



Travaux publics et
Services gouvernementaux
Canada

Public Works and
Government Services
Canada

GÉNIE AÉROPORTUAIRE

ATR-036

**Étude sur revêtements bitumineux
de la piste 06G-24D de l'aéroport de
Montréal - Dorval
Rapport de Construction**

PROJET DE R&D

Utilisation de Liants SUPERPAVE PG
Pour la construction de chaussées d'aéroport
Essais sur le terrain

Gestionnaire de projet
James R. Scarlett
Ingénieur du génie civil et des matériaux

Direction générale des services immobiliers
Services d'architecture et de génie
Direction générale du génie civil
Division du génie aéroportuaire
Secteur de la Capitale nationale

Mars 2000

Copyright (c) Travaux publics et services gouvernementaux Canada 2001

Avertissement

La présente publication est distribuée uniquement à titre indicatif et ne reflète pas forcément les opinions du Gouvernement du Canada; elle ne constitue pas non plus une recommandation pour une personne ou un produit commercial quelconque.

Le Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada ne fait aucune assertion et n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, en ce qui a trait à la présente publication ou aux programmes ou renseignements décrits dans cette publication, à leur qualité, à leur commerciabilité ou à leur caractère opportun en vue d'une utilisation précise ou pour obtenir un résultat particulier. En aucun cas le Ministre de Sa Majesté la Reine du chef du Canada, ses employés, préposés ou agents, ne peuvent être tenus responsables envers quiconque pour des dommages quelconques, directs, indirects ou consécutifs découlant de l'utilisation de la dite publication ou des programmes ou renseignements qu'elle contient.

***Étude sur revêtements bitumineux
dans le cadre du projet de réhabilitation
de la piste 06G-24D
de l'aéroport international de Montréal***

Préparé par :

**LVM Fondatec inc.
Laval, Quebec**

Présenté à :

TRAVAUX PUBLICS ET SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA
DIRECTION GÉNÉRALE DES SERVICES IMMOBILIERS
SERVICES D'ARCHITECTURE ET DE GÉNIE
DIRECTION GÉNÉRALE DU GÉNIE CIVIL
DIVISION DU GÉNIE AÉROPORTUAIRE
SECTEUR DE LA CAPITALE NATIONALE

N° de contrat EN242-9-0116/001/SS

November 2000

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
1.0 INTRODUCTION	1
1.1 Contexte	1
1.2 Objectifs	2
2.0 CONCEPTION DE LA CHAUSSEE	2
3.0 CONSTRUCTION	3
3.1 Fondation granulaire	3
3.2 Base stabilisée	3
3.2.1 Contrôle de la production	6
3.3 Mélanges bitumineux	6
3.3.1 Formulation	6
3.3.2 Production et mise en oeuvre	8
3.3.3 Rugosité de surface	9
3.4 Essais sur les liants	9
4.0 CONSTRUCTION DE LA SECTION D'ESSAIS	12
4.1 Installation des thermocouples	12
5.0 CONCLUSION	13

Annexe 1 - Tableaux

Annexe 2 - Figures

Annexe 3- Photos

1.0 INTRODUCTION

Dans le cadre de son mandat, la Division du génie aéroportuaire, Secteur de la Capitale nationale, de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) a la responsabilité d'élaborer et de maintenir des lignes directrices et des pratiques recommandées pour la chaussée des aéroports canadiens. Le *Strategic Highway Research Program* (SHRP) a entraîné, à divers degrés, l'adoption par les organismes provinciaux et les municipalités, de nouveaux protocoles de mise à l'essai et de nouvelles spécifications «*Superpave*» pour les bitumes et les mélanges bitumineux.

Transports Canada est responsable de l'exploitation et de l'établissement des normes de construction des aéroports canadiens.

TPSGC, avec la collaboration de Transports Canada, de l'Aéroport international de Calgary et d'Aéroports de Montréal, a entrepris des programmes d'essais et de suivi en vue d'établir la pertinence, de spécifier et de retenir des bitumes correspondant aux normes canadiennes CGSB ou à celles définies par le SHRP, soit les bitumes d'appellation PG.

Ce rapport traite de la construction d'une section d'essai à l'aéroport international de Montréal à Dorval, sur le projet de réhabilitation de la piste 06G-24D, avec un liant bitumineux de type *Superpave* de classification performance (PG).

1.1 Contexte

Le Strategic Highway Research Program (SHRP) a produit de nouveaux protocoles de mise à l'essai et de nouvelles spécifications pour les liants bitumineux et une nouvelle méthode de formulation qui portent le nom générique de Superpave. Une étude initiale entreprise pour Travaux publics et Services gouvernementaux Canada [TPSGC, 1997] fournit de la documentation sur l'application des bitumes de type Superpave aux chaussées des aéroports canadiens. Dans une seconde étude, des lignes directrices sont élaborées pour le choix des bitumes de type PG pour les chaussées des aéroports canadiens [TPSGC, 1998].

Le choix de liants de type Superpave, pour un projet en particulier, est basé principalement sur une estimation spécifique du projet et de la température des chaussées en cours d'exploitation. Les températures atmosphériques spécifiques de l'emplacement durant l'été (maximum moyen sur 7 jours) et l'hiver (minimum moyen) servent à prévoir les températures de la chaussée à ces deux températures extrêmes. La catégorie du bitume est ensuite choisie en fonction de ces températures de conception et le degré souhaité de fiabilité tant à basse qu'à haute température.

Le procédé de sélection du liant élaboré dans le cadre du SHRP vise à solutionner les problèmes de performance de la chaussée sur lesquels cette composante a les répercussions les plus significatives, entre autres : la performance à basse température illustrée par la fissuration thermique; la performance aux températures intermédiaires, par la fissuration

par fatigue et finalement, la performance à haute température en ce qui a trait à l'orniérage causé par l'instabilité du mélange d'enrobé bitumineux. Même si les spécifications définitives relativement aux liants de *type Superpave* sont encore en évolution, il semble que les changements futurs ne modifieront pas beaucoup les principes de base des spécifications actuelles.

1.2 Objectifs

La section d'essai construite à l'aéroport international de Montréal à Dorval avait principalement pour objet :

- d'évaluer la performance du liant PG choisi en fonction de nouveaux critères de sélection,
- d'assurer un mode de validation des critères de sélection de la qualité du liant PG, et
- d'évaluer la constructibilité du mélange de béton bitumineux avec le liant PG choisi pour le projet.

On a aussi identifié un autre objectif de la validation de l'applicabilité des algorithmes de température SHRP/C-SHRP (TAC) aux chaussées des aéroports à couche de fondation/base granulaire épaisse. Pour y parvenir, des instruments ont été installés dans la structure de la chaussée pour mesurer la température à diverses profondeurs.

Ce rapport traite de la construction de la section d'essai, des propriétés des matériaux, de l'assurance de la qualité durant la construction et des essais rhéologiques réalisés après la construction. En outre, ce rapport fait une brève revue du matériel de contrôle de la température installé dans la structure de la chaussée de la piste.

2.0 CONCEPTION DE LA CHAUSSEE

Plusieurs options ont été regardées dans le cadre du projet de la réhabilitation de la piste 06G-24D de l'aéroport de Dorval. Le projet fut réalisé en trois phases, soit la baie d'attente 24D et le premier tiers de la piste, en mai et juin 1998, suivis de la partie médiane (phase II), puis de la baie d'attente 06G et du dernier tiers de la piste (phase III), construits de mai à juin 1999. Cette approche fut privilégiée pour des motifs opérationnels et techniques, compte tenu de l'ampleur des travaux et des technologies retenues.

L'option d'une fondation recyclée et stabilisée recouverte d'une chaussée flexible en béton bitumineux sur la piste s'avérait le meilleur compromis par rapport aux critères d'échéanciers, de capacité structurale et de coûts sur une période de vingt ans. Les figures 1A et 1B montrent deux coupes typiques de la chaussée existante de la piste 06G-24D et du concept proposé.

La structure de chaussée existante à partir du seuil 06G se résume comme suit:

- 200 à 250 mm de béton bitumineux;
- 600 millimètres et plus de macadam à l'eau de calibre 0-40 mm de pierre concassée;
- 100 millimètres de criblure de pierre 0-6 mm.

Pour la reconstruction, la conception est différente pour la bande centrale et les accotements. Le profil existant de la fondation granulaire de macadam fut corrigé, tantôt en déblai minime ou en remblai dans la section des accotements.

Sus-jacent au macadam 0-40 mm, une base stabilisée de 200 mm d'épaisseur suivie de 125 mm de béton bitumineux fut mise en place dans la partie centrale et aux intersections avec le seuil et les taxis tandis que pour les accotements, le profil du macadam fut rehaussé avec de la pierre concassée 0-40 mm recouverte de 125 mm de béton bitumineux.

3.0 CONSTRUCTION

Les travaux de construction du projet de réhabilitation de la piste 06G-24D ont été réalisés en 1998 (phase I) et en 1999 (phases II et III). La section d'essai avec liant PG58-34 fut réalisée dans la phase III du projet.

3.1 Fondation granulaire

La fondation granulaire existante est composée d'un macadam de pierre concassée de dimension nominale de 40 à 50 millimètres. Il s'agit d'un matériau dont la granulométrie est légèrement grossière dans la partie fine de sorte que cette fondation granulaire s'avère bien drainante tout en offrant une excellente capacité structurale. Les essais de plaque réalisés en cours de construction ont démontré que la capacité structurale de la fondation sous la couche de base stabilisée est du même ordre de grandeur que les valeurs anticipées, soit un module d'élasticité supérieur à 300 MPa. La nouvelle pierre concassée de calibre 0-40 mm avait une distribution granulométrique similaire au macadam existant et possédait sensiblement les mêmes caractéristiques de perméabilité et de capacité portante.

3.2 Base Stabilisée

Les travaux et les profils ont été optimisés en considération des fondations existantes. L'extrémité «est» comportait des dalles de béton de ciment, tandis que le revêtement consistait essentiellement en de multiples couches d'enrobés pour les phases II et III. La piste 06G-24D date de plus de quarante ans et fut allongée et modifiée au cours des ans, de sorte que sa construction différait selon les secteurs.

Pour la partie centrale de la piste, soit sur une largeur de 30 mètres, 200 millimètres de base stabilisée ont été mis en place. Cette base stabilisée est composée de béton de ciment

concassé et de béton bitumineux plané puis tamisé, auxquels furent ajoutées une émulsion de bitume CSS-1 et de la poudre de ciment pour favoriser la cure.

Les proportions des constituants granulaires ont été établies au moyen d'essais CBR (California Bearing Ratio) effectués en laboratoire, en utilisant des proportions variables de chacun de ces constituants. Des formulations ont été effectuées en laboratoire avant le début du projet, de sorte à déterminer les proportions optimales, en plus de rédiger un document d'appel d'offres définissant précisément les propriétés attendues.

L'approche préconisée visait à obtenir le mélange le plus riche en bitume tout en considérant les caractéristiques de stabilité à sec et après saturation, tout en obtenant une capacité structurale satisfaisante lors de la mise en service. La formulation retenue pour le projet s'établit comme suit:

TABLEAU 3.1
PROPORTIONS – FORMULE THÉORIQUE
Formule 98-06 modifiée

Proportions en % du mélange	Matériaux
71,7%	béton de ciment concassé (BCC)
24,0%	béton bitumineux concassé (BBC)
1,5%	ciment type 10
2,8%	bitume résiduel d'ajout

TABLEAU 3.2
FORMULE THÉORIQUE – BASE STABILISÉE

Granulométrie Tamis	Exigences	Formule
28	100	100
14	68-93	81
5	35-60	47
1,25	19-38	24
0,315	9-17	10
0,080	2-8	4,8
Teneur en bitume d'ajout % minimum	3,00 minimum	2,8 *
Stabilité Marshall témoin, N	10 000 minimum	13 880
Écoulement, mm	2-4	3,7
Capacité portante, MPa selon Metcalf	1,0 minimum	1,55
Stabilité retenue, %	80 minimum	92,2
Enrobement, %	90 minimum	90
Densité brute sèche, kg/cm ³		2,002
Teneur en ciment %	1,5 maximum	1,2 – 1,5 **
Teneur en eau optimale au compactage ***	+ 0%, 1%	6,0
* À la suite des premières planches d'essais, la teneur en bitume d'ajout fut portée à 2,8% minimum.		
** 1,2% de ciment en phase I (1998); 1,5% en phases II et III (1999).		
*** Teneur en eau optimale obtenue lors de la formulation.		

