

## PROBLÉMATIQUE

L'utilisation du pénétromètre dynamique (*Dynamic cone penetrometer* ou DCP) est une pratique courante depuis plusieurs décennies dans divers pays dont les États-Unis, l'Angleterre, Israël, l'Australie, l'Afrique du Sud et la France. Au printemps 2003, le MTQ s'est doté d'un appareil DCP automatisé, conçu et fabriqué en collaboration avec les départements de génie civil et de génie mécanique de l'Université Laval. Ses caractéristiques sont basées sur les spécifications techniques de l'*Office of Minnesota Road Research (Mn/Road)* (1). L'équipement du MTQ a été adapté aux conditions de chantier et à la réalisation d'études sur chaussée.

## PRINCIPE

Le principe de l'essai consiste à enfoncer dans le sol une tige munie d'un cône à son extrémité sous l'impact d'une masse en chute libre et à mesurer la profondeur d'enfoncement après chaque coup. L'outil est surtout adapté pour la caractérisation des sols fins contenant peu de graviers, de cailloux et de blocs, car ces derniers peuvent limiter la pénétration de la tige et même occasionner un refus. Le DCP peut être utilisé en complémentarité à un programme de sondage ou de carottage. Cet appareil présente l'avantage d'éviter la réalisation d'excavations ou de trous importants. Il ne permet toutefois pas de prélever des échantillons.

## DOMAINE D'UTILISATION

Le DCP peut être utilisé pour l'évaluation structurale de la chaussée et pour une étude de reconnaissance de sol. Il permet de dresser un profil de rigidité du sol, d'établir l'épaisseur et la profondeur des couches, et de déduire les propriétés mécaniques in situ des matériaux et des sols supports. Il peut aussi être utile pour déterminer la profondeur du socle rocheux lorsque celui-ci est près de la surface ou pour vérifier la profondeur de dégel printanier dans le corps de la chaussée. Enfin, il s'avère utile pour la détection et la caractérisation des couches de faible consistance (tourbe et argile molle) et des noyaux des remblais légers.

## DESCRIPTION DE L'APPAREIL DU MTQ

Le pénétromètre dynamique du MTQ est monté sur une remorque, ce qui permet l'automatisation des opérations (figures 1 et 2). Les essais peuvent s'effectuer sur des routes existantes, des remblais ou des chemins déboisés et carrossables. L'appareil comporte un système mécanique servant à l'enfoncement des

tiges et un autre servant à l'acquisition des données contrôlée par ordinateur. Le mécanisme qui lève la masse est monté sur une colonne rabattable (principe du marteau Marshall). Celle-ci est munie d'un guide pour aligner le train de tiges. Ce mécanisme est actionné à l'aide d'un moteur électrique alimenté par une génératrice.

## DÉROULEMENT DES ESSAIS

L'essai consiste à laisser tomber un marteau sur l'enclume de la tige (figure 3). La hauteur de chute (575 mm) et les masses du marteau (4,6 et 8 kg) sont normalisées selon l'ASTM D6951-03 (2). Il est préférable d'utiliser la masse de 4,6 kg lorsqu'on est en présence de sols très mous. Après l'impact, la masse est remontée jusqu'en dessous du cylindre de déclenchement au moyen de crochets également répartis sur une chaîne en rotation autour de la colonne. Lorsque le déclencheur entre en contact avec le cylindre, le marteau se libère du crochet et retombe par gravité sur l'enclume. L'énergie est ainsi transmise par l'enclume aux tiges de pénétration. Après chaque séquence, la profondeur de pénétration est enregistrée par le système d'acquisition. Bien qu'il soit possible d'atteindre des profondeurs de plus de 4 m en ajoutant des tiges en cours d'essai, la profondeur sondée pour une chaussée est généralement inférieure à 2 m. Sur une chaussée revêtue, il est nécessaire de réaliser préalablement un avant-trou à l'aide d'une perceuse à percussion ou d'utiliser une foreuse pour atteindre la profondeur désirée pour le début de l'essai. Un tubage peut s'avérer essentiel dans un matériau dans un état lâche pour éviter l'affaissement des matériaux et réduire le frottement sur les tiges. De 6 à 10 essais peuvent être réalisés par jour.

## INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Le compteur de coups et le potentiomètre qui mesure l'enfoncement permettent d'établir l'indice de pénétration (IP) exprimé en mm/coup. Les enregistrements permettent de tracer un profil de la pénétration en fonction de la profondeur (figure 4), lequel permet d'apprécier la variation de rigidité des sols. Les propriétés mécaniques des différentes couches sont ensuite déterminées par corrélation entre IP et l'indice CBR ou le module de déformation E, valeurs couramment utilisées en conception de chaussée. Un programme d'étude est prévu pour améliorer la méthode d'analyse.

