

COMPACTEUR A CISAILLEMENT GIRATOIRE  
ET  
SIMULATEUR DE CIRCULATION  
(ORNIEREUR)

CANQ  
TR  
GE  
SM  
148



740032

COMPACTEUR A CISAILLEMENT GIRATOIRE  
ET  
SIMULATEUR DE CIRCULATION  
(ORNIEREUR)

DEMANDE D'EQUIPEMENT:

PIECES JUSTIFICATIVES

LABORATOIRE CENTRAL

SECTION MELANGES BITUMINEUX

MINISTERE DES TRANSPORTS

Ministère des Transports  
Centre de documentation  
930, Chemin Ste-Foy  
6e étage  
Québec (Québec)  
G1S 4X0

Préparé par:  Jean-Claude Moreux, Ph. D. chim.  
Section Melanges Bitumineux

Sainte-Foy, le 28 juillet 1987

QTRD

CANQ  
TR  
GE  
SM  
148,

REÇU  
CENTRE DE DOCUMENTATION  
13 JUIN 2003  
TRANSPORTS QUÉBEC

## TECHNIQUE DU COMPACTAGE GIRATOIRE

### 1. INTRODUCTION

Le compactage des mélanges bitumineux est une opération importante en technologie routière, car elle assure la durabilité du revêtement et influence ses caractéristiques mécaniques et sa résistance aux agents physiques extérieurs.

Au laboratoire, cependant, les méthodes de compactage les plus usuelles et les plus simples ne sont que de médiocres simulations de ce qui se passe en chantier. Le compactage par chocs suivant la méthode Marshall se fonde sur un principe différent du travail effectué sur le chantier: les éprouvettes obtenues ont un squelette minéral, qui, le plus souvent, se bloque en cours de compactage par arc-boutement des particules granulaires. Le compactage par pétrissage (Californian kneading compactor, ASTM D 1561) se rapproche davantage des méthodes utilisées en chantier. Le pétrissage favorise une mise en place plus facile du squelette minéral des éprouvettes, et l'opération de pétrissage se produit effectivement en chantier lors du passage du compacteur. Récemment, certains laboratoires, dont le nôtre, ont entrepris une étude, afin de se rapprocher de façon plus réaliste des méthodes de construction routière: le compactage vibratoire.

A l'aide de ces procédés, il est possible d'obtenir une formule de mélange, en utilisant les méthodes Marshall ou Hveem, par exemple. Cependant, une fois la formule établie, on ne dispose d'aucun moyen de prévoir précisément la maniabilité en chantier, le comportement, ni la durabilité de ces mélanges.

En ce moment, la section des Mélanges Bitumineux a mis en oeuvre plusieurs projets d'étude concernant les problèmes d'orniérage et la recherche de formulations de mélanges résistant à ce type de détérioration. Pour progresser efficacement dans ce domaine, il convient d'obtenir en laboratoire des éprouvettes dont la structure minérale soit aussi proche que possible de celle d'un revêtement posé suivant les techniques employées sur le chantier de construction. Il faut aussi pouvoir établir dans des délais assez courts de nombreuses formulations de mélange pour évaluer l'impact qu'aura sur leurs propriétés mécaniques, différentes variables comme la granulométrie, la nature des granulats ou l'ajout d'additifs au liant ou aux éléments minéraux. Cette étape, une fois franchie, il est souhaitable de pouvoir prédire le comportement en place des mélanges ainsi formulés et livrés ensuite à l'effet de la circulation.

On montrera, dans la suite de cet exposé, qu'il existe à l'heure actuelle un appareil de compactage qui peut répondre à la plupart de ces exigences: la prese à cisaillement giratoire.

## 2. LE COMPACTAGE GIRATOIRE

Cette technique a été développée par la "U.S. Army Engineer Waterways Station" de Vicksburg au Mississippi. Elle est utilisée couramment par l'état du Texas dans le design de mélanges bitumineux pour les revêtements routiers.

Une certaine quantité de mélange bitumineux est introduite dans un moule cylindrique. L'enrobé est maintenu à une température convenable. Il est mis ensuite en compression statique verticale entre deux vérins. Celui qui est appliqué sur la surface inférieure du moule exerce la pression active sur l'enrobé. Cette compression est maintenue constante pendant toute la période de compactage. Le moule décrit alors une rotation et on lui fait prendre une inclinaison par rapport à la verticale. On appelle  $\phi$  l'angle entre la verticale et l'axe du moule. Pendant ce mouvement, le mélange subit une déformation qui lui fait décrire un cône dont le sommet se trouve confondu approximativement avec le centre de la section de la face inférieure du moule (figure 1).

A chaque instant, ce mouvement impose au mélange des déformations en cisaillement et assure un pétrissage sans choc provoquant une densification de l'enrobé. Cet effet est similaire à celui du passage sur le chantier d'un compacteur: celui-ci provoque un rapprochement des granulats entre eux par charge verticale et une modification de l'arrangement initial par pétrissage et cisaillement. De façon semblable, au sein d'une chaussée ouverte à la circulation, les efforts de cisaillement auxquels l'enrobé se trouve soumis, sont toujours associés à des contraintes verticales provoquant une densification progressive du revêtement.

L'association du phénomène de pétrissage et de cisaillement au cours de la densification d'un enrobé provoque un gain en compacité important parce que les granulats vont occuper des positions qui donnent au squelette minéral une résistance optimale: on évite ainsi la rupture des éléments longiformes et le blocage du squelette. C'est ce que réalise, en fait, le compactage en chantier. Ces observations satisfont déjà à la première exigence exprimée en introduction.

On peut faire fonctionner l'appareil en gardant l'angle d'inclinaison constant. Dans ce cas, la pression statique verticale reste constante pendant que la pression d'inclinaison est supérieure à la résistance de l'enrobé. Si on fait fonctionner l'appareil avec un angle d'inclinaison variable, la pression statique reste constante tandis que la pression d'inclinaison est inférieure à la réaction de l'enrobé. C'est la recherche

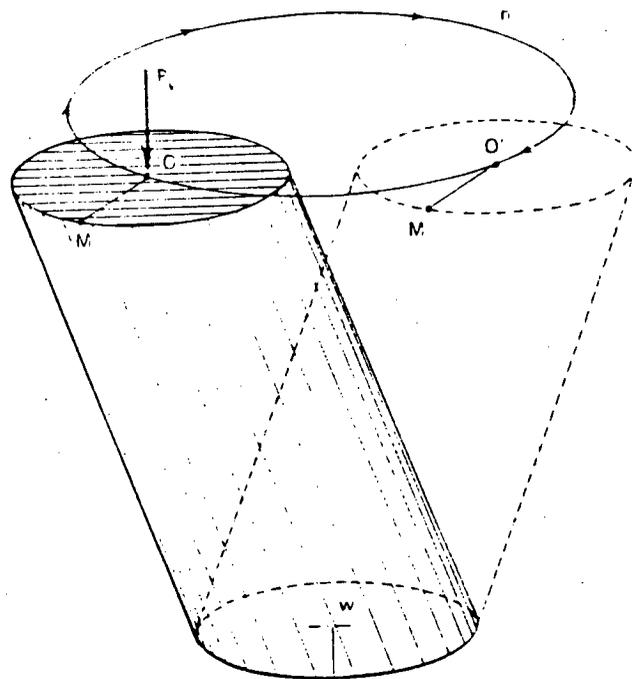


Fig. 1 - L'axe de l'éprouvette décrit un cône de sommet  $w$  et d'angle au sommet  $2\varphi$



d'un équilibre entre les forces antagonistes qui font que l'angle d'inclinaison est variable. Comme cet angle dépend de la réponse de l'enrobé, il peut soit s'annuler, soit augmenter.

Les appareils commerciaux enregistrent à chaque instant la valeur de l'angle de giration, la courbe de compacité du mélange et le nombre de girations.

### 3. APPLICATION DE LA METHODE DE COMPACTAGE GIRATOIRE

#### 3.1 Etablissement de la formulation d'un mélange (mix design)

Quand on travaille à angle fixe on observe que la courbe de compacité du mélange augmente pendant que la valeur de l'angle décroît et tend vers la valeur fixée préalablement. Dans le cas où l'on se trouve dans le domaine de plasticité de l'enrobé, on observe une augmentation de la valeur de l'angle de giration et une baisse du degré de compacité; on a atteint les conditions de déformation du mélange par fluage .

Cette observation peut être utilisée pour tracer une courbe de variation du pourcentage de compacité en fonction de la teneur en bitume. Cette courbe présente un maximum correspondant à la teneur optimale de bitume dans les conditions de l'essai.

Comme ce procédé de mix design est rapide, il est possible d'en modifier plus aisément les conditions que dans le cas des méthodes conventionnelles. On peut changer la valeur de la force de compression statique en fonction du type de circulation à laquelle le futur revêtement sera soumis. On peut encore envisager l'influence de nombreux autres facteurs comme la granulométrie, la forme des granulats, la composition du liant et ses propriétés rhéologiques, etc. Une étude aussi complète de formules de mélange peut se faire dans un temps parfaitement raisonnable par rapport à celui qu'exige les méthodes Marshall ou Hveem, par exemple.

#### 3.2 Courbe de maniabilité

Après avoir établi la formulation d'un mélange bitumineux, il devient intéressant de connaître ses caractéristiques mécaniques lors de la mise en oeuvre de l'enrobé. Comme il y a analogie entre l'action des passes du compacteur et l'action des girations de la presse, on peut tracer les courbes de variation de la compacité en fonction du nombre de girations. Cette représentation graphique est une transposition de l'image des courbes de compacité en fonction du nombre des passes du compacteur en chantier.

Pour des pourcentages de compacité compris entre 80 et 95%, on obtient une relation à peu près linéaire en fonction du logarithme népérien du nombre de girations. Les paramètres de cette droite K (intersection à l'origine) et C (pente) représentent respectivement l'évolution possible du compactage après la mise en place du matériel et la mise en place du mélange.

Plus la valeur de K est faible et plus l'évolution sous le compacteur sera lente et plus C est grand, et plus la compacité sera élevée après quelques passes du compacteur seulement. Un certain nombre d'études ont mis en évidence que lorsque C est élevé, K est faible et vice-versa.

### 3.3 Etude de l'évolution possible d'un enrobé bitumineux en place

Une fois choisie la formule optimale, il est important de pouvoir simuler l'évolution possible du revêtement sous l'effet de la circulation.

Dans les conditions opératoires qui semblent le mieux en rapport avec la réalité (pression verticale et angle de giration), on poursuit le compactage pendant un nombre de tours de giration assez grand pour avoir une estimation:

- du pourcentage de vides ultimes;
- de la vitesse à laquelle évolue la compacité au début (maniabilité), et à la fin du compactage (risque de surcompactage);
- de l'évolution de la résistance mécanique du matériau par l'enregistrement de la résistance au cisaillement;
- du risque de fluage par l'augmentation de la valeur de l'angle d'inclinaison.

En effet, on constate qu'en dessous d'une certaine limite du pourcentage en vides, les films de bitume les plus sollicités par les contraintes extérieures n'ont plus la possibilité de migrer dans les cavités voisines et par ce fait même transmettent des pressions de type hydrostatiques importantes qui ont pour effet de séparer les uns des autres les granulats. La structure du matériau se désorganise ainsi, et un excès de densification est suivi d'une phase de décompactage.

Sur la route on a des déplacements latéraux de matière sous l'action des pneus. On a donc un phénomène d'orniérage. Ainsi l'étude à la presse giratoire des enrobés bitumineux offre un certain nombre de critères pour évaluer le risque d'orniérage: évolution du

pourcentage de vides, seuil minimum pour la résistance au cisaillement, enregistrement de l'angle d'inclinaison.

Cette technique s'avère donc bien adaptée aux préoccupations actuelles (et futures) de la section des mélanges bitumineux. Elle ouvre aussi d'autres horizons dans le domaine des émulsions et dans celui de compactage des sols. Enfin tous ces avantages se trouvent décuplés par la rapidité et le nombre des essais qui permettent d'accéder à une productivité impensable si l'on s'en tient aux seules méthodes conventionnelles. Il est évident maintenant que cette technique répond adéquatement à toutes les exigences exprimées dans l'introduction de cet exposé.

#### 4. L'APPAREILLAGE COMMERCIAL

##### 4.1 La presse à compactage giratoire de Vicksburg

Cet appareil, dont le prototype date de la fin des années cinquante, est le premier qui a été commercialisé et la figure 2 montre la vue en coupe du compacteur. Le moule A est rempli d'enrobé chaud qui est maintenu à sa température, à l'aide d'une enceinte chauffante avec des résistances électriques. Le moule est placé dans un mandrin dont la bride sert de piste de roulement à deux galets C et D. Le vérin E, fixe, et le vérin F, mû hydrauliquement, sont appliqués respectivement sur les faces supérieures et inférieures du moule. Ils soumettent le mélange à une pression statique qui est maintenue constante pendant tout l'essai. Un moteur électrique fait tourner la partie supérieure autour de son axe vertical à la vitesse de 10 RPM.

Les galets C et D entraînés à cette vitesse par la partie supérieure de l'appareil, avec laquelle ils sont solidaires, exercent en circulant sur la bride des forces de contact, créant un couple dont les points d'application se déplacent avec l'attelage mobile.

L'axe du mandrin prend alors une inclinaison par rapport à la verticale et la valeur de cet angle peut être choisie en agissant sur la position du galet inférieur. Ce mouvement est rendu possible grâce à la plaque métallique G qui est séparé du vérin supérieur E par une butée à billes. Cette plaque peut se déplacer légèrement dans le plan horizontal tout en transmettant à l'enrobé des pressions verticales. Grâce à ce degré de liberté l'échantillon d'enrobé reste solidaire des mouvements du mandrin et pourra subir des déformations en cisaillement.