Les caractéristiques mécaniques et physiques des constituants sont illustrées au tableau 3.3.

TABLEAU 3.3
CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES ET PHYSIQUES DES CONSTITUANTS

	Béton de ciment concassé	Béton bitumineux recyclé	Combiné théorique
Micro Deval (%)	15,6	20,6	16,9
Los Angeles (%)	30,6	30,6	30,9
MgSO ₄ (%)	4,5	39,7	13,3

Des essais CBR ont été réalisés sur le combiné granulométrique (BCC + BBC) afin d'évaluer la capacité portante. Ces essais ont été réalisés à partir d'échantillons prélevés dans les piles de réserve au chantier. Le combiné a été reconstitué en laboratoire à la teneur en eau optimale. Les résultats obtenus à 56 coups pour un déplacement de 0,2 pouce sont de l'ordre de 75%.

3.2.1 Contrôle de la production

Au total, quarante-deux échantillons ont été prélevés durant la production (phases II et III) et 33 325 tonnes ont été produites. Les analyses ont démontré que le pourcentage moyen de bitume résiduel d'ajout était de 2,98%, que la stabilité moyenne retenue était de 83,1% et que la stabilité Marshall était supérieure à 10 000 N.

Les essais de plaque réalisés en cours de construction, après 5 jours en moyenne, selon les phases, démontrent que le module instantané moyen se situe entre 1000 et 1300 MPa, tandis qu'en fonction des essais HFWD après un an, on observe une augmentation des modules de plus de 20%.

3.3 MÉLANGES BITUMINEUX

3.3.1 Formulation

Les mélanges d'enrobé bitumineux retenus pour le projet sont ceux de Travaux publics et Services gouvernementaux du Canada. Les propriétés Marshall sont déterminées avec un effort de compactage de 50 coups par face appliqués manuellement. Des teneurs en bitume minimum ont également été formulées au devis, elles sont respectivement de 4,8 et 5,6% en poids du mélange total pour les couches inférieure et supérieure.

Les granulats fins et gros devaient provenir à 100% de pierre de carrière concassée.

Les autres exigences sont les mêmes que celles habituellement spécifiées en milieu aéroportuaire soit une stabilité de 9,0 kN sur le mélange non réchauffé et ce à 50 coups par face. Les briquettes ont été confectionnées au chantier immédiatement après leur prélèvement.

Pour les phases II et III, réalisées en 1999, des études de formulation ont été réalisées en laboratoire durant l'hiver (1999), les mélanges ont été également soumis à la presse à cisaillement giratoire quoique les exigences contractuelles aient été maintenues. Il s'agit de mélanges dont les granulats proviennent entièrement du concassage de matériaux de carrière.

Ce sont ces formules qui ont été retenues pour la section d'essais dans le cadre du présent projet. Ces mélanges se sont finalement avérés peu faciles à formuler compte tenu du fuseau granulométrique qui imposait des pourcentages passant élevés aux tamis de sable fin. Les mélanges avec des granulats 100% concassés n'offrent pas la même facilité de contrôler la porosité à l'intérieur du fuseau, la forme des particules tend à produire des mélanges à densité plus élevée. Lorsque les teneurs en bitume minimales sont relativement élevées, la formulation de ces mélanges s'avère plus difficile à moins de disposer en bonne partie de granulats fins lavés.

De plus, des planches d'essais ont été réalisées afin de valider le comportement de ces enrobés au compactage en plus de vérifier la rugosité du mélange de surface qui doit offrir des caractéristiques adéquates de friction.

Les efforts consacrés à la formulation de ces mélanges ont été récompensés par l'obtention d'enrobés qui devraient s'avérer très performants;

- Les stabilités sont élevées;
- Les caractéristiques de porosité et de fluage sont voisines des valeurs médianes;
- L'adhérence liant-granulat devrait permettre une bonne résistance à l'arrachement;
- Le revêtement démontre une bonne rugosité de surface;
- La compacité requise fut atteinte avec des efforts de compactage se situant dans les normes usuelles;
- Le mélange n'a pas démontré de tendances notables à la fissuration ou au déplacement (tendre) lors du compactage.

**TABLEAU 3.3.1
PRODUCTION MOYENNE DES ENROBÉS**

Tamis	MÉLANGE DE BASE			MÉLANGE DE SURFACE		
	Formule	Moyenne de la production 120-150	Moyenne de la production PG 58-34	Formule	Moyenne de la production 120-150	Moyenne de la production PG 58-34
25	100	100	100	--	--	--
19	--	97	96	--	--	--
12,5	82	81	84	100	100	100
9,5	--	78	81	--	94	93
4,75	65	64,6	68,5	65,0	64,0	62,2
2,00	42	41	44	42	41	41
0,425	15	16	17	15	15	16
0,180	9	9	10	8	8	9
0,075	5,3	5,2	5,4	4,5	4,6	4,6
% bitume	4,80	4,79	4,81	5,60	5,53	5,43
% vides	4,0	3,1	3,5	3,0	2,9	2,6
VAM %	14,0	14,0	14,2	16,0	15,3	15,0
Stabilité N	13 000	13 322	13 592	12 000	11 891	11 111
Fluage	3,0	3,1	3,0	3,0	3,1	3,5
Densité brute	2,440	2,444	2,440	2,410	2,423	2,432
Densité max.	2,529	2,524	2,528	2,497	2,494	2,497

3.3.2 Production et mise en œuvre

Pour les phases II et III, les enrobés furent produits avec une usine Aztec «double barrel». Cette usine de type à tambour sécheur-malaxeur permettait des productions de l'ordre de 250 tonnes par heure en moyenne. Les résultats des essais démontrent que la production s'est avérée très stable; les moyennes de production sont très voisines des formules développées, tandis que les caractéristiques des enrobés sont à toutes fins pratiques les mêmes que celles obtenues en formulation. Abstraction faite de quelques écarts ponctuels dus à des défauts mécaniques identifiées, la production s'est avérée très satisfaisante.

Pour la phase I, le mélange fut produit à partir d'une usine à fournée. Tel que le démontrent les résultats des essais, la production s'est avérée beaucoup plus variable.

Pour les phases II et III, 25 653,61 tonnes d'enrobé avec bitume 120-150 ont été posées en couche de base et 20 963,33 tonnes en couche de surface. Pour la section expérimentale

(phase III), 2442,61 tonnes d'enrobé avec bitume PG 58-34 ont été posées en couche de base et 1543,8 tonnes en couche de surface.

Concernant la mise en place du mélange, trois à quatre rouleaux furent utilisés incluant le rouleau pneumatique. La séquence de cylindrage généralement maintenue fut d'affecter un rouleau d'acier sans vibration pour le cylindrage initial, suivi d'une à deux passes en mode vibratoire, puis le pneumatique en intermédiaire lui-même suivi d'un autre rouleau d'acier en mode vibratoire ou statique selon la température du mélange.

Les densités obtenues sont en moyenne très voisines de la densité Marshall à 50 coups par face, l'exigence de 98% fut toujours rencontrée.

On doit considérer que ces travaux se sont réalisés avec une température clémente à chaude avec un effectif de compactage d'un rouleau par 50 à 60 tonnes à l'heure de production. Tous les joints ont été chauffés à l'aide d'un dispositif infrarouge monté sur la finisseuse lorsque la température du joint était inférieure à 90°C.

L'aptitude au compactage des mélanges n'a pas changé de façon significative en regard de la nature du liant 120-150 ou PG 58-34.

Tous les résultats sont présentés en annexe, par type de mélange, sous forme de compilations.

3.3.3 Rugosité de surface

Des essais de hauteur de sable ont été réalisés à l'automne 1999. Les résultats sont résumés au tableau 9 présenté à l'annexe 1.

En regard des résultats, on peut constater que le revêtement des phases II et III est significativement plus rugueux que celui de la phase I, malgré qu'il n'ait pas été soumis aux rigueurs de l'hiver. Ces résultats confirment nos observations sur le site. Le revêtement est également légèrement plus rugueux que celui mis en place lors des planches d'essais sur la rue Hervé-Saint-Martin.

Ces essais doivent être repris cette année, afin de suivre l'évolution des revêtements.

Des photographies prises lors de la réalisation des essais de hauteur de sable sont présentées à l'annexe 3.

3.4 ESSAIS SUR LES LIANTS

Des analyses ont été réalisées sur les deux types de liant utilisés dans le cadre de cette étude (120-150 et PG 58-34). Les liants ont été fournis par Pétro-Canada.

Pour les deux types de liant, des essais de type conventionnel et de type Superpave ont été réalisés afin de permettre une meilleure comparaison. Les essais conventionnels suivants ont été réalisés: pénétration à 25°C, viscosité cinématique à 135°C, viscosité Brookfield à 135°C et 165°C, point d'éclair, solubilité dans le trichloréthylène, stabilité au stockage, recouvrance d'élasticité à 10°C et la pénétration à 25°C sur le résidu après vieillissement à court terme (RTFOT-étuvage accéléré en couche mince). Quant à la méthode Superpave, les essais suivants ont été réalisés: flexion de poutre (BBR) et cisaillement dynamique (DSR) après vieillissement à court terme (RTFOT) et après vieillissement à long terme dans une bombe sous pression (RTFOT + PAV).

Des échantillons ont été prélevés dans le réservoir de stockage de la centrale d'enrobage. Deux échantillons de bitume 120-150 ont été analysés (un prélevé lors des travaux réalisés en 1998 et l'autre lors des travaux réalisés en 1999), tandis qu'un échantillon de bitume PG 58-34 prélevé en 1999 a été analysé.

Des essais ont également été effectués sur des échantillons de bitume récupéré à partir de carottes prélevées sur le site, après la mise en service de la piste 06G-24D. Les carottes ont été prélevées alors que le revêtement était âgé d'environ 125 jours.

Les résultats d'analyses sont présentés au tableau 7 pour les essais conventionnels et au tableau 8 pour les essais Superpave. La figure 2 montre la classification de ces deux liants par rapport aux exigences de la norme CAN/CGSB-16.3M90.

Dans l'ensemble, les résultats d'essais des deux liants étaient conformes à leurs exigences respectives. Concernant le bitume modifié de grade 58-34, on doit noter que la pente de l'essai de flexion à -24°C sur le résidu après vieillissement est de 0,296, alors qu'un minimum de 0,300 est requis. Le ministère des Transports du Québec a émis une directive à ce sujet, compte tenu des nombreuses non-conformités en regard de cette caractéristique et qui a pour effet de tolérer de tels écarts. D'autre part, la pente mesurée pour ce même essai, sur le bitume récupéré à partir des carottes prélevées sur la piste, donne un résultat de 0,305, ce qui est très satisfaisant.

On constate que le bitume 120-150 a une variation en masse légèrement plus faible à l'essai RTFOT que le bitume PG 58-34 (0,20% pour le 120-150 vis-à-vis -0,17 pour le PG 58-34). Le rapport entre la pénétration après l'essai RTFOT et la pénétration originale est également un peu plus faible (54,3% 120-150 et 55,8% PG 58-34). Le bitume PG 58-34 est légèrement plus mou et plus visqueux que le bitume 120-150, ce qui le rend moins sensible au retrait thermique à basse température. La figure 3 exprime le changement des propriétés des liants en fonction de la température. La pente de la courbe représente la susceptibilité thermique du bitume. On constate qu'il y a un décrochement de la courbe vers des viscosités plus faibles à basse température, pour le bitume de classe 120-150. Ceci en fait un bitume riche en paraffine, dit de classe P selon la classification de Heukelom, résultant en un bitume fragile à basse température dû à la cristallisation des paraffines. La courbe du bitume PG 58-34 est plus linéaire, ce qui signifie que ce bitume est un bitume de

distillation directe avec peu de paraffine. Il est de classe D selon la classification de Heukelom.