## CONCLUSION

Le MTQ est muni d'un nouvel équipement afin de caractériser les propriétés mécaniques des sols fins ou de faible consistance. Le pénétromètre dynamique permet d'établir un profil de

l'indice de pénétration en fonction de la profondeur. Ces valeurs sont utiles pour l'évaluation structurale des chaussées ou pour une étude de reconnaissance de tracé. Cet appareil est fonctionnel et le MTQ compte s'en servir pour un grand nombre de projets.

**RÉFÉRENCES**

(1) Mn/Road, User Guide to the Dynamic Cone Penetrometer, Office of Minnesota Road Research, 1996.

(2) ASTM D6951-03, Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavements Applications, 2003.

**RESPONSABLES :** Martin Lavoie, ing., M. Sc.  
Guy Bergeron, ing., M. Sc.  
Service des chaussées

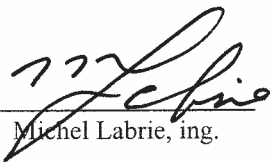
**DIRECTEUR :**   
Michel Labrie, ing.



Figure 1 : Vue d'ensemble du pénétromètre



Figure 2 : Pénétromètre

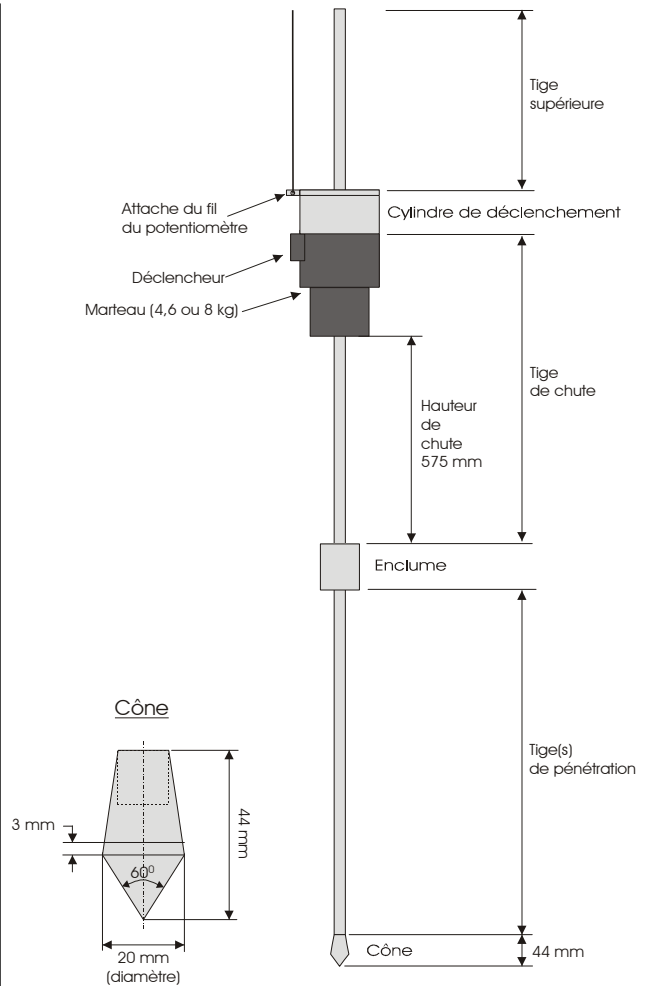


Figure 3 : Schéma du pénétromètre

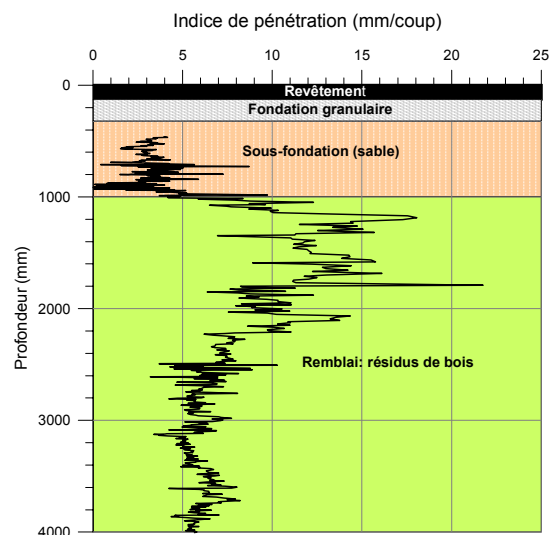


Figure 4 : Exemple d'enregistrement