui est en général constaté in situ durant les premières années.

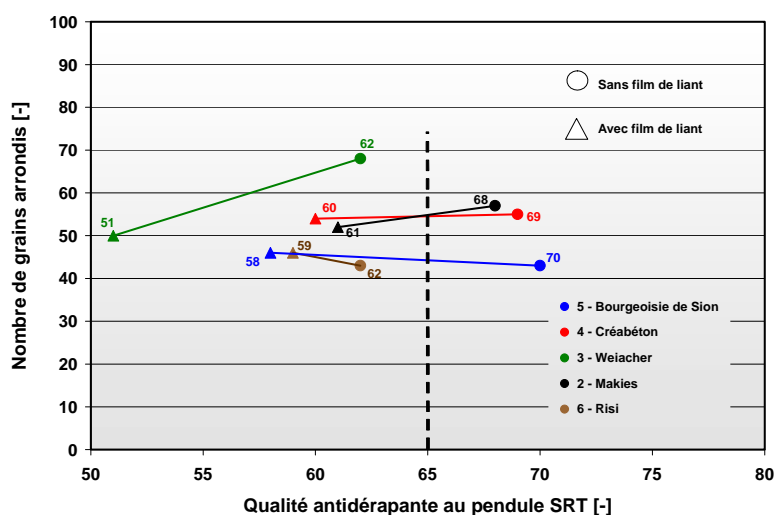


Figure 13 – MR 11, valeurs SRT fonction du nombre de grains arrondis avec et sans film de liant, effet par matériaux

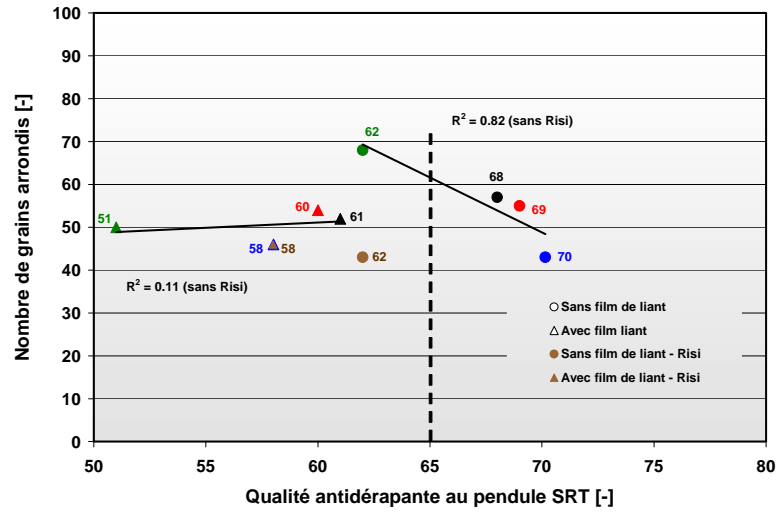


Figure 14 – MR 11, valeurs SRT fonction du nombre de grains arrondis, comparaison avec et sans film de liant

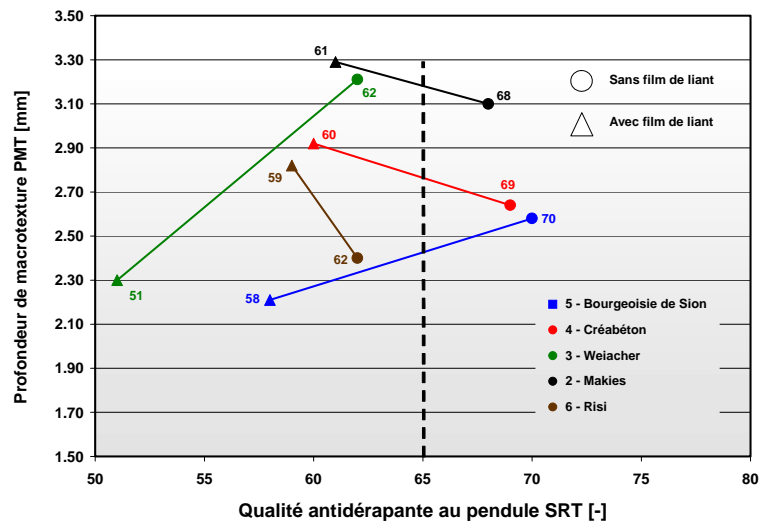


Figure 15 – MR 11, valeurs SRT fonction de la macrotexture PMT avec et sans film de liant, effet par matériaux

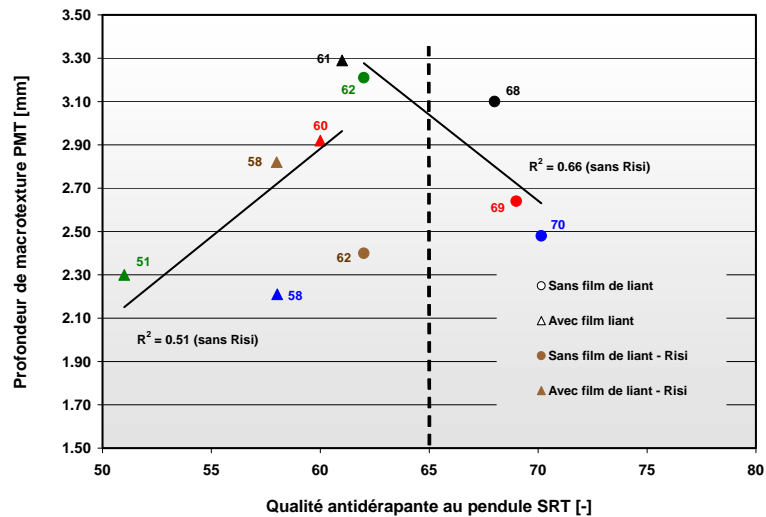


Figure 16 – MR 11, valeurs SRT fonction de la macrotexture PMT, comparaison avec et sans film de liant

8. Conclusions et recommandations

L'étude réalisée sur les granulats de fractions 4/8 mm et 8/11.2 mm provenant des 5 gravières sélectionnées a montré :

- un pourcentage de grains non cubiques, selon SN, toutes fractions et provenances confondues de 26%, soit 27% pour les fractions 4/8 et 25% pour les fractions 8/11.2. Sur les 10 fractions analysées, 7 fractions sont conformes avec un pourcentage de grains non cubiques compris entre 20% et 50% et 3 fractions ont un pourcentage de grains non cubiques inférieur à 20%.
- un indice moyen $S/$ de toutes les fractions et provenances confondues de 12, soit un indice de 13 pour les fractions 4/8 et de 11 pour les fractions 8/11.2. Sur les 10 fractions analysées, 8 satisfont à la catégorie $S/15$ et les 2 restantes satisfont à la catégorie $S/20$. A titre indicatif, après transformation des résultats selon SN en masse, le ratio moyen de comparaison des indices $S/EN/SN$ de 0.45.
- pour l'arrondi, un nombre de grains moyen semis-arrondis obtenus selon SN sur toutes les fractions et provenances confondues de 7%, soit un indice de 4% pour les fractions 4/8 et de 10% pour les fractions 8/11.2. Seul un matériau présente un pourcentage de grains ronds de l'ordre de 0.6% à 0.8% soit en dessous du seuil maximum de 1% exigé par la norme. A titre indicatif, la transformation du nombre de grains semis-arrondis selon SN en masse donne une valeur de 8.6% au lieu de 7%.
- un coefficient d'aplatissement aux grilles à fentes, toutes fractions et provenances confondues de 9.4 (coefficient global classe combinée A), soit un coefficient A de 10 pour les fractions 4/8 et de 8.5 pour les fractions 8/11.2. Sur les 10 fractions analysées, cinq fractions ont un coefficient $A \leq 10$ et les cinq autres un coefficient $A \leq 15$.
- un pourcentage de surfaces cassées de : 72% de semi-concassés et totalement concassés et 7% de totalement roulés, toutes fractions et provenances confondues. Pour la fraction 4/8, 4 matériaux sur les 5 sélectionnés entrent dans la classe $C_{50/10}$ et le 5^{ème} dans la classe $C_{50/30}$ et pour la fraction 8/11.2, 4 matériaux sur les 5 sélectionnés entrent dans la classe $C_{50/10}$ et le 5^{ème} dans la classe $C_{50/30}$.

