

UNE EXPERTISE À PARTAGER



Transports
Québec

Direction du
Laboratoire des chaussées

Bitume Québec
15 novembre 2005

***L'approche qualité et les
essais sur les bitumes au
ministère des transports du
Québec***

Guy Tourangeau, ing.
Secteur Laboratoire de Montréal

DLC

Deux modes d'attribution des contrats d'enrobés bitumineux au MTQ

- ◆ Contrat soumissionné:
Appel d'offres publiques et octroi du contrat
au plus bas soumissionnaire conforme.
- ◆ Contrat tarifié:
Prix de base à la centrale d'enrobage pour la
fabrication d'une tonne d'enrobé bitumineux.

Impact du type de contrat sur la fourniture du bitume

	Contrat soumissionné	Contrat tarifé
Fourniture de bitume	Producteur d'enrobés	MTQ- Commande ouverte
Référence contractuelle	CCDG et devis de la DT	SA-4101 de la DCRM
Référence normative	Norme 4101	Norme 4101
Système qualité du fournisseur	ISO 9002	ISO 9002

Impact du type de contrat sur la fourniture du bitume *(suite)*

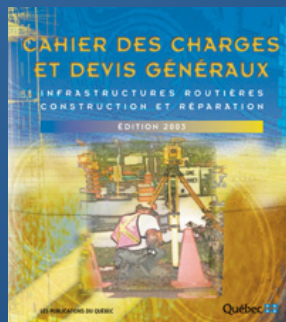
	Contrat soumissionné	Contrat tarifé
Documents qualité	Attestation de conformité avec chaque livraison	Attestation de conformité avec chaque livraison
Responsabilité du transport	Producteur d'enrobés	Producteur d'enrobés
Vérification du produit par le MTQ	Contrôle à la CE Fréquence d'un échantillon / 3000 tonnes EB	Contrôle au réservoir d'expédition du fournisseur

Impact du type de contrat sur la fourniture du bitume *(suite)*

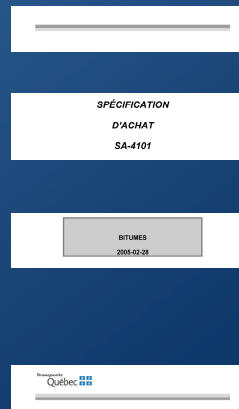
	Contrat soumissionné	Contrat tarifé
Si caractéristique hors spécification	Recours de l'entrepreneur (art. 13.3.2.1.3 c du CCDG)	Auto-contestation du MTQ Essais en présence du fournisseur
Si bitume jugé non-conforme	Gestion des non-conformités par les DT	Gestion des N-C par la DCRM Prix révisé ↓

Référence contractuelle pour le volet bitume

- ◆ Contrat soumissionné:
Devis de la DT
basé sur le CCDG



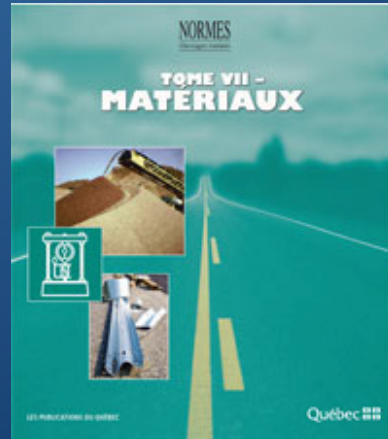
- ◆ Contrat tarifé:
SA-4101 de la DCRM



Références normatives

Normes Matériaux (Tome VII)

- ♦ Pour les enrobés:
 - 4201- Marshall
 - 4202- Volumétrie
- ♦ Pour les bitumes:
 - 4101



Norme 4101-Bitumes

- ♦ Inspirée du système SuperPave

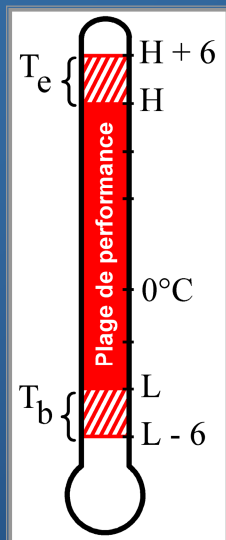
Avantages:

- ♦ Simulation du vieillissement du bitume
- ♦ Classification basée sur la performance à des températures de service
- ♦ Permet de combattre à la fois l'orniérage et la fissuration thermique

Inconvénients:

- ♦ Aucun essai pour mesurer l'adhésion et la cohésion du bitume
- ♦ Coûteux (temps et \$) en terme d'analyses

Nomenclature



- ◆ PG: Classe de performance (Performance Grade)
- ◆ H: Limite supérieure de la classe (en °C)
- ◆ L: Limite inférieure de la classe (en °C)
- ◆ T_e : Température (°C) au dessus de laquelle le bitume est susceptible de présenter des phénomènes de déformation irréversibles ($H+6 > T_e \geq H$)
- ◆ T_b : Température (°C) au dessous de laquelle le bitume est susceptible de fissurer par retrait thermique ($L-6 < T_b \leq L$)

La norme 4101

- ◆ Exigences techniques requises (Tableau 4101-1)
- ◆ 9 classes de bitume:

PG 52-34

PG 52-40

PG 58-28

PG 58-34

***PG 58-34* ⇒ 46% de la consommation**

PG 64-28

PG 64-34

PG 64-34 ⇒ 23%

***PG 70-28* $\Rightarrow 14\%$**

Code
1100

A
7

Date
2008.12.15

LOI SUR L'ÉTIQUETAGE ÉNERGÉTIQUE
RÈGLEMENT D'APPLICATION

Titulaires



Transports Québec



NORME

Témoins: 4202-1
Étiquetage pour la classification des bilames

Paramètres	Classe de performance									
	P20 30-30	P20 30-35	P20 30-40	P20 30-45	P20 30-50	P20 30-55	P20 30-60	P20 30-65	P20 30-70	P20 30-75
Température ambiante	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Température ambiante et de conservation (1)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Température ambiante et de conservation (2)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
Min.	-30,0	-34,0	-38,0	-42,0	-46,0	-50,0	-54,0	-58,0	-62,0	-66,0
Max.	-20,0	-24,0	-28,0	-32,0	-36,0	-40,0	-44,0	-48,0	-52,0	-56,0

Bilame d'origine

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
10	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
15	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
20	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
25	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
30	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
35	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
40	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
45	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
50	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
55	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

consommation

Definition

produit

Principe de la norme - Phénomène de vieillissement du bitume

- ♦ **Au stockage, considéré comme négligeable**
 - ⇒ Le ratio $\frac{\text{Surface exposée à O}_2}{\text{Masse de bitume}}$ est faible
- ♦ **Lors de l'enrobage, choc thermique**
 - ⇒ Bitume en couche mince + température élevée
- ♦ **En service, augmente en fonction de:**
 - ⇒ Teneur en vide (présence d'air)
 - ⇒ Profondeur dans la chaussée
 - ⇒ Épaisseur du film de bitume
 - ⇒ Climat

Les trois états de vieillissement considérés dans la norme 4101

- ♦ Bitume d'origine
 - Pas de vieillissement : **Bitume mou et susceptible aux déformations permanentes**
- ♦ Vieillissement à court terme (RTFO)
 - Simule l'enrobage en centrale + 1 an de service : **Bitume a durci, mais encore vulnérable aux déformations permanentes**
- ♦ Vieillissement à long terme (RTFO + PAV)
 - Simule l'enrobage en centrale + 5 à 10 ans de service : **Bitume très rigide et fragile. Vulnérable à la fissuration thermique**