On constate également que le bitume PG 58-34 a une meilleure stabilité au stockage que le bitume 120-150. Des variations de 0,3 à 0,6°C ont été mesurées entre les parties supérieure et inférieure des éprouvettes d'essai du PG 58-34, alors que des variations de 1 à 2°C ont été mesurées sur celles du 120-150.

Les essais réalisés sur le bitume récupéré des carottes d'enrobé bitumineux après 125 jours montrent que la pénétration est relativement voisine de celle mesurée après l'essai RTFOT effectué sur le bitume des réservoirs, particulièrement pour le bitume 120-150. Le bitume PG 58-34 présente une pénétration plus élevée après 125 jours de vieillissement. Le rapport entre la pénétration après 125 jours de vieillissement et la pénétration originale est de 69,2% pour ce bitume, alors qu'il est de 54,9% pour le 120-150. Encore une fois, les essais démontrent que le bitume PG 58-34 a un meilleur comportement à basse température.

Les résultats des essais Superpave effectués sur les bitumes d'origine indiquent que le module complexe sous cisaillement dynamique sinusoïdal est pratiquement le même pour les deux types de bitume (1,2 kPa à 58°C). Par contre, leurs modules de rigidité sont différents. Le module de rigidité du PG 58-34 est plus faible que celui du 120-150 à une même température d'essai (-24°C, soit une température inférieure de 10°C à la température de conception). Les résultats des essais après vieillissement à long terme dans une bombe sous pression (RTFOT + PAV), permettent la même constatation. C'est-à-dire que le module de rigidité du PG 58-34 est plus faible que celui du 120-150 pour une même température d'essai. Par conséquent, ceci démontre que le bitume PG 58-34 a un meilleur comportement aux basses températures que le bitume 120-150.

Les résultats des essais Superpave effectués sur les bitumes récupérés des carottes après la construction démontrent la même tendance. Pour une même température d'essai (24°C), le module de rigidité du PG 58-34 est plus faible et la pente est plus élevée. À haute température, le bitume PG 58-34 est plus visqueux que le 120-150, son angle de phase étant plus faible.

En comparant les deux méthodes d'essais, conventionnelle et Superpave, on constate que la conclusion est la même, soit que le bitume PG 58-34 est moins susceptible au retrait thermique que le bitume 120-150. Par contre, la méthode Superpave permet de mesurer directement les propriétés des bitumes à basse température, comparativement à la méthode conventionnelle.

4.0 CONSTRUCTION DE LA SECTION D'ESSAIS

La section d'essais a été construite en 1999 et se situe entre les chaînages 5+000 et 5+195 de la piste 06G-24D, à pleine largeur adjoignant la baie d'attente et partiellement du côté nord.

Cette section comporte les mêmes caractéristiques de fondations que celles énumérées précédemment pour l'ensemble du projet.

4.1 Installation des thermocouples

Au total, 17 thermocouples ont été installés dans la piste au chaînage 5+114.

Trois forages de 250 mm de diamètre ont été réalisés dans le revêtement en vue de procéder à l'installation des thermocouples.

Ces forages ont été réalisés sur la ligne de centre, à 10 et à 20 mètres du côté droit.

Les thermocouples ont été installés à des profondeurs de 20, 75, 125, 225 et 325 millimètres.

Deux thermocouples additionnels ont été installés dans la ligne de centre à 20 et 75 millimètres sous une ligne peinte afin de vérifier la température du revêtement normal à celui sous-jacent aux surfaces peintes.

Les thermocouples ont été acheminés sous la piste dans des conduits PVC de 50 millimètres de diamètre et des puits d'accès ont été installés de part et d'autre de la piste.

Ces thermocouples ont été acheminés vers le poste de traitement de données. Ce dernier fut installé par la FAA en collaboration avec TPSGC sur ce projet. Il est situé à proximité du Glide Path, du côté sud de la piste 06G-24D, à proximité de la piste 10-28.

Le branchement de la ligne téléphonique de même que l'alimentation électrique ont été réalisés avec la collaboration de NAVCANADA, responsable des installations du Glide Path.

Un tableau identifiant la numérotation des thermocouples et un croquis (figures 4A et 4B) illustrant leur localisation se trouvent à l'annexe 2. Des photographies montrant l'installation des thermocouples sont également présentées à l'annexe 3.

5.0 CONCLUSION

Les mêmes formulations ont été retenues pour les mélanges avec bitume 120-150 CGSB et PG 58-34. Dans les deux cas, les mélanges ont été mis en place et compactés sans difficulté.

On doit cependant retenir que les bitumes CGSB ne sont pas modifiés et que les bitumes PG peuvent l'être en fonction du différentiel de température obtenu selon le choix des températures haute et basse de conception.

Les bitumes de classe PG offrent au concepteur la liberté de choisir des bitumes dont la performance s'avérera satisfaisante en regard des conditions climatiques prévues pour la région dans laquelle les travaux sont réalisés.

Les bitumes CGSB n'étant pas modifiés, ils offrent des performances satisfaisantes pour l'ensemble des régions à climat maritime.

Pour les régions de climat continental sévère, où les variations entre périodes chaudes et froides sont plus importantes, les bitumes doivent être modifiés pour obtenir des performances satisfaisant aux températures extrêmes.

Si le différentiel températures haute et basse excède les 90°C, les bitumes devront être modifiés légèrement, alors que si ce différentiel excède les 100°C, ils devront l'être fortement.

Les bitumes CGSB de groupe A peuvent se conformer aux bitumes PG dont le différentiel de température est de l'ordre de 85°C et aucun coût supplémentaire n'est relié au choix de la référence.

Les coûts supplémentaires reliés au choix d'un bitume de classe PG sont liés à plusieurs facteurs:

- Le différentiel de températures haute et basse: plus il est élevé, plus le bitume sera dispendieux.
- La disponibilité dans la région de même que les quantités impliquées.

Pour le projet à l'aéroport international de Montréal, Dorval, le coût supplémentaire était de 8 \$ la tonne métrique de mélange pour le bitume de classe PG 58-34 en référence au bitume CGSB 120-150 de classe 58-28.

Concernant la mise en œuvre, les bitumes fortement modifiés ont des viscosités plus élevées. Les mélanges seront plus difficiles à compacter par conditions climatiques défavorables.

On devra conséquemment éviter de réaliser les travaux par temps froid et la mise en œuvre de ces revêtements dans les endroits difficiles d'accès ou nécessitant de l'épandage manuel est habituellement très laborieuse.

Comme le démontrent les résultats de compactage, on peut prévoir obtenir des résultats de compactage similaires si les précautions habituelles de mise en œuvre sont respectées.

Enfin, nous estimons que certains points devraient faire l'objet de considérations imminentes:

- Les tabliers, pistes et voies de circulation ne sont pas des ouvrages sollicités de la même façon. Les PG de températures haute et basse correspondent à des conditions générales et doivent être considérés pour les conditions spécifiques du projet.
- Les fuseaux granulométriques prescrits coïncident avec la limite inférieure des zones de restriction du SHRP, de sorte qu'il est impossible de formuler des mélanges en bas des zones de restriction.
- Cette situation n'est pas très problématique pour les mélanges contenant du sable naturel, mais est trop restrictive si on veut utiliser des granulats de pierre concassée uniquement.
- Les essais de hauteur de sable devraient être prescrits pour valider la rugosité des revêtements des pistes. Les bitumes modifiés ont un aspect plus reluisant que les bitumes conventionnels; ils peuvent laisser croire, lorsqu'ils sont observés avec un angle faible, que les revêtements sont glissants ou saignent.

Nous tenons à remercier TPSGC et ADM ainsi que leurs représentants qui ont rendu possible cette étude, en plus de fournir leur entière collaboration pour la bonne marche de ce projet.

C'est avec empressement que nous tiendrons informés de toute observation relative au comportement des enrobés mis en œuvre dans le cadre de ce projet.

Annexe 1

Tableaux

TABLEAU 1 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE BASE BITUME 120-150

Type de mélange	: Base	N° de formule	: 457-5	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,706		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE									CARACTÉRISTIQUES						
				Tamis en mm16							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
49	05	27	97,05 tonnes	100	95	76	73	59,5	37	14	8	4,6	4,59	3,4	13,8	13210	3,1	2,444	2,529
50	05	27	715 tonnes	100	98	79	77	64,6	42	16	9	5,5	4,67	3,2	13,7	13397	3,1	2,449	2,529
52	05	27	1219,71 tonnes	100	97	82	79	65,4	41	15	8	4,9	4,70	3,5	14,1	13795	3,1	2,438	2,526
55	05	28		100	99	80	76	64,2	40	15	8	5,0	4,69	3,8	14,4	14490	3,2	2,429	2,525
56	05	28		100	100	81	78	64,5	40	15	8	5,1	4,84	3,6	14,4	13671	3,1	2,433	2,525
57	05	28		100	98	80	75	62,6	42	17	10	5,5	4,74	3,7	14,2	14692	3,0	2,437	2,531
58	05	28		100	96	82	80	66,6	42	16	9	5,3	4,87	2,3	13,7	13643	2,8	2,454	2,513
59	05	28		100	98	79	76	61,3	37	14	8	4,9	4,60	3,4	13,6	14330	2,8	2,448	2,535
63	05	30	4235,06 tonnes	100	99	88	83	68,7	41	17	10	6,4	4,85	2,6	13,3	14451	3,1	2,463	2,530
67	05	31	4918 tonnes	100	97	84	82	67,6	43	17	10	6,0	4,85	2,8	13,7	13201	3,6	2,453	2,524
68	05	31	5428 tonnes	100	99	83	79	64,5	41	16	10	6,1	4,69	2,3	13,0	13596	3,7	2,468	2,526
69	05	31	5818 tonnes	100	99	84	82	68,2	42	16	9	5,6	4,85	2,3	13,5	13615	3,3	2,460	2,519
70	05	31	6428 tonnes	100	97	82	79	65,3	41	16	9	5,7	4,73	2,2	13,1	13870	3,4	2,467	2,522
72	05	31	6978 tonnes	100	98	80	77	62,4	39	15	9	5,0	4,59	3,2	13,8	12985	3,0	2,443	2,523
73	05	31	7211 tonnes	100	97	81	77	62,0	41	16	9	5,0	4,42	3,2	13,4	14039	2,9	2,451	2,532
75	05	31	7688 tonnes	100	98	84	81	64,8	40	15	9	5,1	4,66	3,4	13,8	13794	3,2	2,446	2,532
76	05	31	8044 tonnes	100	97	84	81	65,4	41	15	8	4,8	4,66	3,5	14,0	13337	3,2	2,442	2,531
77	06	01		100	97	82	79	64,7	40	15	8	4,8	4,69	3,7	14,5	12103	3,1	2,427	2,519
78	06	01		100	97	85	83	68,2	42	15	9	5,0	4,86	4,9	15,2	11135	3,2	2,411	2,536
104	06	04	9811 tonnes	100	98	78	76	63,1	40	15	9	5,0	4,21	5,3	14,6	11434	3,0	2,410	2,546
106	06	04		100	97	82	79	64,7	41	16	9	5,2	4,95	2,4	14,1	13075	3,1	2,447	2,508
107	06	04		100	97	86	83	67,1	43	17	10	5,5	5,13	2,4	14,1	12419	3,5	2,451	2,511



Résultat non conforme

TABLEAU 1 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE BASE BITUME 120-150

