



COMPACTAGE HVEEM MODIFIE  
pour briquettes de 6 po.  
de diamètre contenant des  
agrégats de grosseur supé-  
rieure à 3/4 de pouce

par

JEAN-ROBERT CHENARD

MICHEL COTE

LABORATOIRE CENTRAL DU MINISTERE DES TRANSPORTS

SERVICE DES SOLS ET MATERIAUX

COMPLEXE SCIENTIFIQUE

CANQ  
TR  
GE  
ST  
108



INTRODUCTION

Comme la plupart des méthodes actuellement connues pour l'analyse du béton bitumineux excluent les agrégats de gros-seur supérieur à 3/4 de pouce, nous avons pensé modifier la méthode de compactage Hveem, pour nous permettre surtout de déterminer en laboratoire la densité brute des mélanges répondant à ce genre de granulométrie.

Ici au Québec, ce genre de mélange est surtout utilisé comme couche de base sur la route transcanadienne.

Cette étude est concentrée sur la température de compactage et l'aspect mécanique du compacteur. Ce sont les deux principaux points qui varieront au cours des essais.

En annexe à cette étude vous trouverez une série de graphiques et de données comparant les différentes sortes de compactage et leurs influences. Ces essais furent réalisés dans nos laboratoires en 1965-66. ( page 14)



**Ministère des Transports**  
Centre de documentation  
930, Chemin Ste-Foy  
6e étage  
Québec (Québec)  
G1S 4X8

QTRD

GANQ

T.R

GE

ST

108

Caractéristiques du mélange utilisé.

	Tamis	% Cum. passant
Pierre concassée	1 1/2"	100
	1 "	92
	3/4 "	76
Gravier concassé	1/2 "	63
	3/8 "	55
	No. 4	42
Sable	8	35
	16	26
	30	17
	50	8
	100	4
	200	3

Bitume 85-100 4%

### Préparation des éprouvettes.

Les agrégats et le bitume furent portés à la température de malaxage de 300°F. et mélangés mécaniquement à l'aide d'un malaxeur Hobart model C 100.

Le mélange fut refroidi puis réchauffé pour nous permettre d'atteindre les deux différentes températures de compactage utiles à nos essais, soit 300°F et 230°F.

### Compactage du mélange.

Pétrir le mélange dans le moule au moyen d'une tige à bout arrondi, de 20 coups appliqués au centre de la masse puis 20 coups sur les bords. (ceci en deux couches).

Le compactage des éprouvettes est effectué au moyen d'un compacteur mécanique type électro-hydraulique Kneading, muni d'un pilon, dont la face a la forme d'un secteur de cercle qui aurait 6 pouces de diamètre. A chaque application du pilon on exerce une pression de 250 lbs/po.<sup>2</sup> pour les premiers 20 coups puis 150 coups à 500 lbs/po.<sup>2</sup>. Pour chaque application la pression est maintenue pendant 2/5 de seconde.

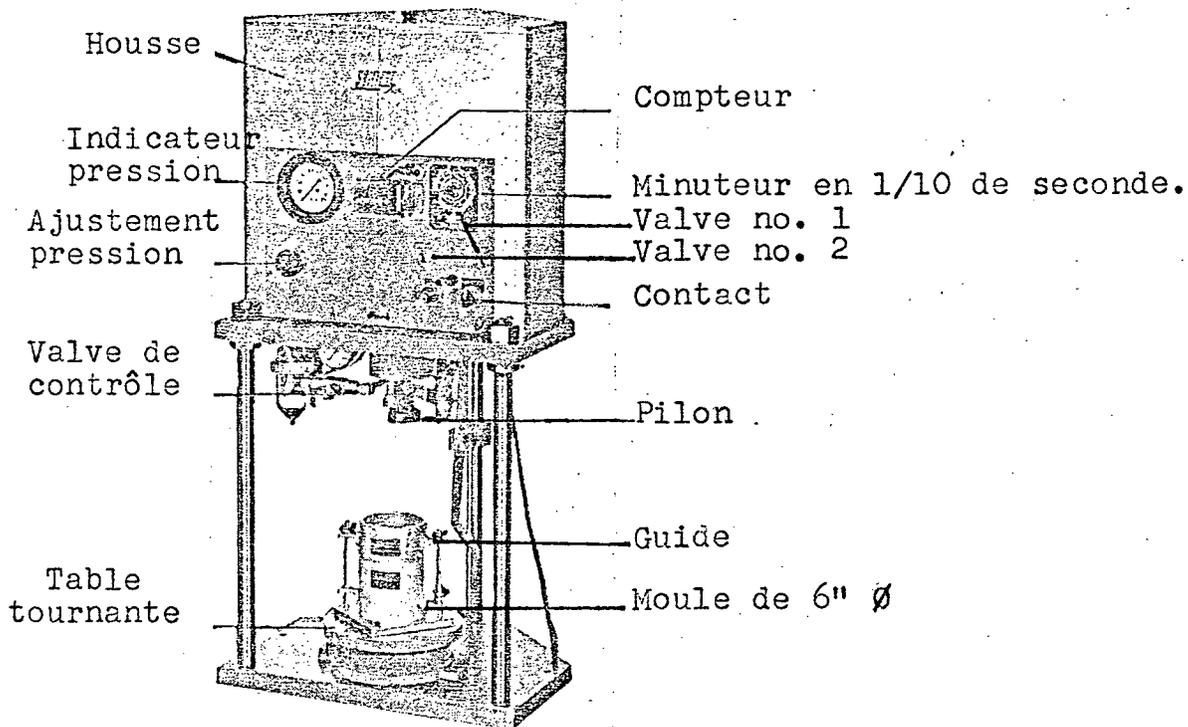
Pour éviter que le mélange adhère au pilon, celui est chauffé. Pour le compactage à 230°F. les moules furent chauffés à la température de compactage tandis que pour le compactage à 300°F., les moules ne furent pas chauffés.

Les moules et les éprouvettes sont refroidis à la température ambiante puis placés dans une étuve à 140°F, pendant 1 1/2 heure.

On applique ensuite une charge de 1000 lbs/ po<sup>2</sup>, soit 28,000 lbs pour niveler l'éprouvette et cette pression est relâchée immédiatement. A notre laboratoire cette charge est appliquée à l'aide d'une presse Carver.

COMPACTEUR ELECTRO HYDRAULIQUE KNEADING

Model CN-425 A



Pression d'air: Min. 70 psi.  
Max. 120 psi.

Electricité: 110 volts, 60 cycles,  
phase simple AC

Dimensions: 22" larg. 20" prof. 45" haut.

La seule différence entre les Groupe I et II fut la température de compactage: Groupe I 230°F, et le groupe II 300°F.

Chaque groupe comprend trois séries où seulement l'aspect mécanique du compacteur changé.

Série A pour les deux groupes:

Valve 1 ouverte, valve no. 2 fermée.