La caractérisation de ces granulats a montré globalement que selon les anciennes normes SN, les matériaux sélectionnés étaient conformes à une utilisation pour des couches de roulement N, L, S, ou H, mais la classification selon les catégories proposées par la norme EN 13043:2002 et la norme SN 670 103a-NA indique que ces matériaux peuvent être utilisés uniquement pour les couches de roulement AC de type L car 9 fractions sur les 10 analysées rentrent dans la catégorie $C_{50/10}$ (pour rappel, $C_{50/10}$ = min. 50% de semi-concassés et totalement concassés et max. 10% de totalement roulés). Une application restrictive de la norme européenne concernant le pourcentage de matériaux concassés dans les enrobés ne permettrait donc plus aux gravières qui produisent actuellement ce genre de matériaux, de continuer à fabriquer un matériau conforme (pour les enrobés type S pour couche de surface) sans une modification lourde de leurs installations.

L'étude réalisée sur les deux mélanges d'enrobés AB 11 S et MR 11 a permis d'obtenir les informations suivantes à partir des plaques d'enrobé compactées :

Enrobé AB 11 S

Le nombre moyen de grains arrondis identifiés en surface est de 51 pour les plaques avec film de liant et de 44 pour celles sans film de liant, la différence s'explique certainement par la difficulté à recenser les grains arrondis recouverts d'un film de liant. La profondeur de macrotecture PMT moyenne mesurée est plus faible d'environ 0.09 mm pour les plaques avec surfaces désenrobées que pour celles avec film de liant. Le coefficient SRT moyen obtenu est de 70 unités avec film de liant et de 66 unités sans film de liant. Les valeurs individuelles obtenues sont toutes conformes à l'exigence de 65 unités SRT proposée par la norme SN, une seule valeur est inférieure à ce seuil. Une tendance à la diminution du coefficient SRT sur les surfaces sans film de liant peut être expliquée par la disparition de particules de sable lors du désenrobage du film de liant. On constate une sensible augmentation du coefficient SRT avec la diminution du nombre de grains arrondis présents en surface.

Enrobé MR 11

Le nombre de grains arrondis identifiés en surface est en moyenne de 50 pour les plaques avec film de liant et en moyenne de 53 pour celles sans film de liant, avec cependant une assez grande dispersion. La profondeur de macrotexture PMT moyenne mesurée est plus faible d'environ 0.06 mm pour les plaques avec surfaces désenrobées que pour celles avec film de liant. Le coefficient SRT moyen obtenu est de 57 unités avec film de liant et de 67 unités sans film de liant avec une variation de 62 à 70 unités sans film de liant et de 48 à 61 unités avec film de liant. La problématique de l'adhérence des enrobés à courbes discontinues est mise en évidence.

Une augmentation significative du coefficient SRT sur les surfaces sans film de liant est constatée, ce phénomène est en général vérifié in situ lorsque le film de liant a disparu de la surface des granulats sous l'effet du trafic. L'évolution du coefficient SRT ne semble pas liée au nombre de grains arrondis présents en surface.

En conclusion de cette étude, il a été vérifié que l'utilisation de matériaux alluvionnaires représentatif des sources d'approvisionnement actuellement exploitées en Suisse, contenant une teneur moyenne de 7% de grains entièrement roulés et de 72% de grains semi-concassés et totalement concassés, ne semblait pas présenter une contre-indication à une utilisation plus large de ces matériaux en couches de roulement. Il apparaît donc nécessaire, pour une utilisation rationnelle des ressources, de définir une nouvelle classe européenne pour l'essai de surface cassée, située entre la $C_{50/10}$ et la $C_{90/1}$ afin de combler le vide existant mais surtout de ne pas éliminer des matériaux qui ne devraient pas l'être.

Il est donc proposé d'introduire une nouvelle classe européenne $C_{70/10}$, dont la définition par analogie aux classes déjà existantes dans la norme directrice EN 13043 [2] précise qu'une classe granulaire doit contenir :

1. au maximum 10% en masse de grains entièrement roulés
2. au minimum 70% en masse de grains semi-concassés et entièrement concassés, selon EN 933-5
3. au minimum, 30% en masse de grains entièrement concassés selon EN 933-5

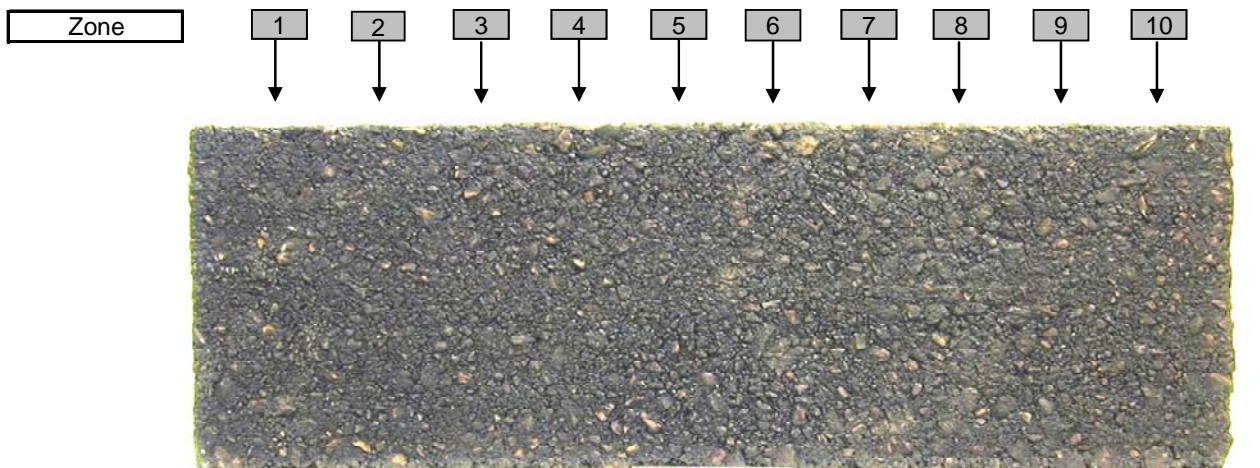
En complément, il est aussi important de rappeler que la norme EN 933-5 [6] s'applique aux gravillons naturels soit graves et gravillons alluvionnaires. La problématique liée à une utilisation de grains 100% concassés provenant de carrière et présentant des arêtes et surfaces endommagées/émoussées existe. L'incidence néfaste de ces matériaux pouvant générer dans certains cas des déformations permanentes importantes est avérée [15]. Dans l'ancienne norme SN 670 130, cette problématique était soulignée. L'essai d'identification des surfaces cassées présente des difficultés d'application pour les granulats 100% concassés, des essais croisés ayant mis en évidence des dispersions significatives. Pour cette raison, une extension à l'ensemble des gravillons doit encore être évaluée.