Type de mélange	: Base	N° de formule	: 457-5	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,706		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE								CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm16							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
113	06	05	11074 tonnes	100	94	77	74	61,2	40	16	9	5,1	4,75	3,0	13,9	12658	3,1	2,446	2,523
114	06	05	11574 tonnes	100	96	83	81	66,5	42	16	9	5,2	4,65	3,4	13,9	13391	3,1	2,444	2,529
115	06	05	11947 tonnes (1)										5,03						
116	06	05	12198 tonnes	100	95	83	80	67,7	43	16	10	5,8	5,21	2,2	14,0	13062	3,7	2,456	2,512
117	06	05	12476 tonnes (1)										4,89						
118	06	05	12762 tonnes	100	96	80	78	63,8	40	16	9	5,2	5,03	3,2	14,4	13602	3,5	2,439	2,519
123	06	05	13067 tonnes (1)										5,16						
124	06	05	13266 tonnes	100	94	73	70	55,4	35	14	8	5,0	4,54	2,8	13,6	13511	3,5	2,450	2,520
125	06	05	13527 tonnes (1)										4,95						
126	06	05	13790 tonnes	100	97	79	75	62,0	40	16	9	5,2	4,71	2,6	13,5	13886	3,0	2,456	2,521
127	06	05	14101 tonnes (1)										4,75						
128	06	05	14343 tonnes	100	98	82	80	67,3	43	16	9	5,5	5,15	2,4	14,2	13422	3,1	2,447	2,508
129	06	05	14625 tonnes (1)										4,84						
138	06	06		100	96	79	75	60,6	38	16	10	6,4	5,30	1,6	13,7	11276	4,1	2,466	2,505
139	06	06	(1)										4,70						
140	06	06		100	94	76	72	58,7	37	14	8	4,9	4,57	3,2	13,7	11611	2,9	2,448	2,528
150	06	07	15885 tonnes (1)										5,04						
151	06	07	16115 tonnes	100	98	88	87	71,6	44	16	9	5,7	5,20	2,6	14,3	12796	2,9	2,447	2,513
152	06	07	16459 tonnes (1)										4,67						
153	06	07	16661 tonnes	100	99	83	79	63,9	40	15	9	5,4	4,85	3,4	14,1	13050	2,9	2,444	2,531
154	06	07	16951 tonnes (1)										4,66						
155	06	07	17199 tonnes	100	97	78	75	58,7	36	14	8	4,6	4,49	4,2	14,2	11649	2,7	2,430	2,535



Résultat non conforme

TABLEAU 1 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE BASE BITUME 120-150

Type de mélange	: Base	N° de formule	: 457-5	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,706		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE								CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm16							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
168	06	09	17494 tonnes (1)										4,98						
169	06	09	17763 tonnes	100	99	82	81	65,9	42	16	9	5,4	4,83	2,6	13,6	14694	3,0	2,457	2,524
170	06	09	18002 tonnes (1)										4,71						
171	06	09	18239 tonnes	100	99	85	82	68,6	43	16	9	5,1	4,89	3,1	14,1	14739	2,9	2,445	2,524
172	06	09	18498 tonnes (1)										4,73						
173	06	09	18673 tonnes	100	95	80	77	63,3	40	16	9	5,1	4,66	2,3	13,1	14476	2,7	2,467	2,525
Phase 3																			
195	07	03	5+570 tr. 1 gauche	100	97	83	81	68,0	45	17	9	4,9	4,94	2,9	14,2	13098	3,3	2,439	2,511
196	07	03	5+480 tr. 5 gauche	100	99	85	82	66,2	43	17	9	5,1	4,98	3,1	14,1	13602	2,9	2,442	2,522
197	07	03	5+500 tr.3 droite	100	98	85	84	70,4	45	17	9	4,9	5,21	3,2	14,5	13565	2,8	2,437	2,516
200	07	04	5+480 tr. 6 droite	100	99	86	84	69,8	46	18	10	5,2	5,16	3,2	14,3	12762	3,3	2,441	2,521
201	07	04	5+080 tr. 4 gauche	100	98	83	80	66,3	43	17	9	5,1	4,96	3,2	14,1	14158	3,2	2,441	2,521
213	07	05	5+420 tr. 6 gauche	100	94	71	65	55,6	37	15	8	4,7	4,57	4,1	14,2	11963	3,1	2,428	2,531
214	07	05	5+300 tr.5 gauche(1)										4,42						
215	07	05	5+250 tr.6 gauche(1)										4,92						
216	07	07	5+000 à 5m g. L.C.	100	98	84	81	67,4	43	16	9	4,6	4,74	4,6	15,1	12283	2,7	2,410	2,527
217	07	07	5+440 tr. 5 droite	100	99	87	84	70,3	46	17	9	5,0	4,92	4,1	15,2	12376	3,0	2,415	2,517
225	07	09	5+425 centre ligne	100	94	85	84	70,9	45	17	9	5,5	5,01	3,1	14,3	13056	2,9	2,441	2,519
226	07	09	5+340 tr. 4 droite	100	97	75	72	58,0	38	15	8	4,9	4,40	3,8	13,5	14692	2,9	2,448	2,544
227	07	09	5+305 tr. 2 gauche	100	98	80	78	62,7	40	15	8	4,9	4,52	3,8	14,1	13914	3,0	2,436	2,532
228	07	11	5+410 tr. 4 gauche	100	94	77	75	62,9	42	16	9	4,6	4,63	3,1	13,6	14226	3,1	2,452	2,530
231	07	12	5+260 tr. 6 droite	100	95	74	71	58,6	38	15	8	4,7	4,60	3,1	13,9	14201	2,9	2,443	2,522



Résultat non conforme

TABLEAU 1 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE BASE BITUME 120-150

Type de mélange	: Base	N° de formule	: 457-5	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,706		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE									CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm16							Tamis en µm									
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité		
																		Brute	Maximale	
251	07	14	4+990 à 15 m L.C.	100	97	81	78	64,8	43	16	9	5,1	4,91	3,0	14,2	13398	3,4	2,442	2,519	
Moyenne				100	97	81	78	64,6	41	16	9	5,2	4,79	3,1	14,0	13322	3,1	2,444	2,524	
Formule				100		82		65,0	42	15	9	5,3	4,80	4,0	14,0	13000	3,0	2,440	2,529	
Écart mesuré (Ef/m)				0		1		0,4	1	1	0	0,1	0,01	0,9	0,0	322	0,1	0,001	0,005	
Écart admissible						5		5	4	3	2	1	0,25							
EXIGENCES - BASE -			Minimum	100		70		40	30	15	5	3	4,8	2	13	9,0	2			
			Maximum			85		65	50	30	20	8		4				4		
Remarques: Échantillon 104 le résultat correspond à la moyenne de deux essais (4,12 et 4,30 %). Échantillon 213 le résultat correspond à la moyenne de deux essais (4,33 et 4,81 %). (1) Échantillon supplémentaire prélevé au 250 tonnes environ. Les reprises d'essai de teneur en bitume n'ont pas été considérées dans le calcul de la teneur en bitume moyenne de la production.																				
Préparé par :		Marie Bellemare, ing.					Date :	99-08-23		Approuvé par :		Marie Bellemare, ing.					Date :	99-08-23		



Résultat non conforme

TABLEAU 2 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE SURFACE BITUME 120-150

Type de mélange	: Surface	N° de formule	: 458-11b	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,704		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE								CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
62	05	30	154,2 tonnes			100	93	65,0	42	16	9	4,9	5,41	2,6	14,9	11980	3,1	2,432	2,498
64	05	30	662,64 tonnes			100	93	62,2	39	15	9	5,2	5,19	2,6	14,4	12923	2,9	2,441	2,507
65	05	30	1205,11 tonnes			100	93	61,0	38	15	8	5,1	5,19	2,3	14,1	13274	3,2	2,448	2,506
105	06	04	1639 tonnes			100	92	62,3	40	15	8	4,3	5,31	2,9	14,9	12070	3,2	2,430	2,503
131	06	06	2111,33 tonnes										5,74						
132	06	06	2256,33 tonnes			100	94	64,2	40	15	8	5,0	5,73	2,2	15,4	11352	3,1	2,427	2,483
133	06	06											5,80						
134	06	06				100	94	65,9	40	14	8	4,6	5,94	1,7	15,3	11419	3,2	2,436	2,479
135	06	06											4,89						
136	06	06				100	93	64,1	38	13	7	4,2	5,65	3,4	16,1	10171	2,7	2,404	2,488
137	06	06											5,55						
141	06	07	3898 tonnes			100	95	64,2	39	14	8	4,5	5,65	2,8	15,5	11755	3,4	2,421	2,490
142	06	07	4205 tonnes										5,35						
143	06	07	4459 tonnes			100	93	61,5	38	14	8	4,4	5,56	2,6	15,2	12248	3,2	2,427	2,493
144	06	07	4718 tonnes										5,60						
145	06	07	4984 tonnes			100	96	65,5	39	13	7	4,4	5,63	2,8	15,4	12165	3,5	2,424	2,494
146	06	07	5251 tonnes										5,72						
147	06	07	5439 tonnes			100	95	64,5	39	14	8	4,5	5,65	2,6	15,3	11835	3,3	2,426	2,490
156	06	08	5900 tonnes			100	94	64,5	39	14	8	4,4	5,59	3,9	16,4	9556	2,7	2,394	2,491
157	06	08	6453 tonnes			100	94	63,5	41	17	9	4,8	5,48	2,6	15,0	11779	3,4	2,431	2,496
158	06	08	6800 tonnes			100	95	64,6	43	17	9	5,2	5,47	2,9	15,3	10915	3,4	2,422	2,496



Résultat non conforme

TABLEAU 2 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE SURFACE BITUME 120-150

Type de mélange	: Surface	N° de formule	: 458-11b	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,704		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE									CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm							Tamis en µm									
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité		
																		Brute	Maximale	
159	06	08	7212 tonnes										5,46							
160	06	08	5695 tonnes										5,46							
161	06	08	6148 tonnes										5,65							
162	06	08	6582 tonnes										5,58							
163	06	09	7450 tonnes			100	96	64,7	39	14	8	4,4	5,70	4,3	16,8	9414	2,8	2,387	2,493	
164	06	09	7665 tonnes										5,60							
165	06	09	7930 tonnes			100	94	62,9	41	16	9	4,9	5,61	1,8	14,8	13142	3,3	2,440	2,485	
166	06	09	8182 tonnes										5,50							
167	06	09	8372 tonnes			100	96	68,6	44	16	9	4,8	5,71	2,4	15,4	12600	3,2	2,427	2,487	
174	06	10	8652 tonnes										5,64							
175	06	10	8892 tonnes			100	96	68,7	44	16	8	4,4	5,56	3,6	16,0	11436	2,8	2,406	2,495	
176	06	10	9354 tonnes			100	95	66,1	41	15	8	4,4	5,50	2,8	15,5	12316	3,1	2,419	2,488	
177	06	10	9873 tonnes			100	97	69,0	43	16	9	4,8	5,75	2,6	15,4	12265	3,2	2,426	2,491	
178	06	10	10476 tonnes			100	95	66,2	41	15	8	4,6	5,61	2,7	15,3	11400	3,2	2,427	2,495	
179	06	11				100	96	67,0	44	16	9	5,0	5,68	2,8	15,5	11463	2,8	2,422	2,491	
180	06	11				100	95	69,1	43	16	8	4,8	5,62	2,5	15,2	12736	3,1	2,429	2,490	
181	06	11	11940 tonnes			100	94	64,6	40	15	8	4,7	5,33	3,2	15,3	11983	2,8	2,420	2,499	
182	06	11	12341 tonnes			100	95	66,5	41	15	8	5,0	5,49	3,5	15,9	10586	3,0	2,407	2,496	
183	06	11	12938 tonnes			100	95	64,0	40	15	8	4,6	5,48	3,5	15,7	11362	2,8	2,412	2,500	
184	06	12				100	95	68,3	45	17	9	5,1	5,67	2,4	15,3	11235	3,3	2,429	2,490	



Résultat non conforme

TABLEAU 2 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE SURFACE BITUME 120-150

