

ECHANTILLONNAGE ET  
COMPACITE DU BETON  
BITUMINEUX EN CHANTIER

CANQ  
TR  
GE  
RC  
153



739997

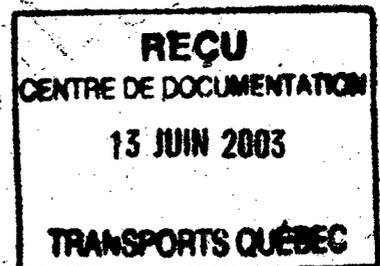
ECHANTILLONNAGE ET  
COMPACTITE DU BETON  
BITUMINEUX EN CHANTIER

PAR: René Robitaille, ing.  
Jacques Robidoux, ing.  
Robert Leblanc, ing.

Du Service des Centres Régionaux  
Ministère des Transports

**Ministère des Transports**  
Centre de documentation  
830, Chemin Ste-Foy  
6e étage  
Québec (Québec)  
Q1S 4K8

50524  
Conférence présentée au congrès annuel de l'AQTR  
à Québec, le 15 mars 1979



GANO  
TL  
GE  
RC  
153

## S Y N O P S I S

### ECHANTILLONNAGE ET COMPACITE DU BETON BITUMINEUX EN CHANTIER

En 1973, le Ministère des Transports, en instaurant un système d'assurance de la qualité basé sur la vérification du produit livré sur les chantiers, forçait en quelque sorte les fabricants à organiser leur propre contrôle de la qualité.

En 1977, un mode de retenue permanente en cas de non conformité a été mis en force, ce qui a occasionné une remise en cause des méthodes usuelles d'échantillonnage et d'essais.

Dans ses efforts d'uniformisation et d'amélioration de ces méthodes, le Ministère a procédé à deux études au cours de la saison 78. La présente conférence donne les résultats d'une comparaison et évaluation statistique de deux méthodes d'échantillonnage de mélange et apporte des conclusions sur les possibilités d'utiliser les nucléodensimètres pour vérifier la compacité des revêtements bitumineux.

## TABLE DES MATIERES

	<u>PAGE</u>
SYNOPSIS	
TABLE DES MATIERES	
INTRODUCTION	
PREMIERE PARTIE	
- Comparaison et évaluation statistique de deux méthodes d'échantillonnage de mélange.....	1
- But.....	1
- Description de l'expérience.....	2
- Analyse des résultats.....	3
- Analyse statistique.....	5
CONCLUSION	
DEUXIEME PARTIE	
Utilisation de nucléodensimètres pour vérifier le degré de compacité du revêtement bitumineux.....	1
- Retrospective.....	1
- Contrôle préventif.....	3
- Programme d'étude.....	4
- Description de l'utilisation de l'appareil.....	6

	<u>PAGE</u>
- Description de l'étude en chantier.....	7
- Analyse des résultats.....	8
- Description de l'étude en laboratoire.....	11

#### CONCLUSION

#### REMERCIEMENTS

#### BIBLIOGRAPHIE

#### LISTE DES FIGURES

- Figure I: Orientation du rayonnement selon la position de la source
- Figure II: Corrélation des résultats d'essais
- Figure III: Profondeur de pénétration des rayons en position AC

#### LISTE DES TABLEAUX:

- Tableau I: Répartition de l'échantillonnage
- Tableau II: Fréquence des écarts supérieurs aux écarts admissibles
- Tableau III: Comparaison des moyennes et des écarts types pour les dix types de mélange
- Tableau IV : Répartition des moyennes pour 42 lots
- Tableau V : Différence par lot des moyennes du pourcentage de bitume

- Tableau VI: Essais comparatifs - Divers revêtements
- Tableau VII: Comparaison d'essais - Carottes vs nucléodensimètre
- Tableau VIII: Producteur "préventif"
- Tableau IX: Position du nucléodensimètre selon ligne du tracé.

## I N T R O D U C T I O N

Avec l'achat de 3.7 millions de tonnes de mélanges bitumineux produites par une centaine d'usines différentes, le Ministère des Transports du Québec doit appliquer un système de vérification de la qualité qui soit juste et uniforme.

La mise en opération du système d'assurance qualité avec retenue permanente en cas de non conformité a été l'occasion de préciser et d'uniformiser les méthodes de contrôle. Dans le but d'améliorer encore plus ces méthodes, le Ministère a procédé, à titre d'essai, au cours de la saison 1978, à l'expérimentation de deux méthodes d'échantillonnage du mélange et à l'utilisation de nucléodensimètres pour déterminer la compacité des revêtements.

1ère P A R T I ECOMPARAISON ET EVALUATION STATISTIQUE DE  
DEUX METHODES D'ECHANTILLONNAGE DE MELANGEBUT

La norme D 979-74 de l'ASTM spécifie quatre méthodes possibles d'échantillonnage, sur la courroie d'un convoyeur, dans le camion, à l'arrière du finisseur avant compactage et à l'arrière du finisseur après compactage. D'autre part, l'Asphalt Institute recommande deux méthodes, soit dans le camion, soit dans la trémie du finisseur. Dans le passé, les équipes du Ministère avaient expérimenté diverses méthodes. Depuis 1977 cependant, la méthode d'échantillonnage dans la trémie à quatre endroits différents avait été mise en vigueur de façon uniforme sur tous les contrats. Dans un mémoire en date du 28 mars 1978, l'ACRGTQ recommandait que les prélèvements soient effectués à l'aide d'une plaque ou papier spécial installé sur la chaussée avant la pose et enlevé après le passage de l'épandeuse. Le projet d'étude consistait donc à évaluer la méthode en vigueur au Ministère depuis deux ans et celle où l'échantillon est prélevé à l'arrière du finisseur avant compactage. Il avait aussi pour but de déterminer la justesse et les difficultés d'application de cette dernière méthode.

## DESCRIPTION DE L'EXPERIENCE

Pour réaliser cette étude, un échantillonnage jumelé selon les deux méthodes a été effectué par les techniciens du Ministère affectés au contrôle régulier des différentes usines.