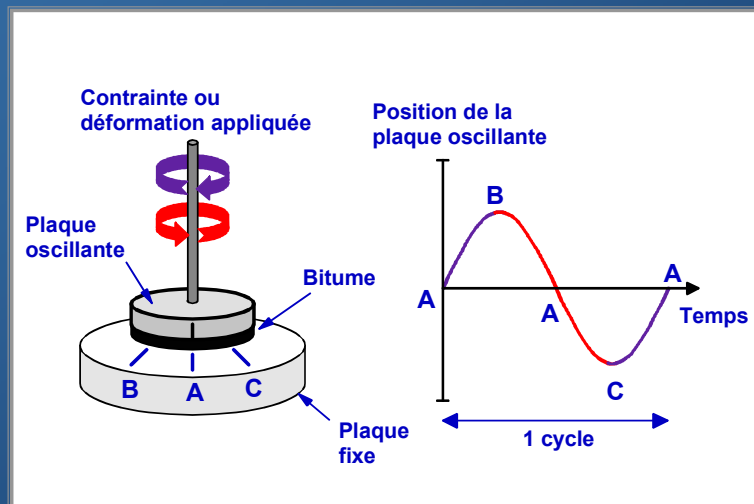
Les principaux essais de la norme 4101

Essai	État du bitume	But
DSR Détermination de T_e	Origine Vieilli à court terme	S'assurer que le bitume est en mesure de résister aux déformations permanentes
BBR Détermination de T_b	Bitume vieilli à long terme	Vérifier que le bitume est suffisamment souple à basse température pour résister à la fissuration thermique
Teneur en cendres	Origine	Évaluer la pureté du bitume

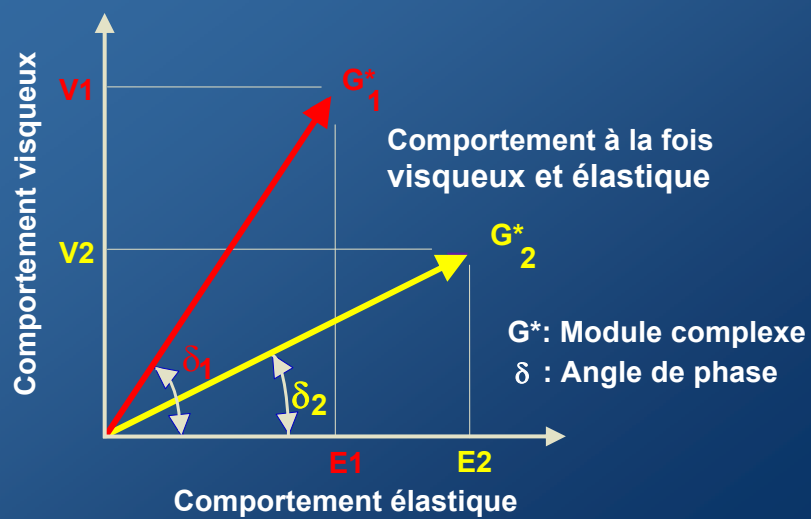
Les principaux essais de la norme 4101 (suite)

Essai	État du bitume	But
Recouvrance d'élasticité	Origine	Vérifier que le bitume a été modifié avec des élastomère Mesure indirecte de cohésion
% de variation de masse au RTFOT	Origine	Limiter les émissions de solvants volatiles dans l'atmosphère lors de l'enrobage
Stabilité au stockage	Origine	Éviter la démixion des agents utilisés pour modifier le bitume

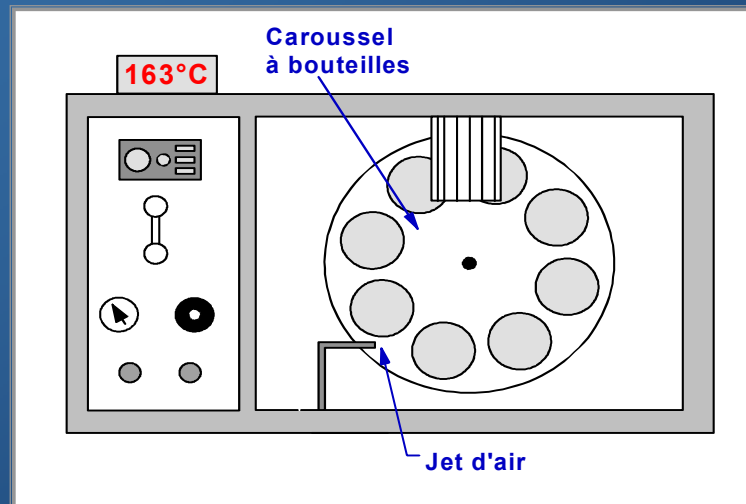
Rhéomètre à cisaillement dynamique (DSR)