Type de mélange	: Surface	N° de formule	: 458-11b	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	2,704		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE									CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm							Tamis en µm									
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité		
																		Brute	Maximale	
Phase 3																				
202	07	04	5+600 tr.1 gauche			100	95	66,3	42	15	8	4,4	5,89	2,1	15,3	11797	3,2	2,429	2,482	
203	07	04	5+590 tr. 7 gauche			100	95	62,3	40	15	8	4,8	5,72	3,4	15,8	11956	3,0	2,411	2,495	
212	07	05	5+520 tr. 6 droite			100	96	65,6	42	15	8	4,5	5,68	2,8	15,6	10783	3,3	2,419	2,489	
229	07	11	5+330 tr. 2 droite			100	91	63,7	40	14	7	4,1	5,14	3,9	15,4	13247	3,0	2,408	2,507	
230	07	11	5+390 tr. 3 droite			100	92	59,0	39	15	8	4,4	5,35	2,5	14,5	13200	3,5	2,440	2,502	
246	07	13	5+230 centre (1)										5,54							
247	07	13	5+230 centre (1)										5,36							
248	07	13	5+320 centre (1)										5,26							
249	07	13	5+320 centre (1)										5,02							
253	07	14	5+400 centre (1)										5,25							
254	07	14	5+445 tr. 2 droite (1)										5,37							
255	07	14	5+300 tr. 2 droite (1)										5,20							
256	07	14	5+210 tr. 2 g. (1)										5,45							
257	07	14	5+300 tr. 2 g. (1)										5,05							
258	07	14	5+240 tr. 3 g. (1)										5,29							
232	07	12	5+300 tr. 5 gauche			100	94	65,6	44	16	9	5,2	5,52	2,7	15,1	13036	3,2	2,430	2,499	
233	07	12	5+390 tr. 8 gauche			100	95	66,9	43	15	8	4,5	5,57	2,7	15,4	12252	3,0	2,421	2,489	
237	07	13	5+220 tr. 5 droite			100	91	62,3	43	15	8	4,4	5,47	2,4	15,1	12612	3,0	2,428	2,488	
238	07	13	5+360 tr.7 droite			100	91	59,1	40	15	8	4,4	5,41	3,3	15,4	11696	3,3	2,419	2,501	
252	07	14	18924 tonnes cum			100	90	59,0	40	15	8	4,2	5,30	3,8	15,7	10708	3,1	2,407	2,501	



Résultat non conforme

TABLEAU 2 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE SURFACE BITUME 120-150

Type de mélange	: Surface	N° de formule	: 458-11b	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: 120-150 Pétro-Canada	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	: Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	: Aéroport de Dorval, phase II et III		
Facteur de justesse	: 0,14	Densité des granulats	: 2,704		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE								CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
259	07	15	Aire d'attente c. est			100	92	62,8	42	15	8	4,7	5,39	3,2	15,4	12237	3,0	2,419	2,499
260	07	15	4+980 5 m dr. C.L.			100	92	63,4	42	15	8	4,2	5,47	2,6	15,0	13134	3,0	2,432	2,496
262	07	16	307 tonnes jour.			100	90	57,0	34	14	8	4,3	5,28	2,7	14,8	13589	3,3	2,432	2,499
Moyenne						100	94	64,0	41	15	8	4,6	5,53	2,9	15,3	11891	3,1	2,423	2,494
Formule						100		65,0	42	15	8	4,5	5,60	3,0	16,0	12000	3,0	2,410	2,497
Écart mesuré (Ef/m)						0		1,0	1	0	0	0,1	0,07	0,1	0,7	109	0,1	0,013	0,003
Écart admissible								5	4	3	2	1	0,25						
EXIGENCES - surface -			Minimum			100		55	35	15	5	3	5,6	2	13	9,0	2		
			Maximum					75	55	30	20	8		4			4		

Remarques:

Échantillon 135 le résultat correspond à la moyenne de deux essais (4,91 et 4,87 %), Deux échantillons composés de deux carottes ont été prélevés dans le secteur où ce chargement a été posé et la teneur en bitume du mélange a été déterminée (ch, 6+120 et ch, 6+300 travée 3 droite). Les résultats obtenus sont de 5,48 % et 5,32 % respectivement.

Échantillons 229 et 230 le résultat de la teneur en bitume correspond à la moyenne de deux essais (5,12 et 5,14 pour 229 ; 5,27 et 5,43 pour 230). La teneur en bitume a également été réalisé sur les échantillons supplémentaires (intermédiaires prélevés aux 250 tonnes) et les résultats obtenus sont de 5,16 % et 5,47 %.

(1) : Essai réalisé à partir d'un échantillon prélevé par carottage.

Les reprises d'essai de teneur en bitume n'ont pas été considérées dans le calcul de la teneur en bitume moyenne de la production.

Préparé par :	Marie Bellemare, ing.	Date :	99-07-27	Approuvé par :	Marie Bellemare, ing.	Date :	99-07-27
---------------	-----------------------	--------	----------	----------------	-----------------------	--------	----------



Résultat non conforme

TABLEAU 3 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE BASE BITUME PG 58-34

Type de mélange	: Base	N° de formule	: 457-5	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: PG 58-34	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	Aéroport de Dorval, phase II et III – section d'essais		
Facteur de justesse	: 0,10 (estimé)	Densité des granulats	2,706		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE									CARACTÉRISTIQUES						
				Tamis en mm16							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
218	07	07	5+175 tr. 1 droite	100	99	89	86	73,2	48	17	9	5,3	4,93	3,7	14,6	12967	2,9	2,430	2,522
219	07	07	5+080 tr. 4 droite	100	97	86	83	71,5	45	17	9	5,4	4,84	3,7	14,6	13267	2,9	2,428	2,521
220	07	07	5+160 tr. 6 droite	100	94	82	80	67,1	44	17	10	5,3	4,83	3,5	14,3	13404	3,1	2,437	2,525
221	07	08	5+145 tr. 3 gauche	100	94	77	74	62,1	41	16	10	5,6	4,63	3,1	13,2	14729	3,1	2,463	2,542
Moyenne				100	96	84	81	68,5	44	17	10	5,4	4,81	3,5	14,2	13592	3,0	2,440	2,528
Formule				100		82		65,0	42	15	9	5,3	4,80	4,0	14,0	13000	3,0	2,440	2,529
Écart mesuré (Ef/m)				0		2		3,5	2	2	1	0,1	0,01	0,5	0,2	592	0	0	0,001
Écart admissible						5		5	4	3	2	1	0,25						
EXIGENCES - BASE -			Minimum	100		70		40	30	15	5	3	4,8	2	13	9,0	2		
			Maximum			85		65	50	30	20	8		4				4	

Remarque :																			
Préparé par :	Marie Bellemare, ing.					Date :	99-08-23		Approuvé par :	Marie Bellemare, ing.					Date :	99-08-23			



Résultat non conforme

TABLEAU 4 :ENROBÉ BITUMINEUX COMPILATION 1999
COUCHE DE SURFACE BITUME PG 58-34

Type de mélange	: Surface	N° de formule	: 458-11b	N/Réf.	: 70840-500
Type de bitume	: PG 58-34	N° d'usine	: 116	V/Réf.	: ADM-D736
Fournisseur	: DJL (centrale mobile)	Projet	: Réhabilitation de la piste 06G-24D		
Entrepreneur	: Construction DJL inc.	Localisation	: Aéroport de Dorval, phase II et III – section d'essais		
Facteur de justesse	: 0,10 (estimé)	Densité des granulats	: 2,704		

ÉCHANTILLON				GRANULOMÉTRIE								CARACTÉRISTIQUES							
				Tamis en mm							Tamis en µm								
N° lab,	M	J	Localisation	25	19	12,5	9,5	4,75	2,00	0,425	0,180	0,075	Bitume %	Vides %	VAM %	Stabilité N	Fluage mm	Densité	
																		Brute	Maximale
222	07	08	5+185 tr. 2 droite			100	93	62,5	41	16	9	4,9	5,32	2,1	14,3	11530	3,4	2,447	2,500
223	07	09	5+190 tr. 7 droite			100	96	67,4	44	17	9	4,9	5,86	1,6	14,9	9778	4,3	2,444	2,484
224	07	09	5+210 L.C. (2)			100	90	58,8	38	14	8	4,1	5,20	4,0	15,6	11423	3,0	2,408	2,508
236	07	12	5+180 tr. 2 g. (1)										5,41						
239	07	12	5+150 tr. 3 g. (1)										5,38						
240	07	12	5+120 tr. 2 g. (1)										5,47						
241	07	12	5+060 tr. 3 g. (1)										5,45						
250	07	14	5+000 tr.2 droite			100	92	60,0	41	16	9	4,7	5,32	2,7	15,0	11711	3,3	2,429	2,497
Moyenne						100	93	62,2	41	16	9	4,6	5,43	2,6	15,0	11111	3,5	2,432	2,497
Formule						100		65,0	42	15	8	4,5	5,60	3,0	16,0	12000	3,0	2,410	2,497
Écart mesuré (Ef/m)						0		2,8	1	1	1	0,1	0,23	0,4	1,0	889	0,5	0,022	0
Écart admissible								5	4	3	2	1	0,25						
EXIGENCES - surface -			Minimum			100		55	35	15	5	3	5,6	2	13	9,0	2		
			Maximum					75	55	30	20	8		4			4		

Remarques:

(1) : Essai réalisé à partir d'un échantillon prélevé par carottage.

(2) : Enrobé posé en couche de base

Préparé par :	Marie Bellemare, ing.	Date :	99-08-23	Approuvé par :	Marie Bellemare, ing.	Date :	99-08-23
---------------	-----------------------	--------	----------	----------------	-----------------------	--------	----------



Résultat non conforme

TABLEAU 5 : ENROBÉS BITUMINEUX - COMPILATION 1999
COMPACITÉ - COUCHE DE BASE

CENTRALE : DJL (116)

FORMULE : 457-5

Labora- toire n°	Date de mise en place	Densité carotte	Densité brute Marshall	Épaisseur (mm)	Compacité (%)
BITUME PG 58-34					
44	99-07-07	2,444	2,432	84,5	100,5
45	99-07-07	2,451	2,432	80,0	100,8
46	99-07-07	2,457	2,432	80,2	101,0
47	99-07-07	2,449	2,432	80,5	100,7
57	99-07-08	2,462	2,463	80,0	99,9
58	99-07-08	2,421	2,463	80,7	98,3
59	99-07-08	2,457	2,463	89,5	99,8
60	99-07-08	2,398	2,463	81,8	97,4
BITUME 120-150					
6	99-05-27	2,425	2,444	80,0	99,2
17	99-05-27	2,464	2,444	81,5	100,8
18	99-05-27	2,381	2,444	88,0	97,4
19	99-05-28	2,433	2,440	90,0	99,7
20	99-05-28	2,414	2,440	80,0	98,9
21	99-05-28	2,399	2,440	92,0	98,3
22	99-05-28	2,404	2,440	95,0	98,5
23	99-05-28	2,438	2,440	75,0	99,9
24	99-05-30	2,431	2,464	75,0	98,7
25	99-05-31	2,426	2,458	75,0	98,7
26	99-05-31	2,409	2,458	70,0	98,0
27	99-05-31	2,461	2,458	65,0	100,1
28	99-05-31	2,461	2,458	75,0	100,1
29	99-05-31	2,448	2,458	80,0	99,6
30	99-05-31	2,452	2,446	75,0	100,3
31	99-05-31	2,477	2,446	85,0	101,3
32	99-05-31	2,451	2,446	85,0	100,2
33	99-06-01	2,428	2,419	80,0	100,4
34	99-06-01	2,408	2,419	67,0	99,5
77	99-06-05	2,465	2,446	89,7	100,8
78	99-06-05	2,459	2,446	80,0	100,5
79	99-06-05	2,458	2,446	85,0	100,5
80	99-06-05	2,406	2,446	89,3	98,4
81	99-07-03	2,442	2,439	89,7	100,1
82	99-07-03	2,447	2,439	90,2	100,3
83	99-07-03	2,418	2,439	85,0	99,2

TABLEAU 6 : ENROBÉS BITUMINEUX - COMPILATION 1999
COMPACITÉ - COUCHE DE SURFACE

CENTRALE : DJL (116)