Le premier échantillon était constitué de quatre prélèvements effectués dans la trémie du finisseur selon la méthode utilisée depuis deux ans. La deuxième méthode consistait à prélever un échantillon non compacté de mélange sur la chaussée à l'arrière du finisseur. Pour ce faire, un papier imperméable ciré enduit de bitume sur les deux côtés était placé sur la surface à recouvrir avant le passage du finisseur. L'emplacement de ce papier était déterminé selon le taux de pose de façon que les deux échantillons correspondent à la même fournée pour obtenir des matériaux se ressemblant le plus possible. Le papier était localisé entre les roues ou les chenilles du finisseur. A quelques reprises, le papier a été placé vis-à-vis les roues. Même si cette procédure comporte des précautions à prendre, elle entre dans les possibilités d'application. La séquence d'échantillonnage était la même que celle mentionnée dans les devis, soit un échantillon par 300 tonnes déterminé de façon aléatoire et la taille des échantillons correspondait aux normes de l'ASTM D 979-74.

Tout l'échantillonnage a été exécuté par les équipes du Ministère et les analyses ont été réalisées dans les laboratoires des centres

régionaux de Montréal, Trois-Rivières et Québec. Les mélanges ont été fabriqués par six usines différentes et représentaient des types divers allant du MO, mélange ouvert, au MB 2, couche de base, MB 3, couches uniques et de surface, MB 4 et MB 5, couches de surface.

#### ANALYSE DES RESULTATS

Les dix types de mélange-usine, représentés sur le tableau I, comprennent un total de 251 échantillons jumelés. Le nombre minimum pour un type de mélange est de 19.

Le tableau II donne le nombre de fois où l'écart entre les échantillons prélevés sur la chaussée et ceux prélevés dans la trémie du finisseur est supérieur aux écarts admissibles. Cette fréquence est donnée par caractéristique pour chaque type de mélange et pour chacune des usines. Dans le cas du bitume, il faut noter cependant que l'écart admissible de 0.34 (ASTM D 2172-75) s'applique normalement pour des échantillons analysés par la même personne, dans un même laboratoire. Dans notre étude, les échantillons ont été analysés par des personnes différentes, ce qui devrait normalement demander un écart admissible plus élevé.

Il peut aussi être observé que la caractéristique la plus

affectée est le pourcentage de bitume puisque dans 68 fois sur 251 (27.1%) l'écart mesuré entre les échantillons est supérieur à l'écart admissible. Aussi, c'est à l'usine 922-F que l'écart admissible pour le pourcentage de bitume a été le plus souvent dépassé, soit 31 fois sur 65 (49.2%). La non conformité du produit fourni par cette usine a, jusqu'à un certain point, biaisé la valeur du pourcentage total.

Par contre, pour le cas des caractéristiques granulométriques, vu qu'il n'existe pas d'écart admissible dans l'ASTM pour une telle situation, on a choisit des écarts admissibles déterminés dans une étude inter-laboratoires effectuée au Ministère en 1975.

Dans le tableau III, il y a comparaison entre les échantillons prélevés sur la chaussée et ceux dans la trémie du finisseur, des moyennes et des écarts types généraux de chaque type de mélange. Cette comparaison a été effectuée pour chacune des caractéristiques. Pour les échantillons prélevés sur la chaussée, on remarque une tendance à retrouver plus de passant au tamis no 200 et un peu plus de bitume. Pour ces mêmes échantillons, on peut noter une tendance à avoir moins de variation et cette tendance s'accroît au tamis no 200 et au pourcentage de bitume.

Puisque le système d'évaluation est basé sur les lots, le tableau IV compare la moyenne de chaque lot complet entre les échantillons prélevés sur la chaussée ( $\bar{X}_A$ ) et ceux du finisseur ( $\bar{X}_F$ ) pour chacune des caractéristiques. Un plus grand nombre de lots représentant les échantillons prélevés sur la chaussée possède un pourcentage de bitume plus élevé

et une granulométrie plus fine.

Pour chacun des lots, on a inscrit dans le tableau V la différence des moyennes du pourcentage de bitume entre le finisseur et la chaussée, afin de voir l'ordre de grandeur et la variation de ces différences. En calculant la moyenne et l'écart type des différences positives et négatives, on constate que 19 lots de mélange prélevés dans le finisseur ont un pourcentage de bitume plus faible tandis que 15 lots possèdent un pourcentage de bitume plus élevé. La moyenne des différences entre les lots est assez similaire, mais l'écart type est élevé. En prenant la moyenne des différences positives et négatives, on trouve une valeur de 0.026% de bitume de plus à l'arrière du finisseur. Si les mêmes calculs sont refaits en retranchant les lots de l'usine 922-F, cette valeur supérieure de bitume à l'arrière du finisseur est réduite à 0.011%.

#### ANALYSE STATISTIQUE

Lorsque deux séries d'analyses sont comparées, la question qui se pose est de savoir si elles peuvent être considérées comme réellement semblables. En émettant l'hypothèse que les échantillons de mélanges provenaient d'une même population d'origine, on peut s'attendre que les résultats obtenus diffèrent forcément en raison des fluctuations fortuites.

Une différence entre deux moyennes est considérée comme significative au seuil de probabilité de 5% si elle est supérieure à deux fois l'écart standard trouvé à partir des écarts types des deux séries d'échantillons. Dans le cas d'échantillons de faible effectif, la distribution suit la loi de Student qui diffère de la courbe normale. En utilisant la table du paramètre "t" de Student, on calcule que pour le pourcentage de bitume, 60% des cas étudiés concernant la moyenne générale obtenue n'ont pas entraîné de différence significative. Pour la granulométrie, 97% des cas n'ont pas entraîné de différence significative entre les deux méthodes d'échantillonnage.