Le galet à huile (figure 3) est composé de deux chambres séparées par une valve K. La chambre inférieure

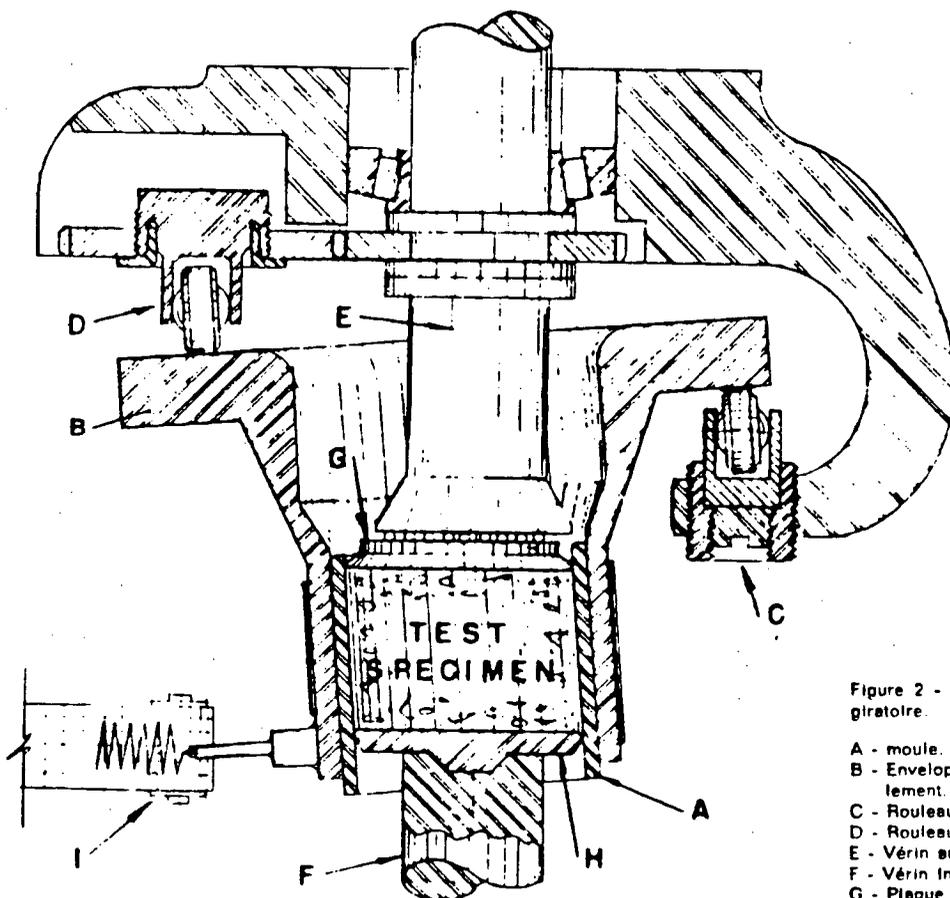


Figure 2 - Schéma de la presse à compaction giratoire.

- A - moule.
- B - Enveloppe du moule, avec chemin de roulement.
- C - Rouleau inférieur réglable en position.
- D - Rouleau supérieur fixe.
- E - Vérin supérieur.
- F - Vérin inférieur.
- G - Plaque supérieure pouvant se déplacer dans un plan horizontal grâce à des roulements.
- H - Plaque inférieure fixe.
- I - Enregistreur.

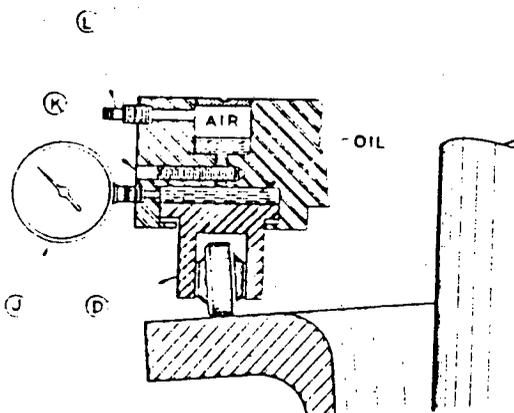


Figure 3

contient dans tout son volume, de l'huile; cette chambre est reliée à un manomètre J. La chambre supérieure, qui peut être partiellement remplie d'huile, contient de l'air dans le volume restant.

Quand la valve K est fermée, la présence d'huile (incompressible) dans le galet exerce sur la bride une force de contact constante et invariable de sorte que l'angle d'inclinaison du mandrin sera fixe. Quand la valve K est ouverte, l'air présent dans la chambre supérieure du galet exerce sur la piste de circulation une force de contact variable dépendant de la réponse de l'échantillon de sorte que l'angle d'inclinaison du mandrin sera variable. Cet appareil enregistre la compacité de l'échantillon par sa variation de hauteur durant le compactage, l'angle d'inclinaison, et le nombre de girations. La lecture du manomètre J est visuelle.

#### 4.2 L'appareil français des Ponts et Chaussées

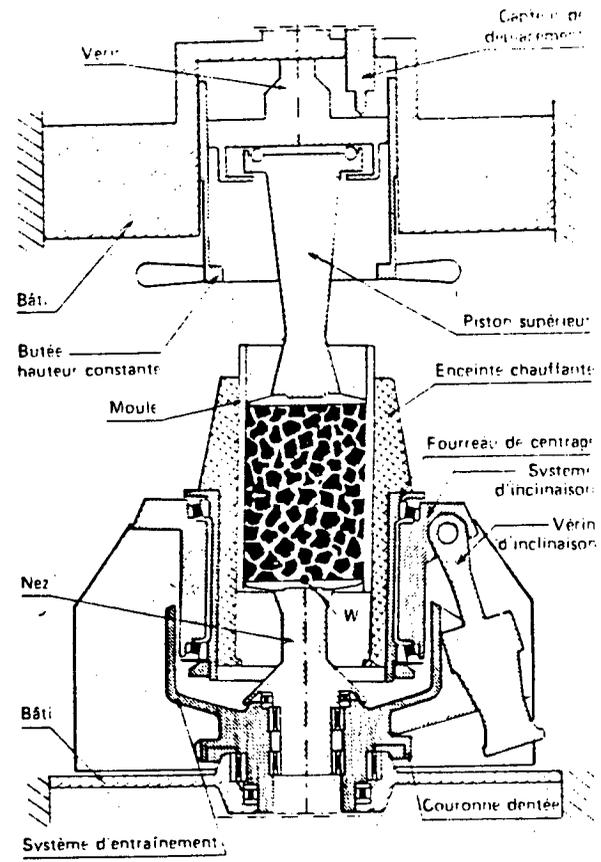
Cet appareil a été commercialisé vers 1974 et le schéma le représentant se trouve à la figure 4.

Le corps de l'appareil est constitué par un moule contenant l'enrobé dans une enceinte chauffante thermostatée. Cette enceinte est réglée par un système de thermocouples. Les organes suivants complètent la presse:

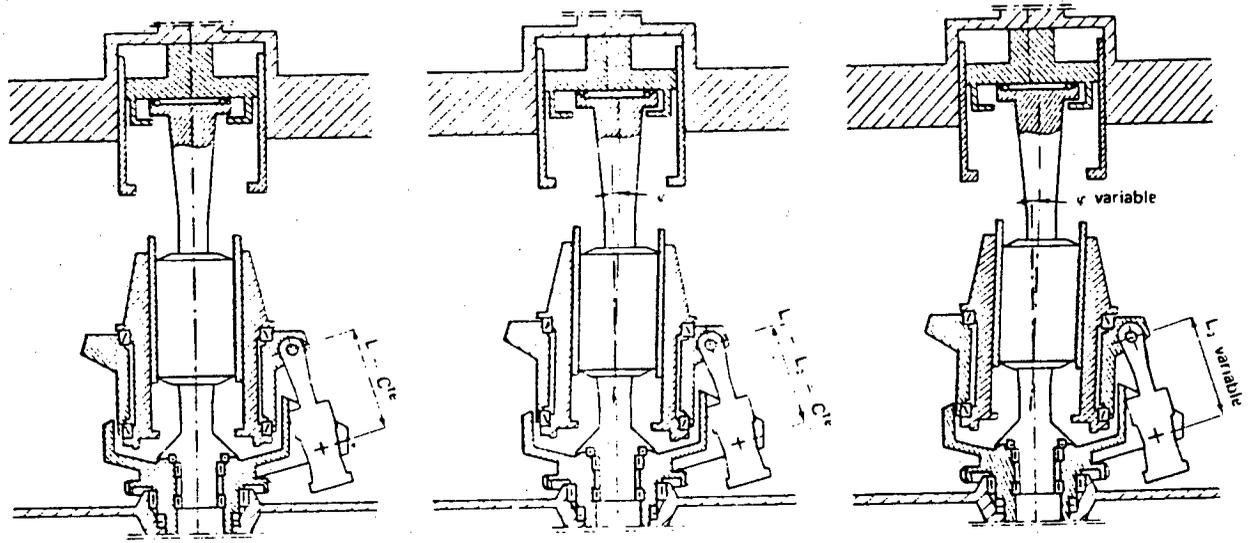
- le vérin d'inclinaison provoquant une inclinaison de l'éprouvette autour de l'axe perpendiculaire à la coupe de la figure, et passant par le centre de la section de la face inférieure du moule;
- le système d'entraînement de l'appareil qui est une couronne dentée;
- le piston supérieur fixe et le nez du second vérin appliquant la pression statique de compactage.

Si on applique, à l'aide du vérin d'inclinaison une force F dirigée vers le haut, on provoque une rotation de l'éprouvette dans le plan vertical passant par cet axe et plaçant l'angle d'inclinaison dans ce plan.

Cet appareil peut fonctionner à angle affiché constant (angle fixe), ou bien à pression d'inclinaison constante (angle variable). Dans le premier cas le vérin d'inclinaison est utilisé comme un organe de longueur constante provoquant un angle constant dans le plan de l'axe de l'éprouvette et celui de l'axe du vérin d'inclinaison. Cet angle se trouve libre et donc variable dans les autres plans verticaux. Dans le second cas, le vérin d'inclinaison exerce une force constante et provoque un angle d'inclinaison variable dans le plan décrit



Coupe schématique de la presse de série



Position au repos de la presse

Position en compactage à angle affiché constant ( $\alpha$ )

Position en post-compactage à pression d'inclinaison constante

Position au repos de la presse  
Seul le vérin central inférieur provoque un compactage statique

Position en compactage à angle affiché constant ( $\alpha$ ). La pression du vérin d'inclinaison maintient celui-ci en butée, le réglage de l'angle ayant été préalablement effectué

Position en post-compactage à pression d'inclinaison constante. Le vérin d'inclinaison applique une pression  $P_i$  constante. La réaction de l'enrobé peut entraîner une annulation ou une augmentation de  $L$ , donc de  $\alpha$ .

Figure 4

précédemment. La valeur de cet angle dépend de la résistance offerte par l'enrobé: il peut, ou s'annuler, ou augmenter.

Sur la tige du vérin d'inclinaison sont fixés deux capteurs et les grandeurs correspondantes sont enregistrées au cours de l'essai en fonction du nombre de girations; ces organes sont:

- un capteur de force pour mesurer la réaction moule-éprouvette dans le plan d'inclinaison;
- un capteur d'angle pour mesurer l'inclinaison de l'éprouvette.

L'épaisseur de l'éprouvette est mesurée à l'aide d'un capteur de déplacement permettant de connaître l'évolution de la compacité en fonction du nombre de girations.

Avant de commencer un essai, on peut programmer les paramètres suivants:

- la compression verticale statique;
- la pression d'inclinaison;
- l'angle d'inclinaison;
- la température de l'éprouvette;
- la vitesse de rotation de l'éprouvette.

Le cycle de compactage est entièrement automatisé ainsi que la fabrication d'éprouvettes de compacité donnée dans les 2 modes de fonctionnement. Ainsi équipé, cet appareil permet facilement l'étude de deux formules de mélange en une seule journée.

## 6. CONCLUSION

Les deux appareils commerciaux de compactage giratoire décrits précédemment permettent, tous deux, la réalisation des essais possibles grâce à cette technique. L'appareil du LCPC offre cependant l'avantage d'être plus automatisé dans son fonctionnement, ce qui est un gage de répétabilité des résultats. Pratiquement, cet appareil est offert avec beaucoup plus d'accessoires que l'appareil de Vicksburg, son prix comprend aussi la mise en service effectuée par un spécialiste de la firme constructrice. Les prix de chacun de ces appareils comprend les frais de transport mais aucune des taxes dont ils pourraient être frappés à leur entrée au Canada.

Sur la base de 1 Can \$ = 4,5 FF et 1,33 Can\$=1.00\$ US les prix de chaque compacteur s'élèvent approximativement à :

Presse à cisaillement giratoire LCPC : 120,000 Can \$

Presse à compactage giratoire (Vicksburg): 96,000 Can\$

Compte-tenu de la remarque qui a été faite concernant les accessoires fournis avec chaque appareil on peut effectivement considérer que ces deux prix sont à peu près équivalents.

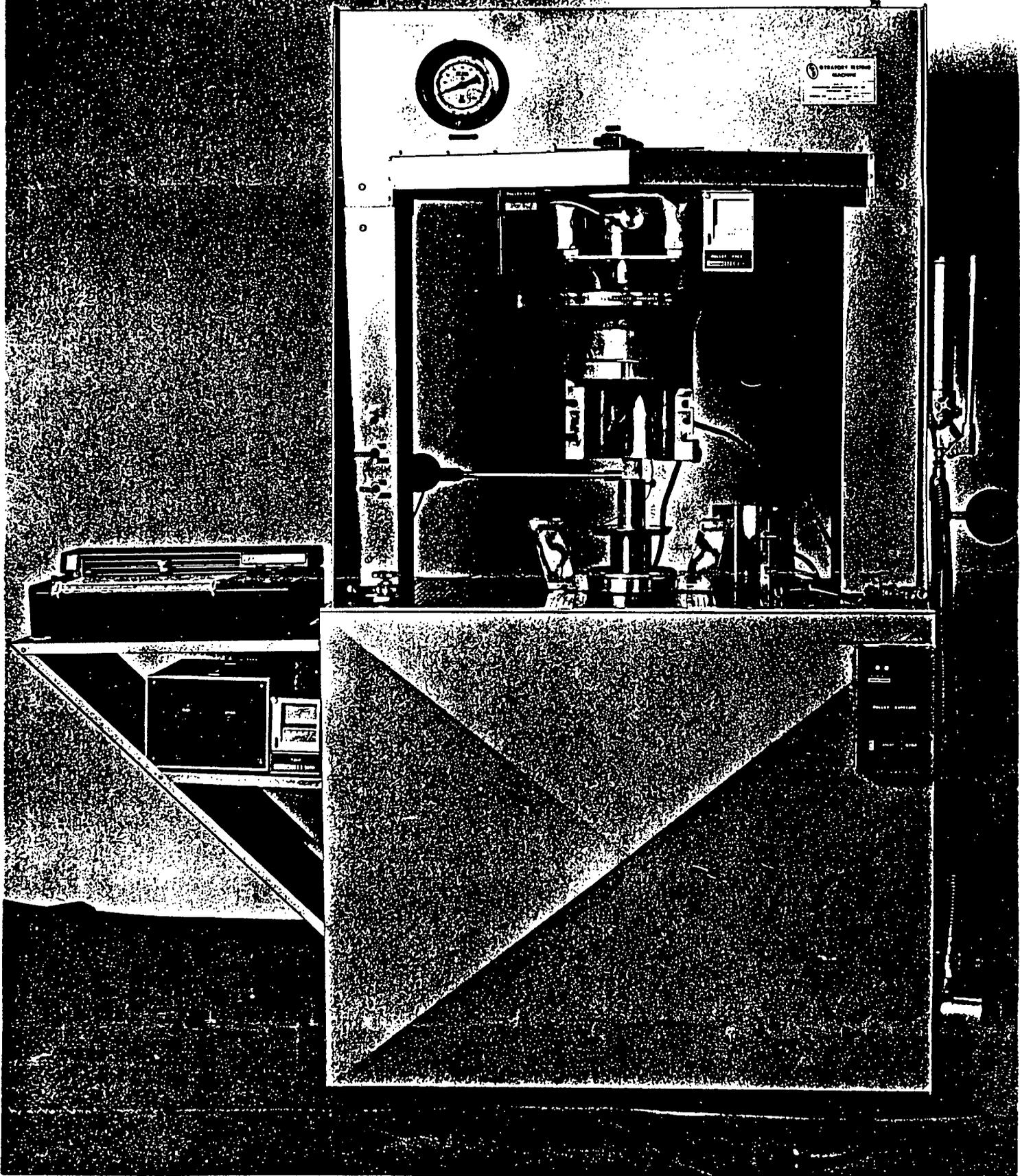
Cependant l'achat de l'appareil du LCPC peut causer des difficultés, à l'usager, dans le contexte nord-américain.