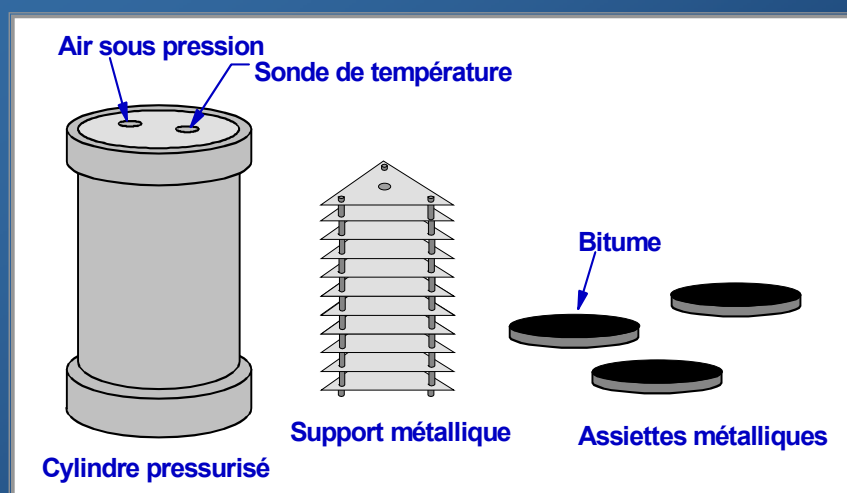
Comportement visco-élastique mesuré au DSR



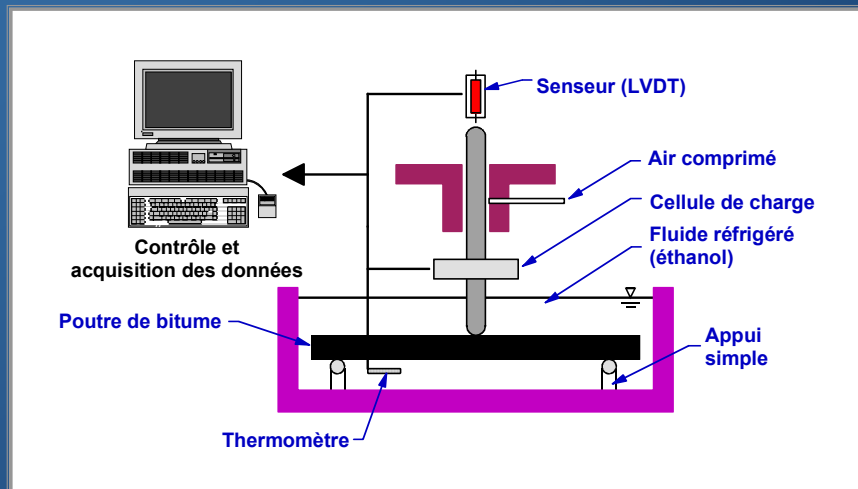
Appareil RTFO pour vieillissement à court terme



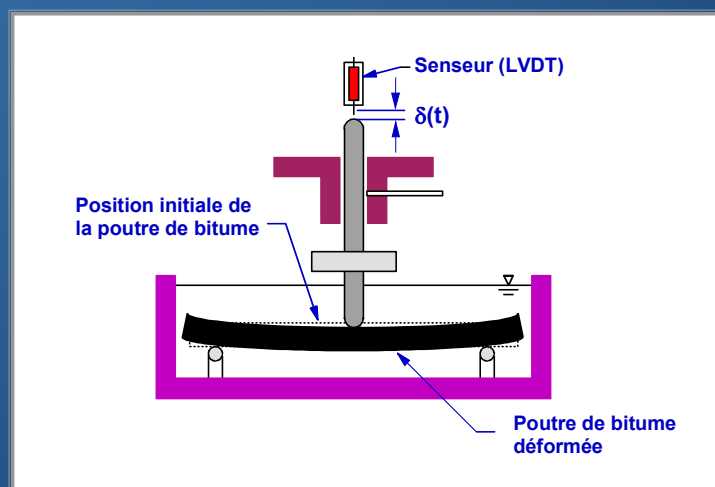
Appareil PAV pour vieillissement à long terme



