

POSSIBILITE D'UTILISATION DU CIMENT TYPE 30
DANS LE BETON DESTINE AU RESSURFACAGE
DES PAVAGES EN BETON

1987

CANQ
TR
GE
SM
231



920645

Daniel Vézina

PROJET NO: 84 41 08

POSSIBILITE D'UTILISATION DU CIMENT TYPE 30
DANS LE BETON DESTINE AU RESSURFACAGE
DES PAVAGES EN BETON

1987

PAR

Marc Perron
Marc Perron, tech.

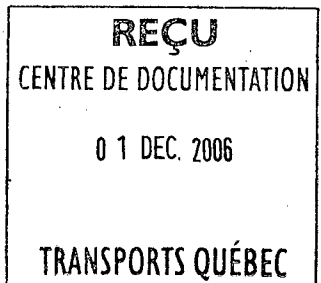
Athanas Claveau
Athanas Claveau, tech.

ET

Daniel Vézina
Daniel Vézina, ing.
Responsable - Béton Ciment

LANQ
TR
GE
SM
231

Sainte-Foy, le 27 août 1987



1.0 INTRODUCTION

Ce projet fait suite à une demande de Monsieur Alain Beaudette, ing. de la compagnie Demix Construction, d'utiliser un béton à prise plus rapide sur une section du contrat de ressurfaçage de l'autoroute 30 à Bécancour (contrat 433-0901-6). Le but de l'utilisation d'un béton à prise accélérée est d'examiner la possibilité de permettre la circulation plus rapidement sur la dalle afin de diminuer les inconvénients aux usagers.

2.0 DESCRIPTION DU PROJET

Afin d'évaluer la performance d'un béton à prise plus rapide, Demix Construction réalisera deux sections expérimentales de pavage de 200 m chacune. Ces deux sections seront en tout point identiques au reste du pavage sauf en ce qui concerne le mélange de béton. La première section contient la même quantité de ciment que le mélange conventionnel soit 340 kg/m^3 mais du ciment type 30 est employé au lieu du type 10 habituel. Dans le cas de la seconde section le ciment utilisé est aussi de type 30 et la quantité est augmentée à 400 kg/m^3 .

Durant la réalisation de ce contrat nous avons procédé à des mesures et essais destinés à évaluer la performance de ces deux bétons par rapport au mélange conventionnel. Ces mesures nous permettront de déterminer après combien de jours un tel béton pourrait être mis en service et ainsi apprécier si le gain de temps est appréciable par rapport à la procédure conventionnelle.

3.0 MELANGES DE BETON

Les caractéristiques du mélange de béton utilisé pour le pavage doivent rencontrer les exigences du CCDG art. 12, tableau 2. La résistance minimale à la compression est de 30 MPa et la flexion à 10 jours est de 4.0 MPa.

Afin de rencontrer ces exigences et aussi les dépasser afin d'accélérer la mise en service, les mélanges suivants ont été utilisés pour le béton conventionnel et les deux sections expérimentales.

Ces mélanges nous ont été fournis par Demix Construction.

INGREDIENTS (kg/m ³)	MELANGE CONVEN.	MELANGE SECTION 1	MELANGE SECTION 2
Ciment 10	340	----	----
Ciment 30	---	340	400
Sable	830	840	730
Pierre 5-14 mm	525	525	530
Pierre 20 mm	525	525	530
Eau	150	145	165
Agent réducteur d'eau (WRDA) ml/m ³	1630	1630	1920
Agent entraîneur d'air (Daravair) ml/m ³	60	60	70
Caractéristiques prévues	Résistance: 30 MPa min. Aff: 50 mm % air: 5 à 8%		

Le ciment utilisé provient de Ciment Saint-Laurent à Beauport. Le sable provient de Sablière Des Forges et la pierre de Carrière Continentale.

4.0 ESSAIS EN CHANTIER SUR BETON FRAIS

Le programme d'évaluation de ces bétons a été fait lors des journées de production du 20 et 21 mai 1987. Les essais pour l'évaluation du mélange conventionnel ont été faits le 20 mai alors que pour les deux sections expérimentales les prélèvements on eu lieu le 21 mai. Les deux sections expérimentales ont été faites à la fin du contrat de ressurfaçage.