En effet, les laboratoires dotés d'une presse à compactage giratoire sur ce continent utilisent un appareil de type de celui mis au point à Vicksburg. L'utilisation de moules métriques (80,120 et 160 mm) avec l'appareil LCPC rendra complexe la comparaison de résultats et l'unification des méthodes. L'uniformité de l'appareillage pousse chaque utilisateur à l'adoption de méthodes communes pouvant conduire à des échanges interlaboratoires menant au développement d'un programme d'assurance de la qualité. En outre, l'ASTM, organisme de normalisation généralement accepté ici, a codifié sous forme de norme l'utilisation du compacteur giratoire de Vicksburg.

Il devient donc évident que le choix du Laboratoire Central dans l'achat de cet appareillage capital devrait se porter sur celui mis au point à Vicksburg. Tous les détails complémentaires concernant cet appareil qui satisfont aux exigences de la section des Mélanges Bitumineux se trouvent placées plus loin en annexe.

**ANNEXE A**

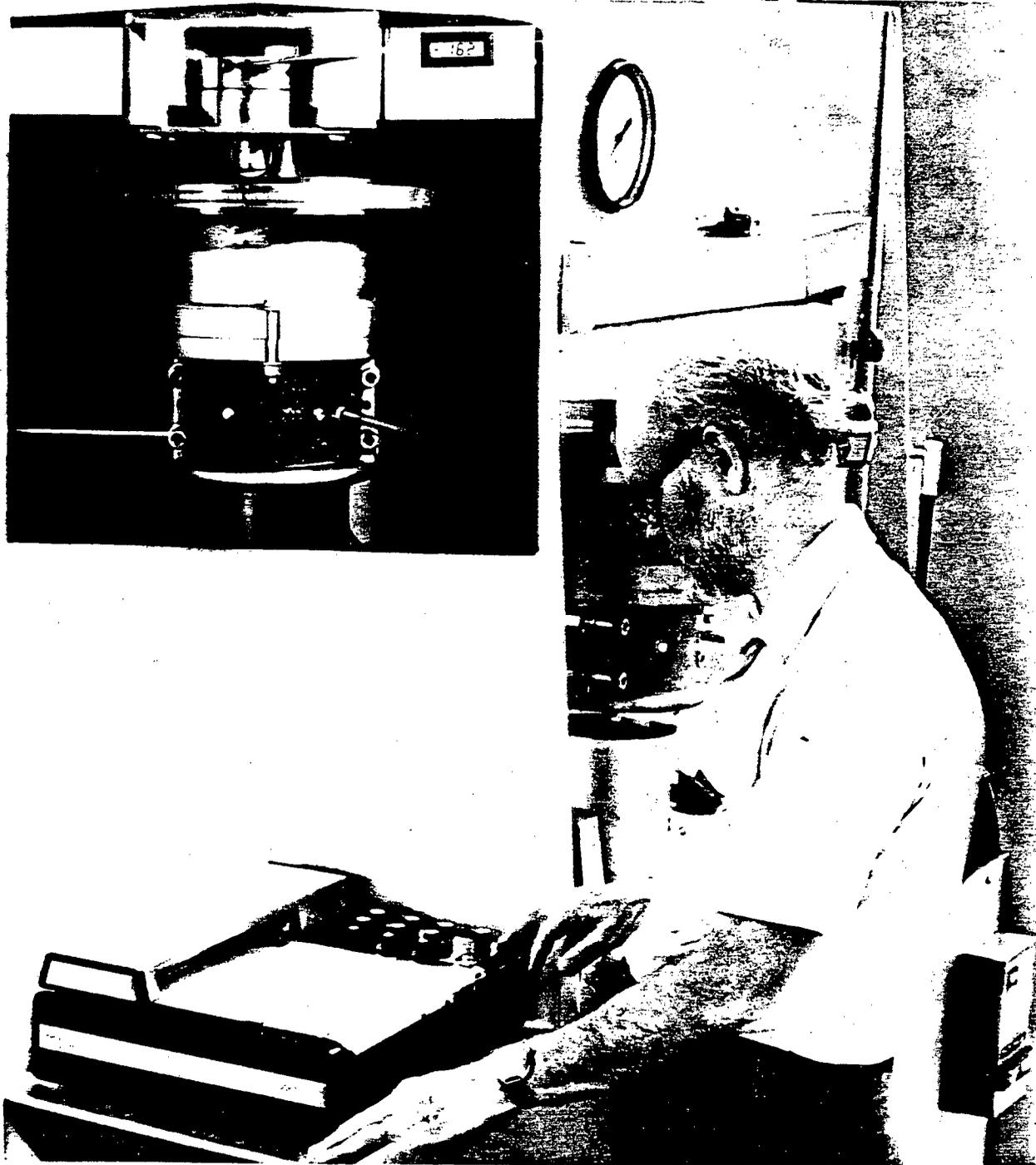
**DESCRIPTION ET DEVIS DES COMPACTEURS GIRATOIRES  
DE VICKSBOURG ET LCPC**



EDCO GTM 6B/4C/I

# NEW IMPROVED GYRATORY TESTING MACHINE (GTM)

FOR BITUMINOUS MIXTURES, SOILS AND  
BASE COURSE MATERIALS



GTM MODEL 6B-4C-1

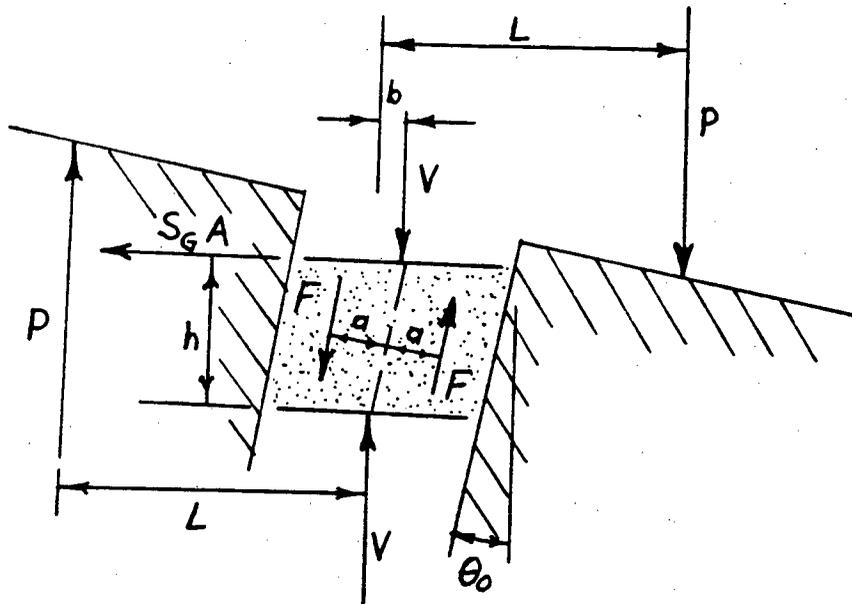


*Engineering Developments Company Inc.*

POST OFFICE BOX 1109

Telephone 601-638-2072

FOLLOWING ARE THE DERIVATIONS OF THE FORMULAS FOR CALCULATION OF GYRATORY SHEAR AND GYRATORY MODULI INCLUDING CORRECTION FOR WALL FRICTION



Referring to the above schematic, Gyratory Shear is defined as follows\*:

$$2 \cdot P \cdot L = S_G \cdot A \cdot h + 2 \cdot F \cdot a - V \cdot b$$

$$S_G = \frac{2(P \cdot L - F \cdot a) + V \cdot b}{A \cdot h}$$

The Gyratory Shear Modulus is expressed by the formula:

$$G_G = \frac{S_G}{\theta}$$

The Gyratory Compression Modulus is expressed by the formula:

$$E_G = 2G_G(1 + \mu)$$

Where:

$G_G$  = Gyratory shear modulus

$E_G$  = Gyratory Compression Modulus

$\mu$  = Poisson's Ratio (Use 0.5 for cohesive material and 0.3 for cohesionless material)

$\epsilon = \frac{V}{E_G}$  = Gyratory Compression Strain

$\theta$  = Gyratory shear strain

\* NOTE that this updated formula drops the  $(\theta_{max}/\theta_0)$  term that was part of the original formula. Experience has indicated that the shear stress at  $\theta_{max}$  strain may be excessive for use in design. The shear stress at  $\theta_0$  appears more applicable; however the magnitude of strain used in design is the empirical factor in this formula and therefore the value selected is subject to engineering judgement and experience.

ACTUAL EXAMPLE - STABLE MIX

Crushed Limestone (3/4" Max), 5.5% Bitumen  
 Tested at V = 200 psi Vertical Pressure;  $\theta_o = 1^\circ$  (16mm); 250°F

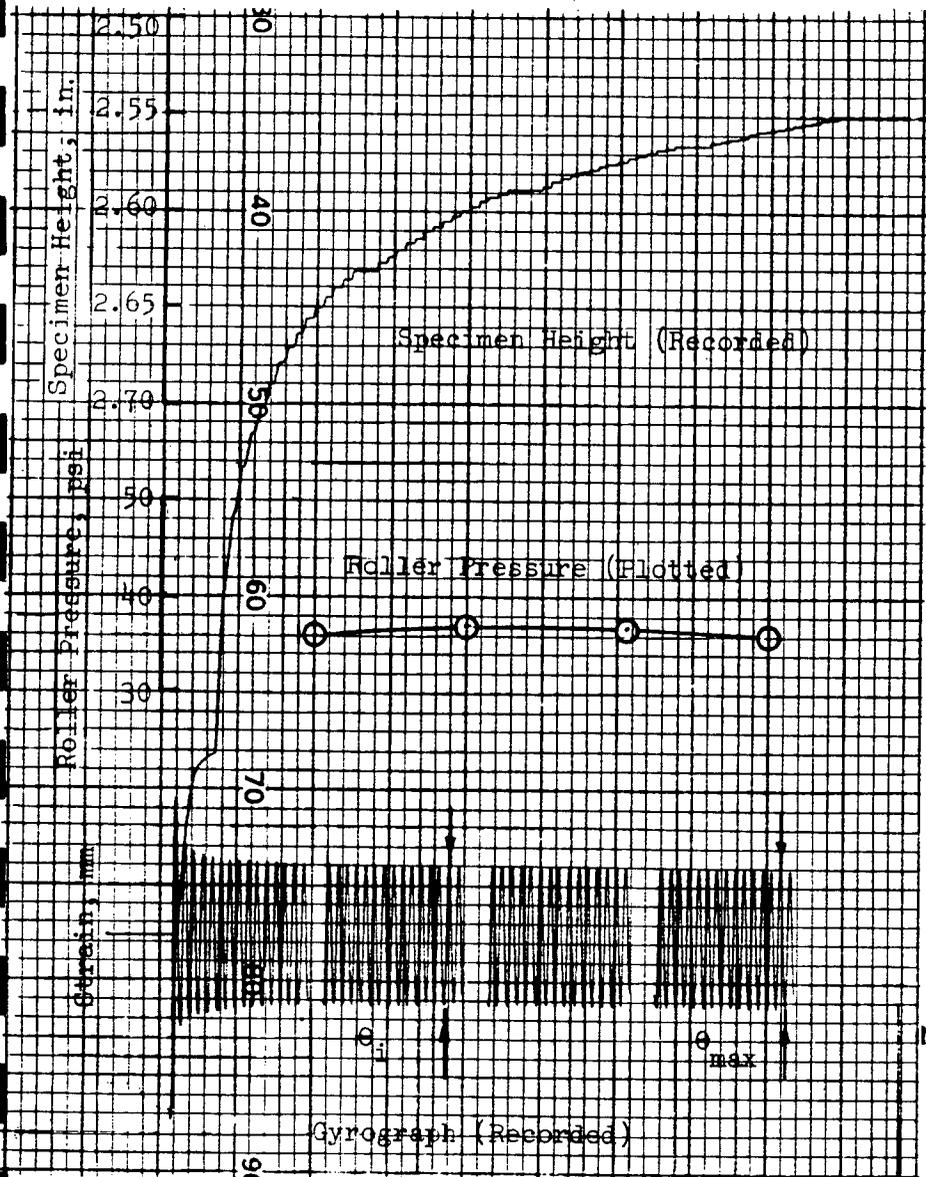
$$\text{Gyratory Shear Modulus, } = G_G = \frac{S_G}{\theta_{\max}} = \frac{78}{0.0197} = 3959 \text{ psi}$$

$$\text{Gyratory Compression Modulus, } = E_G = 2G_G(1+\mu) = 2 \times 3959 \times 1.5 = 11,878 \text{ psi}$$

$$\epsilon = \frac{V}{E_G} = \frac{200}{11878} = 0.0168 \text{ in/in}$$

$$\tau_{\max} = \frac{200}{3.14} = 64 \text{ psi}$$

$$\text{Gyratory Shear Factor, } GSF = \frac{S_G}{\tau_{\max}} = \frac{78}{64} = 1.22$$



NOTE: Specimen height curve is becoming asymptotic, indicating approximate compaction equilibrium. Since roller pressure and gyrograph indicate a stable mix the vertical strain  $\epsilon$  should be largely recoverable.

NOTE: No reduction in roller pressure indicates stable condition at this bitumen content.

NOTE: No widening of gyrograph indicates stable condition at this bitumen content, also reflected in GSI value of unity.