D'autre part, il existe un procédé pour juger de l'homogénéité de chacun des deux groupes d'échantillons. C'est l'analyse de la variance selon les tables du rapport "F" de Snédécour. Ces tables donnent directement en fonction du nombre de degrés de liberté les valeurs limites "F" au-dessus desquelles on peut considérer que les variances étudiées diffèrent de manière significative. En prenant un coefficient de sécurité de 95%, on constate que 90% des cas étudiés n'ont pas entraîné de différence significative sur la granulométrie et sur le pourcentage de bitume.

## C O N C L U S I O N

Le Ministère est responsable de l'analyse de près de 17 000 échantillons prélevés chaque année. Il est donc primordial de s'assurer une méthode d'échantillonnage adéquate pour que les résultats d'essais soient représentatifs des différentes productions.

Les conclusions à tirer de cette expérience sont les suivantes:

1- La méthode d'échantillonnage en quatre points dans la trémie du finisseur recommandée par l'Asphalt Institute et utilisée depuis deux ans par la Ministère, est fiable.

2- La méthode d'échantillonnage à l'arrière du finisseur avant compactage, telle que spécifiée par l'ASTM mais avec la modification de prélèvement en un point plutôt que trois, est également fiable.

3- Basé sur les tests "t" et "F" de l'analyse statistique, il y a peu de différence significative entre les deux méthodes d'échantillonnage en admettant un seuil de confiance de 95%, sauf dans le cas de la teneur en bitume pour les mélanges grossiers.

4- Pour les échantillons prélevés sur la chaussée, on retrouve cependant en général, plus de passant au tamis 200 et par le fait même, légèrement plus de bitume.

5- En ce qui concerne l'écart type, on remarque une légère tendance à avoir moins de variation sur la chaussée, surtout pour les caractéristiques de la teneur en bitume et du passant 200.

6- Il n'est pas plus difficile pour le personnel effectuant les prélèvements de procéder selon la deuxième méthode. Il faudra cependant utiliser un papier plus épais pour éviter les déchirures et les perforations et bien faire attention à ce que l'essai de compacité ne se fasse pas à l'endroit même du prélèvement de l'échantillon de mélange.

7- L'entrepreneur doit prendre un soin particulier à remplir les cavités pour obtenir une finition impeccable.

2ième PARTIEUTILISATION DE NUCLEODENSIMETRES POUR  
VERIFIER LE DEGRE DE COMPACITE DU RE-  
VETEMENT BITUMINEUX.RETROSPECTIVE

Le degré de compacité requis est celui où se rencontre la conformité aux exigences du cahier des charges et devis généraux (C.C.D.G.), soit 92% à 98%.

L'évaluation est faite en se basant sur un lot à la fois. Le lot unitaire d'acceptation a été fixé à 1 500 tonnes d'un même mélange produit.

Pour l'évaluation de la compacité, une carotte est prélevée de façon aléatoire sur une surface couverte par 500 tonnes de mélange, le lot unitaire d'acceptation étant toujours trois échantillons pour 1 500 tonnes. Le degré de compacité d'une carotte est calculé à partir de sa densité bulk, divisé par la densité réelle moyenne du mélange (lot unitaire d'acceptation).

Le système d'assurance de la qualité est basé sur une répartition des responsabilités entre le producteur et le Ministère des

2...

### *Transports.*

*Le C.C.D.G. reconnaît le producteur comme responsable de son produit et de la mise en place. La mise en place comprend l'épandage et le compactage.*

*Le Ministère des Transports s'assure de la qualité du degré de compacité du revêtement à l'aide des spécimens prélevés au contrat.*

*Tout en évaluant la conformité du degré de compacité, le Ministère des Transports intervient le plus rapidement possible dans les cas de non-conformité, en avisant directement l'entrepreneur.*

*Les délais entre la date de pose du mélange bitumineux, le carottage des spécimens d'essais, la mise à l'essai en laboratoire et l'évaluation du rapport de lots occasionnent certaines anomalies de contrôle. En effet, une période plus ou moins longue pour évaluer adéquatement le degré de compacité du revêtement n'offre pas ce contrôle journalier d'assurance-qualité.*

*Ce moyen de vérification, basé sur le prélèvement de spécimens d'essais retarde les prises de décisions et ne peut solutionner le manque de compacité obtenu lors de la mise en oeuvre.*

...3

3...

Une attention particulière doit être apportée lors du remplissage des trous faits dans le revêtement, suite au prélèvement des échantillons. Il doivent être comblés par le Ministère, avec un mélange de même texture que celle du mélange avoisinant et compacté adéquatement. Près de six mille cavités doivent ainsi être creusées et remplies annuellement.

#### CONTROLE PREVENTIF

Présentement, quelques producteurs utilisent le nucléodensimètre pour contrôler plus adéquatement la procédure du compactage et le degré de compacité des revêtements lors de la pose du mélange.

Plusieurs facteurs affectent la procédure du compactage: la texture du mélange, le degré de refroidissement des mélanges, l'utilisation des rouleaux lisses et vibrants. L'utilisation du nucléodensimètre peut donner des renseignements utiles sur la capacité et les frais de compactage. Dans ce cas, des essais avec le nucléodensimètre déterminent un degré de compacité après chaque passe du rouleau. Un résumé des résultats d'essais en fonction du nombre de passages des rouleaux nous amène un optimum de compacité désiré, pour un nombre de passages défini.

Depuis l'utilisation du bitume 150-200, plusieurs producteurs

...4

mentionnent le fait que le mélange est plus malléable et que la procédure suivie pour le compactage doit être modifiée. Le nucléodensimètre permettra sûrement de connaître les propriétés de compactage du mélange, en considérant les caractéristiques spécifiques à chacun des mélanges produits et la procédure d'utilisation des différents rouleaux pour le compactage.

Lorsque les résultats d'essais du nucléodensimètre corroborent les résultats d'essais des spécimens prélevés au contrat, une corrélation peut être obtenue et le nucléodensimètre devient un outil rapide pour s'assurer d'une compacité conforme aux normes prescrites.