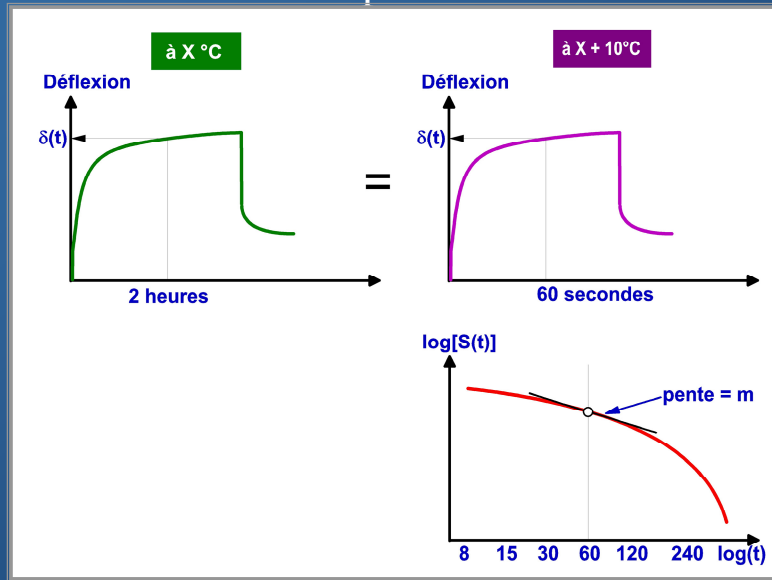
Principe du rhéomètre à flexion de poutre (BBR)



Essai au BBR - Déformation de la poutre



Essai au BBR - Relation temps vs température



Les essais de contrôle

- ◆ Pourquoi?
 - ⇒ Confirmer que les valeurs H et L d'un bitume PG ont été maintenues depuis la caractérisation effectuée par le fournisseur
- ◆ Comment?
 - ⇒ Par des essais rapides sur le bitume d'origine
 - ⇒ En utilisant les équipements SuperPave

Transport Québec

4.1 L'asphalte bitumineux

Bitumes

NORME

Paramètres de contrôle des bitumes

Paramètres	Classes de performance						Méthode
	PS 10-18	PS 10-18	PS 10-18	PS 10-18	PS 10-18	PS 10-18	
Modulus de rupture $R_{m,10}$	100	100	100	100	100	100	ASTM D 1557
Modulus de rupture $R_{m,20}$	100	100	100	100	100	100	
Modulus de rupture $R_{m,30}$	100	100	100	100	100	100	ASTM D 1557
Modulus de rupture $R_{m,40}$	100	100	100	100	100	100	

1. Le module de rupture minimal acceptable ($R_{m,min}$) est obtenu par :

$R_{m,min} = S_{m,10} + 10 \times (S_{m,20} - S_{m,10})$

où : S_m est la valeur du module de rupture au moment de la caractérisation du lot par le fournisseur.

Paramètres de contrôle pour l'essai BBR

Les essais de contrôle (suite)

- ♦ Où sont prélevés les échantillons?
 - ⇒ Fournisseur: Réservoir d'expédition
 - ⇒ MTQ:
 - a) *Fourniture par entrepreneur*: Réservoir de la centrale d'enrobage
 - b) *Fourniture par MTQ*: Réservoir d'expédition du fournisseur et réservoir de la centrale d'enrobage
- ♦ Quand?
 - ⇒ Fournisseur: Hebdomadaire
 - ⇒ MTQ: Hebdomadaire ou au besoin chez le fournisseur de bitume

Chaque 3000 tonnes d'enrobés fabriqués en centrale

1^{er} essai: Recouvrance d'élasticité

Classe	Minimum
PG 52-34	---
PG 58-28	---
PG 64-28	---
PG 52-40	40%
PG 58-34	40%
PG 58-40	60%
PG 64-34	60%
PG 70-28	60%
PG 70-34	60%

2^{ième} essai: DSR

- ♦ Essai sur le bitume d'origine
- ♦ Critère d'acceptation:
 - à H , $G^*/\sin\delta \geq 1,0$ kPa
 - à $H+6$, $G^*/\sin\delta < 1,0$ kPa
- ♦ Le bitume peut être rejeté

Note: L'expérience a démontré qu'un bitume ayant un $G^*/\sin\delta > 1,6$ kPa à une température T , risque de présenter une valeur de $G^*/\sin\delta > 1,0$ kPa à une température $T+6$.