$\theta_o = 16 \text{ mm}$  (machine setting)  
 $\theta_i = 18 \text{ mm}$  (scaled)  
 $\theta_{\max} = 18 \text{ mm}$  (scaled)

$$GSI = \frac{\theta_{\max}}{\theta_i} = \frac{18}{18} = 1.00$$

Crushed Limestone (3/4" Max), 6.0% Bitumen

Tested at V = 200 psi Vertical Pressure;  $\theta_o = 1^\circ$  (16 mm); 250°F

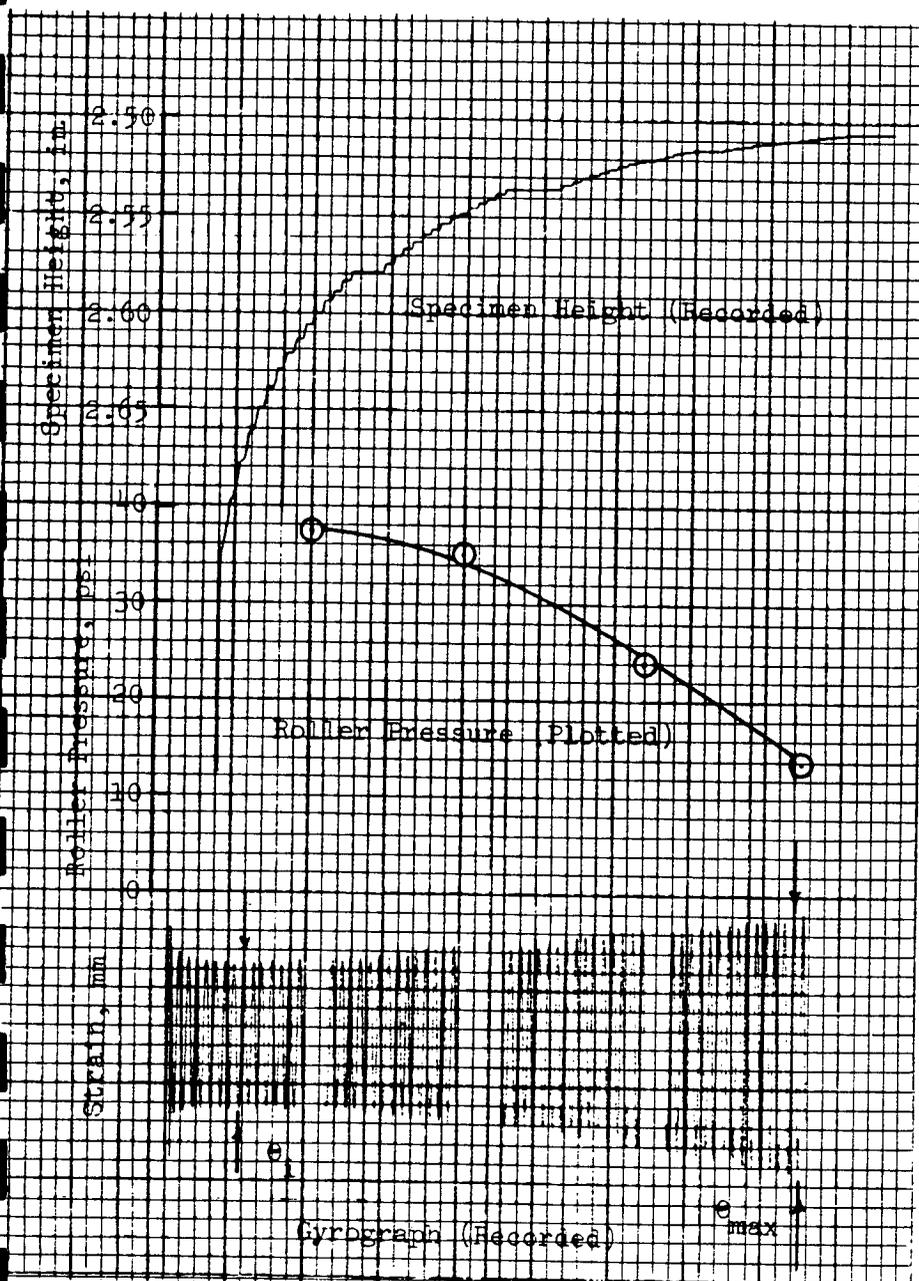
$$\text{Gyratory Shear Modulus, } G_G = \frac{S_G}{\theta_{\max}} = \frac{37}{0.0372} = 994 \text{ psi}$$

$$\text{Gyratory Compression Modulus, } E_G = 2G_G(1+\mu) = 2 \times 994 \times 1.5 = 2982 \text{ psi}$$

$$\epsilon = \frac{V}{E_G} = \frac{200}{2982} = 0.0670 \text{ in/in}$$

$$\tau_{\max} = \frac{200}{3.14} = 64 \text{ psi}$$

$$\text{Gyratory Shear Factor, } GSF = \frac{S_G}{\tau_{\max}} = \frac{37}{64} = 0.58$$



NOTE: Specimen height curve is becoming asymptotic, indicating approximate compaction equilibrium. However, progressive rut development would be expected because roller pressure is dropping and gyrograph is spreading. The high value of  $\epsilon$  is an indication that the accumulative rut depth would be large.

NOTE: Progressive reduction in GTM roller pressure warns of instability at this bitumen content.

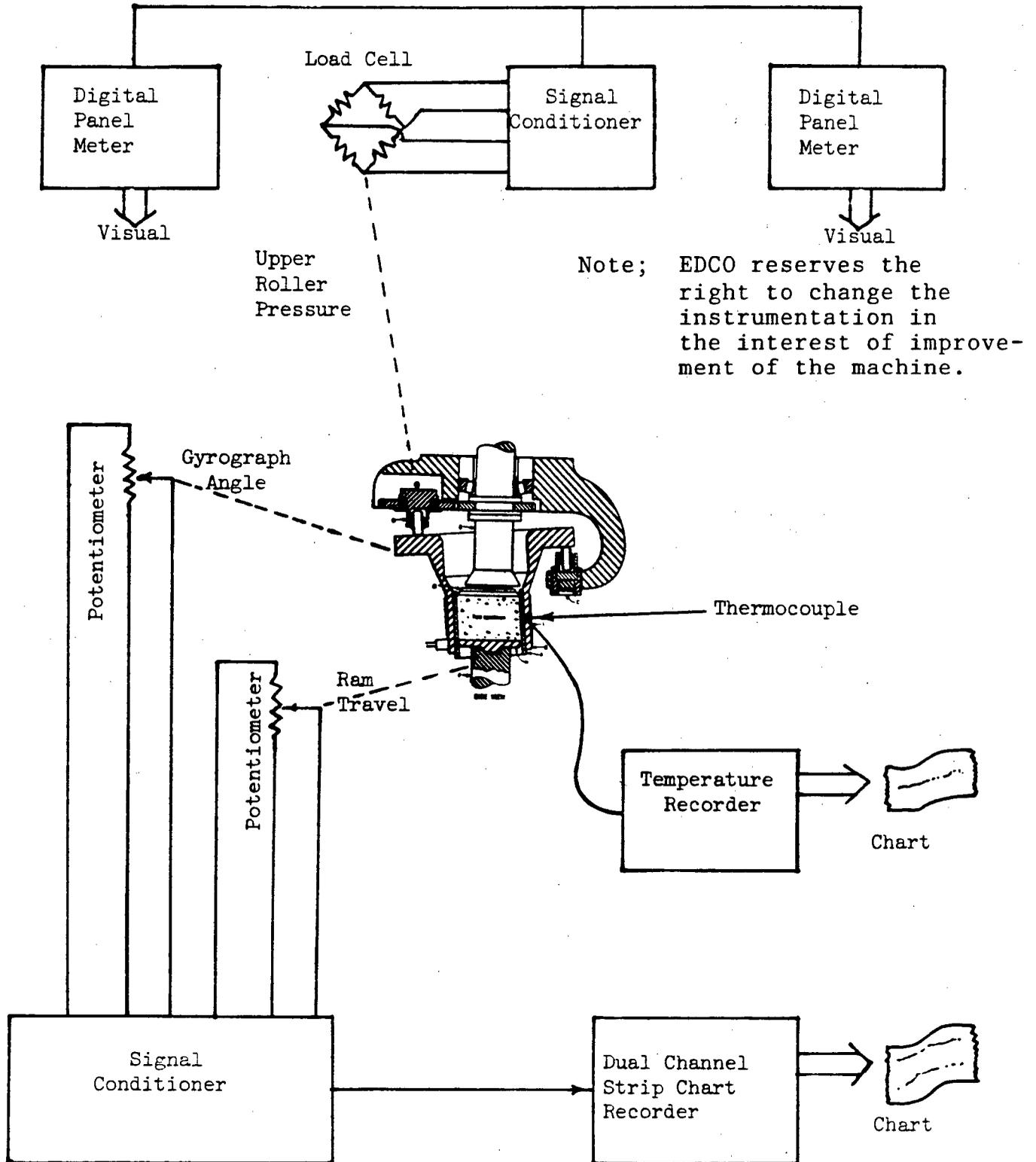
NOTE: Progressive widening of gyrograph warns of instability at this bitumen content. This is reflected in GSI value greater than unity.

$$GSI = \frac{\theta_{\max}}{\theta_i} = \frac{34}{19} = 1.789$$

$\theta_o = 16 \text{ mm}$  (machine setting)

$\theta_i = 19 \text{ mm}$  (scaled)

$\theta_{\max} = 34 \text{ mm}$  (scaled)



GTM MODEL 6B-4C-I  
INSTRUMENTATION BLOCK DIAGRAMS

THE GTM MODEL 6B-4C-I IS A NEW IMPROVED GYRATORY TESTING MACHINE\* WHICH INCORPORATES  
MODERN INSTRUMENTATION

MAJOR IMPROVEMENTS:

1. Convenient up-front recording of gyrograph and specimen height.
2. Upper roller load is conveniently read from front of machine on two digital panel meters.
3. Temperature recording.

FEATURES:

1. Caster mounted frame assembly.
2. Hydraulic loading system (1/3 HP hydraulic unit) with adjustable automatic control of vertical pressure and automatic shutoff when ram is fully retracted.
3. Adjustable gyrating mechanism powered by 2 HP gearmotor and consisting of mechanically driven roller carriage with mechanically adjustable lower roller and a load indicating upper roller assembly employing a load cell and two easily readable panel meters. (A pressure indicating air-filled roller assembly is available as an optional accessory)
4. Gyrating mechanism drive assembly including clutch to permit positioning roller carriage when adjusting gyratory angle.
5. Revolutions counter for gyrating mechanism.
6. Gyratory mold chuck with inserts for handling 6 in. and 4 in. I.D. molds.
7. Thermostat and thermostatically controlled heating elements mounted on mold chuck.
8. Bearing mounted upper head with interchangeable 6 in. diameter and 4 in. diameter specimen loading plates.
9. Fixed base with interchangeable 6 in. diameter and 4 in. diameter specimen loading plates.
10. Mounting shelf for strip chart recorders.
11. Single channel temperature recorder with necessary lead wire and thermocouple.
12. Dual channel recorder for gyrograph and ram travel.
13. Gyrograph transducer
14. Ram travel transducer
15. Wall friction apparatus.
16. Other accessories: Molds one each 4"X6" (101.6 mm X 152.4 mm), 4"X12" (101.6 mm X 304.8 mm), 6"X7" (152.4 mm X 177.8 mm), and 6"X12" (152.4 mm X 304.8 mm), all precision ground and chrome plated; mold carrying trays; specimen length spacer blocks; mold chuck wrench and miscellaneous accessories.

ASTM STANDARDS:

ANSI/ASTM D3387 Standard test method for COMPACTION AND SHEAR PROPERTIES OF BITUMINOUS MIXTURES BY MEANS OF THE U. S. CORPS OF ENGINEERS GYRATORY TESTING MACHINE (GTM)

ASTM D 3496 Standard method for PREPARATION OF BITUMINOUS MIXTURE SPECIMENS FOR DYNAMIC MODULUS TESTING

MODERNIZATION KITS AVAILABLE TO OWNERS OF OLD MODELS

---

DIRECT INQUIRIES ON PRICE AND DELIVERY TO:

**ENGINEERING DEVELOPMENTS CO., INC.**

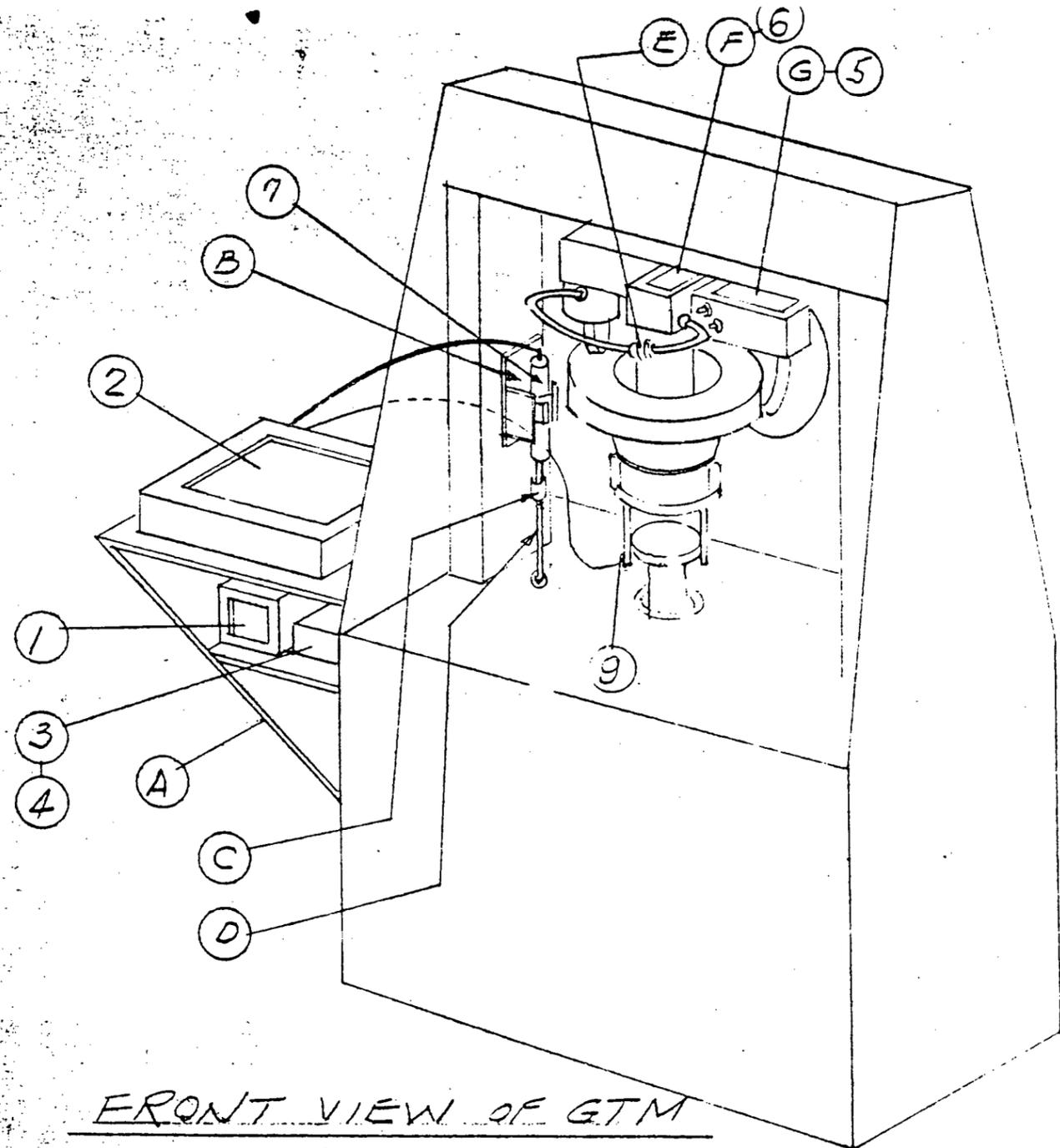
P. O. BOX 1109  
VICKSBURG, MISSISSIPPI 39180