#### PROGRAMME D'ETUDE

Depuis 1972, plusieurs programmes d'étude ont été entrepris au sein du Ministère des Transports. Aucun résultat concret n'a transpiré de ces efforts. Cependant, plusieurs variables peu connues antérieurement ont fait objet de recherches et récemment, un travail a permis de considérer la possibilité d'utilisation de nos différents nucléodensimètres pour mesurer le degré de compacité des revêtements bitumineux.

D'autre part, l'achat d'un nouveau modèle de nucléodensimètre a permis cette amorce. Nous voulions nous assurer de sa performance au

5...

chantier et vérifier ses qualités par rapport aux autres modèles déjà en notre possession. Une première vérification sur les blocs standards a démontré qu'il était en bon état.

Les résultats d'essais obtenus au chantier, sur différents matériaux granulaires, se comparaient aux résultats d'essais de nos autres modèles d'appareils nucléaires. A titre de curiosité, nous voulions connaître la possibilité d'utilisation de notre nouvel appareil dans le domaine des revêtements bitumineux.

Actuellement, nous désirons connaître les limites d'utilisation des différents nucléodensimètres que nous possédons. Diverses études seront entreprises sur ces sujets:

- Corrections à apporter aux résultats d'essais selon la composition minéralogique des constituants du mélange.
- Effet de surface du revêtement.
- Position de la tige émettrice.
- Profondeur de pénétration des rayons émis selon la position de la tige émettrice.

...6

### DESCRIPTION DE L'UTILISATION DE L'APPAREIL

Pour mesurer le poids unitaire du revêtement bitumineux, le guide d'utilisation décrit cette procédure comme suit:

- Utiliser un sable fin pour combler les vides en surface.
- Pour une mesure d'une épaisseur d'environ 50mm utiliser le mode AC (asphalt concrete). Dans ce cas, l'appareil repose sur la surface et la pointe de la tige émettrice est ainsi à la surface du revêtement.
- Pour une mesure d'une épaisseur supérieure à 50mm, utiliser le mode BS (backscatter). Dans ce cas, la pointe de la tige émettrice est à 11.5mm du sol.

La figure I montre le rayonnement des rayons gamma en fonction de la position de la source. Ces positions varient avec le type d'appareil.

Il est important de préciser que lors des prises d'essais au

7...

chantier, la lecture obtenue par cette méthode n'est pas nécessairement le poids unitaire moyen du volume mesuré. Les résultats d'essais peuvent être affectés par la composition minéralogique des constituants, de l'hétérogénéité du revêtement, de l'état de la surface soumise à l'essai et de l'épaisseur du revêtement considérée.

#### DESCRIPTION DE L'ETUDE EN CHANTIER

Les revêtements considérés dans cette étude ont été exécutés durant l'année 1978. La silice 40 servait de matériau correcteur pour l'état de surface avant la prise d'essai. Tous les essais de vérification pris avec le nucléodensimètre se situaient à proximité des carottes prélevées au contrat. L'ordre de grandeur était d'environ 300mm. Nous avons employé le mode AC pour toutes les prises d'essais. Ces résultats d'essais devaient être évalués à partir des résultats d'essais obtenus à l'aide de la méthode conventionnelle.

La saison d'automne n'a pas favorisé une étude approfondie pour chacun des projets considérés. Il était plutôt intéressant pour nous d'évaluer différents types de revêtements en fonction de l'état de surface et de son épaisseur. Chacun des projets a été exécuté par des fabricants différents. Nous avons effectué un certain nombre d'essais par contrat.

...8

## ANALYSE DES RESULTATS

Les résultats montrant les essais comparatifs pour divers revêtements sont inscrits au tableau VI.

Le projet I représente un mélange de base à texture ouverte. De plus, l'épaisseur de ce revêtement pourrait influencer les résultats d'analyse du nucléodensimètre. Considérant la profondeur du rayonnement qui est d'environ 50mm pour ce nucléodensimètre, une partie du rayonnement mesurait le poids unitaire du matériau sous-jacent, soit un matériau granulaire d'environ  $2.224 \text{ gr/cm}^3$  ( $140 \text{ lbs/pi}^3$ ). Le revêtement bitumineux de ce revêtement possédait un poids unitaire de  $2.340 \text{ gr/cm}^3$  ( $146 \text{ lbs/pi}^3$ ).

Les projets II et III, deux mélanges à texture fermée nous démontrent ce rapprochement évident des moyennes de compacité entre les deux méthodes d'essais. Cet écart négatif entre les résultats comparatifs des essais de compacité laisse entrevoir qu'une correction devrait être apportée au nucléodensimètre pour obtenir une bonne corrélation entre les résultats d'essais.

Une attention particulière doit être apportée au projet III. Nous voulions connaître précisément la corrélation qui existait entre les résultats d'essais des deux méthodes d'évaluation de la compacité. Nous avons prélevé de nouvelles carottes aux endroits précis où nous

avons utilisé le nucléodensimètre. La moyenne de compacité des carottes est de 94.5% et celle du nucléodensimètre de 94.3%. Les valeurs trouvées au nucléodensimètre se rapprochent donc de celle des carottes, comme il peut être constaté au tableau VII. Considérant cette planche d'essais, nous pouvons mieux envisager l'emploi possible du nucléodensimètre.

Si l'on s'en tient aux différents poids unitaires individuels, la corrélation est de 0.76. Même si l'on remarque une dispersion des points sur le graphique de la figure II dans le cas de forte densité du matériau, la corrélation peut être considérée comme satisfaisante.

On a reproduit, sur le tableau VIII, un exemple d'utilisation de nucléodensimètre par un producteur. Il montre l'analogie de ses résultats comparativement aux valeurs des carottes prélevées aux contrats par le Ministère. Aucun matériau correcteur n'a été utilisé pour remplir les vides en surface, ce qui pourrait expliquer la différence des résultats au projet III.