3^{ième} essai: BBR

- ♦ Essais sur bitume d'origine
- ♦ 1er critère d'acceptation:

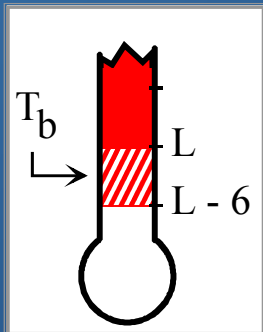
$$S_c(60) \leq S_{max}$$

où:

$$S_c(60) = \text{Module de contrôle}$$

$$S_{max} = S_o(60) + 10 \cdot (L - T_b)$$

$$S_o(60) = \text{Module d'origine}$$



Ceci n'est pas un critère de rejet

Si $S_c(60) > S_{max}$, les essais BBR sont repris sur le bitume vieilli à long terme pour valider la température basse de caractérisation T_b

3^{ième} essai: BBR (*suite*)

- ♦ 2^{ième} critère d'acceptation:

$$mc(60) \geq m_{min}$$

Où: $mc(60)$ = pente de contrôle

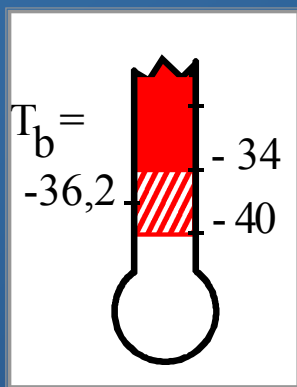
$$m_{min} = 0,400 \quad \text{pour PG H-28}$$

$$m_{min} = 0,350 \quad \text{pour les autres PG}$$

Ceci n'est pas un critère de rejet

Si $mc(60) < m_{min}$, les essais BBR sont repris sur le bitume vieilli à long terme pour valider la température basse de caractérisation T_b

3^{ième} essai: BBR (*exemple*)



- ♦ PG H-34

- ♦ Caractérisation:

$$T_b = -36,2^\circ\text{C}$$

$$S_o(60) = 98,5 \text{ MPa}$$

- ♦ Contrôle:

$$S_c(60) = 112,3 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} S_{max} &= S_c(60) + 10 \cdot (L - T_b) \\ &= 98,5 + 10 \cdot [-34 - (-36,2)] \\ &= 120,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$S_c(60) \leq S_{max}, \text{ donc OK}$$