Série B, pour les deux groupes:

Valve no. 2 ouverte pour les 20 coups à 250 lbs/po.<sup>2</sup>

Valve no. 2 fermée pour les 150 coups à 500 lbs/po.<sup>2</sup>

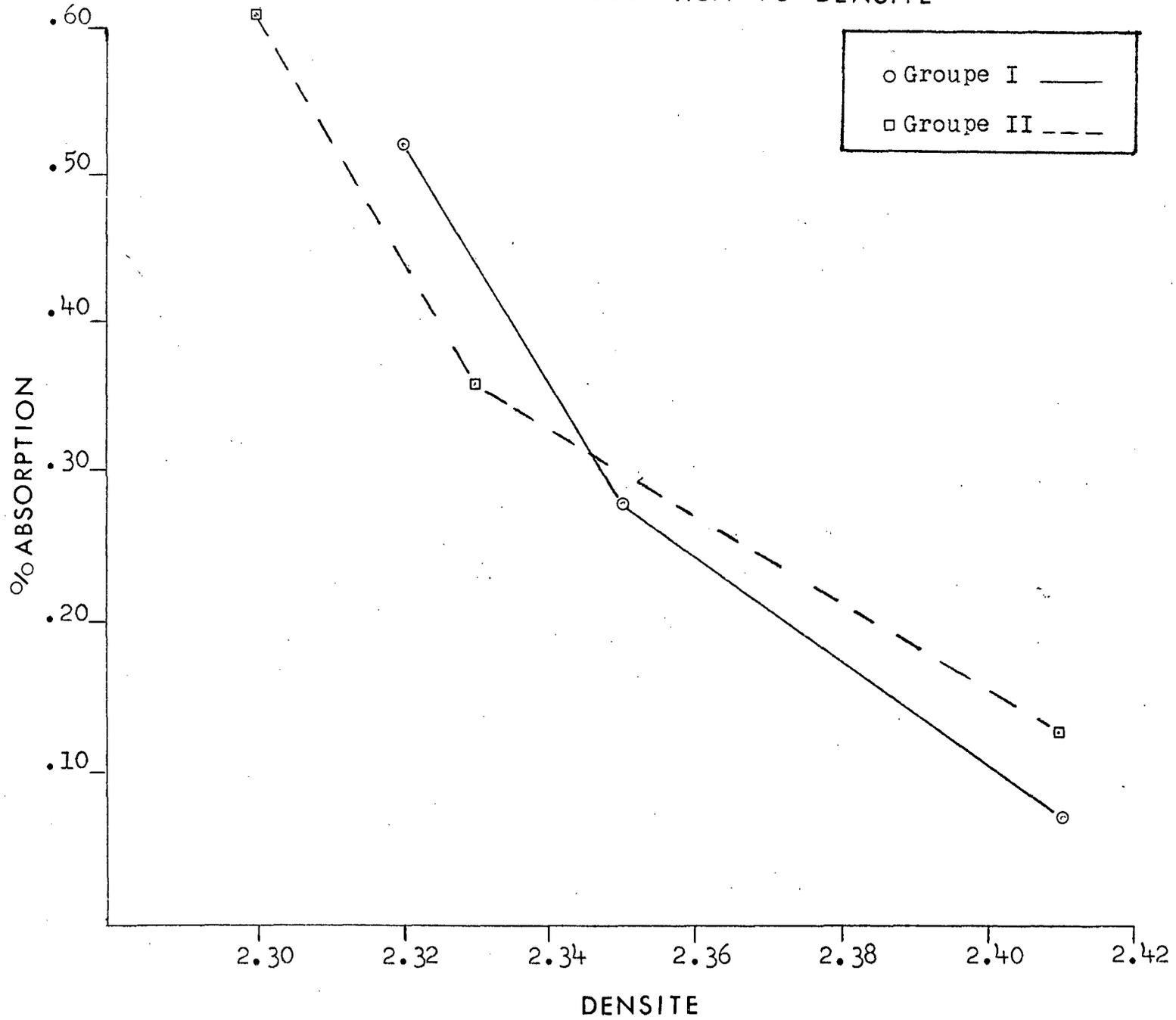
Valve no. 1 ouverte.

Série C, pour les deux groupes:

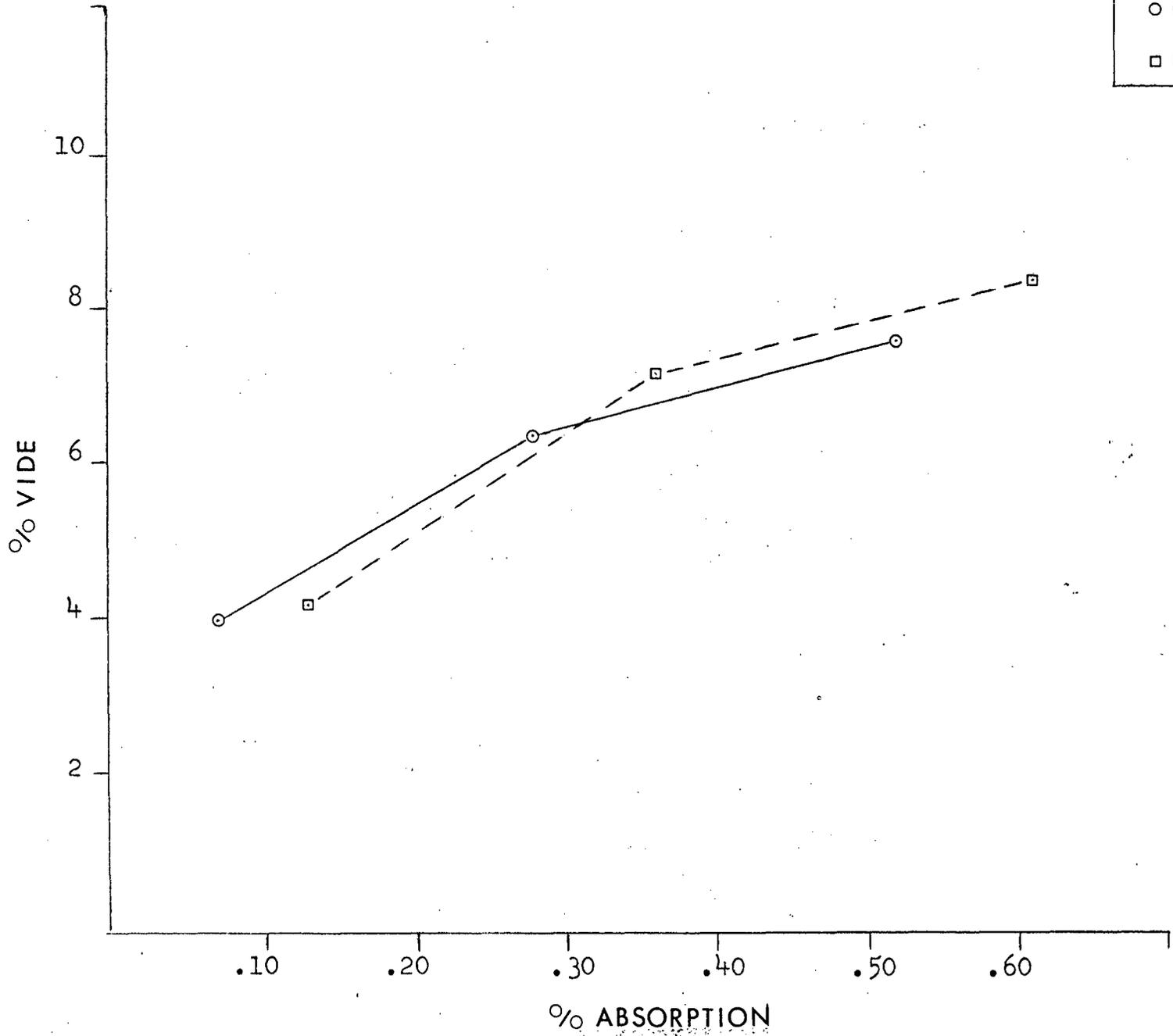
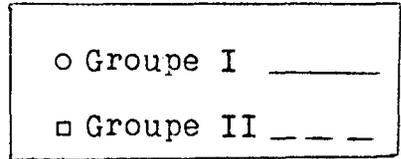
Valve no. 2 et 1 ouvertes.