9. Bibliographie

- [1] Norme suisse SN 670 130 "Sables, graviers, gravillons et pierres concassées pour revêtements - Exigences de qualité"
- [2] Norme EN 13043 "Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation"
- [3] Normes SN 670 103 et SN 670 103a-NA "Granulats pour mélanges hydrocarbonés et pour enduits superficiels utilisés dans la construction des chaussées, aérodromes et d'autres zones de circulation"
- [4] Norme EN 933-3 "Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 3 : Détermination de la forme des granulats par mesure du coefficient d'aplatissement"
- [5] Norme EN 933-4 "Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 5 : Détermination de la forme des grains – Indice de forme"
- [6] Norme EN 933-5 "Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats - Partie 4 : Détermination du pourcentage de surfaces cassées dans les gravillons"
- [7] Norme EN 13036-1 SN 640 511-1 "Caractéristiques de surface des routes et aéroports – Méthode d'essai – Partie 1 : Mesurage de la profondeur de macrotexture de la surface du revêtement à l'aide d'une technique volumétrique à la tache"
- [8] Norme SN 640 510b - Qualité antidérapante
- [9] Norme SN 640 431b "Revêtements en béton bitumineux - Conception, exigences, exécution"
- [10] Norme SN 640 435a "Couches de roulement en enrobé macrorugueux - Conception, exigences, exécution"
- [11] FA 22/92 "Réalisation d'essais en voie de normalisation européenne sur un échantillonnage de granulats suisses utilisés pour la fabrication de revêtements routiers"
- [12] FA 6/96 "Evaluation de méthodes de laboratoire pour l'analyse des fillers dans le cadre de la normalisation européenne"
- [13] FA 12/89 et complément 12/95 "Caractéristiques d'une formulation de référence pour les bétons bitumineux"
- [14] FA 2000-360 - "Besoin en adhérence des revêtements"
- [15] FA 10/94 - "Influence de la forme des granulats sur les caractéristiques d'un béton bitumineux, 2^{ème} partie"

10. Annexes

OFARROND Ech. N° 2 Makies AG (avec film de liant en surface)



Points	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

	Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)		
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	14	13.5	12.5	14.5	14.5
Diamètre 2	13.5	14	15	13	14
Moyenne	13.75	13.75	13.75	13.75	14.25
PMT [mm]	0.83	0.83	0.83	0.83	0.77
	Moyenne	0.82			

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs			Température	Correction
Points	1	2	3	4	5	
Valeur N° 1	70	69	67	69	70	
Valeur N° 2	70	68	66	69	70	
Valeur N° 3	69	67	66	68	69	
Valeur N° 4	69	67	65	68	69	
Valeur N° 5	68	67	65	67	68	
Valeurs SRT	69	67	65	68	69	
	Moyenne	67.5	Moyenne corrigée	69.0		

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	5	Zone 6	6	TOTAL
Zone 2	3	Zone 7	5	
Zone 3	3	Zone 8	8	
Zone 4	4	Zone 9	4	
Zone 5	4	Zone 10	4	
				46

OFARROND Ech. N° 2 Makies AG (sans film de liant en surface)



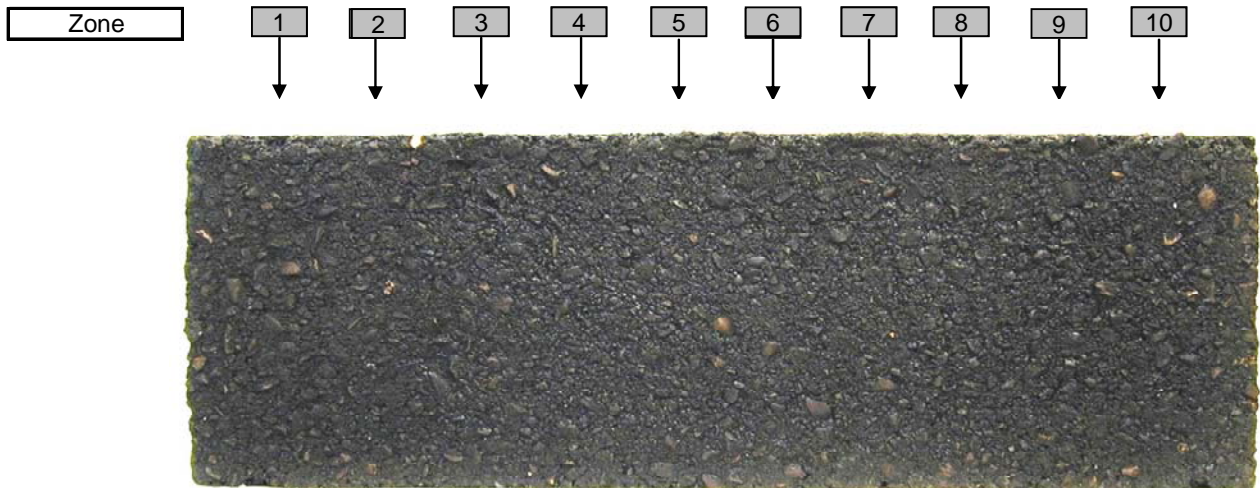
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)			
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	14	15	14.5	14.5	14.5
Diamètre 2	15	14	14.5	15	14
Moyenne	14.5	14.5	14.5	14.75	14.25
PMT [mm]	0.75	0.75	0.75	0.72	0.77
	Moyenne	0.75			

Points	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs	Température	Correction
			25	1.22
1	67	65	65	66
2	67	65	64	66
3	66	64	63	65
4	66	64	62	65
5	66	63	62	65
Valeurs SRT	Moyenne	63.9	Moyenne corrigée	65.0

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	5	Zone 6	4	TOTAL
Zone 2	6	Zone 7	4	
Zone 3	4	Zone 8	3	
Zone 4	4	Zone 9	4	
Zone 5	7	Zone 10	3	44

OFARROND Ech. N° 3 Weiacher AG (avec film de liant en surface)



OFARROND
Ech.
Weiacher
Fabrication du 02.03.04

Points	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

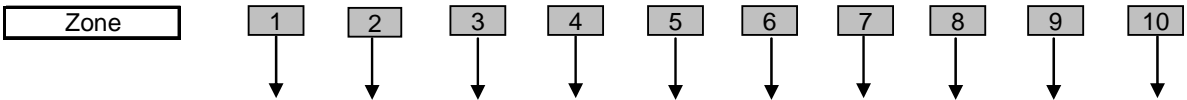
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)				
Points	1	2	3	4	5	
Diamètre 1	12.5	14	15	13.5	12.5	
Diamètre 2	13	12.5	13	13	13	
Moyenne	12.75	13.25	14	13.25	12.75	
PMT [mm]	0.97	0.89	0.80	0.89	0.97	
	Moyenne	0.90				