Le programme d'étude pour la saison prochaine sera d'établir une corrélation analogue pour chacun des fabricants, sous forme de planche d'essais et considérer d'une façon plus approfondie les facteurs pouvant améliorer cette corrélation: l'influence de l'épaisseur du matériau correcteur en surface, l'épaisseur du revêtement considérée, la composition minéralogique des constituants.

Dans notre étude sur les trois projets, la précision des résultats d'essais du nucléodensimètre peut être acceptable considérant la faible variation des trois lectures, sans bouger l'appareil. La répétabilité de ces lectures est satisfaisante selon le guide d'utilisation de l'appareil. Mentionnons que la justesse du résultat final obtenu est aussi fonction de la précision de la calibration du nucléodensimètre, du choix et de la préparation de l'endroit où est effectué l'essai. Si l'on devait considérer le résultat le plus élevé au lieu de la moyenne des trois lectures, la nouvelle compacité serait en moyenne de 0.4% supérieure aux résultats moyens. C'est donc dire que la moyenne de trois lectures nous accorde une fiabilité des résultats.

Une série d'essais a été entreprise pour connaître l'influence de la position du nucléodensimètre par rapport à la ligne du tracé. C'est au projet III que nous avons effectué cette étude. Trois séries de lectures étaient prises dans la direction  $0^{\circ}$  de la ligne du tracé, trois lectures dans la position  $180^{\circ}$  et trois lectures dans la position perpendiculaire de la ligne du tracé. Ces mesures se situaient sensiblement au même endroit.

Les résultats de cette étude, résumés au tableau IX, démontrent que l'orientation du nucléodensimètre n'est pas influencé outre mesure.

### DESCRIPTION DE L'ETUDE EN LABORATOIRE

Une étude a été entreprise pour connaître la profondeur de pénétration du rayonnement de notre nouveau nucléodensimètre. Nous avons complété l'étude avec les différents types de nucléodensimètres que nous possédons.

Deux blocs standards de calibration ont servi à cette étude: le bloc de magnésium et celui de calcaire. Il est entendu que ces blocs, ainsi que quelques autres, servent à calibrer les nucléodensimètres. Aussi, les lectures prises avec les nucléodensimètres ne correspondent pas nécessairement à la densité du bloc. Des vitres d'une épaisseur de 6.35 millimètres servaient à mesurer la profondeur du rayonnement en fonction de l'épaisseur soumise à l'essai. Des lectures étaient enregistrées, suite à l'ajout de chacune des vitres. La densité de la vitre était de 2.477 (154.7 lbs/pi<sup>3</sup>).

Les résultats sommaires démontrent que notre nouvel appareil nucléaire nous assure une profondeur de pénétration d'environ 50mm dans la position AC, tel que présenté à la figure III. Pour d'autres modèles à notre disposition, cette profondeur peut varier. L'un d'eux donne même un rayonnement d'une profondeur de 89 mm au minimum. Une étude plus approfondie est en cours présentement afin de pouvoir utiliser nos différents appareils avec une qualité de précision acceptable d'essais en chantier.

## C O N C L U S I O N

Le système d'assurance qualité de la compacité des revêtements bitumineux est en évolution. Le désir d'intervenir le plus rapidement possible lors de non-conformité nous incite à poursuivre l'étude déjà amorcée.

Un programme d'étude est déjà en vue. L'utilisation du nucléodensimètre, basée sur la méthode de planche d'essais, sera de mise pour quelques projets. Cette application simulée du nucléodensimètre sera évaluée comparativement à la méthode traditionnelle de contrôle par carottage. Les données seront analysées plus statistiquement afin de s'assurer d'une corrélation adéquate pour chacun des fabricants.

Les objectifs à long terme concernent l'utilisation rationnelle de nos différents types de nucléodensimètres et une modification de notre méthode actuelle de contrôle. Ainsi les communications seront plus rapides et le coût de contrôle moins onéreux.

Diverses études seront entreprises sur ces projets:

- L'influence de la composition minéralogique des constituants du mélange.
- L'évaluation de l'état de surface avant la prise d'essais.

- *L'influence de la position de la tige émettrice lors de l'essai.*
- *La profondeur de pénétration des rayons émis selon la position de la tige émettrice de nos différents types de nucléodensimètres.*
- *L'influence de l'épaisseur du revêtement sur les résultats d'essais.*
- *Etude statistique des résultats d'essais au nucléodensimètre, ainsi que l'évaluation des corrélations obtenues selon les mélanges considérés. Cette étude concernera la précision, la fiabilité et la justesse des résultats d'essais.*

## REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier de façon particulière Donald Paré, ingénieur, qui a effectué l'étude statistique de la première partie, ainsi que Valère Caron et Robert Doucet, ingénieur, pour leurs commentaires et aide.*

*De sincères remerciements s'adressent aussi au personnel du Service des Centres Régionaux à Québec, Trois-Rivières et Montréal qui a participé à la réalisation de ces deux projets.*

## B I B L I O G R A P H I E

- 1- Asphalt Technology and construction.  
The asphalt Institute. Educational séries No. 1
- 2- Projet interne No. 05-79 du Service des Centres Régionaux du M.T.Q.,  
par Jacques Robidoux, ing., et Donald Paré, ing.
- 3- Comparaison et évaluation statistique de deux méthodes d'échantil-  
lonnage. Rapport des Laboratoires Ville-Marie Inc. au M.T.Q., par  
André Dion, ing.
- 4- Mémoire de l'ACRGQT du 78-03-08.
- 5- Projet interne 06-79 du Service des Centres Régionaux du M.T.Q.,  
par Robert Leblanc, ing.
- 6- A statistical evaluation of sampling methods and bituminous concre-  
te compaction, par H.J. Fromm, Ministère des Transports de l'Ontario.  
Congrès annuel de l'AAPT, a Buena Vista, Floride en 1978.
- 7- Guides d'utilisation des nucléodensimètres.
- 8- Control Procedures for end product acceptance of asphalt pavements,  
par C.E. Rodier F.E. Pronk et C.B. Dawley.  
Congrès annuel de la CTA, à Québec, en 1973.
- 9- ASTM D 2922-71, méthode normalisée d'essai pour le poids unitaire  
du sol en place par les méthodes nucléaires.

