



Étude sur l'utilisation des électro densimètres pour déterminer la compacité des enrobés

Yves Robitaille

Service des chaussées

Direction du laboratoire des chaussées

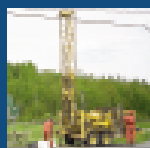
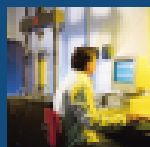


DLC

Transports
Québec 

Direction du
Laboratoire des chaussées





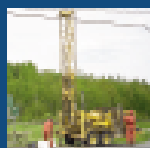
Mise en situation

L'appareil électro densimètre pour mesurer la compacité des enrobés est disponible au Québec depuis le début des années 2000.



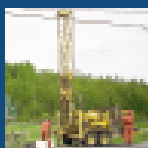
Mise en situation

Durant la saison 2001, une étude a été réalisée par le Ministère des Transports du Québec, dans le but de vérifier si ce type d'appareil pouvait être utilisé pour le contrôle de la compacité des enrobés sur les contrats du Ministère



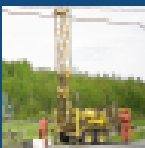
Mise en situation

En raison de l'influence marquée de la température de surface de l'enrobé sur les résultats d'essais et de l'absence d'étalon pour vérifier la dérive des appareils, ceux-ci n'ont pas été recommandés.



Mise en situation

Au printemps 2007, une deuxième étude à été réalisée avec des appareils de 3 ième génération.



Mise en situation (suite)

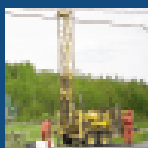
Ces appareils sont équipés de deux sondes intégrées pour mesurer la température et l'humidité de surface. Ces deux valeurs permettent de compenser les mesures de densité.

Un étalon est également disponible. Cet étalon permet de vérifier la dérive de l'appareil



Principe de fonctionnement

- ◆ Un champ magnétique est généré à partir d'une plaque posée sur la surface de l'enrobé à ausculter. La densité est déterminée à partir de la réponse du champ électrique;