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs			Température	Correction
		1	2	3	4	5
Points	1	2	3	4	5	
Valeur N° 1	72	63	65	67	75	
Valeur N° 2	71	63	65	66	74	
Valeur N° 3	70	62	64	65	72	
Valeur N° 4	70	60	63	65	71	
Valeur N° 5	69	60	63	65	70	
Valeurs SRT	70	61	63	65	71	
	Moyenne	65.9	Moyenne corrigée	67.0		

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	3	Zone 6	8	TOTAL
Zone 2	4	Zone 7	9	
Zone 3	4	Zone 8	8	
Zone 4	5	Zone 9	7	
Zone 5	7	Zone 10	8	
				63

OFARROND Ech. N° 3 Weiacher AG (sans film de liant en surface)



OFARROND
Ech. 3 (sans film de liant en surface)
Weiacher
Fabrication du 02.03.04



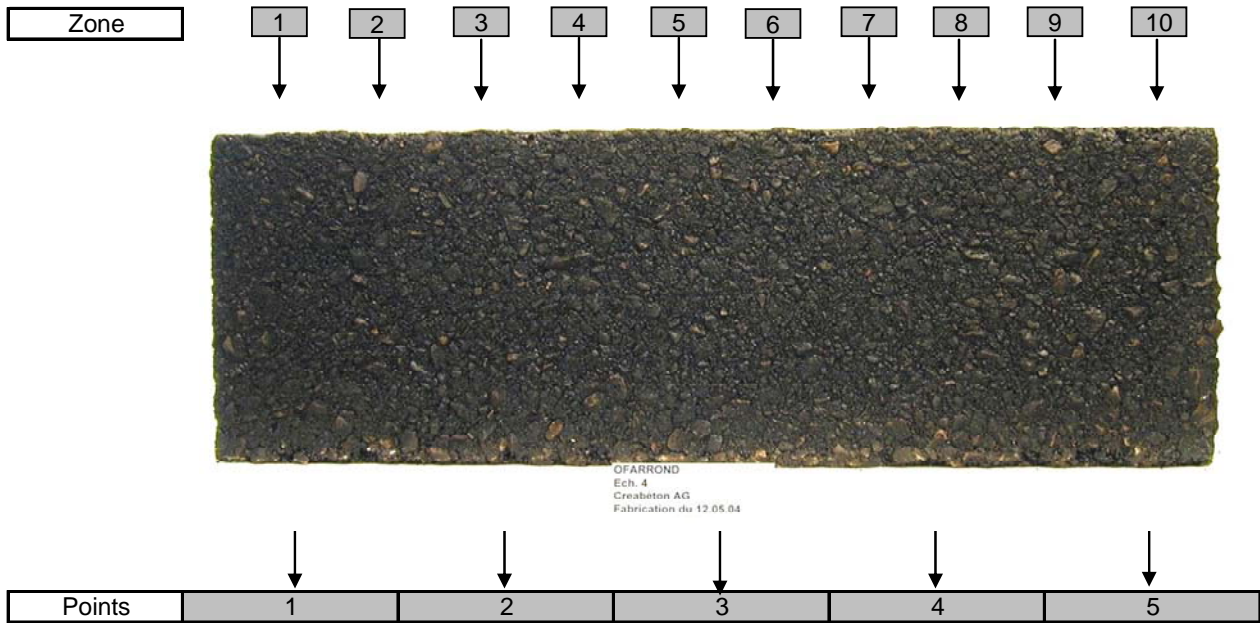
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)				
Points		1	2	3	4	5
Diamètre 1		14	15	15	16	15.5
Diamètre 2		14	14	15	14.5	15
Moyenne		14	14.5	15	15.25	15.25
PMT [mm]		0.80	0.75	0.70	0.68	0.68
	Moyenne	0.72				

Points	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs		Température	Correction
		2	3	25	1.22
1	64	60	62	4	5
Valeur N° 1	64	60	62	64	68
Valeur N° 2	63	60	60	63	66
Valeur N° 3	62	58	58	62	65
Valeur N° 4	61	58	57	60	64
Valeur N° 5	61	58	57	60	64
Valeurs SRT	61	58	57	61	64
	Moyenne	60.3	Moyenne corrigée	62.0	

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	4	Zone 6	7	TOTAL
Zone 2	7	Zone 7	5	
Zone 3	7	Zone 8	5	
Zone 4	5	Zone 9	7	
Zone 5	5	Zone 10	5	57

OFARROND Ech. N° 4 Creabéton AG (avec film de liant en surface)



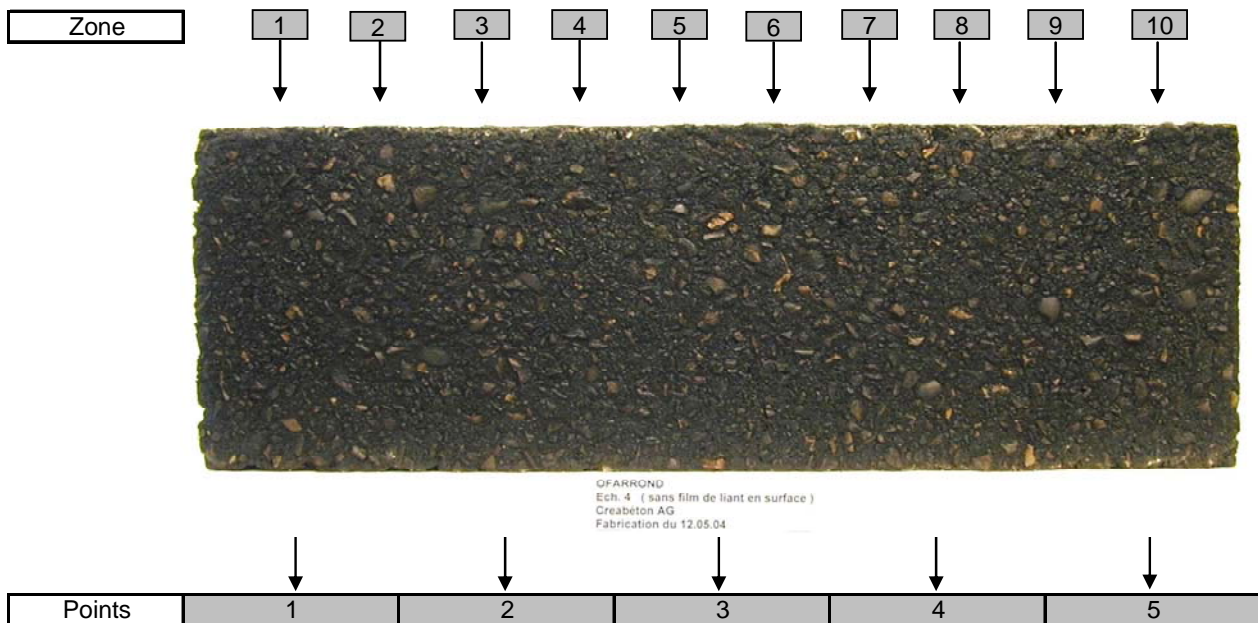
Points	1	2	3	4	5
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)			
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	13.5	15	15	13.5	15
Diamètre 2	13.5	13	14.5	14	13.5
Moyenne	13.5	14	14.75	13.75	14.25
PMT [mm]	0.86	0.80	0.72	0.83	0.77
	Moyenne	0.80			