FORMULE : 458-11b

Labora- toire n°	Date de mise en place	Densité carotte	Densité brute Marshall	Épaisseur (mm)	Compacité (%)
BITUME PG 58-34					
40	99-07-08	2,378	2,447	60,3	97,2
41	99-07-08	2,382	2,447	60,0	97,3
42	99-07-08	2,362	2,447	53,0	96,5
43	99-07-08	2,390	2,447	55,0	97,7
53	99-07-09	2,409	2,408	55,3	100,1
54	99-07-09	2,402	2,408	60,0	99,8
55	99-07-09	2,312	2,408	54,3	96,0
56	99-07-09	2,389	2,408	55,7	99,2
BITUME 120-150					
48	99-05-30	2,362	2,440	43,0	96,8
49	99-05-30	2,432	2,440	50,7	99,7
50	99-05-30	2,405	2,440	54,3	98,6
51	99-05-30	2,380	2,440	52,8	97,6
52	99-05-30	2,354	2,440	50,0	96,5
70	99-06-06	2,383	2,404	46,8	99,1
71	99-06-06	2,374	2,404	55,5	98,8
72	99-06-07	2,371	2,426	50,5	97,8
73	99-06-07	2,391	2,426	51,5	98,6
74	99-07-04	2,395	2,420	60,0	99,0
75	99-07-04	2,406	2,420	56,5	99,4
76	99-07-04	2,374	2,420	59,5	98,1
62	99-07-11	2,391	2,424	59,5	98,6
63	99-07-11	2,410	2,424	55,2	99,4
64	99-07-11	2,381	2,424	52,5	98,2
65	99-07-11	2,360	2,424	52,0	97,4

TABLEAU 7
ESSAIS CONVENTIONNELS SUR BITUME

ESSAIS	BITUME	120-150 A origine	120-150 A récupéré	PG 58-34 origine	PG 58-34 récupéré
Pénétration à 25°C (X0,1 mm) (ASTM D 5)		122 * 138 **	67	156	108
Viscosité cinématique à 135°C (mm ² /s) (ASTM D 2170)		295,5 * 270,7 **	467,8	370,1	612,5
Viscosité Brookfield à 135°C (Pa.s) (AASHTO TP 48)		0,28 * 0,25 **	0,42	0,32	0,54
Viscosité Brookfield à 165°C (Pa.s) (AASHTO TP 48)		0,08 * 0,08 **	0,11	0,10	0,15
Viscosité absolue à 60°C		51,2	117,6	373,6	359,3
Point d'éclair C.O.C. (°C) (ASTM D 92)		306 * 278 **	292	270	278
Solubilité dans le trichloréthylène (%) (ASTM D 2042)		100,0 * 100,0 **	100,0	99,91	99,6
Stabilité au stockage (°C) (LC 25-003)		2,0 * 1,0 **	0,2	0,3	0,8
Recouvrance d'élasticité à 10°C (%) (LC 25-005)		--- * 10 **	0	53	0
Pénétration à 25°C du résidu après RTFOT (X0,1 mm) (ASTM 05)		--- * 75 **	--	87	---

* Travaux 1999

** Travaux 1998

TRAVAUX PUBLICS ET SERVICES GOUVERNEMENTAUX CANADA
PISTE 06G-24D

TABLEAU 8
ESSAIS SUPERPAVE SUR BITUME

Bitume	Bitume d'origine					Essais après RTFOT (ou bitume récupéré)			Vieillissement PAV		
	DSR G*/Sin (δ) (kPa)	Temp. (°C)	BBR (Sc) (MPa)	Temp. (°C)	Pente (mc)	DSR G*/Sin (δ) (kPa)	Temp. (°C)	Variation en masse (%)	BBR (S) (MPa)	Temp. (°C)	Pente (m)
120-150 A	1,2	58	72,2	-18	0,444				160,0	-18	0,296
*	0,6	64							316,5	-24	0,272
---	1,2	58				2,7	58		120,0	-18	0,329
**	0,5	64	212,6	-24	0,375			-0,20	305,4	-24	0,282
120-150 A récupéré	---	---	---	---	---	3,5 (δ = 79,7) 1,6 (δ = 82,4)	58 64	--- ---	134,0 337,0	-18 -24	0,309 0,264
PG 58-34 origine	1,2 0,6	58 64	147,5	-24	0,396	2,7	58	-0,17	245,5 502,0	-24 -30	0,296 0,248
PG 58-34 récupéré	---	---	---	---	---	3,0 (δ = 75,0) 1,5 (δ = 77,3)	58 64	--- ---	242,5 505,5	-24 -30	0,305 0,248
Exigences (bitume d'origine)	≥ 1,0	---	---	---	≥ 0,350	≥ 2,2	---	---	≤ 300	---	≥ 0,300

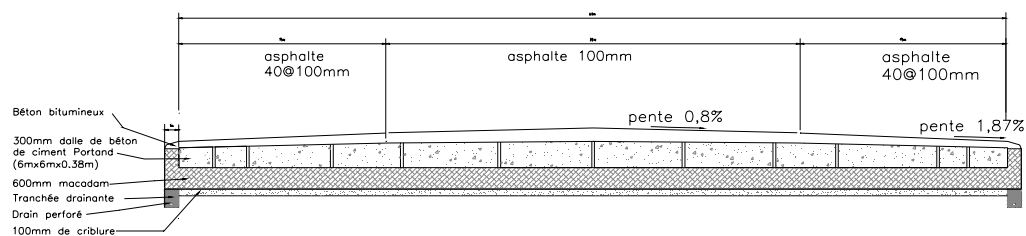
* Travaux 1999

** Travaux 1998

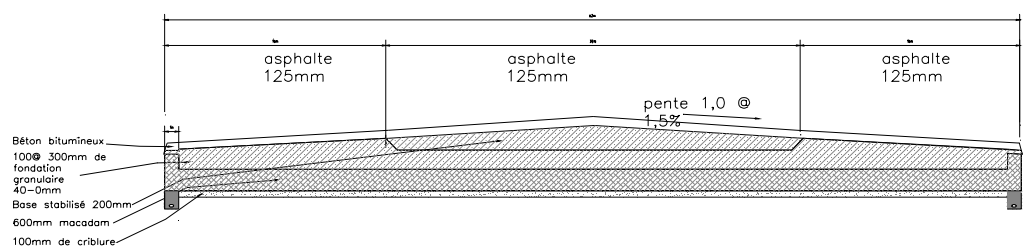
Annexe 2

Figures

FIGURE 1a: coupe type piste 06G-24D (sur 1200m à partir du seuil 24D)



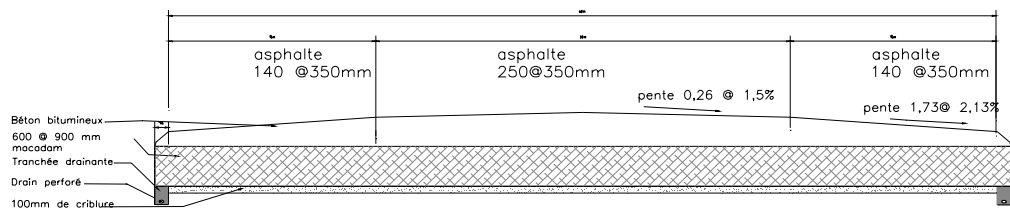
EXISTANT



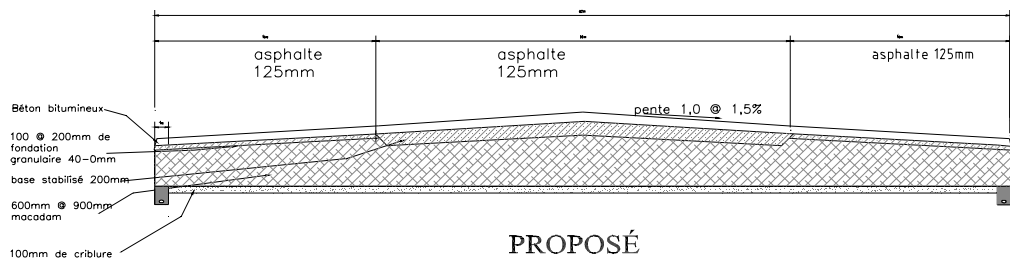
PROPOSÉ

Nouveau revêtement flexible avec base stabilisée

FIGURE 1b: coupe type piste 06G-24D (sur 2153m à partir du seuil 06G)



EXISTANT



PROPOSÉ

Nouveau revêtement flexible avec base stabilisée

FIGURE 2: Viscosité cinématique en fonction de la pénétration

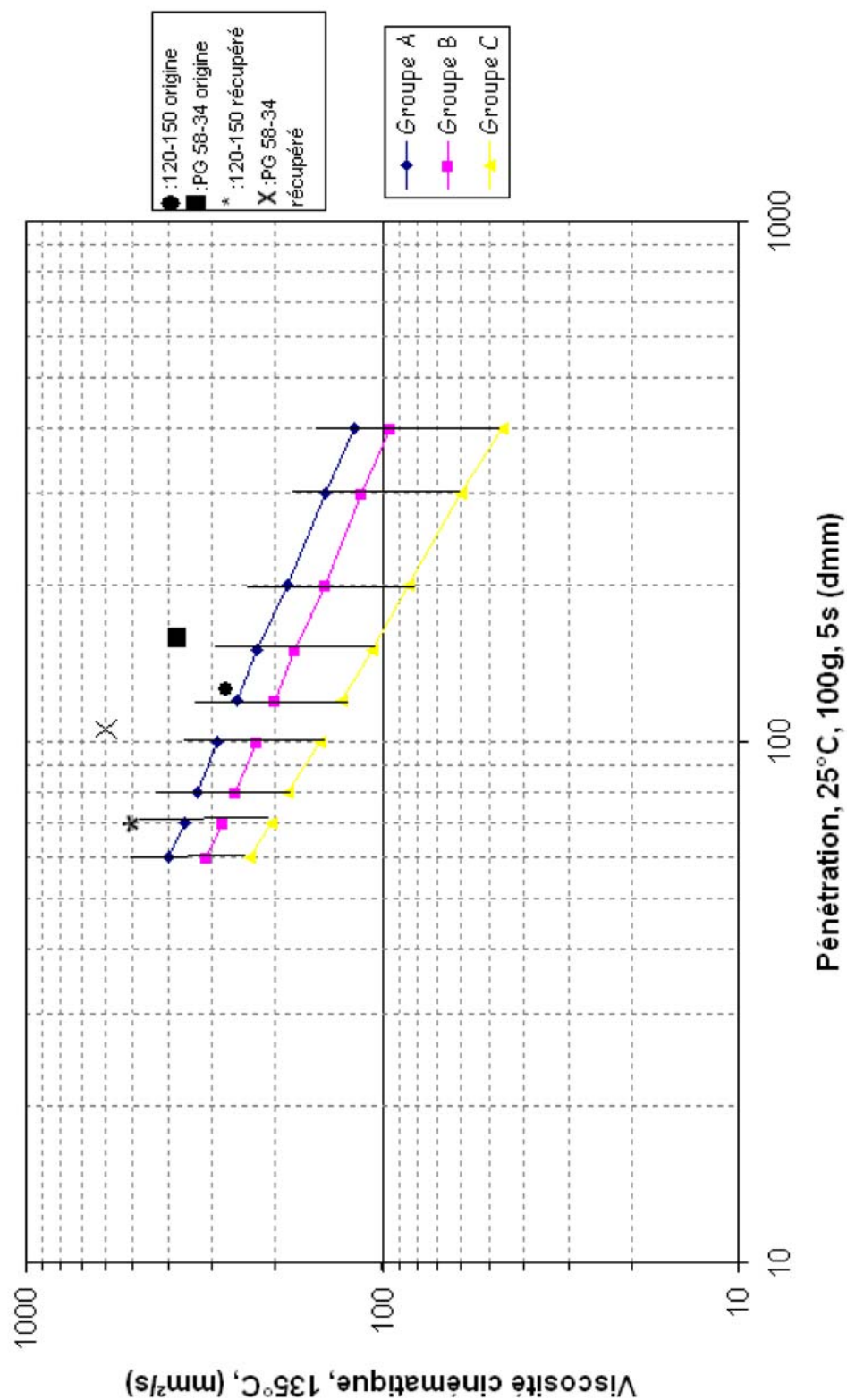
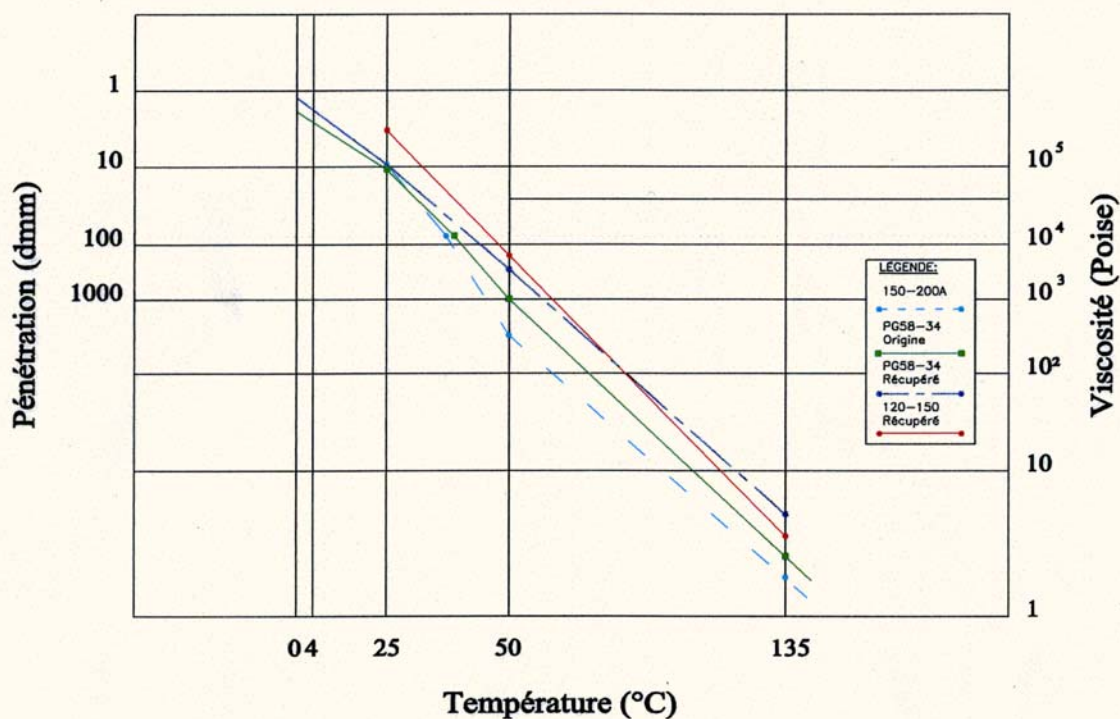