**SOILTEST, INC.**  
2205 LEE STREET  
EVANSTON, ILL. 60202

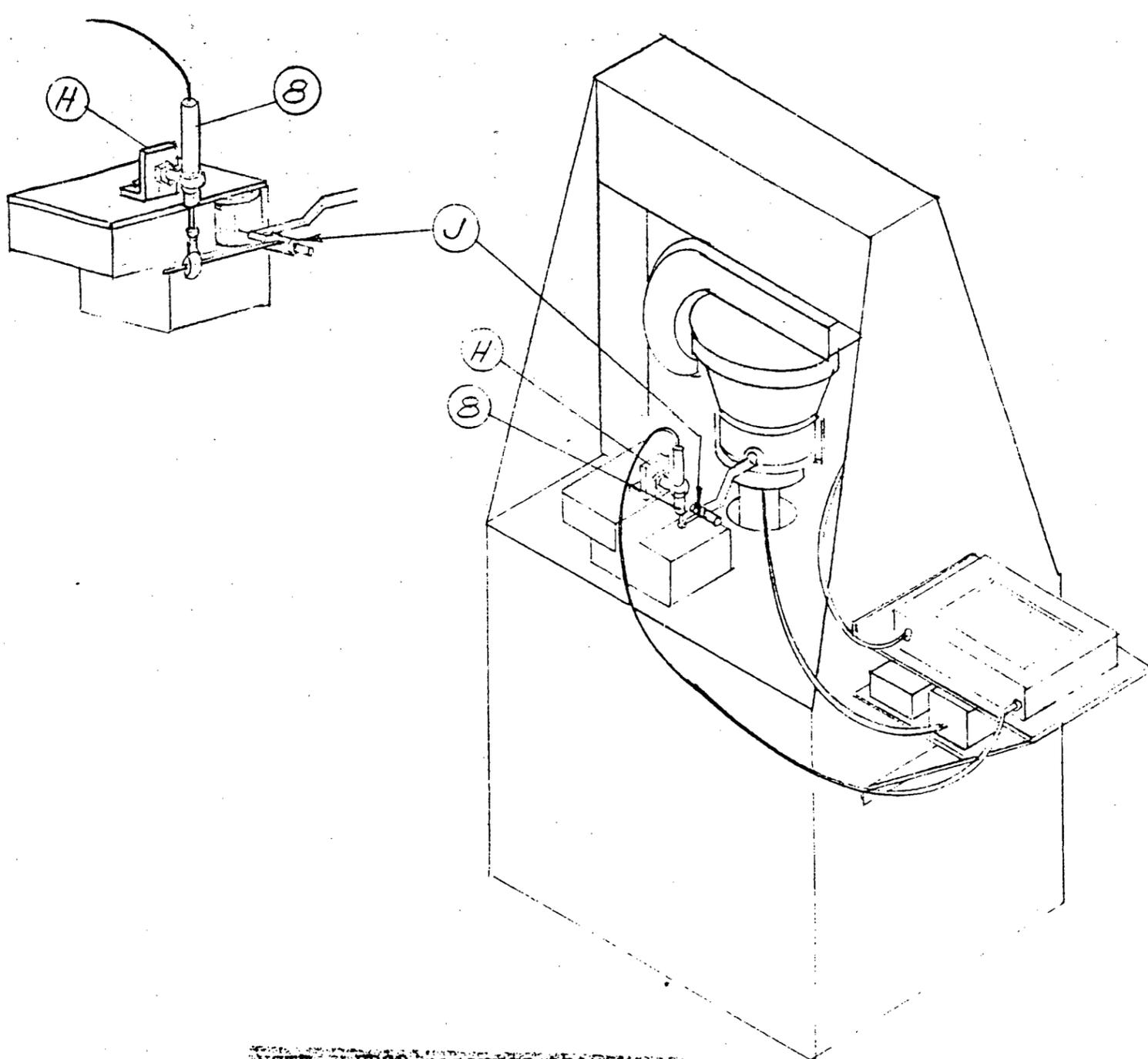
**RAINHART COMPANY**  
600-608 WILLIAMS STREET  
AUSTIN, TEXAS 78751

**HOGENTOGLER AND CO., INC.**  
4 MEEM AVENUE  
GAITHERSBURG, MD. 20760

\* U.S. PAT. NOS. 2972249, 3478572; British Pat. No. 911155; others pending



FRONT VIEW OF GTM



REAR VIEW OF GTM

ITEMS FOR INSTRUMENTATION KIT

- 1 Channel Chart Recorder
- 2 7 Channel Chart Recorder
- 3 Power Supply
- 4 Balance Panel
- 5 Rechargeable Battery Pack
- 6 Roller Pressure Recorder
- 7 Ram Strain Potentiometer
- 8 Cylindrical Strain Potentiometer
- 9 Thermocouple

HARDWARE ITEMS FOR INSTRUMENTATION KIT

- A Shelf
- B Ram Potentiometer Bracket
- C Ram Rod Coupling
- D Ram Rod
- E Quick Connect Coupling, Tubings & Fitting
- F Recorder Bracket
- G Battery Pack Bracket
- H Cylindrical Potentiometer Bracket
- J Test Arm Extension

NOTE: EDCO reserves the right to change the instrumentation in the interest of improvement of the machine.

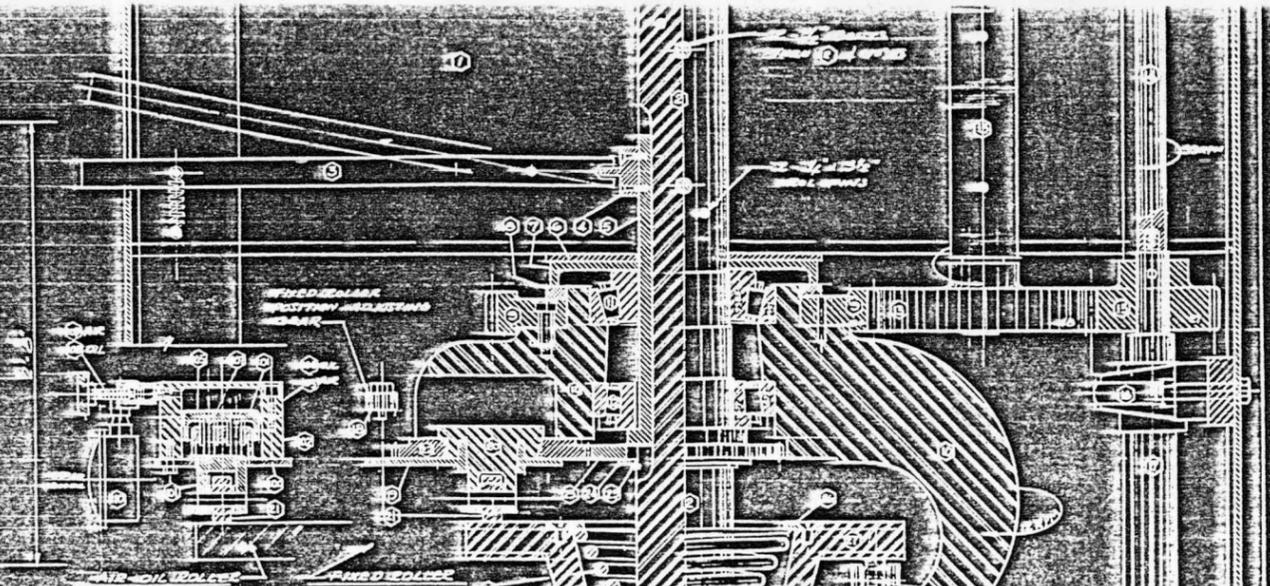
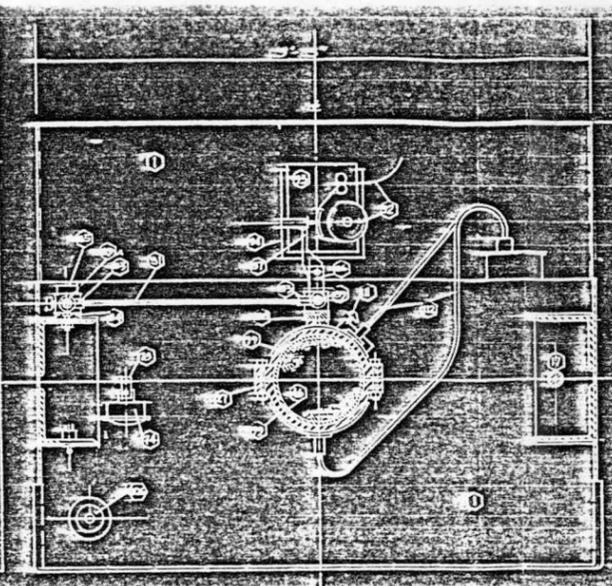
576

THIS DRAWING THE PROPERTY OF  
**ENGINEERING DEVELOPMENTS CO., INC.**  
 VINCENNES, INDIANA

CONDITIONALLY LOANED TO \_\_\_\_\_  
 WHO BY RECEIVING IT HAS AGREED NOT TO MAKE OR TO CAUSE TO BE MADE OR IN PART OR TO FURNISH INFORMATION FROM IT TO OTHERS, OR TO REPRODUCE OR TO USE IN ANY MANNER BE INJURIOUS TO THE ENGINEERING DEVELOPMENTS CO., INC. AND TO RETURN IT WITHIN THE TIME SPECIFIED.

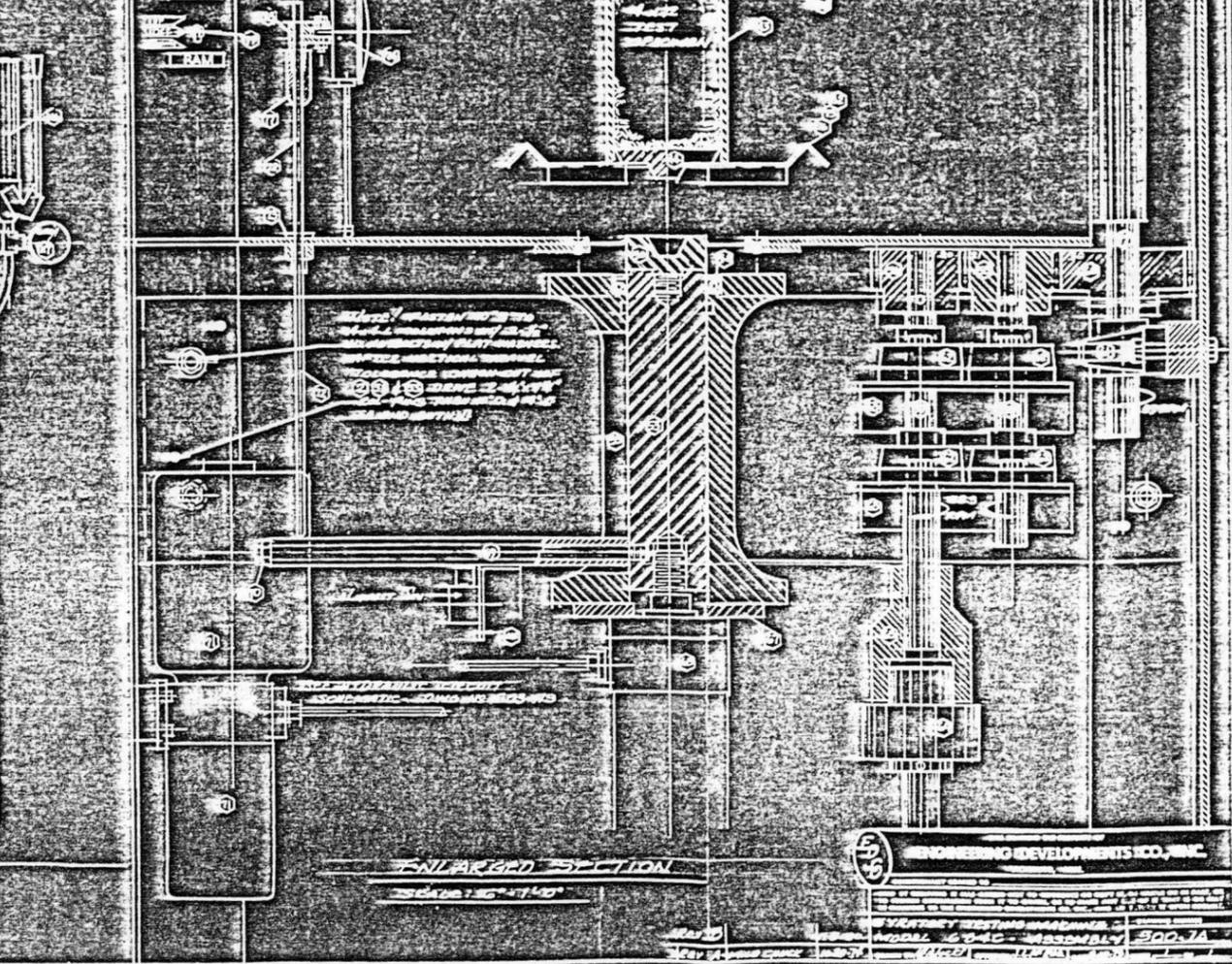
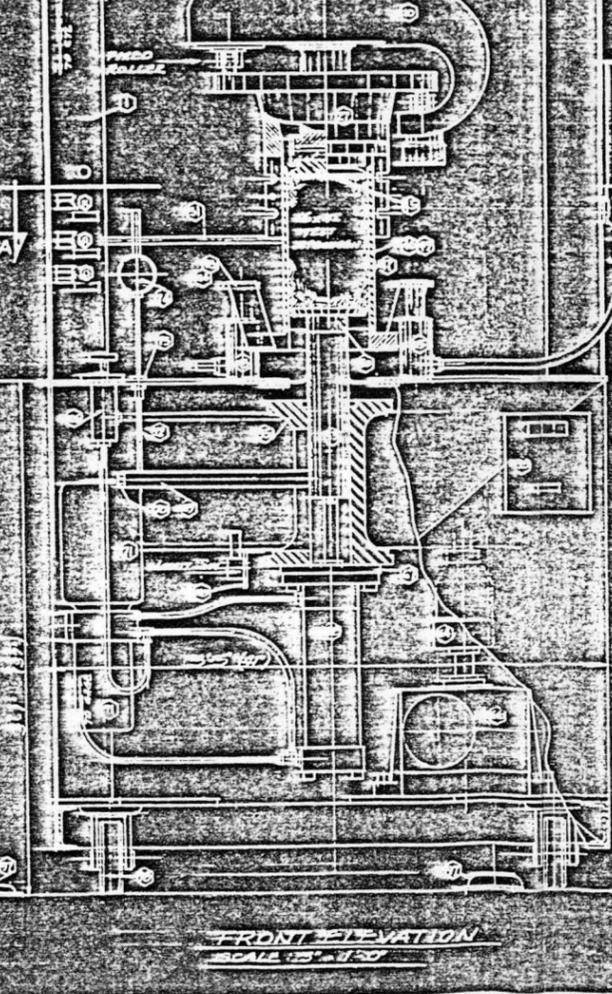
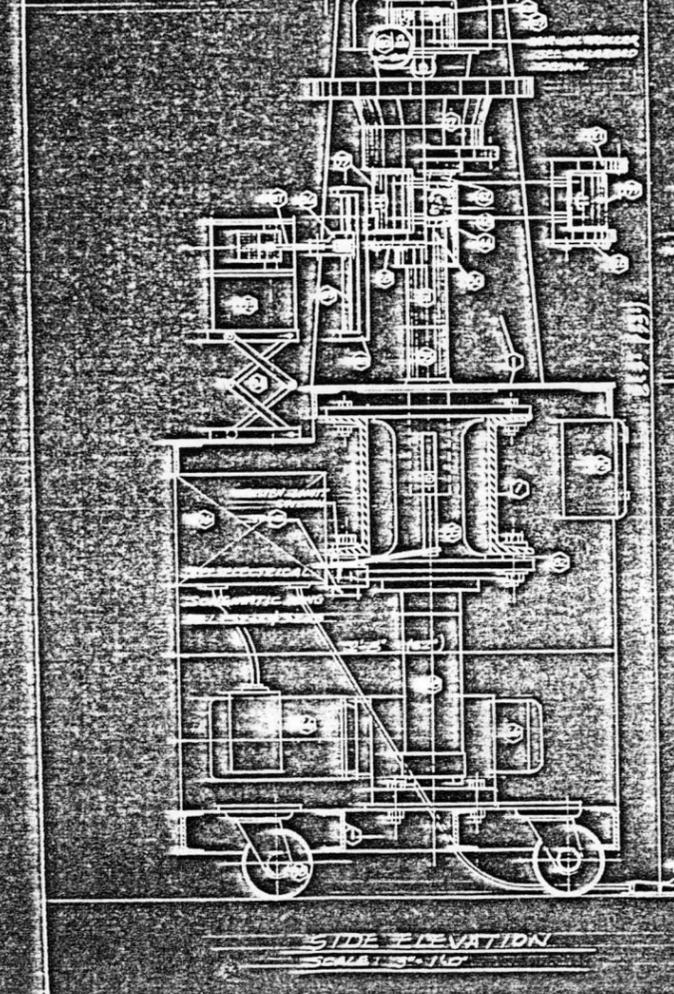
**GYRATORY TESTING MACHINE**  
 MOD. 4C & 6B-4C INSTRUMENTATION KIT **500-W1A**