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs			Température	Correction
					22	0.49
Points	1	2	3	4	5	
Valeur N° 1	74	71	70	74	73	
Valeur N° 2	74	70	69	73	73	
Valeur N° 3	73	70	68	73	72	
Valeur N° 4	72	70	68	73	71	
Valeur N° 5	72	69	67	73	71	
Valeurs SRT	72	70	68	73	71	
	Moyenne	70.8	Moyenne corrigée	71.0		

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	4	Zone 6	4	TOTAL
Zone 2	4	Zone 7	6	
Zone 3	5	Zone 8	5	
Zone 4	5	Zone 9	5	
Zone 5	5	Zone 10	6	
				49

OFARROND Ech. N° 4 Creabéton AG (sans film de liant en surface)



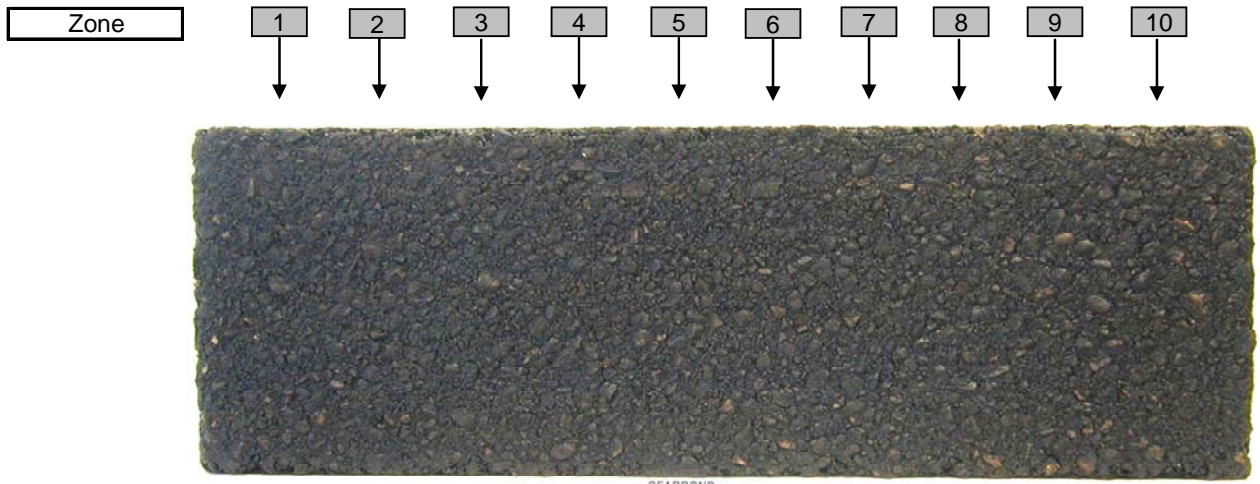
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)				
Points		1	2	3	4	5
Diamètre 1		15	15.5	16	15.5	15
Diamètre 2		14	15	12.5	13	14
Moyenne		14.5	15.25	14.25	14.25	14.5
PMT [mm]		0.75	0.68	0.77	0.77	0.75
	Moyenne	0.74				

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs			Température	Correction
					22	0.49
Points		1	2	3	4	5
Valeur N° 1		70	67	66	65	68
Valeur N° 2		69	67	65	65	68
Valeur N° 3		68	66	64	65	67
Valeur N° 4		68	66	64	65	67
Valeur N° 5		67	65	64	64	67
Valeurs SRT		68	66	64	65	67
	Moyenne	65.8	Moyenne corrigée	66.0		

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	5	Zone 6	3	TOTAL
Zone 2	4	Zone 7	4	
Zone 3	5	Zone 8	5	
Zone 4	7	Zone 9	4	
Zone 5	4	Zone 10	3	
				44

OFARROND Ech. N° 5 Bourgeoisie de Sion (avec film de liant en surface)



Points	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

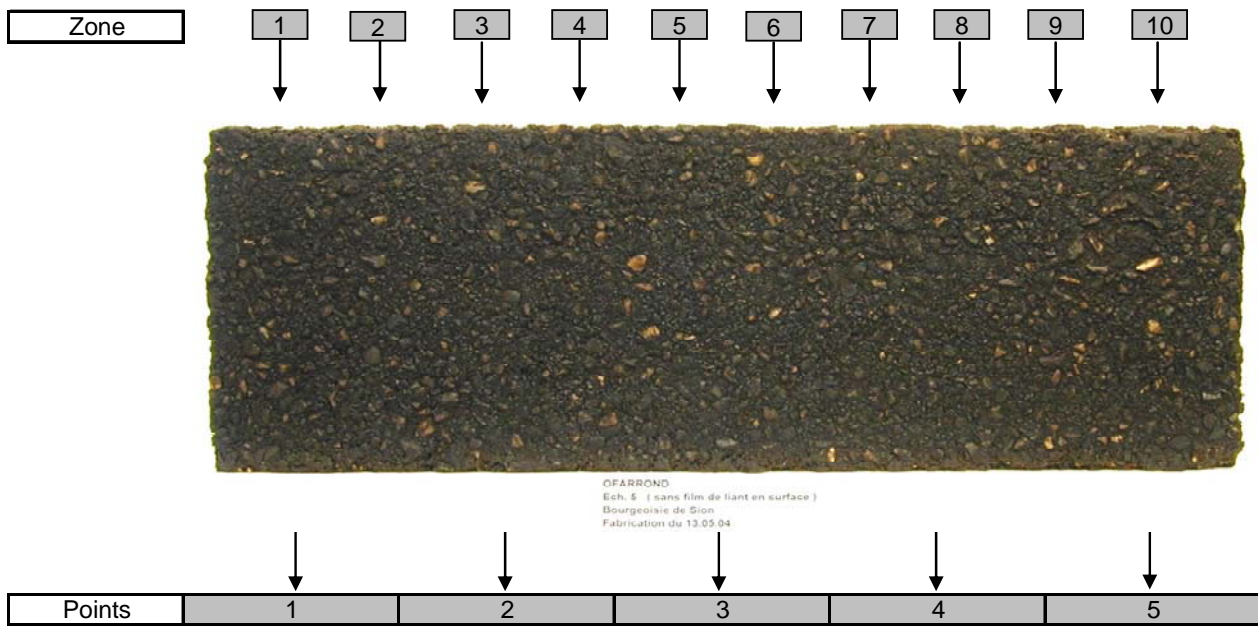
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)			
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	12.5	14.5	15	13.5	14.5
Diamètre 2	14.5	15	13	14.5	13.5
Moyenne	13.5	14.75	14	14	14
PMT [mm]	0.86	0.72	0.80	0.80	0.80
	Moyenne	0.80			

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs		Température	Correction
				23.5	0.83
Points	1	2	3	4	5
Valeur N° 1	75	78	71	72	74
Valeur N° 2	75	76	71	71	73
Valeur N° 3	74	74	70	70	71
Valeur N° 4	73	73	69	70	71
Valeur N° 5	73	72	69	69	70
Valeurs SRT	73	73	69	70	71
	Moyenne	71.2	Moyenne corrigée	72.0	