Les essais suivants ont été faits lors de la réception du béton au chantier.

- Affaissement
- Pourcentage d'air entraîné
- Température du béton
- Temps de prise initial et final
- Evaluation des températures du béton mis en place

TABLEAU 1
ESSAIS ET MESURES EFFECTUES AU CHANTIER

ESSAIS ET MESURES	MELANGE CONVEN.	SECTION #1	SECTION #2
1. Pourcentage d'air entraîné	5.8	5.8	5.8
2. Affaissement (mm)	37	30	21
3. Température du béton au chantier 6°C	18	16.9	19
4. Temps de prise - initial - température	5h50 29.1	5h15 20.5	4h35 19.5
5. Temps de prise - final - température	7h20 35.8	7h00 21.3	6h50 22.0
6. Température ambiante (°C) - au prélèvement - à 17h00	18 32	23 22	23 22
7. Température du béton en place à 17h00	30	25	25
8. Augmentation de température (°C)	12	7.1	6
9. Chaînage des prélèvements	10 + 062	9 + 250	9+ 085

5.0 ESSAIS MECANIQUES

Chacun des trois (3) types de béton utilisé a fait l'objet d'une série de prélèvements destinés à évaluer la résistance à la compression ainsi que le module de rupture. Les essais ont été effectués aux âges suivants: 1d, 3d, 7d, 14d, 28d et 91d; deux spécimens ont été testés pour chacun de ces âges.

Les résistances à la compression sont déterminées à l'aide de cylindre de 150 mm X 300 mm alors que des poutres de 100 X 100 X 400 mm ont servi à mesurer le module de rupture. Tous les spécimens ont été prélevés au chantier et le mûrissement initial s'est effectué au laboratoire de chantier mis à la disposition du Service de l'assurance qualité. Une fois le mûrissement initial terminé, soit 24h après le prélèvement, les spécimens étaient acheminés au laboratoire Central, et placés en chambre humide jusqu'au moment de l'essai.

Les essais de compression et de flexion (chargement au lien) ont été effectués conformément aux exigences de l'ACNOR CAN 3 A 23.2-9C et 8C respectivement. Les résultats de la résistance à la compression sont donnés au tableau 2 et figure 1. Les valeurs du module de rupture sont données au tableau 3 et figure 2.

Une régression du module de rupture sur la résistance à la compression est donnée pour chacun des trois (3) mélanges ainsi que pour tous les résultats. (Figure 3,4,5 et 6).

6.0 DISCUSSION DES RESULTATS

L'examen des résultats de temps de prise et de température pour chacun des trois (3) mélanges nous indique qu'il y a peu de gain de temps à obtenir par l'utilisation d'un ciment type 30 même à dosage élevé. On note une différence de 20 et 30 minutes dans le temps de prise final entre le mélange conventionnel et les deux (2) mélanges expérimentaux.

Un fait intéressant à noter est la faible augmentation de température du béton contenant du ciment type 30 (21 et 22°C) par rapport à 35.8°C pour le mélange avec ciment type 10. Ce phénomène est lié directement à la température ambiante durant la journée; mais si les trois (3) mélanges de béton ont sensiblement la même température au moment de leur mise en place (18,16.5 et 19°C respectivement), la température au moment de la prise finale est de 35.8, 21.3 et 22°C.

La forte augmentation de température du mélange contenant du ciment type 10 et la faible augmentation des deux mélanges avec type 30 sont liés directement à la température ambiante au moment de leur mise en place. Le béton conventionnel a été prélevé le 20 mai 1987 alors que la température a atteint 32°C en fin d'après-midi; cette forte chaleur est responsable de la montée de température du béton cette journée-là. Les deux bétons contenant du ciment type 30 ont été mis en place le 21 mai alors que la température s'est maintenue à 22°C durant la journée ce qui n'a pas favorisée le développement de chaleur dans ces mélanges.

Il faut cependant noter que, qu'à température ambiante égale, les mélanges contenant le ciment type 30 auraient eu une augmentation de température plus forte que ceux contenant du ciment type 10.