1	500-1	PLATE	1	500-1	PLATE
2	500-2	TOP PLATE	2	500-2	TOP PLATE
3	500-3	KEY STOP	3	500-3	KEY STOP
4	500-4	CLUTCH KEY	4	500-4	CLUTCH KEY
5	500-5	TOP PLATE	5	500-5	TOP PLATE
6	500-6	KEY STOP	6	500-6	KEY STOP
7	500-7	CLUTCH KEY	7	500-7	CLUTCH KEY
8	500-8	CLUTCH KEY	8	500-8	CLUTCH KEY
9	500-9	CLUTCH KEY	9	500-9	CLUTCH KEY
10	500-10	CLUTCH KEY	10	500-10	CLUTCH KEY
11	500-11	CLUTCH KEY	11	500-11	CLUTCH KEY
12	500-12	CLUTCH KEY	12	500-12	CLUTCH KEY
13	500-13	CLUTCH KEY	13	500-13	CLUTCH KEY
14	500-14	CLUTCH KEY	14	500-14	CLUTCH KEY
15	500-15	CLUTCH KEY	15	500-15	CLUTCH KEY
16	500-16	CLUTCH KEY	16	500-16	CLUTCH KEY
17	500-17	CLUTCH KEY	17	500-17	CLUTCH KEY
18	500-18	CLUTCH KEY	18	500-18	CLUTCH KEY
19	500-19	CLUTCH KEY	19	500-19	CLUTCH KEY
20	500-20	CLUTCH KEY	20	500-20	CLUTCH KEY
21	500-21	CLUTCH KEY	21	500-21	CLUTCH KEY
22	500-22	CLUTCH KEY	22	500-22	CLUTCH KEY
23	500-23	CLUTCH KEY	23	500-23	CLUTCH KEY
24	500-24	CLUTCH KEY	24	500-24	CLUTCH KEY
25	500-25	CLUTCH KEY	25	500-25	CLUTCH KEY
26	500-26	CLUTCH KEY	26	500-26	CLUTCH KEY
27	500-27	CLUTCH KEY	27	500-27	CLUTCH KEY
28	500-28	CLUTCH KEY	28	500-28	CLUTCH KEY
29	500-29	CLUTCH KEY	29	500-29	CLUTCH KEY
30	500-30	CLUTCH KEY	30	500-30	CLUTCH KEY
31	500-31	CLUTCH KEY	31	500-31	CLUTCH KEY
32	500-32	CLUTCH KEY	32	500-32	CLUTCH KEY
33	500-33	CLUTCH KEY	33	500-33	CLUTCH KEY
34	500-34	CLUTCH KEY	34	500-34	CLUTCH KEY
35	500-35	CLUTCH KEY	35	500-35	CLUTCH KEY
36	500-36	CLUTCH KEY	36	500-36	CLUTCH KEY
37	500-37	CLUTCH KEY	37	500-37	CLUTCH KEY
38	500-38	CLUTCH KEY	38	500-38	CLUTCH KEY
39	500-39	CLUTCH KEY	39	500-39	CLUTCH KEY
40	500-40	CLUTCH KEY	40	500-40	CLUTCH KEY
41	500-41	CLUTCH KEY	41	500-41	CLUTCH KEY



SECTION A-A  
SCALE: 1/2" = 1"

ENLARGED SECTION  
SCALE: 1/2" = 1"



SIDE ELEVATION  
SCALE: 1/2" = 1"

FRONT ELEVATION  
SCALE: 1/2" = 1"

ENLARGED SECTION  
SCALE: 1/2" = 1"

ENGINEERING DEVELOPMENTS CO., INC.  
1000 ...  
NEW YORK ...  
MODEL 604C ASSEMBLY 500-1A  
REV. 11-19-50



# Engineering Developments Company Inc.

POST OFFICE BOX 1109

Telephone 638-2072

*Vicksburg, Mississippi 39180*

November 26, 1986



Saruon Khaur  
Ministere des Transport  
Laboratoire Central  
Complex Scientifique  
2700 rue Einstein  
Ste-Foy, QC  
GIP 3W8

Mr. Saruon Khauv:

Thank you for your letter of November 11 advising that the Gouvernement du Quebec, Ministere des Transports is interested in procurement of the EDCO Model 6B/4C/1 Gyrotory Testing Machine (GTM). We are pleased to comply with your expressed need for more information and are enclosing descriptive brochures.

The instrumentation work for the EDCO GTM is done by an electronics engineer who recently retired from the U.S. Army Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, where he spent many years in the Instrumentation Division. The workmanship and the hardware are of the highest quality of course.

The manufacturers suggested list price F.O.B. factory is \$72,051.49 with shipment scheduled 180 days after receipt of order.

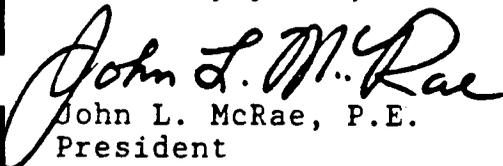
We try to better this shipping time if possible and generally ship well within this time limit. Our dealers, listed in the brochure, receive a discount on this list price and will be able to quote a price below the suggested list.

EDCO only quotes on custom built units in which we work directly with the customer to furnish special engineering features and services. However we can furnish engineering services to train your personnel at a service charge of \$50.00/hour for actual time in your laboratory plus travel and living expenses. If you desire this service please so request in your invitation to your bidders.

In the event any of your staff will be attending the December ASTM meeting in New Orleans, Louisiana, I'm enclosing a copy of a symposium program dealing with flexible pavements in which a paper by Brown, McRae and Crawley will include some of the latest developments in the application of the GTM.

Thank you for giving us the opportunity to serve you. We are informing our dealers of your interest by furnishing copies of this letter.

Sincerely yours,

  
John L. McRae, P.E.  
President

encl: as stated

cf: Hogentogler, Rainhart & Soiltest



# Engineering Developments Company Inc.

POST OFFICE BOX 1109

Telephone 638-2072

Vicksburg, Mississippi 39180

Memorandum for Pavement Engineers:

Engineering Developments Company announces a new improved Gyrotory Testing Machine (GTM). Enclosed is a brochure describing the new model 6B-4C-I and showing some actual test results. As illustrated, this new model incorporates modern instrumentation for easier testing and data reduction.

While the enclosed brochure deals with bituminous pavement, please note that the GTM is a combination compaction and shear testing machine for rational compaction and shear testing of soils and base course materials as well. For example see "Gyrotory Compaction Method for Determining Density requirements for Subgrade and Base of Flexible Pavements," U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Miscellaneous Paper No. 4-494.

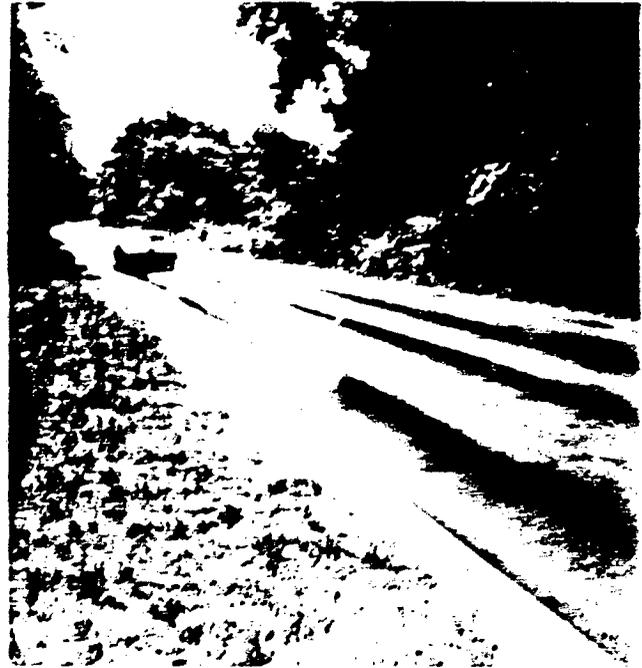
The enclosed page of photographs shows ruts in highway traffic lanes collecting water which creates traffic hazards and invites accelerated deterioration of the roadway because of ponding. Such rutting caused by traffic compaction, should be eliminated by requiring a density in the roadway that is based on laboratory compaction employing the anticipated design load and compacting to equilibrium under this stress. The GTM lends itself readily to adjust compaction requirements for changing design loads by introducing the design load and compacting to equilibrium. Note that optimum water content or optimum bitumen content as well as shear strength is determined simultaneously with the density.

With regard to fiscal responsibility in furnishing your testing facilities, justification for a substantial investment is apparent when one considers the magnitude of the investment in pavements. It is admittedly difficult to get a reliable average cost estimate for high quality bituminous pavements with costs soaring so, but it appears to be on the order of \$100,000 per mile and about half that for overlays. This means that the cost of a GTM is considerably less than the cost of one mile of pavement. This is an extremely modest investment in an engineering tool that when seriously applied, can do so much to insure the investment in pavements.

Current GTM owners can update their machines by installing a kit which will add the latest instrumentation to existing machines.

Some GTM owners have expressed interest in taking the GTM to the job site. EDCO can put the GTM in a mobile laboratory if you require it.

John L. McRae, P.E.  
President, EDCO



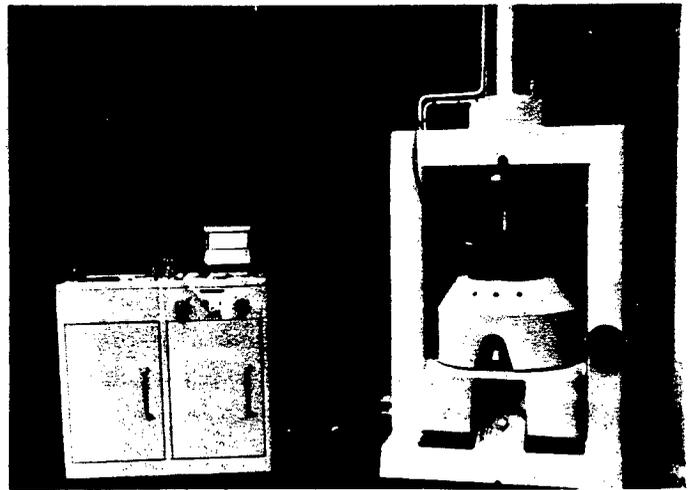
This rutting caused by traffic is the result of a combination of compaction and plastic flow. Such pavement failure could be avoided by using compaction requirements and a bitumen content reflecting a stable equilibrium condition under the design load as determined by the GTM.

<p>MATÉRIELS DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES</p>  <p>FRANCE</p>	<p><b>Presse de compactage à cisaillement giratoire</b></p> <p>40 MC</p>
--	--

**Appareil permettant l'étude de l'aptitude au compactage des mélanges bitumineux**

**APPLICATIONS**

- La presse à cisaillement giratoire sert :
- aux études de formulation des mélanges bitumineux dont le seuil supérieur de granularité peut atteindre 31,5 mm,
  - aux recherches de nouvelles formules,
  - aux recherches concernant le processus de compactage.



**CONDITIONS D'UTILISATION**

La presse est une machine exclusivement de laboratoire. Elle nécessite la présence d'appareils annexes tels que malaxeur, étuve, accessoires de dosage, démouleur, tant pour la préparation des mélanges à étudier que pour le démoulage des éprouvettes confectionnées. Le cycle de compactage est automatique et le fonctionnement n'impose pas nécessairement la présence permanente d'un opérateur.

- La presse peut réaliser les essais selon deux modes différents :
- à angle constant, généralement utilisé pour les études de compactage,
  - à effort d'inclinaison constant, utilisé pour des recherches particulières.

**PRINCIPE**

C'est un compactage continu et lent d'une éprouvette au sein d'une enceinte thermique régulée. L'axe de cette éprouvette décrit un cône dont le sommet est confondu avec l'extrémité inférieure de l'éprouvette, et le demi-angle au sommet est généralement choisi en fonction de l'essai.