ORIENTATION DU RAYONNEMENT  
SELON LA POSITION DE LA SOURCE

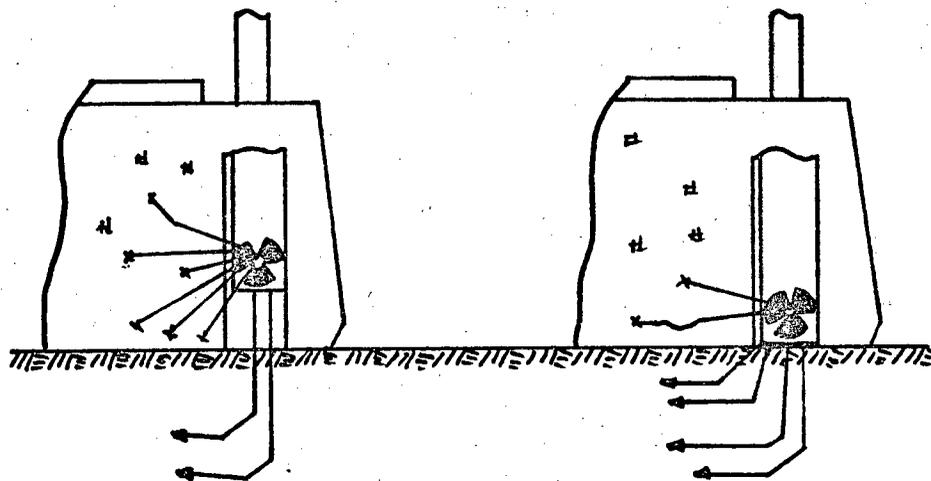


FIGURE I

CORRELATION DES RESULTATS D'ESSAIS

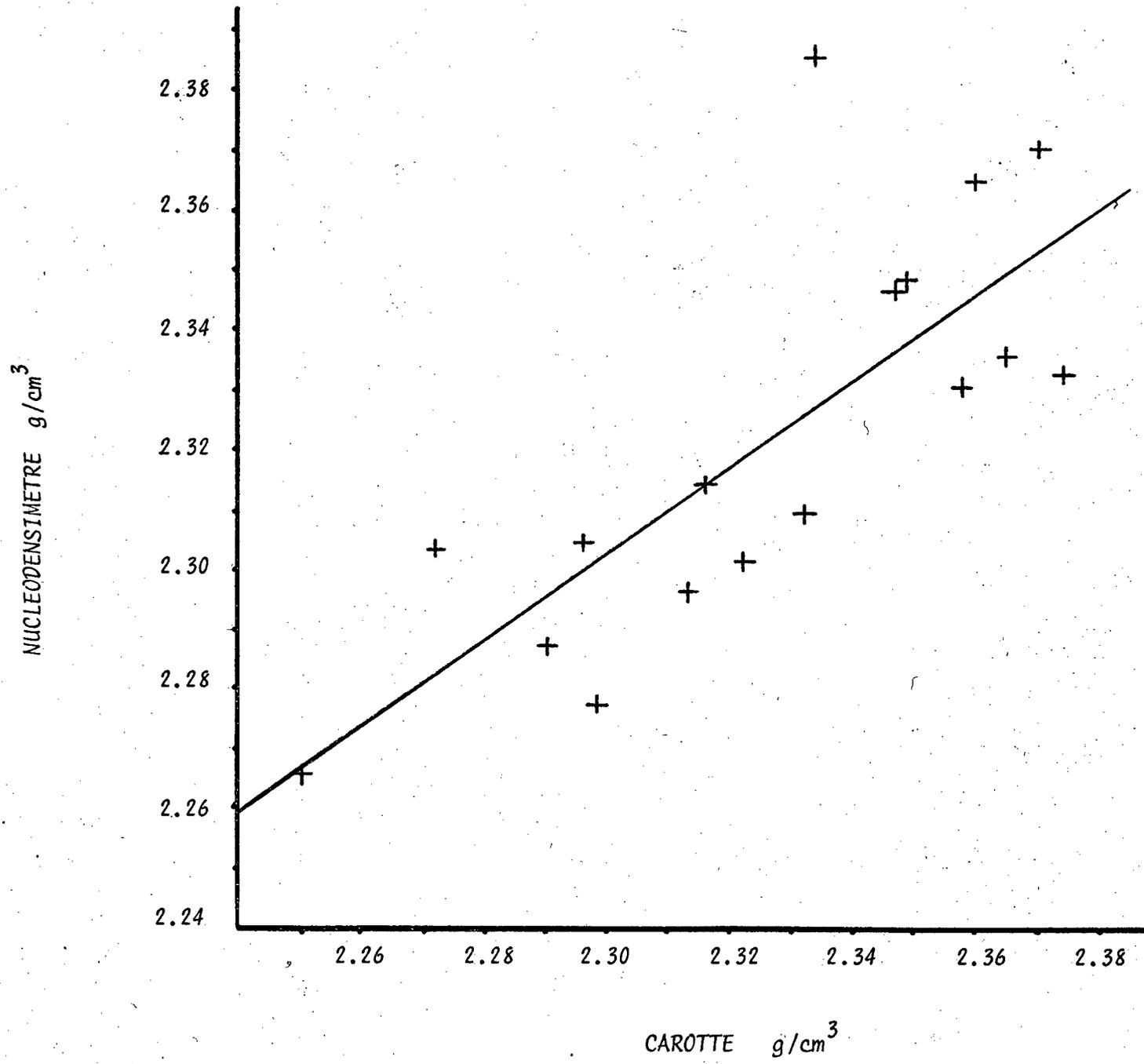


FIGURE 11

PROFONDEUR DE PENETRATION DES  
RAYONS EN POSITION AC

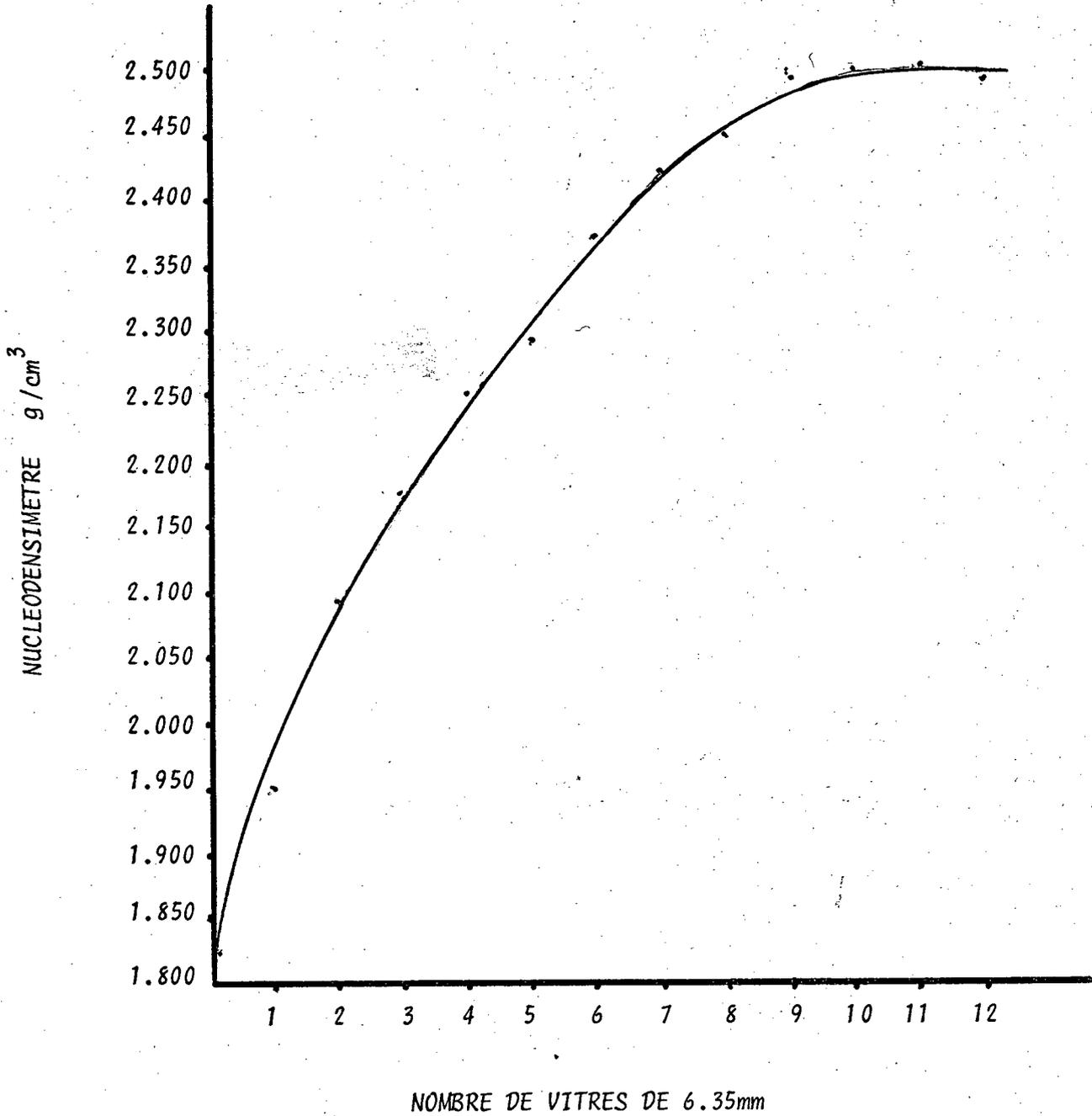


FIGURE III

TABLEAU 1

REPARTITION DE L'ECHANTILLONNAGE

TYPE DE MALANGE	USINE	NOMBRE D'ECHANTILLONNAGE JUMELE
MB-2	849-S	24
MB-4	849-S	25
MB-2	922-F	32
MB-3	922-F	33
MO	918-N	20
MB-5	918-N	20
MO	978-R	28
MB-5	978-R	19
MB-3	879-B	20
MB-3	951-V	30
10 types de mélange-usine		251

TABLEAU II

FREQUENCE DES ECARTS SUPERIEURS AUX  
ECARTS ADMISSIBLES