Séries	GROUPE I				GROUPE II			
	Densité Bulk	Densité Maximum	% Vide	% Absorp- tion	Densité Bulk	Densité Maximum	% Vide	% Absorp- tion
A	2.32	2.51	7.6	.52	2.30	2.51	8.4	.61
B	2.35	2.51	6.4	.28	2.33	2.51	7.2	.36
C	2.41	2.51	4.0	.07	2.41	2.51	4.2	.13

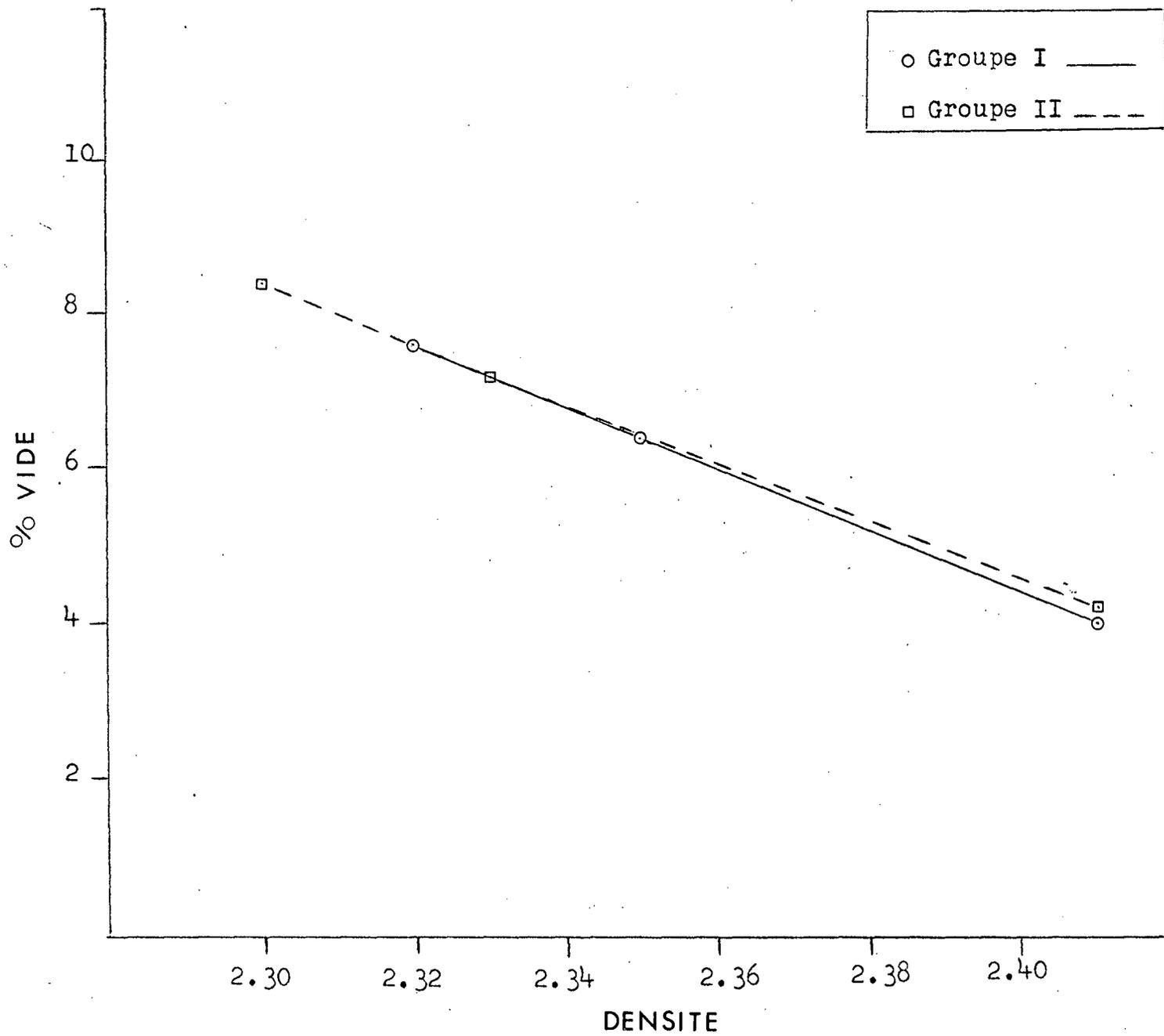
% ABSORPTION VS DENSITE



% ABSORPTION VS % VIDE



DENSITE VS % VIDE



### Observations

Sur plusieurs échantillons la surface en contact avec le pilon est légèrement inclinée ce qui fait varier la hauteur de l'échantillon; cela est dû principalement aux pierres de grosseur 3/4" et 1" dans le mélange.

La surface des échantillons compactés à 300°F. est plus ouverte que celle compactées à 230°F.

A mesure que la densité augmente, la surface compactée de l'éprouvette devient plus fermée.

Nous avons aussi fait varier la pression au compactage, la charge pour niveler la surface de l'éprouvette, la température à laquelle on applique cette charge. Ces résultats sont contenus dans le tableau de la page 12.

### Conclusion:

Après tous ces essais nous arrivons aux conclusions suivantes:

A la température de compactage de 230°F. la densité bulk est supérieure à celle de 300°F. et le % d'absorption est toujours moindre.

Pour l'analyse de ce genre de mélange, à l'aide du compacteur Kneading, la méthode décrite à la page 3 et tout en gardant sur le compacteur les valves 2 et 1 ouvertes, devrait être utilisée.

Pression compactage	Charge lbs/po <sup>2</sup>	Températures		Densités		% Vide
		compactage OF.	charge OF.	Bulk	Maximum	
aucune	28,000	-----	300	2.26	2.49	9.2
250-500	28,000	300	250	2.28	2.49	8.4
250-500	1,000	300	250	2.29	2.49	8.0
250-500	28,000	300	140	2.31	2.49	7.2
300-600	28,000	300	140	2.33	2.49	6.4
250-500	28,000	230	140	2.36	2.49	5.2

Note: Ces essais ont été exécutés sans faire varier les valves 1 et 2 du compacteur. Densité maximum est le résultat moyen de 21 résultats.