En ce qui concerne les propriétés mécaniques, tel que prévu, les mélanges contenant le ciment type 30 procurent un gain de temps appréciable dans le développement des résistances. En se basant sur l'exigence du Cahier des Charges qui est de 30 MPa, cette valeur est atteinte après 7 jours pour le mélange conventionnel alors que pour les deux (2) mélanges avec type 30 l'exigence est atteinte après 3 jours. Dans le cas du module de rupture, on remarque aussi une accélération correspondante de la mesure du module de rupture. Au moment de l'essai, soit à l'âge de 10 jours, on obtient les résultats suivants de flexion et de compression.

Mélange	Compression (MPa)	Flexion (MPa)
Type 10 (340 kg/m ³)	35	4.9
Type 30 (340 kg/m ³)	38	5.0
Type 30 (400 kg/m ³)	42	5.4

Mélange	M.D.R.	Age (Jrs)	Compression correspondante (MPa)
Type 10 (340 kg/m ³)	4.0	4	28.0
Type 30 (340 kg/m ³)	4.0	3	29.6
Type 30 (400 kg/m ³)	4.0	2	32.3

Donc l'emploi de ciment type 30 permet d'accélérer le développement des résistances en flexion du béton de pavage.

A la lumière de ces résultats, on constate une certaine contradiction entre les deux exigences fixées au Cahier des Charges soit la résistance à la compression de 30 MPa mesurée à 28 jours et la flexion de 4.0 MPa mesurée à 10 jours. En effet, si le critère dominant est la résistance à la compression, il sera difficile de rencontrer l'exigence de la flexion à 10 jours si le fournisseur livre du béton destiné de rencontrer le 30 MPa à 25 jours. Par contre si l'acceptation du béton était basée d'une façon uniquement sur la flexion de 4.0 MPa à 10 jours, ceci nous assure d'une façon presque certaine d'obtenir un minimum de 35.0 MPa de résistance à la compression à 28 jours. A partir du modèle mathématique reliant le module de rupture à la résistance à la compression, la valeur de 4.0 MPa en flexion est atteinte lorsque la compression est de 29.2 MPa. L'équation reliant ces deux valeurs est:

$$y = a x^b$$

où:

y = module de rupture en MPa

x = compression en MPa

a = constante = 0.33 (-1.10674)

b = constante = 0.73859

Les résultats obtenus et l'équation mathématique sont en accords avec ceux obtenus par d'autres chercheurs et qui ont déjà faits l'objet de publication.

7.0 CONCLUSION

1. Le remplacement du ciment type 10 par du ciment type 30 dans les mélanges de bétons destinés au ressurfaçage de pavage de béton ne procure pas un gain appréciable de temps si on considère le temps de prise finaux de ces bétons. Donc le temps de sciage des joints ne serait que peut influencé.
2. Le dégagement de chaleur des bétons fabriqués avec le ciment type 10 ou 30 est relié directement à la température ambiante au moment de la mise en place. Ainsi, à température égale le béton contenant le ciment type 30 aura plus tendance à chauffer. Les résultats obtenus à partir de nos échantillonnages nous démontrent que les bétons contenant du ciment type 30 n'ont pratiquement pas dégagés de chaleur car la température ambiante s'est maintenue à environ 22°C.
3. Les propriétés mécaniques des bétons contenant du ciment type 30 sont accélérées de façon appréciable. L'emploi de ce ciment permettrait sans doute d'accélérer la mise en service de la dalle d'au moins 1 jour par rapport au mélange conventionnel.
4. Lors de la construction de pavage, l'exigence de 4.0 MPa en flexion à 10 jours devrait être celle qui gouverne l'acceptation du béton. Une telle mesure est amplement suffisante pour garantir une résistance à la compression supérieure au 30 MPa actuellement exigé.