Usine	Type mélange	Nb. Echant.	3/8	8	200	% Bit.	Caractéristiques.
			7.3	4.6	1.3	0.34	Ecarts admissibles.
849-S	MB 2	24	2	1	2	8	
849-S	MB 4	25	2	3	0	5	
922-F	MB 2	32	10	6	0	19	
922-F	MB 3	33	5	1	0	12	
879-B	MB 3	20	4	6	2	4	
951-V	MB 3	30	1	3	0	5	
918-N	MO	20	0	1	0	2	
918-N	MB 5	20	3	0	0	8	
978-R	MO	19	0	1	1	1	
978-R	MB 5	28	2	0	0	4	
	TOTAL	251	29	22	5	68	
	%		11,6	8,8	2,0	27,1	

TABLEAU III

COMPARAISON DES MOYENNES ET DES  
ECARTS TYPES POUR LES DIX TYPES DE MELANGE

Caractéristiques	$\bar{x}$		$\sigma$	
	$\bar{x}_A < \bar{x}_F$	$\bar{x}_A > \bar{x}_F$	$\sigma_A < \sigma_F$	$\sigma_A > \sigma_F$
3/8	5	5	6	4
8	4	6	6	4
200	0	5	8	1
T.G.	4	6	6	4
% Bitume	3	6	8	2