Recommandations:

Cette méthode demande beaucoup d'attention de la part de l'exécutant et par expérience, on peut dire que les résultats peuvent s'en ressentir.

Le % de pierre fractionné lors du compactage augmente avec le compactage. Cette pierre de grosseur supérieur à 3/4", étant prise dans un moule de 6 pouces de diamètre le mélange ne peut se placer aussi facilement que sur la route, où nous croyons que le % de pierre fractionnée est beaucoup moindre.

## Références:

Méthode d'étude des Mélanges routiers à base de bitume préparé et posés à chaud.  
The Asphalt Institute.

Variation de la densité Bulk; % de vide, stabilité et fluidité Marshall, lorsque l'on fait varier l'épaisseur de la briquette et l'appareil employé pour compacter.

#### PROCEDE

La granulométrie, le % de bitume et la température de compactage étaient les mêmes pour toutes les briquettes. Cette température était de 285°F. ± 5°F. On sait que l'essai Marshall demande une briquette de 2 1/2" d'épaisseur. Trois groupes de cinq personnes ont fabriqué ces briquettes à des épaisseurs différentes, et on employés trois méthodes de compactage, soit Marshall manuel (75 coups de chaque côtés) Marshall mécanique (60 coups de chaque côtés) et le compacteur Hveem.

#### RESULTATS

Disons d'abord que le facteur humain est assez grand car entre les membres d'une même équipe on trouve des variations allant jusqu'à 10% dans la détermination du % de vide. Cette variation se reflètera donc sur la densité bulk et la Stabilité Marshall.

Pour le tracé des courbes, les résultats qui s'éloignaient trop de l'ensemble furent rejetés.

D'après l'ensemble des résultats on peut dire que le compacteur automatique donne une meilleure compaction que le compacteur manuel et ce dernier donne un meilleur compactage que le compacteur Hveem. Ceci peut être constaté par les résultats de densité Bulk, % de vide et stabilité Marshall.

Pour la densité Bulk: Différence entre automatique et manuel est de 0.01.

La différence entre manuel et Hveem est de 0.01 pour les briquettes de 1" à 1 1/2" de 0.02 pour briquettes de 1 1/2" à 2" et augmente de 0.03 à 2 1/2" d'épaisseur.

Evidemment ceci va influencer le % de vide. Chaque variation de 0.01 dans la densité bulk amène une variation de 0.4 dans le % de vide. Quant à la stabilité, on peut conclure qu'elle diminue avec une augmentation du % de vide, mais que cette augmentation soit de 0.4 ou 0.8 la variation de stabilité est sensiblement la même soit environ 400.

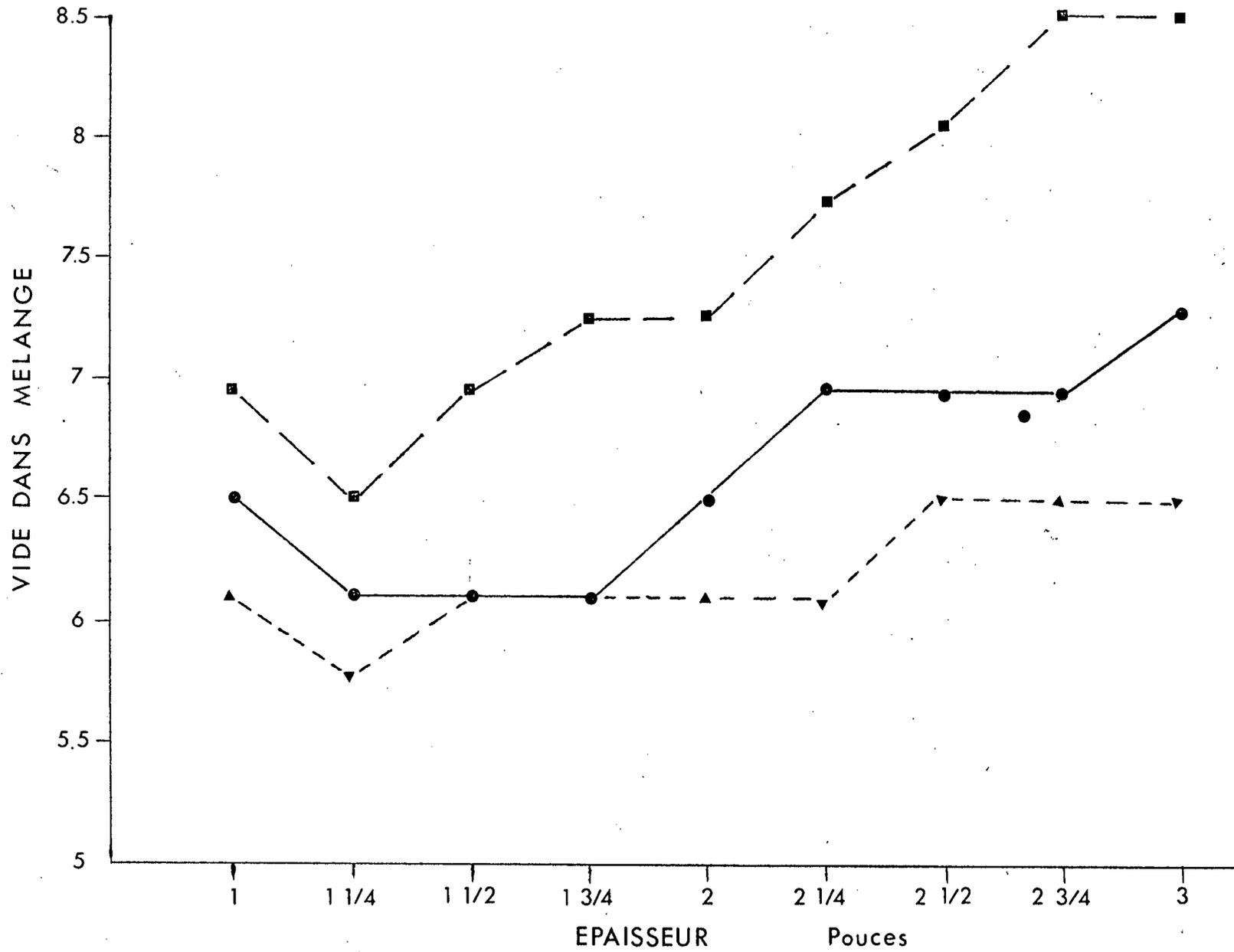
Résultats suivant l'épaisseur de la briquette:

De 1" à 1 1/4": la densité bulk augmente, % de vide diminue, et la stabilité Marshall augmente. Par la suite plus la briquette épaisit les propriétés diverses se manifestent.

EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS % DE VIDE DANS MELANGE

Epaisseur	● <u>Compactage manuel</u>	▲ <u>Mécanique</u>	■ <u>Hveem</u>
1"	6.5	6.1	6.9
1 1/4"	6.1	5.7	6.5
1 1/2"	6.1	6.1	6.9
1 3/4"	6.1	6.1	7.3
2"	6.5	6.1	7.3
2 1/4"	6.9	6.1	7.7
2 1/2"	6.9	6.5	8.1
2 3/4"	6.9	6.5	8.5
3"	7.3	6.5	8.5

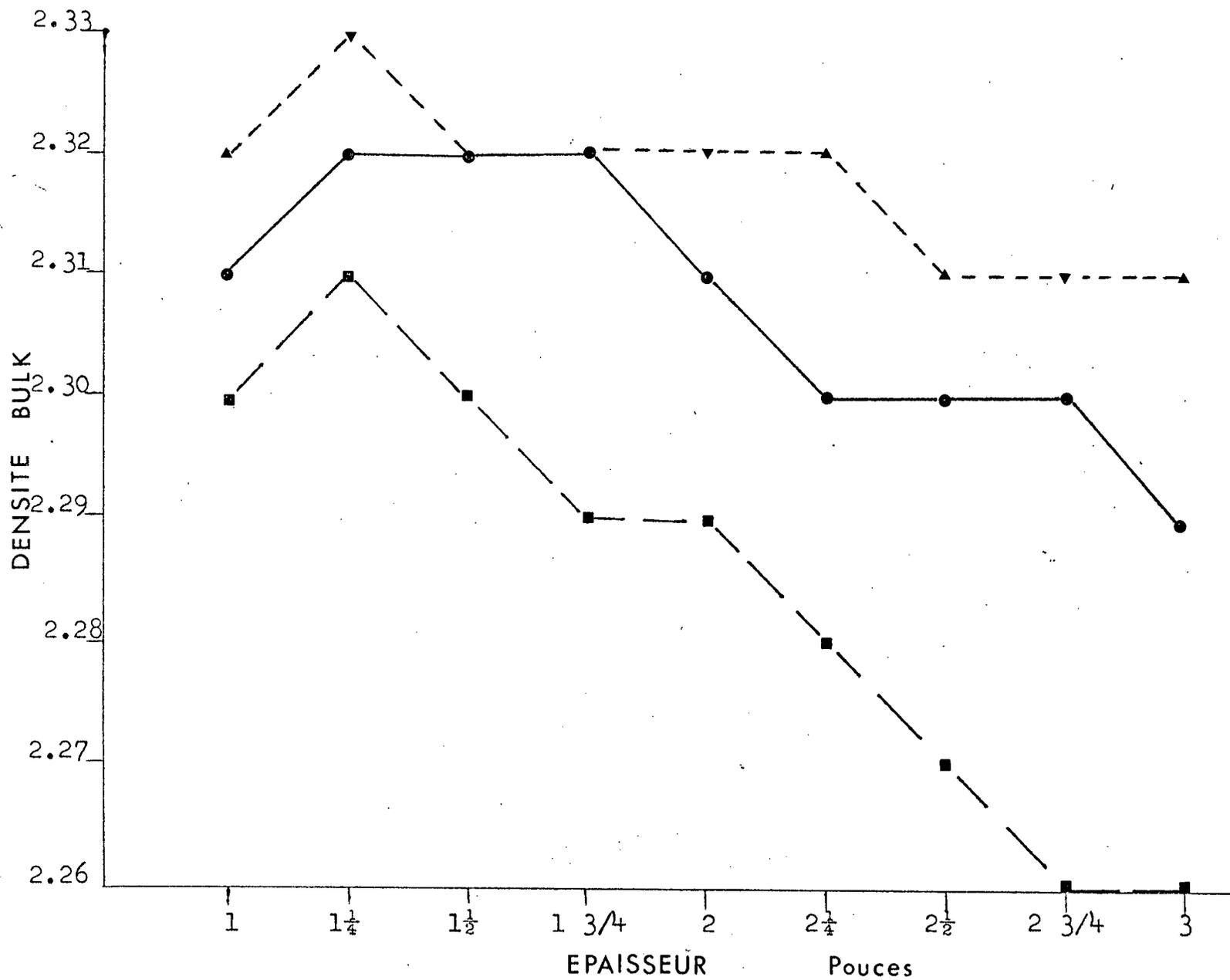
# EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS VIDE DANS MELANGE



EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS DENSITE BULK

Epaisseur	<u>● Compactage manuel</u>	<u>▼ Automatique</u>	<u>■ Hveem</u>
1"	2.307	2.320	2.304
1 1/4"	2.318	2.326	2.306
1 1/2"	2.322	2.322	2.297
1 3/4"	2.317	2.323	2.297
2"	2.313	2.321	2.285
2 1/4"	2.299	2.315	2.278
2 1/2"	2.299	2.308	2.271
2 3/4"	2.295	2.308	2.261
3"	2.293	2.308	2.260

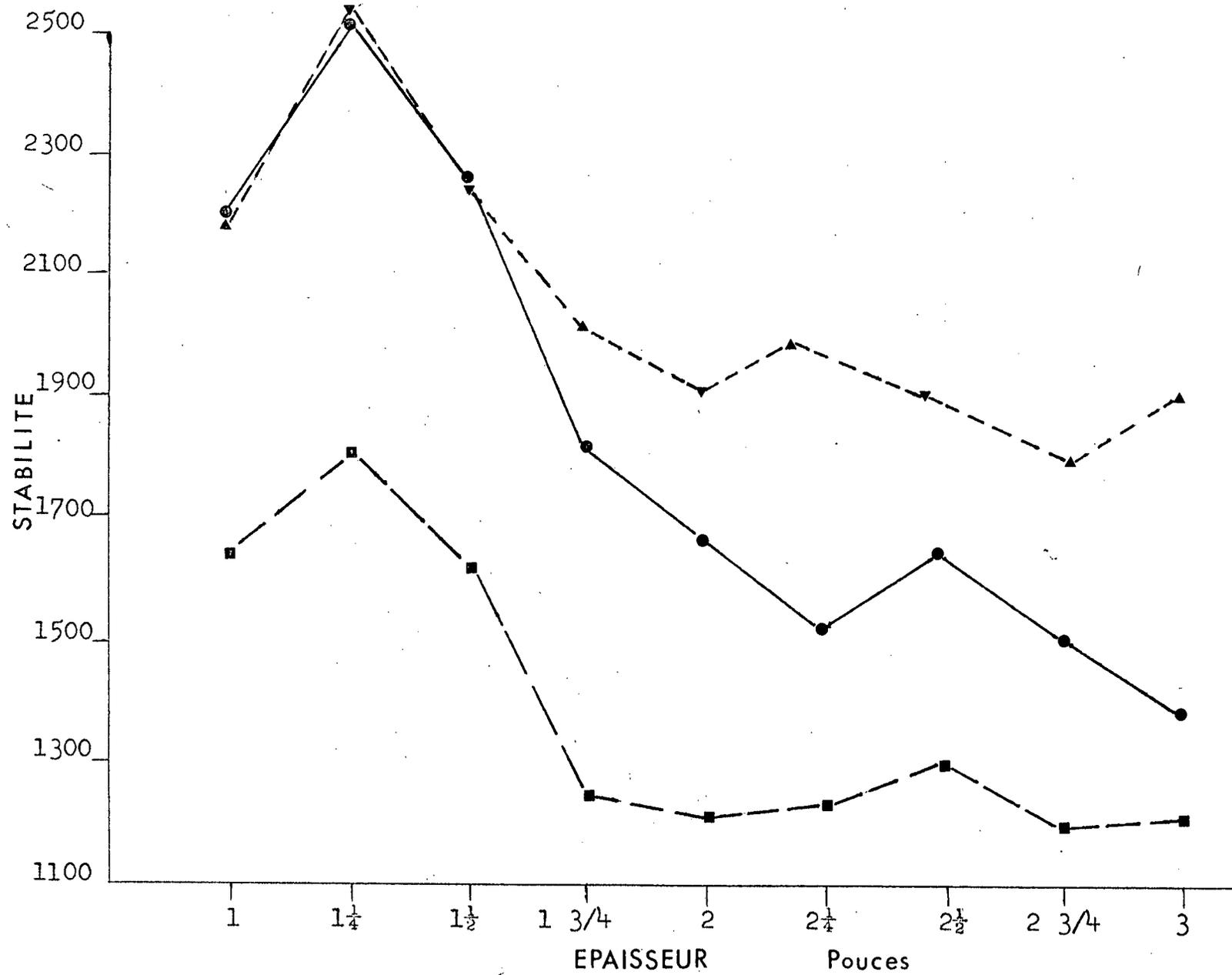
# EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS DENSITE BULK



EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS STABILITE MARSHALL

<u>Epaisseur</u>	<u>● Compactage manuel</u>	<u>▼ Mécanique</u>	<u>■ Hveem</u>
1"	2253	2202	1665
1 1/4"	2503	2529	1796
1 1/2"	2285	2248	1621
1 3/4"	1819	2080	1269
2"	1684	1972	1192
2 1/4"	1541	2012	1229
2 1/2"	1664	1976	1295
2 3/4"	1509	1825	1180
3"	1480	1920	1204

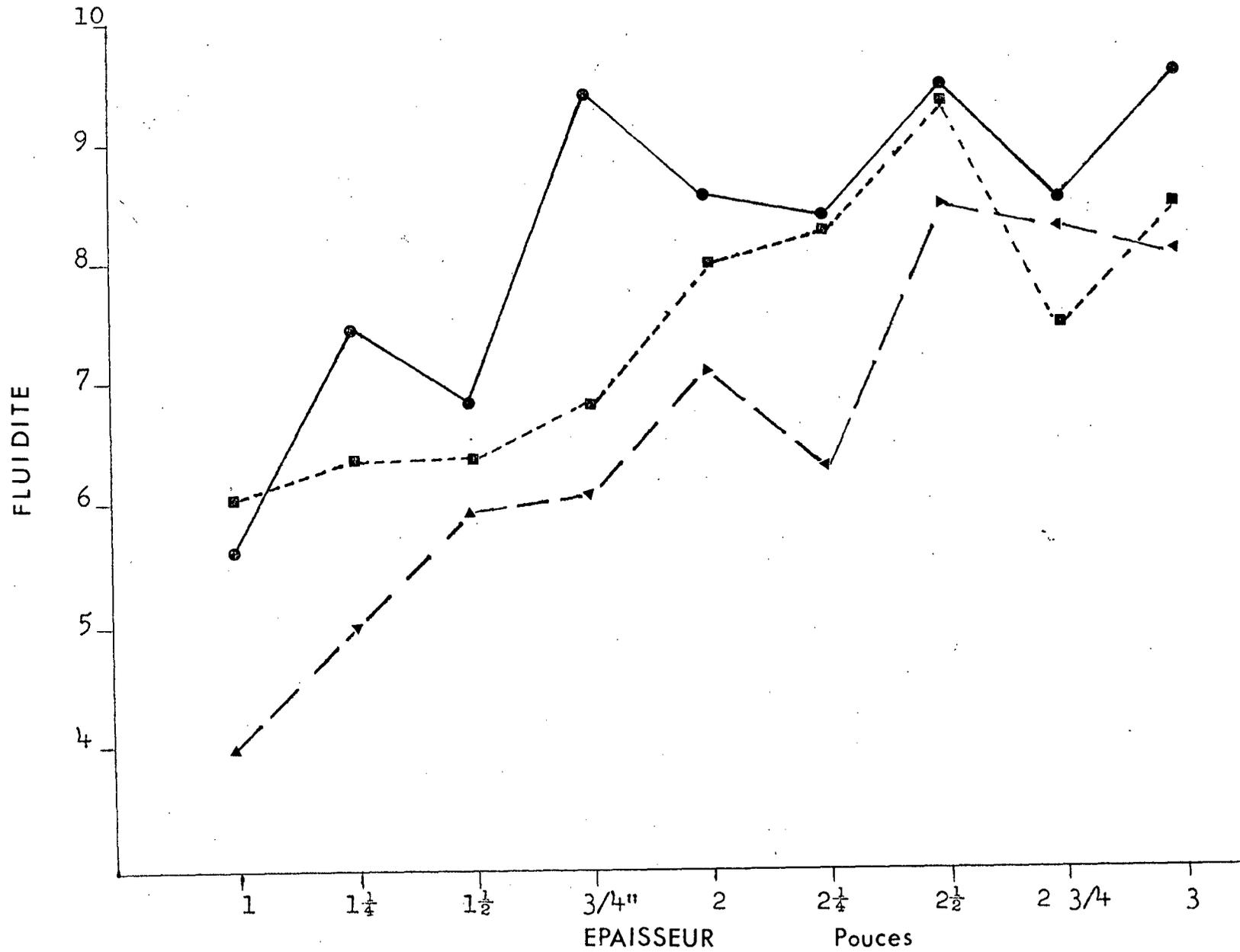
# EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS STABILITE



EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS FLUIDITE MARSHALL

Epaisseur	Fluidité		
	<u>● Compactage manuel</u>	<u>▼ Mécanique</u>	<u>■ Hveem</u>
1"	5.6	4.0	6.1
1 1/4"	7.4	5.0	6.4
1 1/2"	6.8	5.9	6.4
1 3/4"	9.4	6.1	6.8
2"	8.6	7.1	8.0
2 1/4"	8.4	6.3	8.3
2 1/2"	9.5	8.5	9.4
2 3/4"	8.6	8.3	7.5
3"	9.6	8.2	8.5

# EPAISSEUR DE LA BRIQUETTE VS FLUIDITE MARSHALL



Influence de la température de compactage, lors de l'essai Marshall sur la densité bulk, stabilité et fluidité.