AUTOROUTE 30 A BECANCOUR

RESURFACAGE BETON DE CIMENT

DEMI CONSTRUCTION

ESSAIS DE COMPRESSION MPa

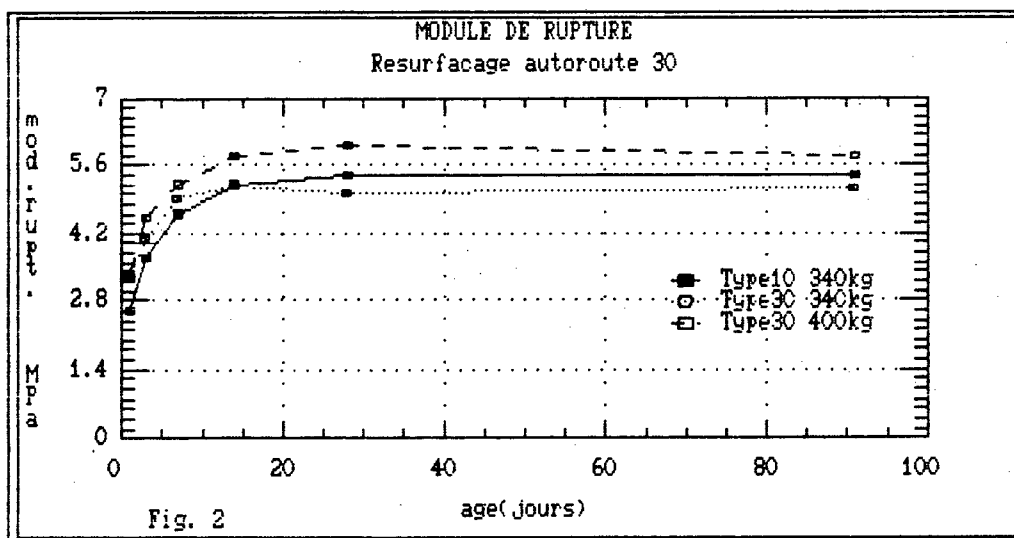
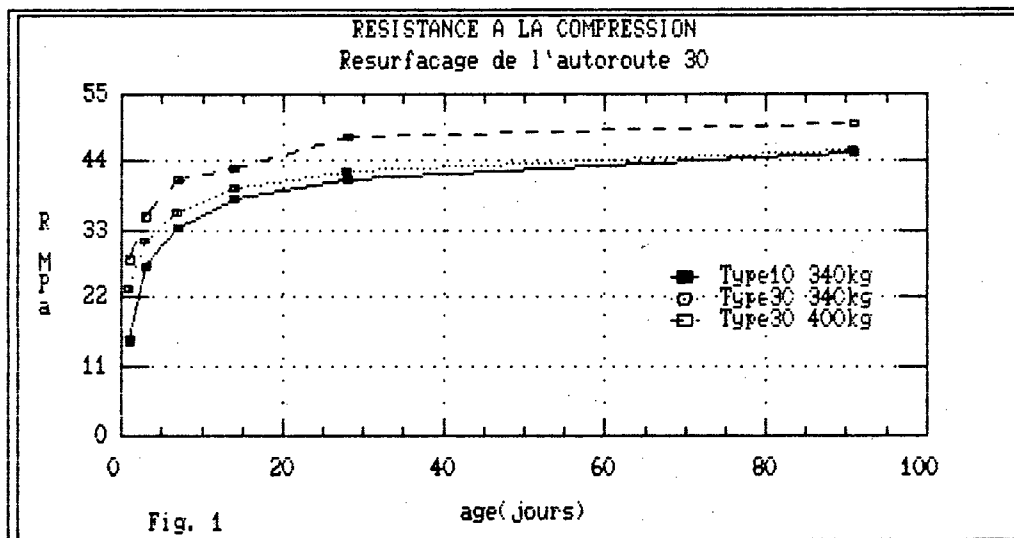
age(j)	TYPE 10(340kg/m3)			type 30(340kg/m3)			type 30(400kg/m3)		
	1	2	MOY	1	2	MOY	1	2	MOY
1	15.4	14.5	15.0	23.2	23.5	23.4	25.4	30.6	28.0
3	27.1	26.8	27.0	32.3	30.3	31.3	35.6	34.9	35.3
7	32.6	34.1	33.3	35.6	36.2	35.9	41.2	40.9	41.1
14	38.1	37.9	38.0	39.8	39.6	39.7	42.6	43.2	42.9
28	40.8	41.2	41	43.2	41.5	42.4	47.3	48.4	47.9
91	45.3	45.6	45.5	45.9	46.1	46.0	47.0	53.4	50.2