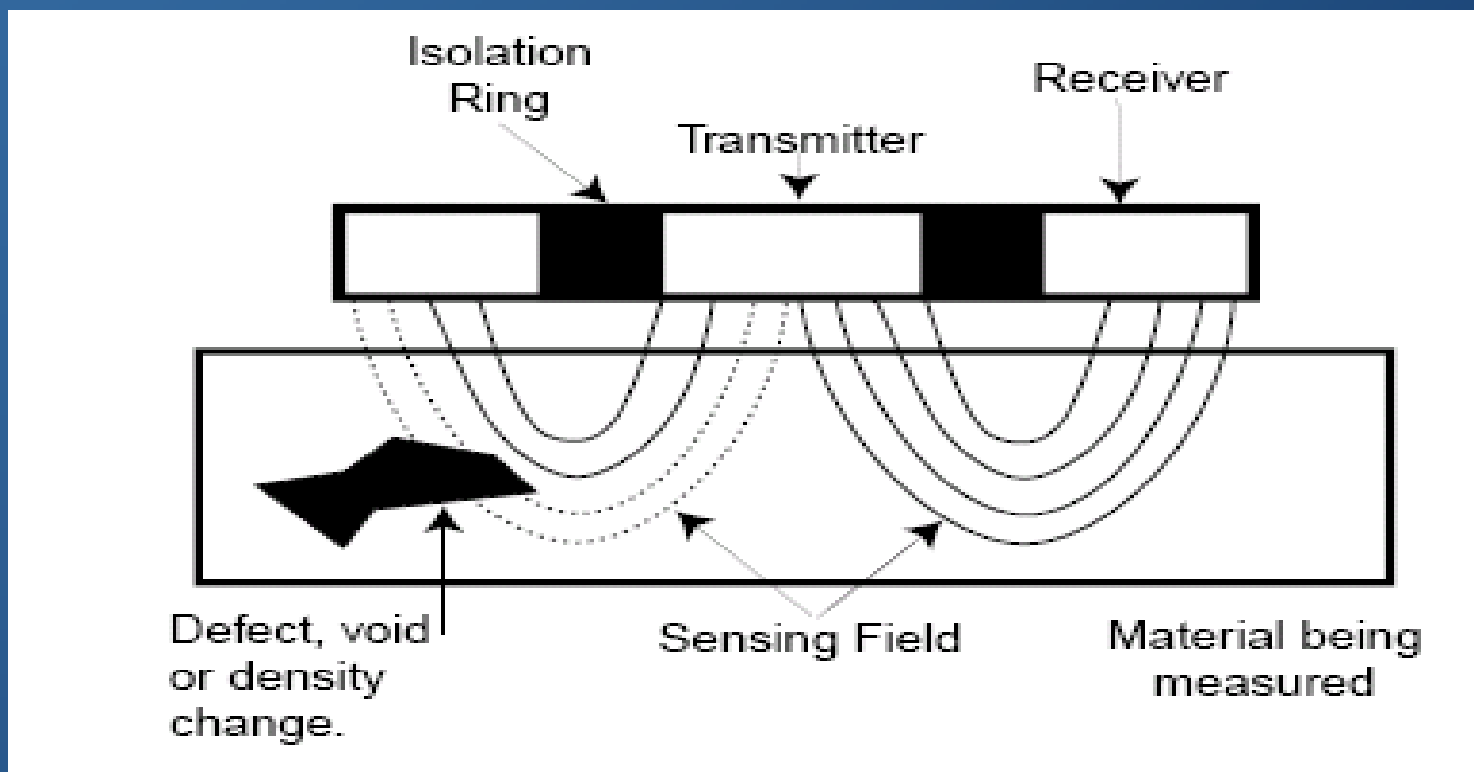


Principe de fonctionnement (suite)

- ◆ L'enrobé étant un matériau relativement homogène, lors du compactage le pourcentage de vides diminue. Ainsi vu que l'air a un constant diélectrique plus bas que les autres constituants du mélange, on mesurera une densité plus élevée.



Principe de fonctionnement





Principe de fonctionnement

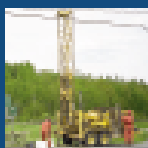
- ◆ Étant donné que les composantes de l'enrobé possèdent différentes résistances spécifiques, les appareils doivent tout d'abord être étalonnés en fonction du matériaux testé.
- ◆ Ensuite, la densité peut être directement déterminée lors des mesures.



Mode de lecture et paramètres

Trois modes de lecture sont prédéfinis dans l'appareil;

- ◆ Mode simple (une lecture de 3 secondes);
- ◆ Mode moyenne (moyenne de 5 lectures de 3 secondes);
- ◆ Mode continu (une lecture d'une seconde).

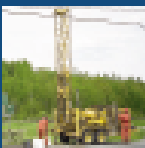


Mode de lecture et paramètres

L'on peut introduire l'épaisseur de la couche à mesurer entre 20 à 100mm;

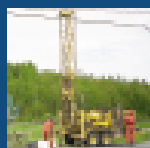
Trois choix sont également disponibles pour la granulométrie de l'enrobé:

- Base (25 - 35mm)
- Intermédiaire (16 – 24 mm)
- Surface (9 – 15 mm)



Objectifs

- ◆ Connaître l'exactitude des résultats obtenus;
- ◆ Élaborer une méthode d'essai efficace pouvant être utilisée de façon uniforme sur les contrats du Ministère.



Points recherchés:

Évaluer la précision et la fiabilité des mesures, en fonction:

- ◆ Des 3 modes de lecture de l'appareil ;
- ◆ De l'épaisseur de la couche à mesurer;
- ◆ De la surface de l'enrobé;
- ◆ De la composition des enrobés



Points recherchés:

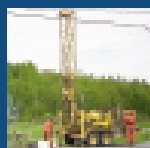
Vérifier l'influence sur les résultats d'essais:

- De la température de surface de l'enrobé;
- Du % d'humidité de surface de l'enrobé.



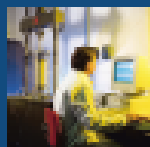
Points recherchés:

- ◆ Déterminer le nombre de carottes nécessaires pour établir le facteur de correction, permettant d'étalonner les appareils en fonction du matériau testé.

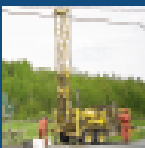


Description de l'étude

L'étude à été réalisé sur 10 projets recouvert de 6 enrobés différents;

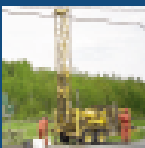


	ESG-10 10% acier	51 mm	
	EGB 20	68 mm	
	EGS 10	45 mm	
	GB 20 R	80 mm	
(2)	EGA 10 amiante	42 mm	
	ESG 14	20 mm	
	EG 10 scorie acier	42 mm	
	ESG 14	68 mm	
	GB 20	105 mm	



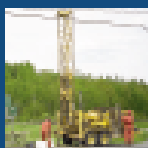
Description de l'étude

- ◆ Pour chaque projet, 11 emplacements représentatifs de la chaussée ont été identifiés.
- ◆ L'appareil à été programmé en fonction des caractéristiques à mesurer;



Description de l'étude

- ◆ À chaque emplacement identifié précédemment, 5 mesures de 3 secondes ont été prises avec l'appareil, 1 au-dessus et 4 autour de chaque emplacement .