Ministère des transports Laboratoire de Montreal 2550, avenue des Villies (avenue du 169)		RAPPORT D'ESSAIS		Page 1 de 2		Ministère des transports Laboratoire de Montreal 2550, avenue des Villies (avenue du 169)		RAPPORT D'ESSAIS		Page 2 de 2	
Numero de Laboratoire: 308702 Echantillon: Echantillon, CLASSE PG 6A-36 Fournisseur: CITECH, INDUSTRIES MC APALL LITE Numero de commande: 1275-02-02		Entremeneur: CONTRÔLE A LA SOURCE Contraint: 10000		Numero de Laboratoire: 308702 Echantillon: Echantillon, CLASSE PG 6A-36 Fournisseur: CITECH, INDUSTRIES MC APALL LITE Numero de commande: 2		Entremeneur: CONTRÔLE A LA SOURCE Contraint: 10000		Numero de Laboratoire: 308702 Echantillon: Echantillon, CLASSE PG 6A-36 Fournisseur: CITECH, INDUSTRIES MC APALL LITE Numero de commande: 2		Entremeneur: CONTRÔLE A LA SOURCE Contraint: 10000	
Temperatures (contraintes): 170C		Temperatures (contraintes): 170C		Temperatures (contraintes): 170C		Temperatures (contraintes): 170C		Temperatures (contraintes): 170C		Temperatures (contraintes): 170C	
Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09		Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09		Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09		Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09		Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09		Temperature Min Max Date de fabrication: 2003/05/09 Date de reception: 2003/05/09	
Essais		Essais		Essais		Essais		Essais		Essais	
VISCOUSITE BROUILLÉE A 130 C (PA-43) (SAGSTO 1736)		Resultat Min Max		Resultat Min Max		Resultat Min Max		Resultat Min Max		Resultat Min Max	
0.55		0.55		0.55		0.55		0.55		0.55	
VISCOUSITE BROUILLÉE A 160 C (PA-43) (SAGSTO 1736)		0.18		0.176		0.18		0.18		0.18	
TEMPERATURE OPTIMALE DE MELANGE 0.177 Pa.s (C3) (C3-20-037)		1.017		1.015		1.017		1.017		1.017	
MASSE VOLUMIQUE DE BITUME A 20 C (SAGSTO) (ASTM D 708)		290		300		290		290		290	
POINT D'EGALE C.O.E. (ASTM D 36)		99.2		99.36		99.2		99.2		99.2	
SOLUBILITE DANS LE TRICHLOROETHYLENE (ASTM D 2042)		80		80.0		80		80		80	
RETENUES NON FLOTTEANTES A 10 C, 20 C, 5 MINUTS (C3-20-038)		4.1		4.1		4.1		4.1		4.1	
STABILITE A TROUVEAU (C3-20-039)		99.3		99.3		99.3		99.3		99.3	
POINT DE RECHAUFFEMENT (C3-20-040)		11.1		11.1		11.1		11.1		11.1	
Valeur du Module A 30 C		81		108		81		81		81	
ELONGION DE TROUVEAU MOLE A 20 C, 60 s (IMPAS SAGSTO 1735)		0.437		.390		0.437		0.437		0.437	
CHALASSEMENT PONDANT (C3-20-041) A 30 C, 60 s (IMPAS SAGSTO 1735)		1.28		1.6		1.28		1.28		1.28	
ANGLE DE PENTE DURE (C3-20-042) (C3-20-042)		0.64		.695		0.64		0.64		0.64	
CHALASSEMENT PONDANT (C3-20-043) A 30 C, 60 s (IMPAS SAGSTO											

- ◆ $T_e > H+6$: Le bitume est plus visqueux que le bitume spécifié aux plans et devis, ce qui est susceptible de causer des difficultés aux étapes d'enrobage et de compactage si les températures ne sont pas ajustées en conséquence.
- ◆ $T_e < H$: Le bitume n'atteint pas la performance anticipée à haute température. Des déformations permanentes de l'enrobé peuvent apparaître. Un essai à l'ornièreur pourrait valider la performance d'un enrobé fabriqué avec un tel bitume.

Incidence des non-conformités *(suite)*

- ♦ $T_b > L$: Le bitume n'atteint pas la performance anticipée à basse température. Des fissures dues au retrait thermique sont susceptible de se manifester prématurément.
- ♦ $T_b < L-6$ Le bitume excède les exigences de la norme 4101. Les impacts sur l'enrobé devraient être positifs. Le bitume est toutefois payé selon la classe exigée aux plans et devis.

Incidence des non-conformités *(suite)*

- ♦ Recouvrance d'élasticité:
Une recouvrance d'élasticité inférieure à l'exigence minimale aura une influence sur la durée de vie de l'enrobé. En outre, il a été observé que les fissures de retrait dégradent beaucoup moins rapidement dans le cas d'un enrobé fabriqué avec un bitume modifié avec des élastomères.
- ♦ Teneur en cendre:
Une teneur en cendre supérieure à 1% est souvent un indice de surdosage de correcteur de basse température. Par conséquent, l'enrobé risque de subir un désenrobage précoce.

Systeme qualite du fournisseur

- ◆ Les fournisseurs doivent posséder un système qualité basé sur le modèle ISO 9002
- ◆ Il doit être enregistré auprès d'un registraire reconnu et couvrir la production et la distribution de bitume



Documents qualite Attestation de conformité

- ◆ Pour chaque livraison de bitume
- ◆ Cinq sections:
 - Information relatives à la production
 - Résultats des essais de caractérisation
 - Résultats des essais de contrôle
 - Recommandations des températures d'utilisation
 - Informations relatives à l'expédition

Exemple d'attestation de conformité

Les Industries McAsphalt Ltée. No LAB. 369720
 950, boul. Castelnau
 Valleyfield (Québec), J6T 6L4
 Téléphone : (450) 377-8420
 Télécopieur : (450) 377-8411