#### PROCEDE

Cinq techniciens différents ont fait l'expérience au complet soit: préparation des échantillons, quatre briquettes pour chacune des 13 températures avriant de 150°F. à 350°F. détermination de la densité maximum, densité bulk, stabilité et fluidité, et granulométrie.

#### RESULTATS

La densité bulk varie presque suivant une droite de 2.24 à 2.31 entre 150°F et 270°F.. Entre 270 et 325°F. nous obtenons un palier à 2.31 puis la courbe reprend pour atteindre 2.32 à 350°F.. La température recommandée pour l'essais Marshall est de 285 ± 5°F. Pour ce qui regarde la densité bulk la température pourrait varier entre 270 et 325°F. sans affecter le résultat.

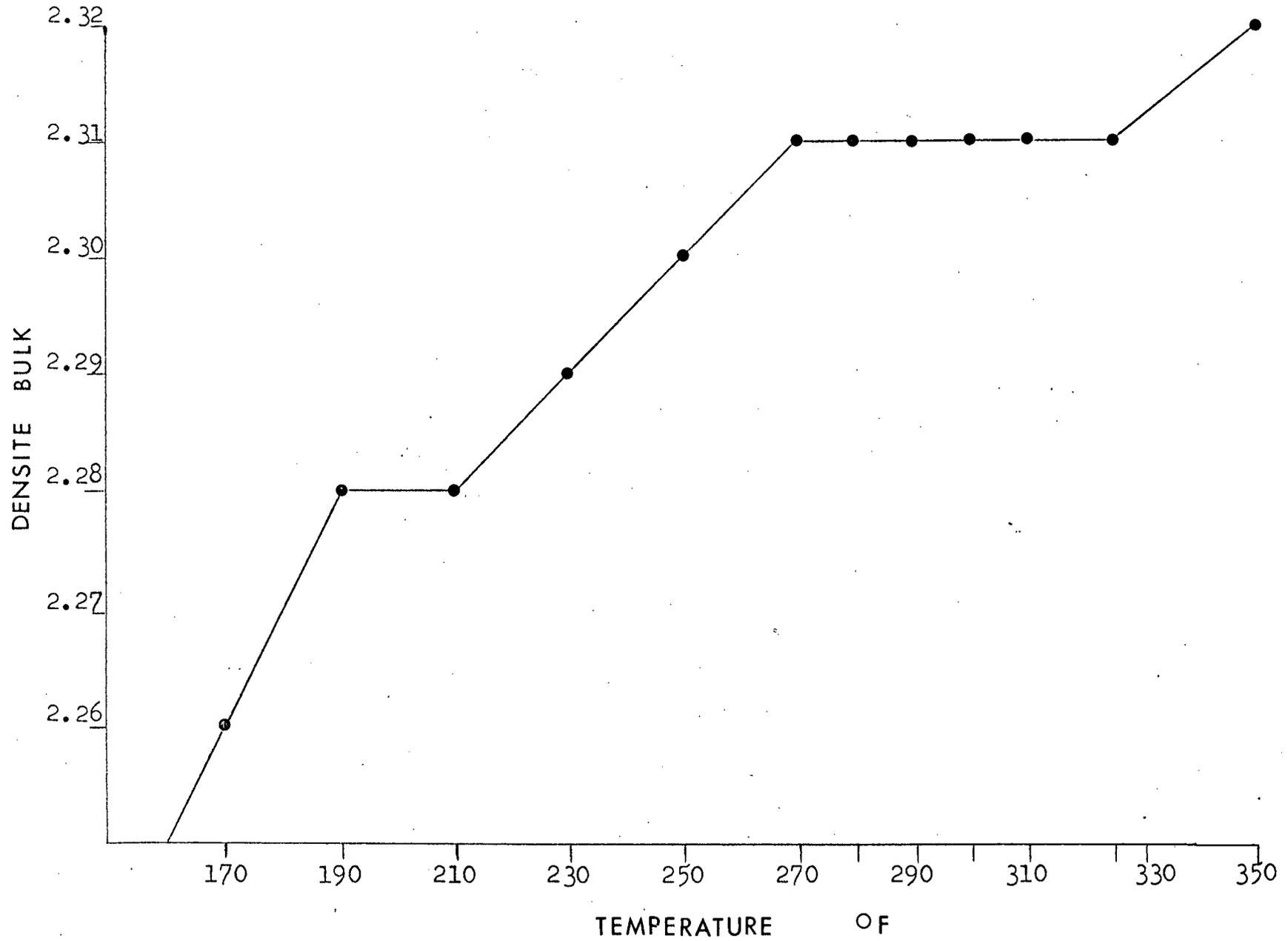
Pour ce qui est de la stabilité, nous obtiendrons presque une droite et la valeur est de 739 à 150°F. et de 2612 à 350°F. à 285°F. nous avons une valeur de 1990 et une variation dans la température de seulement 5% amène déjà une variation de 1.2%. Par conséquent pour ce qui regarde la stabilité, il est donc très important que la température de compactage soit la plus près possible de 285°F.

La fluidité varie aussi entre 5.8 et 9.3, mais ici la cour-  
be est régulière. Ces résultats sont assez difficiles à expliquer.

TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS DENSITE BULK

Température	Densité Bulk	Température	Densité Bulk
150°F.	2.236	280°F.	2.310
170°F.	2.259	290°F.	2.308
190°F.	2.277	300°F.	2.306
210°F.	2.283	310°F.	2.311
230°F.	2.294	325°F.	2.313
250°F.	2.302	350°F.	2.317
270°F.	2.304		