TABLEAU IV

REPARTITION DES MOYENNES POUR 42 LOTS

CARACTERISTIQUE	$\bar{x}_A < \bar{x}_F$	$\bar{x}_A = \bar{x}_F$	$\bar{x}_A > \bar{x}_F$
% Bitume	18	1	23
Tamis 3/8"	18	1	23
Tamis no 8	15	4	23
Tamis no 200	8	10	24
T G	15	2	25

TABLEAU V

## DIFFERENCE PAR LOT DES MOYENNES

## DU % DE BITUME

Usine	Type	Lot	Fin. > A (+)	Fin. < A (-)
879-B	MB 3	1		0.07
879-B	MB 3	2	0.16	
879-B	MB 3	3	0.17	
879-B	MB 3	4	0.05	
951-V	MB 3	1		0.14
951-V	MB 3	2		0.03
951-V	MB 3	3		0.08
951-V	MB 3	4		0.01
951-V	MB 3	5		0.05
951-V	MB 3	6		0.25
918-N	MB 5	1	0.06	
918-N	MB 5	2	0.04	
918-N	MB 5	3	0.16	
978-R	MB 5	8	0.08	
978-R	MB 5	9		0.02
978-R	MB 5	10	0.07	
849-S	MB 2	4		0.13
849-S	MB 2	5		0.14
849-S	MB 2	6		0.09
849-S	MB 2	7		0.04
849-S	MB 4	1	0.03	
849-S	MB 4	2	0.12	
849-S	MB 4	3		0.14
849-S	MB 4	4	0.03	
849-S	MB 4	5		0.05
922-F	MB 2	3		0.28
922-F	MB 2	4	0.19	
922-F	MB 2	5		0.47
922-F	MB 2	9	0.39	
922-F	MB 3	5		0.19
922-F	MB 3	6		0.13
922-F	MB 3	7		0.14
922-F	MB 3	10	0.04	
922-F	MB 3	11	0.09	
Avec 922-F		$\bar{X}$	0.112	0.129
		$\sigma$	0.095	0.111
		N	15	19
Sans 922-F		$\bar{X}$	0.088	0.089
		$\sigma$	0.055	0.065
		N	11	14

TABLEAU VI

ESSAIS COMPARATIFS

DIVERS REVETEMENTS

'PROJET	TYPE MELANGE	NOMBRE ECHANT.	EPAIS- SEUR (mm) $\Delta$	DENSITE REELLE	% COMPACITE		
					CAR.	NUCLEO.	DIFF.
I	Mb-2	6	40.0 4.83	2.479 0.007	94.3 1.9	92.8 1.8	-1.5
II	Mb-3	6	60.5 7.87	2.485 0.011	94.3 1.5	94.0 0.9	-0.3
III	Mb-3	17	60.7 7.11	2.461 0.011	94.5 1.5	94.3 1.4	-0.2

TABLEAU VII

COMPARAISON D'ESSAIS

CAROTTES VS NUCLEODENSIMETRE

CAROTTES 1er PRELEVEMENT		CAROTTES 2ème PRELEVEMENT		NUCLEODENSIMETRE	
DENSITE BRUTE	% COMPA - CITE	DENSITE BRUTE	% COMPA - CITE	DENSITE BRUTE	% COMPA - CITE
143.0	93.1	146.5	95.3	146.5	95.3
145.4	94.7	147.1	95.8	145.4	94.6
141.0	91.8	140.4	91.4	141.4	92.0
144.2	93.9	148.1	96.4	145.5	94.7
147.8	96.2	143.4	93.4	142.1	92.5
147.0	95.7	147.5	96.1	145.7	94.8
147.8	96.2	144.9	94.4	143.6	93.0
142.3	92.7	143.3	93.3	143.8	93.5
142.1	92.5	142.9	93.1	142.7	92.9
142.1	92.5	144.3	93.9	143.3	93.3
147.1	95.8	147.2	95.8	147.5	96.1
145.1	94.5	145.6	94.8	148.8	96.8
146.8	95.6	147.8	96.2	147.9	96.3
144.1	93.8	145.5	94.8	144.1	93.8
145.5	94.7	144.5	94.0	144.4	94.0
144.1	93.8	146.4	95.6	146.4	95.3
139.2	90.6	141.8	92.4	143.7	93.6
144.4	94.0	145.2	94.5	144.9	94.3
2.52	1.64	2.23	1.45	2.09	1.38

TABLEAU VIII

PRODUCTEUR "PREVENTIF"

PROJET	TYPE MELANGE	NOMBRE D' ECHANT.	EPAISSEUR (mm) ✓	% COMPACTE		
				CAR.	NUCLEO.	DIFF.
I	Mb-3	15	58.03 mm 4.85	94.8	93.1	-1.7
II	Mb-5	6	29.13 mm 4.14	94.9	95.2	+0.3
III	Mb-2	21	75.87 mm 6.22	94.9	91.7	-3.2
IV	Mb-4	27	50.8 mm 6.08	93.9	93.4	-0.5

TABLEAU IX

POSITION DU NUCLEODENSIMETRE

SELON

LIGNE DU TRACE

$0^{\circ}$	$180^{\circ}$	$90^{\circ}$	MOYENNE
2.301	2.309	2.301	2.304
2.303	2.292	2.308	2.301
2.296	2.293	2.300	2.296
2.372	2.365	2.362	2.367
2.301	2.298	2.292	2.296
2.282	2.288	2.292	2.287
2.313	2.303	2.309	2.308
2.317	2.313	2.308	2.313
2.386	2.385	2.378	2.383
2.362	2.373	2.373	2.370
2.340	2.345	2.317	2.333
2.268	2.284	2.279	2.277
2.277	2.266	2.248	2.264
2.316	2.349	2.329	2.332
2.365	2.356	2.321	2.348
2.333	2.335	2.321	2.330
2.349	2.345	2.395	2.346
2.322	2.323	2.317	2.321
0.035	0.035	0.034	0.034

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 199 219