759

Bitumes - Attestation de conformité

INFORMATIONS GÉNÉRALES		TEMPÉRATURES D'UTILISATIONS RECOMMANDÉES	
Distributeur lieu d'entreposage et d'expédition Les Industries McAsphalt Ltée - Valleyfield		Entreposage	Minimale N/A Maximale 170 °C
Fabricant et lieu de fabrication Les Industries McAsphalt Ltée - Valleyfield		Malaxage	150 °C 170 °C
Classe de bitume PG 64-34P	Nom commercial		
Date de fabrication 29 Sept. 2003	N° de lot 0310-02-01		
ESSAIS DE CARACTÉRISATION		ESSAIS DE CONTRÔLE	
Date de la caractérisation 3 Oct. 2003	Date des essais de contrôle 3 Oct. 2003		
Temp. de caractérisation T ₀ (°C)	Temp. de caractérisation T ₀ (°C)	69.2	
Module de rigidité S ₀ (MPa)	Module de rigidité S ₀ (MPa)	77	
Pente m ₀	Pente m ₀	0.447	
Recouvrance d'élasticité (%) à 10°C	Recouvrance d'élasticité (%) à 10°C	80.0	
Viscosité Brookfield (Pa.s) à 150°C	Viscosité Brookfield (Pa.s) à 150°C	0.538	
Viscosité Brookfield (Pa.s) à 180°C	Viscosité Brookfield (Pa.s) à 180°C	0.178	
T ₀ (°C)	T ₀ (°C)	65.2	
T ₀ (°C)	T ₀ (°C)	-37.1	
Module de rigidité S ₀ (MPa)	Module de rigidité S ₀ (MPa)	77	
Pente m ₀	Pente m ₀	0.447	
REMARQUES			
Préparé par Tania Bellisle		Approuvé par Michael MacDonald	
Date 6 Oct. 2003		Date 6 Oct. 2003	
ESPACE RÉSERVÉ AU MINISTÈRE DES TRANSPORTS			
N° du contrat		Sourcis par (organisme de contrôle)	
Prélevé par		A l'usage du laboratoire	
N° du réservoir à la centrale d'arrivage	Température °C	Date de réception	

Attestation de conformité- Informations relatives à la production

INFORMATIONS GÉNÉRALES		
Distributeur lieu d'entreposage et d'expédition Les Industries McAsphalt Ltée - Valleyfield		
Fabricant et lieu de fabrication Les Industries McAsphalt Ltée - Valleyfield		
Classe de bitume PG 64-34P	Nom commercial	Réservoir T-204
Date fabrication 29 Sept. 2003	N° de lot 0310-02-01	Date caractérisation 3 Oct. 2003

Attestation de conformité- Résultats des essais de caractérisation

ESSAIS DE CARACTÉRISATION	
Date de la caractérisation	3 Oct. 2003
Masse volumique à 25°C (g/cm ³)	1.015
Masse volumique à 15°C (g/cm ³)	1.021
Stabilité au stockage (°C)	0.6
TBA Moyenne (°C)	59.1
Recouvrance d'élasticité (%), à 10°C	80.0
Viscosité Brookfield (Pa·s), à 135°C	0.538
Viscosité Brookfield (Pa·s), à 165°C	0.178
T _e (°C)	65.2
T _b (°C)	-37.1
Module de rigidité S _o (Mpa)	77
Pente m _o	0.447

Attestation de conformité- Résultats des essais de contrôle

ESSAIS DE CONTRÔLE	
Date des essais de contrôle	3 Oct. 2003
Temp. élevée de caractérisation T _e (°C)	65.2
Module de rigidité S _c (60) (Mpa)	77
Pente m _c	0.447
Recouvrance d'élasticité (%), à 10°C	80.0

Attestation de conformité- Recommandations des températures d'utilisation

TEMPÉRATURES D'UTILISATIONS RECOMANDÉES		
	Minimale	Maximale
Entreposage	N/A	170 °C
Malaxage	156 °C	170 °C

Attestation de conformité- Informations relatives à l'expédition

EXPÉDITION		
Numéro et nom de la centrale d'enrobage		
Transporteur		
N° de la citerne	Date du chargement	Quantité livrée
Notes		

Fin

Merci de votre attention!