FIGURE 3: Abaque décrivant le comportement des bitumes en fonction de la température selon Heukelom



Projet	CROQUIS COMPOTEMENT DES BITUMES
Titre	ABAUUE

DESSAU SOPRIN		Dessau-Soprin inc. 1200, Saint-Martin Ouest, bureau 300 Laval (Québec) H7S 2S4 Téléphone: (514) 281-5151 Télécopieur: (450) 668-8232		
Préparé M. Bellemare Dessiné J. Juteau Vérifié M. Bellemare	Discipline ing. des matériaux Échelle Aucune Date 2000-11-06	Chargé de projet M. Bellemare Extrait de: Rév.:		
Projet	Lot	Disc.	No. Dessin	Rév.
0070840505	IM	00010A		

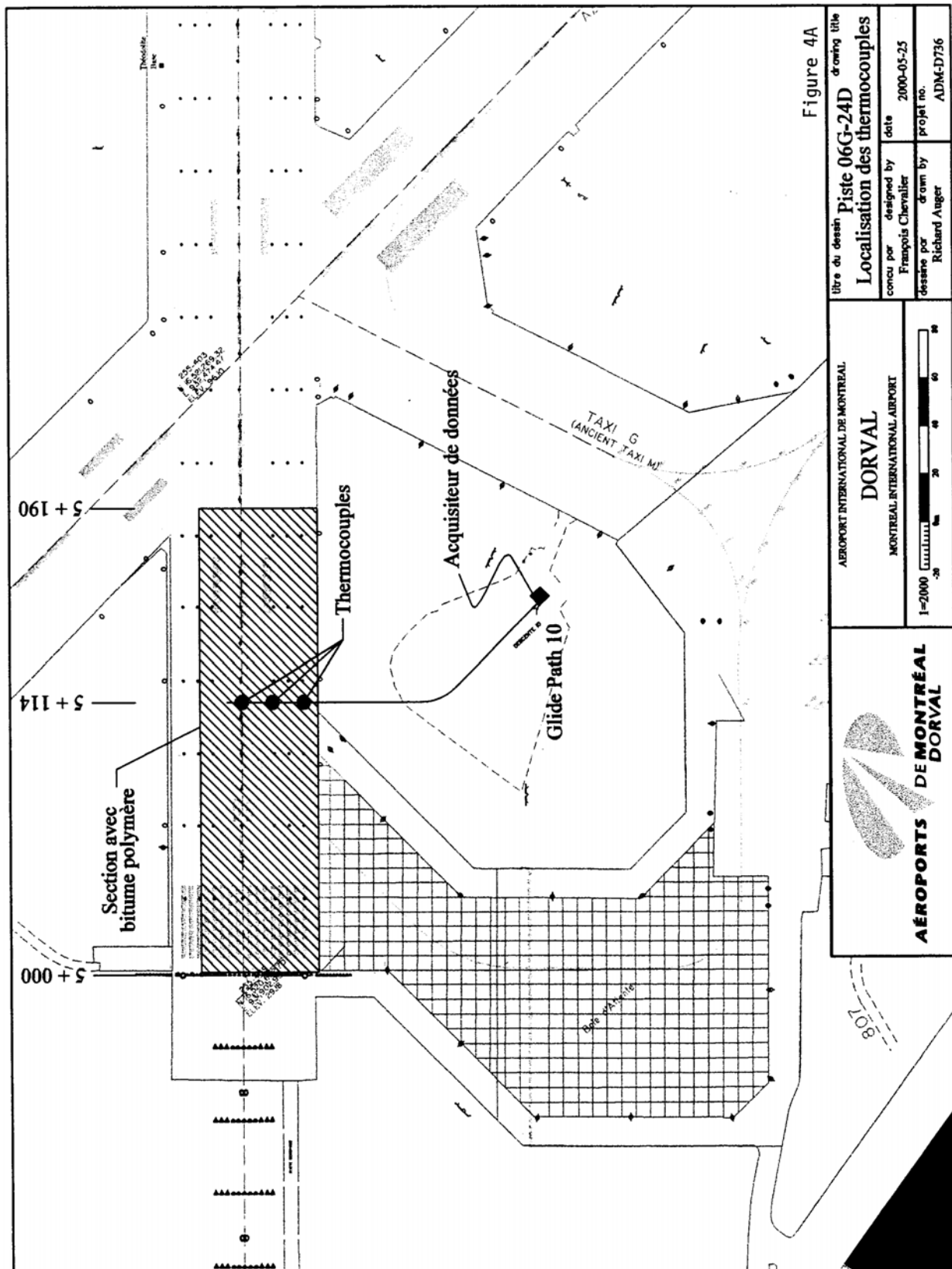
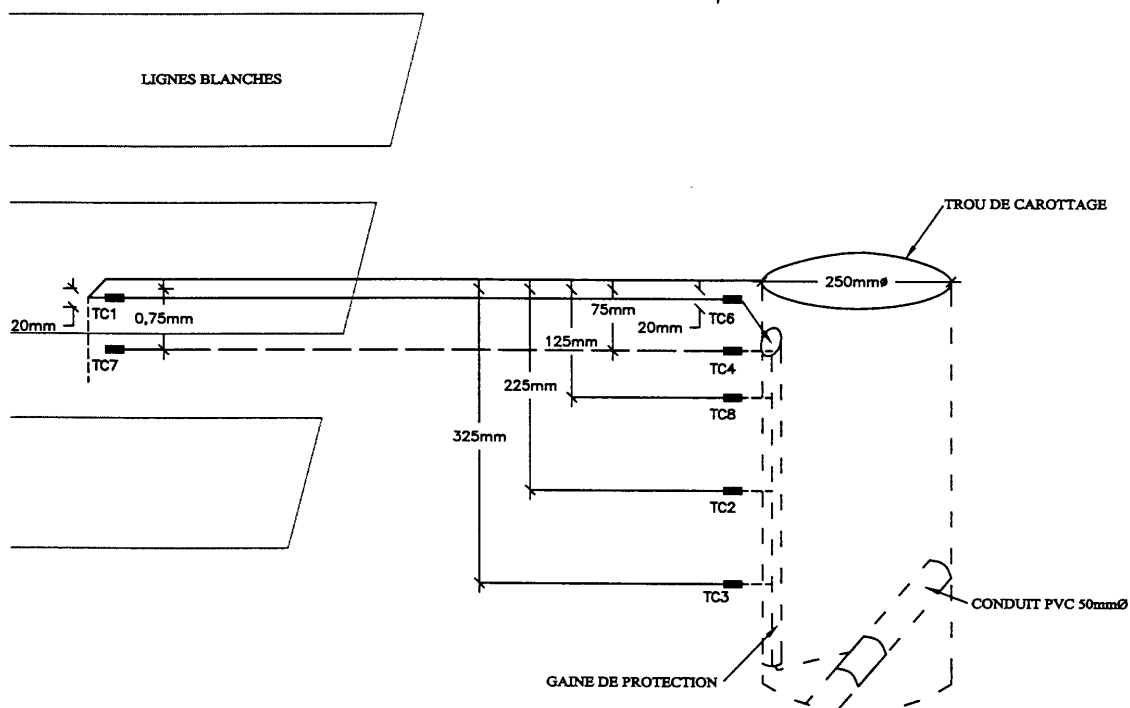


FIG. 4B VUE EN COUPE-THERMOCOUPLES
LIGNES DE CENTRE DE LA PISTE



NOTE: Les trous de carottage ont été remblayés en béton de ciment jusqu'à 100mm sous la surface, puis en béton bitumineux.

Projet CROQUIS Titre VUE EN COUPE-THERMOCOUPLES LIGNES DE CENTRE DE LA PISTE	DESSAU SOPRIN Dessau-Soprin inc. 1200, Saint-Martin Ouest, bureau 300 Laval (Québec) H7V 2B4 Téléphone: (514) 281-5151 Télécopieur: (450) 668-8232 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="width: 33%;">Préparé M. Bellemare</td> <td style="width: 33%;">Discipline Ing. des matériaux</td> <td style="width: 33%;">Chargé de projet M. Bellemare</td> </tr> <tr> <td>Dessiné J. Juteau</td> <td>Échelle Aucune</td> <td>Extrait de: Rév.:</td> </tr> <tr> <td>Vérifié M. Bellemare</td> <td>Date 2000-11-06</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: 0.8em;"> <tr> <td style="width: 25%;">Projet</td> <td style="width: 25%;">Lot</td> <td style="width: 25%;">Disc.</td> <td style="width: 25%;">No. Dessin</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0 0 7 0 8 4 0 5 0 5 1 M 0 0 0 1 0 A</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Préparé M. Bellemare	Discipline Ing. des matériaux	Chargé de projet M. Bellemare	Dessiné J. Juteau	Échelle Aucune	Extrait de: Rév.:	Vérifié M. Bellemare	Date 2000-11-06		Projet	Lot	Disc.	No. Dessin	0 0 7 0 8 4 0 5 0 5 1 M 0 0 0 1 0 A			
Préparé M. Bellemare	Discipline Ing. des matériaux	Chargé de projet M. Bellemare																
Dessiné J. Juteau	Échelle Aucune	Extrait de: Rév.:																
Vérifié M. Bellemare	Date 2000-11-06																	
Projet	Lot	Disc.	No. Dessin															
0 0 7 0 8 4 0 5 0 5 1 M 0 0 0 1 0 A																		