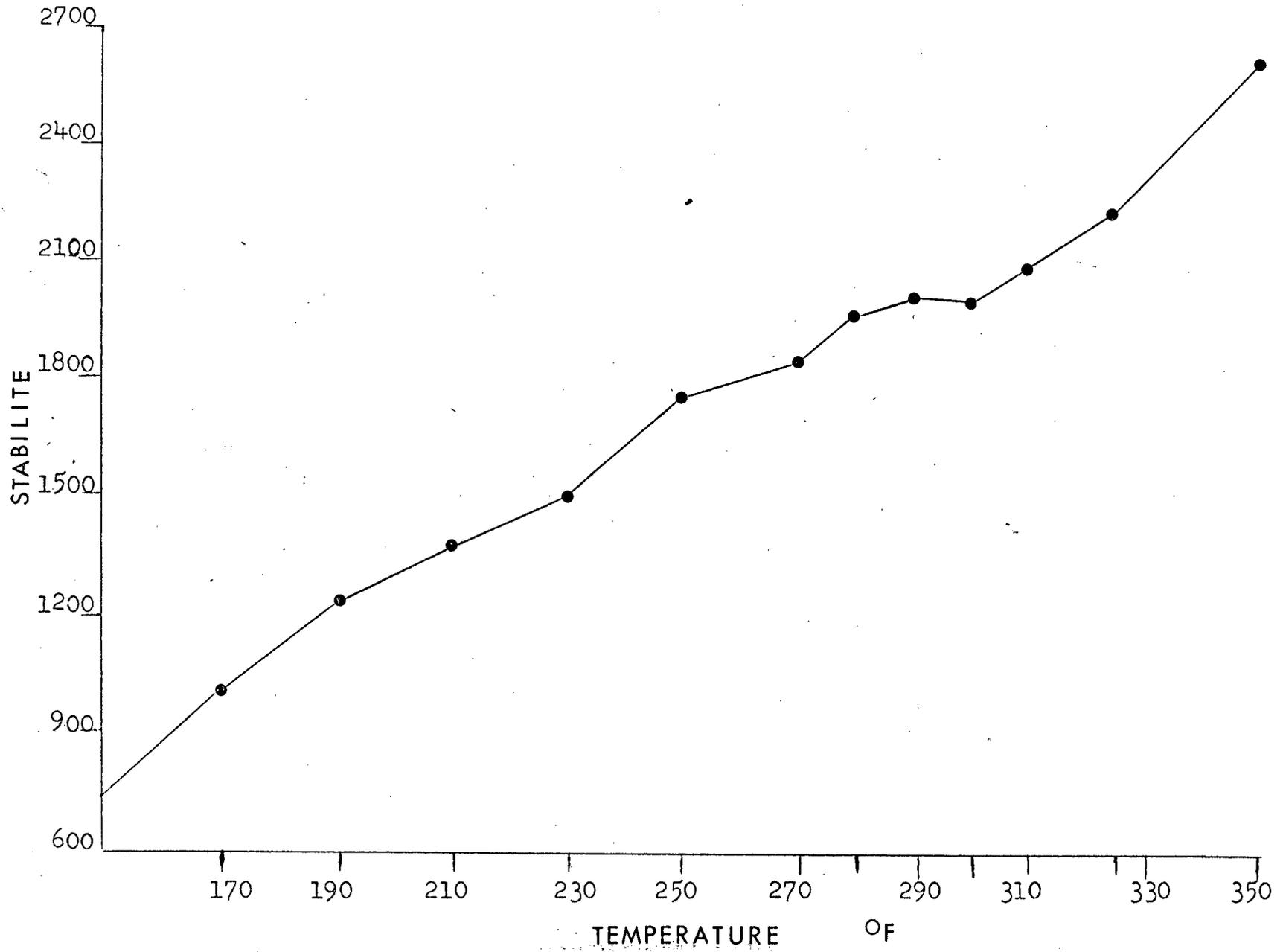
TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS DENSITE BULK



TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS STABILITE

Température	Stabilité	Température	Stabilité
150°F.	739	280°F.	1966
170°F.	1006	290°F.	2014
190°F.	1233	300°F.	1993
210°F.	1375	310°F.	2089
230°F.	1503	325°F.	2225
250°F.	1763	350°F.	2612
270°F.	1843		

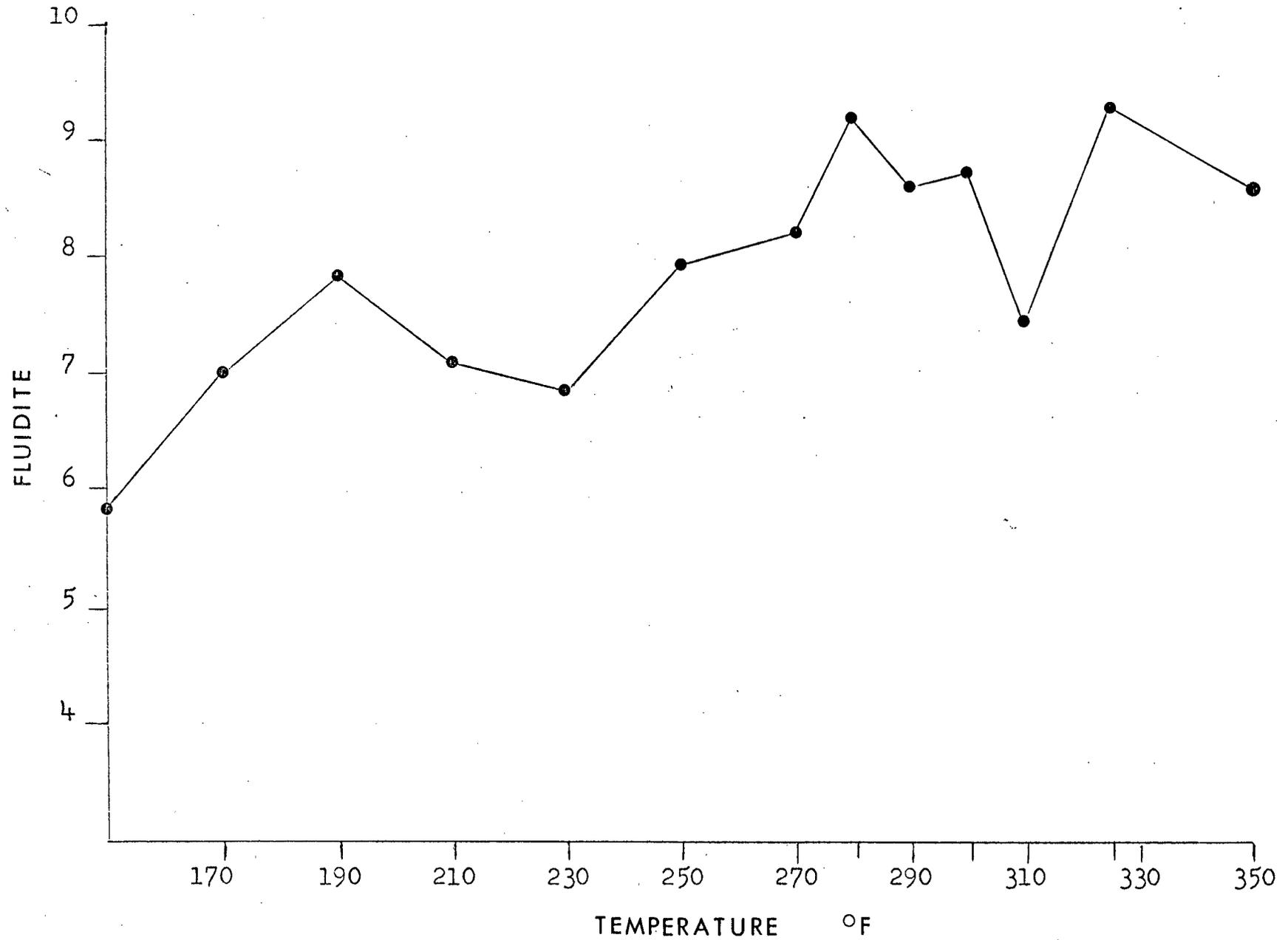
# TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS STABILITE



TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS FLUIDITE

Température	Fluidité	Température	Fluidité
150°F.	5.8	280°F.	9.2
170°F.	7.0	290°F.	8.6
190°F.	7.8	300°F.	8.7
210°F.	7.1	310°F.	7.4
230°F.	6.8	325°F.	9.3
250°F.	7.9	350°F.	8.6
270°F.	8.2		

# TEMPERATURE DE COMPACTAGE VS FLUIDITE



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 199 195