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	4	Zone 6	4	TOTAL
Zone 2	4	Zone 7	4	
Zone 3	3	Zone 8	4	
Zone 4	3	Zone 9	4	
Zone 5	3	Zone 10	4	
				37

OFARROND Ech. N° 5 Bourgeoisie de Sion (sans film de liant en surface)



OFARROND
Ech. 5 (sans film de liant en surface)
Bourgeoisie de Sion
Fabrication du 13.05.04

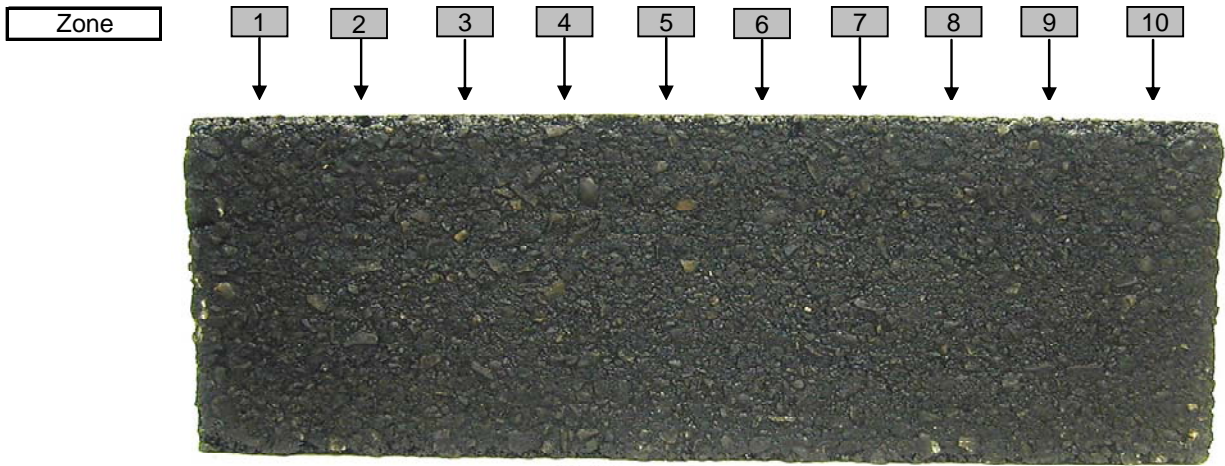
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)			
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	16	15.5	16	15	14.5
Diamètre 2	15	15	15	14.5	14.5
Moyenne	15.5	15.25	15.5	14.75	14.5
PMT [mm]	0.65	0.68	0.65	0.72	0.75
	Moyenne	0.69			

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs		Température	Correction
				23.5	0.83
Points	1	2	3	4	5
Valeur N° 1	70	66	66	67	72
Valeur N° 2	70	66	65	67	72
Valeur N° 3	69	65	65	66	71
Valeur N° 4	69	64	64	65	71
Valeur N° 5	68	64	64	65	70
Valeurs SRT	69	64	64	65	71
	Moyenne	66.7	Moyenne corrigée	67.0	

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	4	Zone 6	3	TOTAL
Zone 2	2	Zone 7	3	
Zone 3	3	Zone 8	3	
Zone 4	3	Zone 9	3	
Zone 5	4	Zone 10	3	
				31

OFARROND Ech. N° 6 Risi AG (avec film de liant en surface)



Points	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

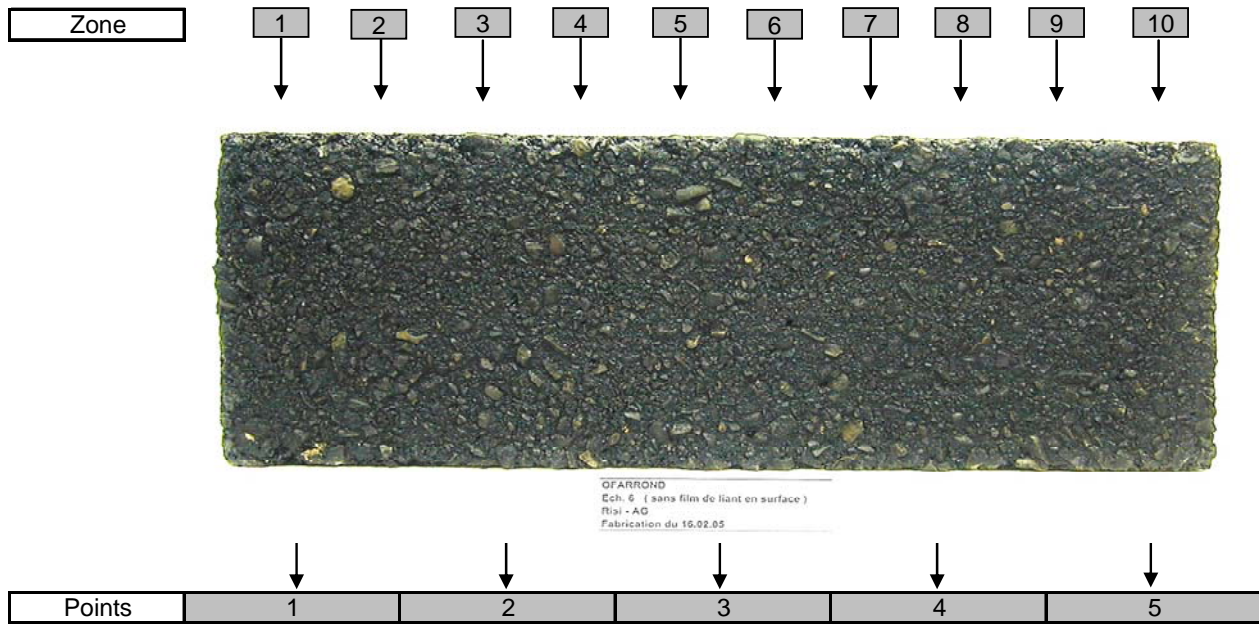
Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)			
Points	1	2	3	4	5
Diamètre 1	15	15	15	14	14
Diamètre 2	11	13	14	13	13
Moyenne	13	14	14.5	13.5	13.5
PMT	0.93	0.80	0.75	0.86	0.86
	Moyenne	0.84			

	Mesures SRT	Faire 7 lâchers avant de prendre en considération les valeurs		Température	Correction
				22	0.5
Points	1	2	3	4	5
Valeur N° 1	80	77	79	79	79
Valeur N° 2	80	75	79	78	79
Valeur N° 3	79	75	78	78	78
Valeur N° 4	79	74	78	78	78
Valeur N° 5	78	74	77	77	78
Valeurs SRT	79	74	78	78	78
	Moyenne	77.3	Moyenne corrigée	78.0	

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	5	Zone 6	5	TOTAL
Zone 2	6	Zone 7	7	
Zone 3	6	Zone 8	4	
Zone 4	4	Zone 9	6	
Zone 5	8	Zone 10	8	
				59

OFARROND Ech. N° 6 Risi AG (sans film de liant en surface)



OFARROND
Ech. 6 (sans film de liant en surface)
Risi - AG
Fabrication du 16.02.05

Hauteur au sable PMT		Avec demi volume de cylindre (12'500 mm ³)				
Points	1	2	3	4	5	
Diamètre 1	15	15	15	14	14	
Diamètre 2	13	13	14	12	13	
Moyenne	14	14	14.5	13	13.5	
HSV	0.80	0.80	0.75	0.93	0.86	
	Moyenne	0.83				