Les matériaux introduits dans l'éprouvette sont soumis aux effets simultanés d'une faible compression statique et d'un pétrissage par cisaillement qui oriente les grains du squelette minéral.

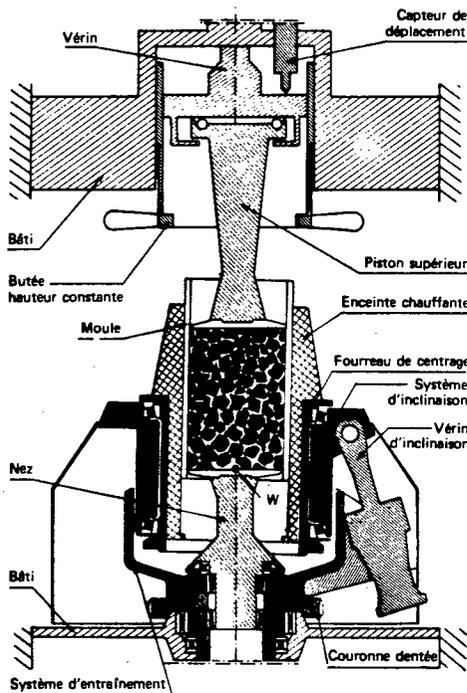
Ce processus permet d'obtenir des compacités très importantes avec une attrition minimale.

L'action de compactage est réalisée à température et vitesse de rotation constantes. Elle est suivie par l'enregistrement simultané en fonction du temps de la hauteur de l'éprouvette, de l'angle d'inclinaison, de la réaction à l'effet de pétrissage du mélange bitumineux mesurée dans un plan contenant l'axe de cône de pétrissage et l'axe de l'éprouvette.

**DESCRIPTION**

La machine se compose de deux modules :

- le module de commande comprenant :
  - un groupe hydraulique alimentant les vérins d'inclinaison de l'éprouvette et de compression statique,
  - un bloc électrique utilisé pour les commandes automatiques, le chauffage, l'alimentation des moteurs,
  - un ensemble électronique avec enregistreur graphique, régulateur de température, indicateur d'angle, compteur à présélection ; en option, système d'acquisition de données sur minicassette ou perforatrice ;



- le module d'essai, conçu selon la coupe schématique ci-contre, comprenant :
  - la tête mécanique de pétrissage du mélange bitumineux, équipée au choix de trois enceintes thermiques adaptées au diamètre des éprouvettes à confectionner,
  - le système de compression statique.

### CARACTÉRISTIQUES

	Module de commande	Module d'essai
Encombrement	l : 1,02 m	1,10 m
	p : 0,68 m	0,85 m
	h : 0,96 m	2 m
Masse	160 kg	750 kg
Puissance installée		5 kW

Autres caractéristiques selon le mode de fonctionnement retenu :

#### Mode à angle constant

La température, la vitesse de rotation, la compression statique, l'angle sont fixes pendant l'essai. Leurs valeurs peuvent être choisies de la façon suivante :

- température ..... 30 à 250 °C .....
- vitesse de rotation .. 6 ou 12 tr/min .....
- compression statique sur l'éprouvette en fonction du diamètre du moule
 

diam. 80 mm	P = 0 à 50.10 <sup>5</sup> Pa .....
diam. 120 mm	P = 0 à 22.10 <sup>5</sup> Pa .....
diam. 160 mm	P = 0 à 12,5.10 <sup>5</sup> Pa .....
- effort d'inclinaison  
lecture possible dans l'intervalle 0-700 daN .....
- angle d'inclinaison  
fixe, choisi dans l'intervalle 0-4° .....

#### Mode à effort d'inclinaison constant

La température, la vitesse de rotation, la compression statique, l'effort d'inclinaison sont fixes pendant l'essai. Leurs valeurs peuvent être choisies de la façon suivante :

- température ..... 30 à 250 °C
- vitesse de rotation .. 6 ou 12 tr/min
- compression statique sur l'éprouvette en fonction du diamètre du moule
 

diam. 80 mm	P = 0 à 50.10 <sup>5</sup> Pa
diam. 120 mm	P = 0 à 22.10 <sup>5</sup> Pa
diam. 160 mm	P = 0 à 12,5.10 <sup>5</sup> Pa

- effort d'inclinaison  
lecture possible dans l'intervalle 0-700 daN ..... fixe, choisi dans l'intervalle 50-700 daN
- angle d'inclinaison  
fixe, choisi dans l'intervalle 0-4° ..... lecture possible dans l'intervalle 0-4°
- fonctionnement totalement automatique dans les deux modes,
- acquisition au choix analogique ou numérique sur cassette ou sur perforatrice.

### PERFORMANCES

La presse permet d'étudier suivant l'Avant-projet de Mode opératoire : Essai de compactage à l'aide de la presse à cisaillement giratoire, deux formules de mélange bitumineux par jour.

*Pour tout renseignement complémentaire concernant*  
**LA PRESSE DE COMPACTAGE A CISAILLEMENT GIRATOIRE**  
 s'adresser au LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSÉES  
 58, boulevard Lefebvre – 75732 PARIS CEDEX 15 – Tél. : Paris (1) 532 31 79



\*\*\*\*\*

CONDITIONS COMMERCIALES

PROPOSITION No. 87136-404

\*\*\*\*\*

SOMMAIRE

-----

1. PRIX
2. DELAI D' OPTION
3. ENTREE EN VIGUEUR DU CONTRAT
4. CONDITIONS DE PAIEMENT
5. DELAI DE LIVRAISON
6. GARANTIE
7. EXPEDITION ET ASSURANCES
8. FORCE MAJEURE
9. CONFORMITE - DOCUMENTATION - SECRET
10. ARBITRAGE
11. LANGUE DU CONTRAT

### Article 1 - PRIX

Nos prix sont forfaitaires, fermes et non révisables pour une commande passée et entrée en vigueur avant l'échéance du délai d'option tel que défini à l'Article 2.

Ils s'entendent pour une livraison CIF MONTREAL (CANADA) selon la définition des INCOTERMS 1908, et excluent expressément tous impôts, taxes, droits, contributions ou autres prévus par la législation passée, présente ou à venir au CANADA en général et dans la Province du QUEBEC en particulier.

Nos prix, exprimés et payables en Francs Français (FRF) sont les suivants:

- a) Presse de Compactage à Cisaillement Giratoire:
- Matériel y compris transport CIF,  
mise ne service et formation : FRF 495 600
  - Démouleur adapté sur la P. C. C. G. : FRF 15 265
  - Six (6) moules de diamètre 120 mm : FRF 19 020
  - Lot de pièces de rechange : FRF 3 300
- b) Malaxeur thermorégulé de grande capacité:
- Matériel y compris transport CIF,  
mise en service et formation : FRF 315 900
  - Lot de pièces de rechange : FRF 8 400
- c) Table de compactage d'éprouvettes en plaques:
- Matériel y compris transport CIF,  
mise en route et formation : FRF 330 850
- d) Banc Gamma vertical:
- Matériel y compris source radio-  
active et transport CIF : FRF 759 200
  - Mission technique de formation et  
mise en service : FRF 105 950
  - Prix par personne pour participation  
au stage de formation à Angers : FRF 3 700

Les salaires et charges, frais de transport et d'hébergement du stagiaires seront à la charge du Client.  
La durée effective du stage est de 3 jours.

Les coûts de mise en service et de formation ont été calculés sur la base de missions indépendante à chaque équipement. Dans le cas où il y aurait la possibilité de regrouper lors d'une même mission, plusieurs mises en service et formations, MAP fera une proposition de rabais correspondante aux frais non engagés.

## Article 2 - DELAI D'OPTION

La présente proposition est valable pour une commande qui serait passée dans les conditions de cette offre et une entrée en vigueur (telle que définie à l'Article 3) intervenant dans un délai de trois mois à compter du 01.02.1987, soit avant le 1er mai 1987.

Passé ce délai, nous nous réservons le droit de revoir cette offre et d'en réviser les conditions d'établissement.

## Article 3 - ENTREE EN VIGUEUR DU CONTRAT

Le contrat entrera en vigueur après sa signature par les deux parties et l'accomplissement de l'ensemble des formalités suivantes:

- a. Obtention de l'accord de toutes les Autorités canadiennes et françaises.
- b. Obtention, le cas échéant, par l'Acheteur et à ses frais, de la licence d'importation et autres permis nécessaires.
- c. Réception par MAP de la notification de l'ouverture du Crédit Documentaire conforme à la clause 4.2.
- d. Réception par MAP de l'acompte à la commande représentant 30% (trente pour cent) du montant total du contrat, conformément à la clause 4.1.

## Article 4 - CONDITIONS DE PAIEMENT

Les modalités de paiement sont les suivantes:

- 4.1. Acompte à la commande:  
30 % (trente pour cent) du montant total du contrat, payable par virement bancaire au compte de MAP ouvert au:  
CREDIT INDUSTRIEL D'ALSACE ET DE LORRAINE (CIAL) - Agence de Mulhouse - 38, rue Franklin - 68200 MULHOUSE - FRANCE, sous le n° 715 011 290 78.  
Les frais éventuels occasionnés par ce virement bancaire sont à la charge de l'Acheteur.
- 4.2. Règlement du contrat:  
70 % (soixante dix pour cent) du montant total du contrat, payable par Crédit Documentaire irrévocable et confirmé par une banque française de notre choix.  
Payable à vue aux caisses de la banque confirmatrice, contre remise des documents suivants:  
- factures commerciales en trois exemplaires,

- certificat d'enlèvement / de prise en charge émis par le transitaire.

Le Crédit Documentaire aura une validité d'au moins douze mois, les frais d'ouverture et de confirmation étant à la charge de l'Acheteur.

#### Article 5 - DELAIS DE LIVRAISON

Les fournitures objet de notre offre sont livrables à compter de l'entrée en vigueur du contrat dans un délais de:

- 15 jours pour le malaxeur thermo-régulé, dans l'état actuel de nos stocks,
- 15 jours pour la table de compactage de plaques, dans l'état actuel de nos stocks,
- 15 jours à compter de la mi-mai 1987 pour la presse de compactage à scisaillement giratoire, dans l'état actuel de nos stocks et fabrications en cours,
- 11 mois pour le banc gamma vertical.

Il est à noter que le délai normal de livraison est de:

- 6 mois, pour un malaxeur thermo-régulé,
- 8 mois, pour une table de compactage,
- 9 mois, pour une presse de compactage à scisaillement giratoire.

La mise en route des équipements sera effectuée par l'un de nos spécialistes dans les 30 jours suivant la réception de la notification écrite émanant de l'Acheteur, de la mise à disposition du matériel après l'accomplissement par lui des formalités d'importation.

#### Article 6 - GARANTIE

Nos matériels sont garantis pour une durée de douze (12) mois à compter de la date de réception.

A l'achèvement de la mise en route, qui sera effectuée par un spécialiste de MAP, un certificat constatant la réception sera signé conjointement par l'Acheteur ou l'un de ses représentants et le représentant de MAP, pour attester que le matériel livré répond aux conditions de fourniture et de fonctionnement définies au contrat.

Si cette réception ne pouvait, pour une cause indépendante de MAP, être prononcée dans un délai maximal de trois (3) mois à compter de la date d'embarquement, elle serait réputée acquise de plein droit ainsi que tous les effets y afférent, à quatre vingt dix (90) jours de la date d'enlèvement à l'usine.

Notre garantie couvre les défauts de matière et de fabrication. Ces défauts doivent être signalés par écrit dans un délai de huit (8) jours à compter de leur constatation.

La garantie consiste en la réparation ou l'échange des pièces ou ensembles reconnus défectueux par MAP, à l'exclusion des frais de main d'oeuvre, et ne s'applique en aucun cas aux dommages résultant d'une erreur ou négligence dans l'utilisation de nos équipements, de leur emploi par du personnel non qualifié, d'entretien défectueux, d'usure normale, d'accidents ou d'un environnement impropre. Toute modification du matériel par l'Acheteur a pour effet d'annuler la garantie.

En aucun cas MAP ne saurait répondre des dommages de toute nature qui pourraient être causés directement ou indirectement par les équipements livrés, par leur utilisation ou par d'éventuels défauts.

#### Article 7 - EXPEDITION ET ASSURANCES

MAP informera l'Acheteur, par écrit, huit (8) jours avant la date prévue pour l'expédition du matériel, selon les coordonnées mentionnées dans le contrat.

La charge des risques de détérioration, de perte ou de vol des marchandises sera transférée à l'Acheteur dès la livraison. L'Acheteur devra par conséquent prendre toutes les assurances nécessaires pour la couverture de ces risques.

L'Acheteur prendra également toute garantie concernant le transport, depuis CIF, et la stockage de la source radioactive, conformément à la législation en vigueur dans son pays.

#### Article 8 - FORCE MAJEUR

Toutes les circonstances indépendantes de la volonté de MAP et en dehors de son contrôle intervenant après la conclusion du contrat et empêchant l'exécution dans des conditions normales sont considérées comme causes d'exonération des obligations de MAP. Sont indépendantes de notre volonté au sens de cette clause les circonstances qui ne résultent pas d'une faute de notre part, et notamment les circonstances telles que guerre, insurrection, catastrophes naturelles, tremblement de terre, incendie, embargo, conflit de travail, perturbation des moyens de transport ou de communication, rebut de pièces importantes, etc...

Il est entendu que, si MAP devait invoquer des circonstances telles que celles visées ci-dessus, il devrait avertir par écrit l'Acheteur aussi bien de leur intervention que de leur cessation.

Article 9 - CONFORMITE - DOCUMENTATION - SECRET

Le matériel livré sera conforme aux définitions données par le descriptif technique de la présente offre.

Toutefois, des raisons d'évolution technologique peuvent conduire à des améliorations ou des modifications de nos appareils qui ne sauraient être considérées comme des déviations majeures.

Les plans, schémas, croquis, notices communiqués à l'Acheteur restent notre propriété et ne peuvent être ni reproduits ni transmis à une tierce partie sans notre autorisation écrite préalable.

Article 10 - ARBITRAGE

Tout différend qui n'aura pu être réglé à l'amiable et qui naîtrait à l'occasion de la validité, de l'interprétation, de l'exécution et de la résolution ou de la résiliation total ou partielle de présent contrat sera tranché définitivement suivant le Règlement de Conciliation et d'Arbitrage de la Chambre de Commerce Internationale par un ou plusieurs arbitres nommés conformément à ce Règlement qui forme partie intégrante du contrat.

L'arbitrage aura lieu à GENEVE (SUISSE) en langue française. Le contrat sera régi et interprété suivant le droit suisse. La sentence sera sans appel et obligera les parties qui s'engagent à la mettre immédiatement à exécution sans soulever aucune réserve, exception ou opposition notamment dans leur propre pays.