Annexe 3

Photographes

INSTALLATION DES THERMOCOUPLES



Photo n° 1

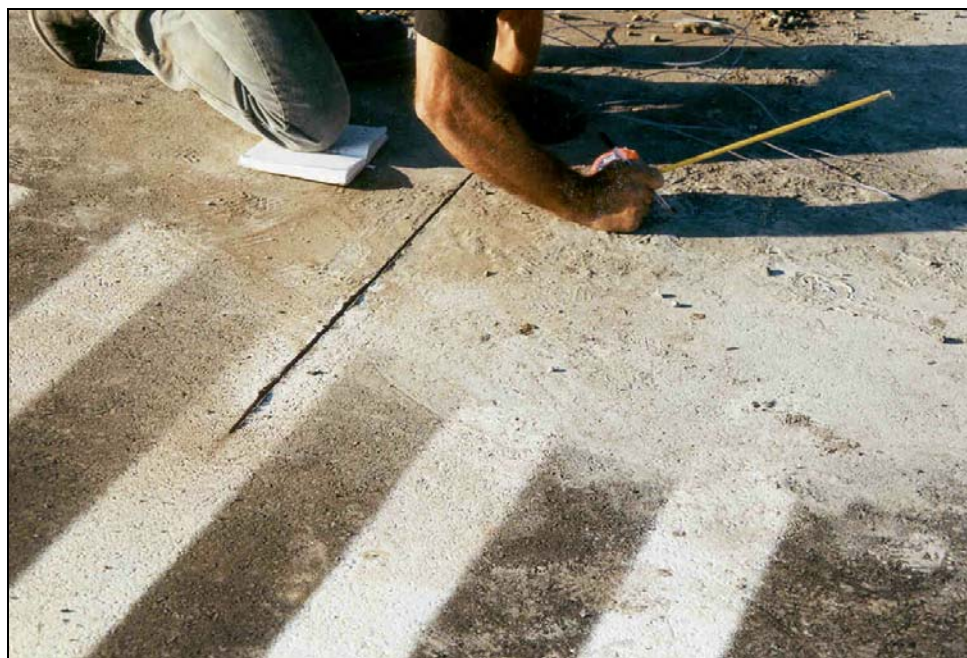


Photo n° 2

INSTALLATION DES THERMOCOUPLES



Photo n° 3

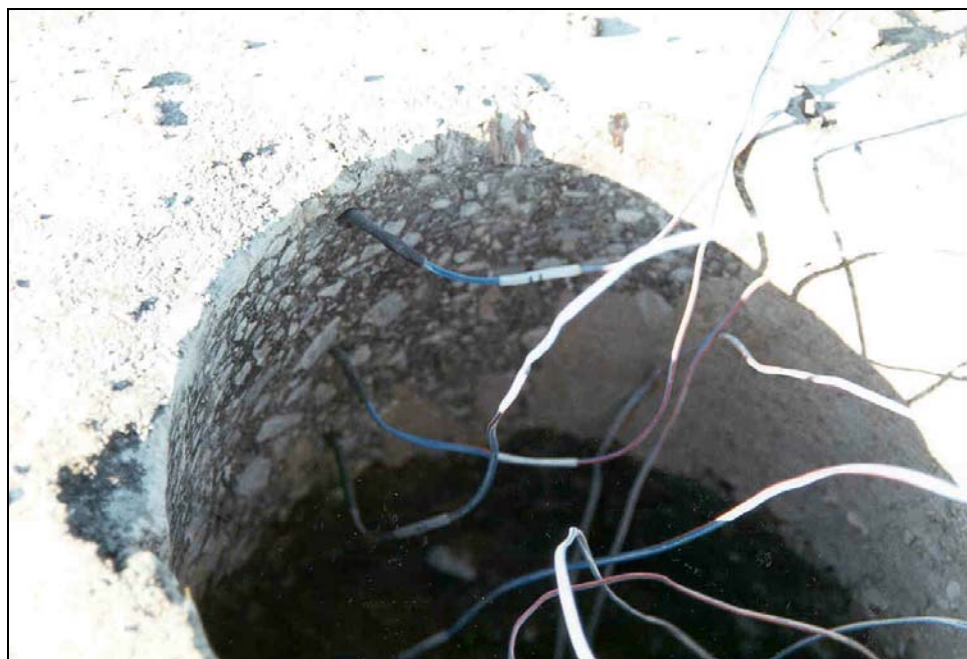


Photo n° 4

INSTALLATION DES THERMOCOUPLES

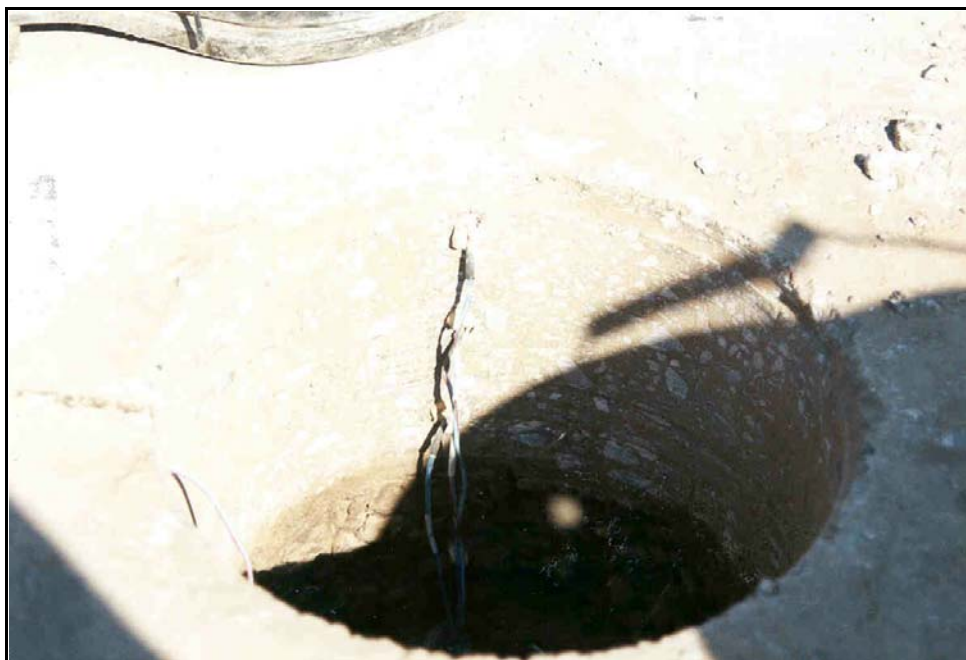


Photo n° 5



Photo n° 6

INSTALLATION DES THERMOCOUPLES



Photo n° 7



Photo n° 8

INSTALLATION DES THERMOCOUPLES

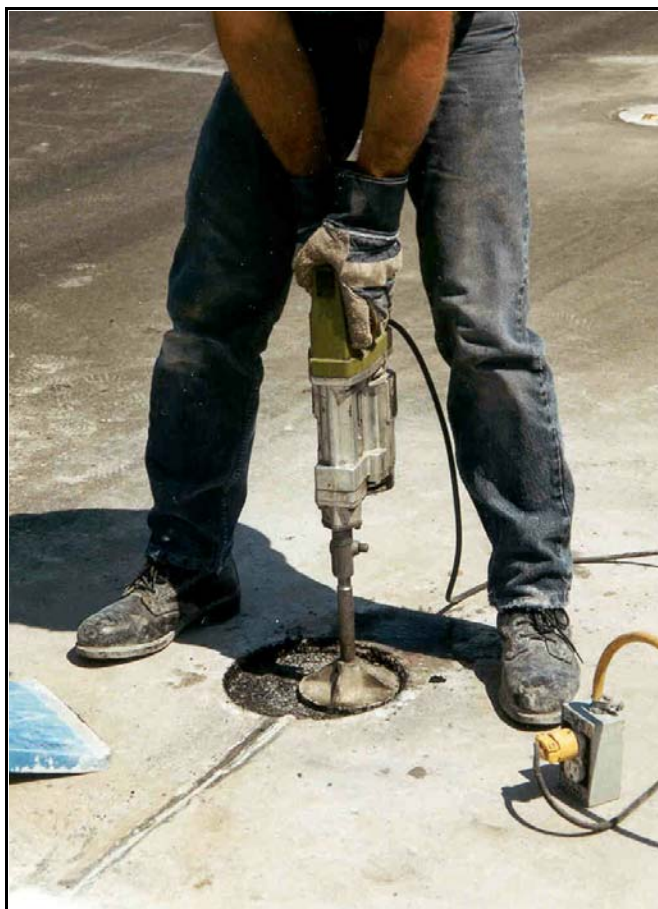


Photo n° 9

UNITÉ D'ACQUISITION DE DONNÉES



Photo n° 9

UNITÉ D'ACQUISITION DE DONNÉES

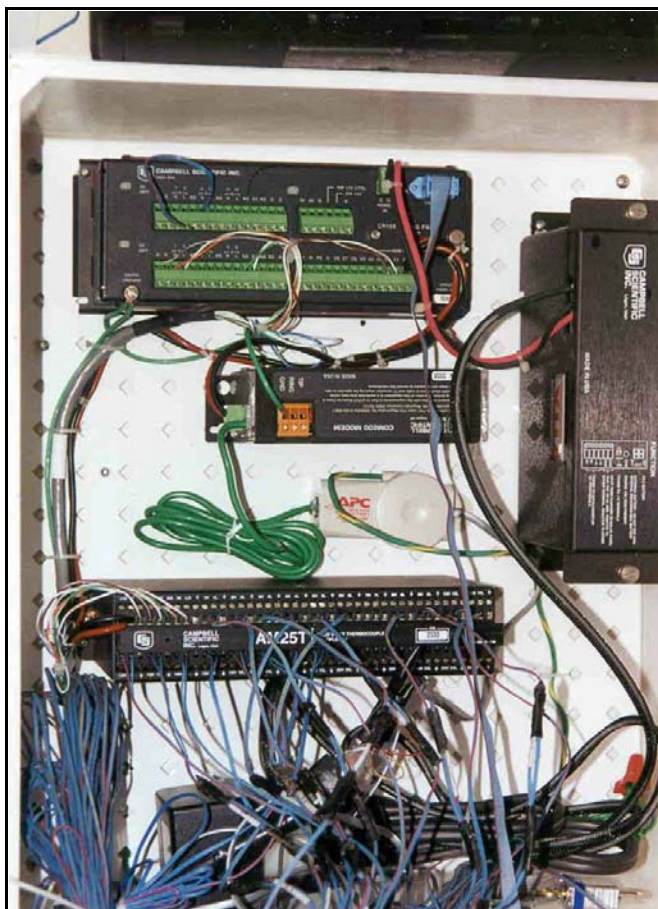


Photo n° 2

ESSAIS DE HAUTEUR DE SABLE



Photo n° 1



Photo n° 2

ESSAIS DE HAUTEUR DE SABLE



Photo n° 3



Photo n° 4

ESSAIS DE HAUTEUR DE SABLE

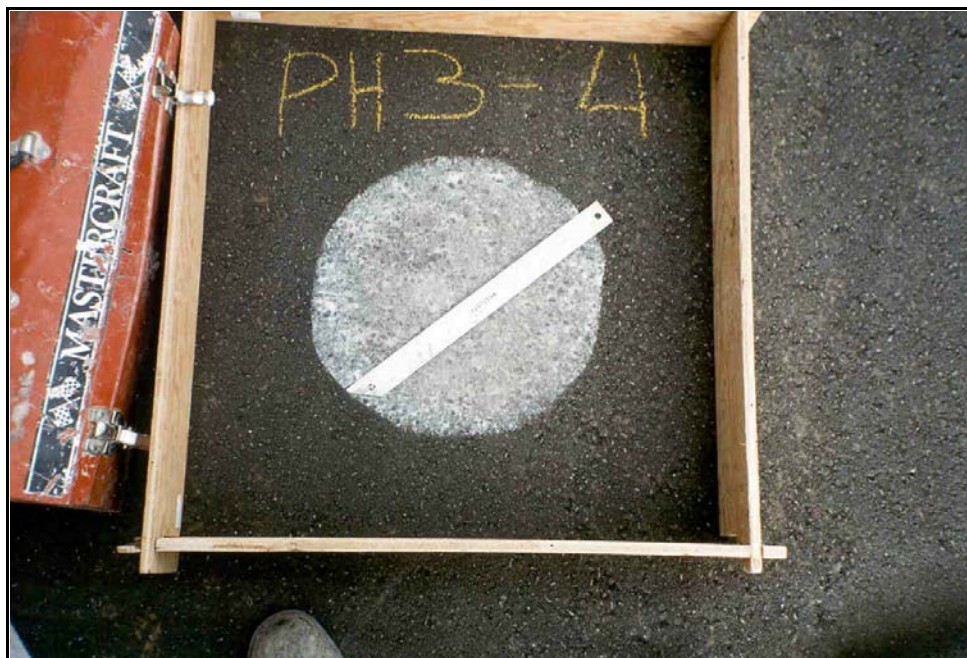


Photo n° 5



Photo n° 6