	Mesures SRT	Faire 7 lachés avant de prendre en considération les valeurs			Température	Correction
					22	0.5
Points	1	2	3	4	5	
Valeur N° 1	79	79	75	78	79	
Valeur N° 2	78	79	75	77	79	
Valeur N° 3	77	77	75	75	76	
Valeur N° 4	77	77	74	75	76	
Valeur N° 5	77	77	74	75	76	
Valeurs SRT	Moyenne	75.9	Moyenne corrigée	76.0		

Nombre de grains arrondis à la surface de la plaque (estimation visuelle sur 10 zones de 5 cm)

Zone 1	5	Zone 6	5	TOTAL
Zone 2	4	Zone 7	6	
Zone 3	4	Zone 8	5	
Zone 4	5	Zone 9	4	
Zone 5	3	Zone 10	3	
				44

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND001FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND003 - 4** N° d'échantillon client : **2**
 Description du produit : **MAKIES AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **09.02.2004**
 Date de l'essai : **24.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 4.0 / 8.0

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	1.7 %	77.4 %	79.1 %
Non Cubique	0 %	0.9 %	20.0 %	20.9 %
Total	0 %	2.6 %	97.4 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 465 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND002FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND003 - 4** N° d'échantillon client : **2**
 Description du produit : **MAKIES AG - Fraction 8/11.2 , issue du 6/11 SN**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **09.02.2004**
 Date de l'essai : **24.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 8.0 / 11.2

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	9.7 %	77.7 %	87.4 %
Non Cubique	0 %	1.0 %	11.6 %	12.6 %
Total	0 %	10.7 %	89.3 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 207 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND003FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND005 - 6** N° d'échantillon client : **3**
 Description du produit : **WEIACHER AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **26.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 4.0 / 8.0

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	5.2 %	73.9 %	79.1 %
Non Cubique	0 %	1.8 %	19.1 %	20.9 %
Total	0 %	7.0 %	93.0 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 503 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND004FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND005 - 6** N° d'échantillon client : **3**
 Description du produit : **WEIACHER AG - Fraction 8/11.2 , issue du 6/11 SN**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **26.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 8.0 / 11.2

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0.8 %	11.3 %	69.5 %	81.6 %
Non Cubique	0 %	1.3 %	17.1 %	18.4 %
Total	0.8 %	12.6 %	86.6 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 239 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND005FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND007 - 8** N° d'échantillon client : **4**
 Description du produit : **CREABETON AG - Fraction 4/8, recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **27.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 4.0 / 8.0

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	2.8 %	59.4 %	62.2 %
Non Cubique	0 %	0.4 %	37.4 %	37.8 %
Total	0 %	3.2 %	96.8 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 502 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND006FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND007 - 8** N° d'échantillon client : **4**
 Description du produit : **CREABETON AG - Fraction 8/11.2, issue du 6/11 SN**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **27.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 8.0 / 11.2

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	6.4 %	59.2 %	65.6 %
Non Cubique	0 %	10.4 %	24.0 %	34.4 %
Total	0 %	16.8 %	83.2 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 250 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND007FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND009 - 10** N° d'échantillon client : **5**
 Description du produit : **BOURGEOISIE DE SION - Fraction 4/8, recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (21.1%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **28.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 4.0 / 8.0

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	1.8 %	54.1 %	55.9 %
Non Cubique	0 %	0.9 %	43.2 %	44.1 %
Total	0 %	2.7 %	97.3 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 442 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND008FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND09 - 10** N° d'échantillon client : **5**
 Description du produit : **BOURG. DE SION - Fraction 8/11.2, issue du 6/11 SN**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **12.02.2004**
 Date de l'essai : **28.05.2004** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 8.0 / 11.2

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	3.0 %	63.8 %	66.8 %
Non Cubique	0 %	2.0 %	31.2 %	33.2 %
Total	0 %	5.0 %	95.0 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 301 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND009FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND15** N° d'échantillon client : **6**
 Description du produit : **RISI - Fraction 8/11.2, issue de 6/11 SN**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **08.02.2005**
 Date de l'essai : **16.02.2005** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 8.0 / 11.2

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	3.3 %	61.2 %	64.5 %
Non Cubique	0 %	2.4 %	33.1 %	35.5 %
Total	0 %	5.7 %	94.3 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 245 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
 FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme et de l'arrondi du grain

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND0010FOR**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND14** N° d'échantillon client : **6**
 Description du produit : **RISI - Fraction 4/8, recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Date de réception : **08.02.2005**
 Date de l'essai : **16.02.2005** Opérateur : **G.O**

Résultats

Mode opératoire: SN 670 130 et G-11 du LAVOC

Fraction 4.0 / 8.0

	rond	semi-concassé	concassé	Total
Cubique	0 %	0.8 %	69.7 %	70.5 %
Non Cubique	0 %	1.3 %	28.2 %	29.5 %
Total	0 %	2.1 %	97.9 %	

l'essai a été réalisé sur un total de 237 grains

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC

Bât. GCB

1015 Lausanne

Tél: 021/693.23.45

Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations généralesMandant : **VSS 2002/405**Code LAVOC : **OFARROND001APL_EN**

N° d'échantillon LAVOC :

OFARROND003 - 4N° d'échantillon client : **2**Description du produit : **MAKIES AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**Prélèvement réalisé par : **Lavoc**Lieu de prélèvement : **SARER**Mode d'échantillonnage : **Quartage**Date de prélèvement : **09.02.2004**Réalisé par : **J-D-A / G-O**Date de l'essai : **03.06.2004**Opérateur : **G.O****Modes opératoires**

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **105.5 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	7
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	-	
10/12.5	6.3	-		
8/10	5	-		
6.3/8	4	6	7	
5/6.3	3.15	8		
4/5	2.5	6		

Remarque

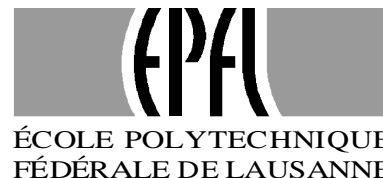
Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
Bât. GCB
1015 Lausanne
Tél: 021/693.23.45
Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND002APL_EN**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND005 - 6** N° d'échantillon client : **3**
 Description du produit : **WEIACHER AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Prélèvement réalisé par : **Lavoc**
 Lieu de prélèvement : **SARER**
 Mode d'échantillonnage : **Quartage**
 Date de prélèvement : **12.02.2004** Réalisé par : **J-D-A / G-O**
 Date de l'essai : **26.05.2004** Opérateur : **G.O**

Modes opératoires

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **104.1 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	9
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	-	
10/12.5	6.3	-		
8/10	5	-		
6.3/8	4	11	9	
5/6.3	3.15	8		
4/5	2.5	7		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC

Bât. GCB

1015 Lausanne

Tél: 021/693.23.45

Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations généralesMandant : **VSS 2002/405**Code LAVOC : **OFARROND003APL_EN**

N° d'échantillon LAVOC :

OFARROND007 - 8N° d'échantillon client : **4**Description du produit : **CREABETON AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**Prélèvement réalisé par : **Lavoc**Lieu de prélèvement : **SARER**Mode d'échantillonnage : **Quartage**Date de prélèvement : **12.02.2004**Réalisé par : **J-D-A / G-O**Date de l'essai : **26.05.2004**Opérateur : **G.O****Modes opératoires**