En cas de litige à caractère technique, les parties conviennent d'avoir recours le cas échéant au Centre International d'Expertise Technique de la Chambre de Commerce Internationale conformément au Règlement d'expertise technique de cette Chambre, ses constatations ou recommandations étant définitives et obligatoires.

Article 11 - LANGUE DU CONTRAT

La langue du contrat est la langue française.

## ORNIEREUR

L'orniéreur se révèle utile pour la recherche de meilleures garanties de stabilité dans la formulation de mélanges bitumineux. La confrontation des résultats obtenus avec la presse giratoire et de ceux obtenus avec l'orniéreur peuvent servir à finaliser le choix d'une formule de mélange, par exemple.

En effet, la recherche de formules de mélanges peu sensibles à l'orniérage est un des projets principaux d'étude en laboratoire en ce moment. La simulation de l'influence de la circulation avec l'orniéreur est une des épreuves de laboratoire qui se rapproche le plus de la réalité. Cette étude peut être rendue plus efficace si on utilise, de concert, la presse giratoire et l'orniéreur. Cette dernière servira à sélectionner les formules les moins sensibles à l'orniérage pouvant être ensuite mises à l'essai sur l'orniéreur. Dans cette optique, l'orniéreur constitue un complément indispensable de la presse giratoire.

L'essai sur l'orniéreur a l'avantage de s'effectuer sous l'action de charges réelles susceptibles d'être imposées au futur revêtement. Le réglage des vérins appliqués sous la plaque de mélange et le réglage de la pression du pneu permet de soumettre l'échantillon à la majorité des charges qu'il aura supporter durant son temps de vie (cf schéma en annexe). On peut ajouter à l'essai d'orniérage simple des facteurs supplémentaires climatiques par exemple: en effet, l'appareil, par construction, permet la variation de la température de l'enrobé de 30 à 250°C et, grâce à une modification relativement simple, pourrait permettre d'opérer dans des conditions d'humidité variables.

La profondeur de l'ornière varie de façon semi-logarithmique en fonction du nombre de cycles dans le cas de mélanges peu orniérables et de façon doublement logarithmique pour les mélanges plus facilement orniérables. Cette observation facilite certaines extrapolations et une représentation graphique simple des phénomènes étudiés.

L'influence du liant sur les possibilités d'orniérage des mélanges bitumineux est importante. Certaines qualités du liant, sa dureté, ou sa susceptibilité thermique, doivent être comptées comme des facteurs importants d'orniérage. On peut tenter d'améliorer la qualité du liant en le modifiant par l'ajout d'additifs qui permettraient d'obtenir un enrobé moins orniérable. Cette sélection préalable des formules convenables peut encore être envisagée après une étude systématique des

propriétés d'une série de liants modifiés, à l'aide de la presse giratoire.

L'orniéreur est aussi un outil efficace pour l'étude de l'incidence de l'angularité sur la stabilité. On a pu montrer que l'introduction de sable non concassé ou de sable éolien dans certaines formules de mélanges avaient des effets très dommageables sur la stabilité. De la même façon, la notion d'un taux de remplissage limite des vides du squelette minéral apparaît comme un facteur important de stabilité. Une approche par la presse giratoire et un certain nombre d'essais sur l'orniéreur peuvent conduire à la correction des formules en cours d'élaboration.

Un certain nombre d'études plus spéciales sont rapportées dans la littérature et ont trait particulièrement aux enduits superficiels. Dans ce cas, l'utilisation de l'orniéreur peut être adaptée au couple enrobé-enduit en permettant essentiellement d'évaluer le risque de poinçonnage des granulats dans un support donné en fonction de sa formulation.

Ce survol rapide des possibilités d'utilisation de l'orniéreur montre qu'il forme en association avec le compacteur giratoire un binôme efficace qui permet d'appréhender, en laboratoire, les conditions qui prévalent sur le chantier de construction.

La description technique de l'appareillage qui remplirait au mieux les objectifs du Laboratoire Central se trouve placée en annexe de ce texte.

**ANNEXE B**

**DESCRIPTION ET DEVIS DU  
SIMULATEUR DE CIRCULATION  
(ORNIEREUR )**

adresse : 29, rue d'Ilfurth  
Spechbach-le-Bas  
F-68720 ILLFURTH

telephone: 89 25 40 62

télex: 881 251 F map

banque: SOGENAL - F-68300 Saint-Louis  
CIAL - F-68050 Mulhouse-Cedex

MINISTERE DES TRANSPORTS  
Complexe Scientifique  
2700, rue Einstein  
Ste FOY  
G1P 3W8 QUEBEC

A l'attention de Monsieur Saruon KHAUV

V. Réf.:

N. Réf.: SI/nl  
MAT/2139

Spechbach, le 20 novembre 1986

Monsieur,

Nous vous remercions pour votre demande de prix pour un ORNIEREUR que vous avez adressée à notre bureau en Suisse à l'attention de M. DE WILDER.

Nous profitons pour vous signaler que M. DE WILDER ne fait plus parti de notre personnel et que suite à une restructuration de la société MAP, tout le service commercial a été regroupé à notre adresse.

De ce fait, nous vous faisons parvenir une nouvelle offre pour un Orniéreur, y compris l'appareil de compactage, ainsi que la documentation s'y rapportant.

Nous vous y joignons de même quelques articles parus au Laboratoire Central des Ponts et Chaussées concernant les enrobés bitumineux avec les fiches techniques des appareils concernés qui font parti de notre programme de vente et de fabrication.

En espérant vous avoir été utile et en restant à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

MAP S.à.r.l.

J.C. SITIER

<p>MATÉRIELS DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES</p>  <p>FRANCE</p>	<p><b>Ornièreur</b></p> <p>70 MC</p>
--	--------------------------------------

**Matériel de laboratoire équipé de deux roues, chacune roulant sur une plaque de matériau dont on suit les dégradations**

**APPLICATIONS**

Le matériel permet d'étudier l'aptitude à l'orniérage de matériaux à liant bitumineux ou plus généralement hydrocarbonés et destinés aux couches de roulement ou de base.

Le matériel permet également d'étudier les enduits superficiels normaux ou anti-dérapants. Dans ce cas il est possible de faire dérapier latéralement la roue pour augmenter les effets d'arrachement.

**CONDITIONS D'UTILISATION**

L'essai se fait sur des plaques rectangulaires prélevées sur route puis sciées, ou sur des plaques fabriquées en laboratoire généralement à deux intensités de compactage à l'aide du compacteur à pneus de laboratoire.

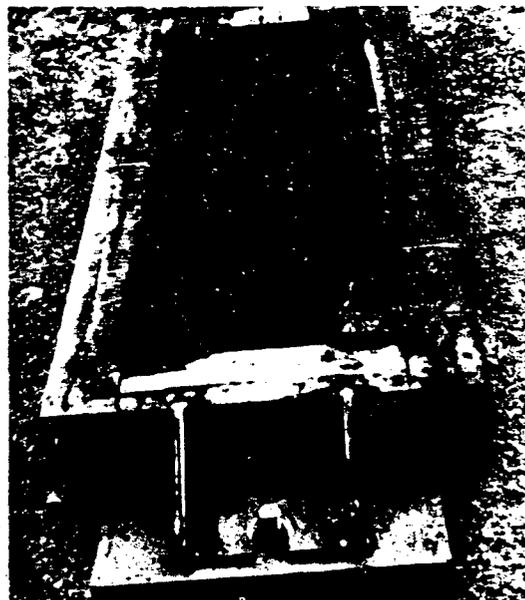
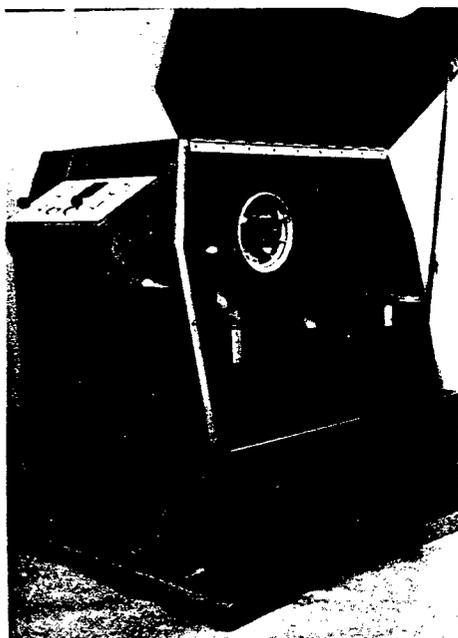
Un résultat est la moyenne de l'évolution de l'ornière constatée sur plusieurs éprouvettes ( $\geq 3$ ).

La température de l'essai doit être réglée et contrôlée.

Le nombre final de cycles est variable suivant les matériaux, la température, le but de l'étude.

**PRINCIPE**

Deux roues animées d'un mouvement alternatif, avec ou sans effet de dérapage, passent chacune sur une plaque de matériau dont on observe les dégradations. Les contraintes induites dans le matériau résultent de l'application d'une charge sur chacun des supports des éprouvettes.



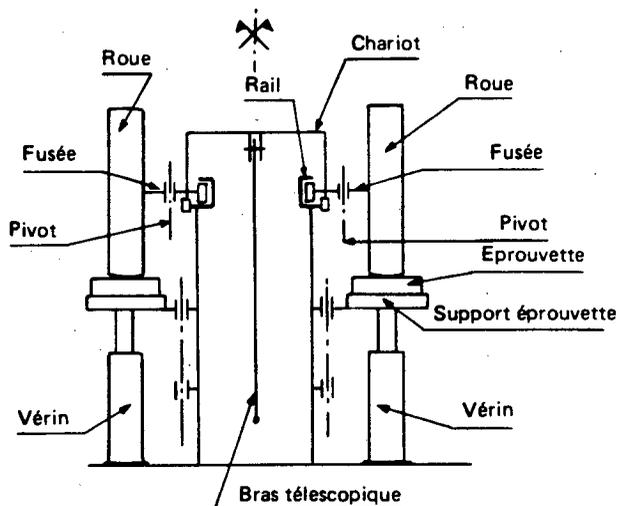
## DESCRIPTION

Le mouvement de rotation continu d'un groupe moto-réducteur est transformé en mouvement alternatif par un palier oscillant portant un bras télescopique, ce bras transmet son mouvement à un chariot mobile sur deux rails solidaires d'un bâti caréné.

Le chariot simule l'action d'un essieu de véhicule. Il porte deux roues, chacune montée sur une fusée articulée sur un pivot. Le plan moyen de chaque roue passe, pour une orientation nulle de son pivot, par l'axe longitudinal de l'éprouvette.

L'action de pression de chaque pneumatique sur le matériau est obtenue par la mise en charge d'un vérin agissant sur le support de l'éprouvette guidé sur le bâti.

Un système de chauffage par circulation d'air et régulateur maintient la température constante durant l'essai.



## CARACTÉRISTIQUES

Encombrement	longueur	1,30 m
	largeur	1,20 m
	hauteur	0,95 m
Masse		800 kg
Course longitudinale du chariot		0,35 m - 0,41 m - 0,45 m - 0,50 m
Puissance utile à l'entraînement du chariot		2,2 kW
Fréquence du mouvement		1 Hz
Nombre de roues		2
Inclinaison autour du pivot		0 à 10°
Charge maximale par roue		550 daN
Pression de gonflage maximale		$7 \cdot 10^5$ Pa
Fonctionnement à température variable réglable de		35 à 60 °C
Puissance installée pour le chauffage		3 kW
Encombrement de l'éprouvette	longueur	0,50 m
	largeur	0,18 m
	épaisseur minimale	0,02 m
	épaisseur maximale	0,10 m
Course du porte éprouvette		0,15 m
Présélection du nombre de cycles par compteur		
Commande et contrôle regroupés sur un pupitre		
Ensemble caréné et isolé muni de sécurités à l'ouverture des portes		
Service continu		

Pour tout renseignement complémentaire concernant  
L'ORNIÉREUR

s'adresser au LABORATOIRE CENTRAL DES PONTS ET CHAUSSEES  
58, boulevard Lefebvre - 75732 PARIS CEDEX 15 - Tél. : Paris (1) 532 31 79



**département matériels**  
mesures-appareils et produits pour le génie civil

adresse: 29, rue d'Ilfurth  
Spechbach-le-Bas  
F-68720 ILLFURTH  
telephone: 89 25 40 62  
téléc: 881 251 F map  
banque: SOGENAI - F-68300 Saint-Louis  
CIAI - F-68050 Mulhouse-Cedex

MINISTERE DES TRANSPORTS  
Complexe Scientifique  
2700, rue Einstein  
Ste Foy  
G1P 3W8 QUEBEC

A l'attention de Monsieur Saruon KHAUV

V. Réf.:

N. Réf.: SI/n1

Spechbach, le 20 novembre 1986

O F F R E N° MAT/1882

1. OBJET :

Fourniture d'un SIMULATEUR DE TRAFIC permettant d'étudier en Laboratoire l'aptitude à l'orniérage de matériaux à liant bitumineux.

L'appareil est composé de :

- le bâti de machine supportant les éléments
- le chariot simulant l'action d'un essieu de véhicule
- le moto-réducteur et le système transformant le mouvement de rotation continu en mouvement alternatif transmis au chariot
- les vérins pneumatiques transmettant aux deux tables porte-éprouvettes un effort de charge
- le système de chauffage par circulation d'air avec la régulation
- le tableau de commande électrique et pneumatique
- un dispositif adaptable sur le moyeu de l'orniéreur pour compacter l'enrobé sur place
- un lot de pièces de rechange suivant annexe.

2. DIMENSIONS ET POIDS :

1,3 x 1,2 x 0,95 m - Poids net : 800 kg  
Emballage : 1 caisse bois : 1,5 x 1,35 x 1,1 m - Poids brut : 950 kg

3. NOMENCLATURE DOUANIERE : 90 22 (NDP 90 22 50 00 M)

4. PRIX :

Le matériel comme décrit ci-dessus, sous emballage maritime avec protection physico-chimique, hors taxes et droits

d'importation au CANADA - FOB port français ..... FF 238.236,-  
- CIF Montréal ..... FF 243.736,-

---

SI/nl - Annexe Offre n° MAT/1882 - MINISTERE DES TRANSPORTS/QUEBEC -

---

A N N E X E :

## LISTE DE PIECES DE RECHANGE

- 2 Jante
- 1 Bandeau caoutchouc
- 4 Pneu
- 2 Chambre à air
- 1 Jeu de courroies.

M A P S.à.r.l.

J.C. SITTER

---

SI/nl - Offre n° MAT/1882 - MINISTERE DES TRANSPORTS/QUEBEC -

---

- 2 -

.../...

5. DELAI DE LIVRAISON :

Février 1987.

6. PAIEMENT :

A convenir.

7. GARANTIE :

Douze mois.

8. VALIDITE DE L'OFFRE :

31 Mars 1987.

Fait à Spechbach-le-Bas, le 20 novembre 1986  
Pour M A P S.à.r.l.

J.C. SITIER

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 199 223