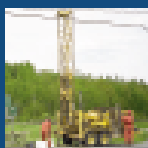
Description de l'étude

- ◆ 1 carotte a été prélevée et analysée selon la méthode d'essai LC 26-040 «Détermination de la densité brute et de la masse volumique des enrobés à chaud compactés»;



Description de l'étude

- ◆ La valeur des 5 premières carottes a été utilisée pour déterminer le facteur de correction utilisé pour étalonner l'appareil en fonction du matériau à ausculter.



Description de l'étude

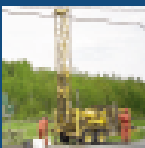
Facteur de correction:

- ◆ Le facteur de correction a été défini selon la différence entre la moyenne des valeurs déterminées à cinq sites de lecture à l'aide de l'appareil et la moyenne des valeurs des masses volumiques déterminées sur les cinq carottes prélevées en chantier.



Description de l'étude

- ◆ La valeur des 6 carottes restantes a été utilisée pour évaluer la précision des appareils;
- ◆ Les valeurs obtenues à l'aide de l'appareil, corrigées avec le facteur de correction établi antérieurement ont été comparées aux masses volumiques des 6 autres carottes prélevées précédemment.



Observations

Modes de lecture de l'appareil (3);

- ◆ Aucune différence sur les résultats d'essais n'a été observé entre le mode simple et le mode moyenne;
- ◆ Le mode continu n'a pas été utilisé lors de l'étude car les mesures prélevées étaient instables.



Observations

Épaisseur de la couche à ausculter;

- ◆ Nous n'avons remarqué aucune influence de l'épaisseur de la couche à ausculter sur les résultats d'essais obtenus



Observations

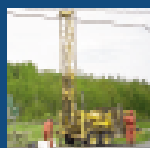
- ◆ Surface de l'enrobé, la finition de surface a un influence sur les résultats d'essais.
- ◆ Il faut de préférence opter pour des endroits dont la surface est peu ouverte. Cette surface doit être représentative de la chaussée à ausculter.



Observations

♦ Composition de l'enrobé:

Les enrobés contenant soit de la scorie d'acier, des matières ferreuses (environ 10%) ou de l'amiante ont une influence sur les résultats obtenus. Les appareils ne peuvent pas être utilisés sur ces matériaux.

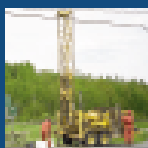


Observations

♦ Température de l'enrobé:

La température de la surface de l'enrobé n'a pratiquement pas d'influence sur les résultats d'essais.

Il est toutefois recommandé de déterminer la valeur du facteur de correction dans la même gamme de température où l'appareil sera utilisé.



Observations

♦ Humidité en surface de l'enrobé:

L'humidité en surface de l'enrobé, a une influence majeure sur les résultats obtenus. Les essais doivent être réalisés lorsque la surface de l'enrobé est sèche.

Le % d'humidité indiqué par l'affichage de l'appareil, ne doit pas dépasser 15.



Observations

- ◆ Nombre de carottes nécessaires pour établir le facteur de correction.

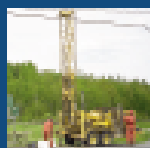
Le nombre de carottes utilisé a une influence sur les résultats obtenus. Cinq carottes doivent être utilisées pour établir le facteur de correction.



Résultats et interprétation

◆ Précision au niveau du projet (moyenne de 6 carottes), en utilisant 3 carottes pour établir le facteur de correction:

74% des valeurs à $\pm 1\%$ de la valeur des carottes étalons.

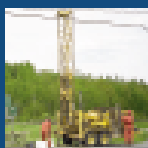


Résultats et interprétation

◆ Précision au niveau du projet (moyenne de 6 carottes), en utilisant 5 carottes pour établir le facteur de correction:

90% des valeurs à $\pm 1\%$ de la valeur des carottes étalons.

97% des valeurs à $\pm 2\%$ de la valeur des carottes étalons.



Comparaisons Électro et Nucléo densimètres

Nucléo densimètres - Niveau projet

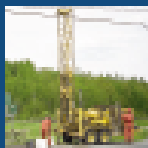
93.7% des valeurs à $\pm 1\%$

99.9% des valeurs à $\pm 2\%$

Électro densimètres - Niveau projet

90% des valeurs à $\pm 1\%$

97% des valeurs à $\pm 2\%$



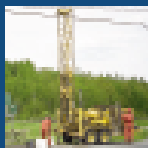
Conclusion

Même si dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage, tant du point de vue des contrats que du point de vue des appareils est limité (2 appareils), cette étude a permis d'obtenir une première estimation de la précision de ces appareils qui pourraient être utilisés par le MTQ pour déterminer la densité des enrobés en chantier.



Conclusion

Toutefois il est fortement recommandé que ces valeurs soient validées dans un avenir rapproché, au fur et à mesure que des données supplémentaires seront disponibles.



DLC

Questions ?