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **107.8 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	13
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	-	
10/12.5	6.3	-		
8/10	5	-		
6.3/8	4	10	13	
5/6.3	3.15	16		
4/5	2.5	14		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
Bât. GCB
1015 Lausanne
Tél: 021/693.23.45
Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND004APL_EN**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND009 - 10** N° d'échantillon client : **5**
 Description du produit : **BOURGEOISIE DE SION - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (21.1%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Prélèvement réalisé par : **Lavoc**
 Lieu de prélèvement : **SARER**
 Mode d'échantillonnage : **Quartage**
 Date de prélèvement : **12.02.2004** Réalisé par : **J-D-A / G-O**
 Date de l'essai : **28.05.2004** Opérateur : **G.O**

Modes opératoires

EN 933-3:août 1996

Résultats

Masse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **115.2 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	14
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	-	
10/12.5	6.3	-		
8/10	5	-		
6.3/8	4	13	14	
5/6.3	3.15	16		
4/5	2.5	13		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC

Bât. GCB

1015 Lausanne

Tél: 021/693.23.45

Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations généralesMandant : **VSS 2002/405**Code LAVOC : **OFARROND011APL_EN**

N° d'échantillon LAVOC :

OFARROND0014- 15N° d'échantillon client : **6**Description du produit : **RISI.AG - Fraction 4/8 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**Prélèvement réalisé par : **Lavoc**Lieu de prélèvement : **SARER**Mode d'échantillonnage : **Quartage**Date de prélèvement : **08.02.2005**Réalisé par : **J-D-A / G-O**Date de l'essai : **28.02.2005**Opérateur : **G.O****Modes opératoires**

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **70 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	11
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	-	
10/12.5	6.3	-		
8/10	5	-		
6.3/8	4	23	11	
5/6.3	3.15	5		
4/5	2.5	7		

Remarque

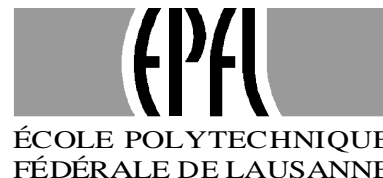
Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND006APL_EN**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND003 - 4** N° d'échantillon client : **2**
 Description du produit : **MAKIES AG - Fraction 8/11.2 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Prélèvement réalisé par : **Lavoc**
 Lieu de prélèvement : **SARER**
 Mode d'échantillonnage : **Quartage**
 Date de prélèvement : **09.02.2004** Réalisé par : **J-D-A / G-O**
 Date de l'essai : **28.05.2004** Opérateur : **G.O**

Modes opératoires

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **296.7 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	2
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	2	
10/12.5	6.3	9		
8/10	5	2	-	
6.3/8	4	-		
5/6.3	3.15	-		
4/5	2.5	-		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC

Bât. GCB

1015 Lausanne

Tél: 021/693.23.45

Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations généralesMandant : **VSS 2002/405**Code LAVOC : **OFARROND007APL_EN**

N° d'échantillon LAVOC :

OFARROND005 - 6N° d'échantillon client : **3**Description du produit : **WEIACHER AG - Fraction 8/11.2 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26**Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**Prélèvement réalisé par : **Lavoc**

Lieu de prélèvement :

SARER

Mode d'échantillonnage :

Quartage

Date de prélèvement :

09.02.2004

Réalisé par :

J-D-A / G-O

Date de l'essai :

26.05.2004

Opérateur :

G.O**Modes opératoires**

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **305.2 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	4
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	4	
10/12.5	6.3	0		
8/10	5	4	-	
6.3/8	4	-		
5/6.3	3.15	-		
4/5	2.5	-		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND008APL_EN**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND07 - 8** N° d'échantillon client : **4**
 Description du produit : **CREABETON AG - Fraction 8/11.2 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Prélèvement réalisé par : **Lavoc**
 Lieu de prélèvement : **SARER**
 Mode d'échantillonnage : **Quartage**
 Date de prélèvement : **09.02.2004** Réalisé par : **J-D-A / G-O**
 Date de l'essai : **27.05.2004** Opérateur : **G.O**

Modes opératoires

EN 933-3:août 1996

Résultats

Masse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **309.4 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	9
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	9	
10/12.5	6.3	6		
8/10	5	9	-	
6.3/8	4	-		
5/6.3	3.15	-		
4/5	2.5	-		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC

Bât. GCB

1015 Lausanne

Tél: 021/693.23.45

Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement
--

Informations généralesMandant : **VSS 2002/405**Code LAVOC : **OFARROND009APL_EN**N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND09 -10**N° d'échantillon client : **5**Description du produit : **BOURG.DE SION - Fraction 8/11.2 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%**Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**Prélèvement réalisé par : **Lavoc**Lieu de prélèvement : **SARER**Mode d'échantillonnage : **Quartage**Date de prélèvement : **09.02.2004**Réalisé par : **J-D-A / G-O**Date de l'essai : **28.05.2004**Opérateur : **G.O****Modes opératoires**

EN 933-3:août 1996

RésultatsMasse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **307 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	12
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	12	
10/12.5	6.3	31		
8/10	5	12	-	
6.3/8	4	-		
5/6.3	3.15	-		
4/5	2.5	-		

Remarque

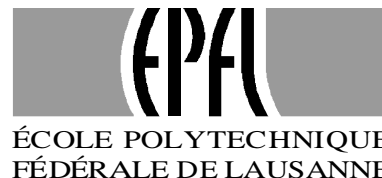
Date :

Le responsable des essais :

Laboratoire des Voies de Circulation

EPFL - LAVOC
 Bât. GCB
 1015 Lausanne
 Tél: 021/693.23.45
 Fax: 021/693.63.49

PROCES-VERBAL



Détermination de la forme des granulats - Coefficient d'aplatissement

Informations générales

Mandant : **VSS 2002/405** Code LAVOC : **OFARROND0010APL_EN**
 N° d'échantillon LAVOC : **OFARROND014 - 15** N° d'échantillon client : **6**
 Description du produit : **RISI.AG - Fraction 8/11.2 , recomposée avec du 3/6 (21.1%) et du 6/11 (26.8%)**
 Objet : **Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence**
 Prélèvement réalisé par : **Lavoc**
 Lieu de prélèvement : **SARER**
 Mode d'échantillonnage : **Quartage**
 Date de prélèvement : **08.02.2005** Réalisé par : **F.A / G.O**
 Date de l'essai : **25.02.2005** Opérateur : **G.O**

Modes opératoires

EN 933-3:août 1996

Résultats

Masse de l'échantillon sec soumis à l'essai : **305 g**

Granulats élémentaires d_i/D_i [mm]	Largeur de fente de la grille [mm]	Coefficient d'aplatissement granulat élémentaire A_i	Coefficient d'aplatissement global classe combinée A	Coefficient d'aplatissement global A
25/31.5	16	-	-	12
20/25	12.5	-		
16/20	10	-		
12.5/16	8	-	12	
10/12.5	6.3	40		
8/10	5	8		
6.3/8	4	-	-	
5/6.3	3.15	-		
4/5	2.5	-		

Remarque

Date :

Le responsable des essais :