TABLEAU 2

ESSAI DE FLEXION AU TIERCE MPa

age(j)	type10 (340kg/m3)			type30 (340kg/m3)			type30 (400kg/m3)		
	1	2	moy	1	2	moy	1	2	moy
1	2.4	2.7	2.6	3.3	3.3	3.3	3.4	3.2	3.3
3	3.8	3.5	3.7	4.2	3.9	4.1	4.6	4.3	4.5
7	4.6	4.5	4.6	4.9	4.9	4.9	5.2	5.1	5.2
14	5.2	N.D.	5.2	5.3	5	5.2	5.7	5.9	5.8
28	5.3	5.4	5.4	N.D.	5	5	6.1	5.9	6
91	5.5	5.3	5.4	5.2	5	5.1	5.8	---	5.8

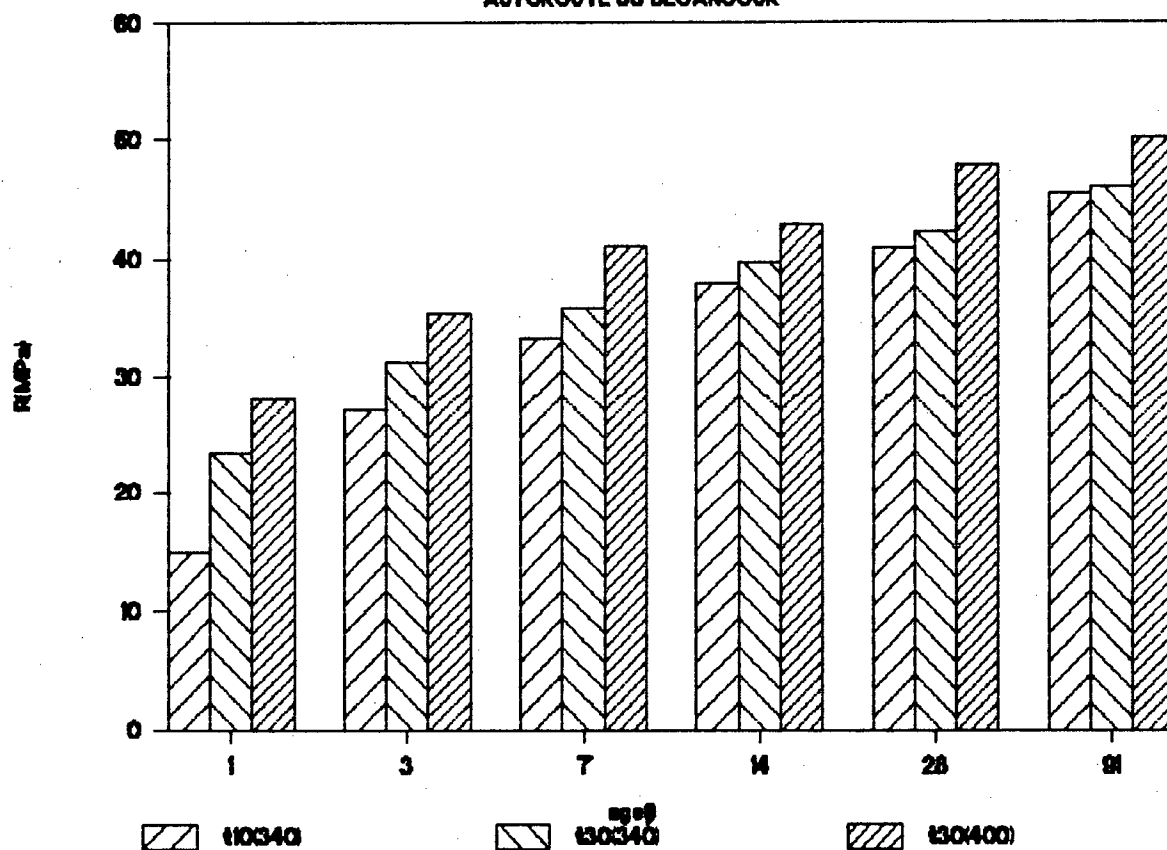
TABLEAU 3



RESISTANCE A LA COMPRESSION

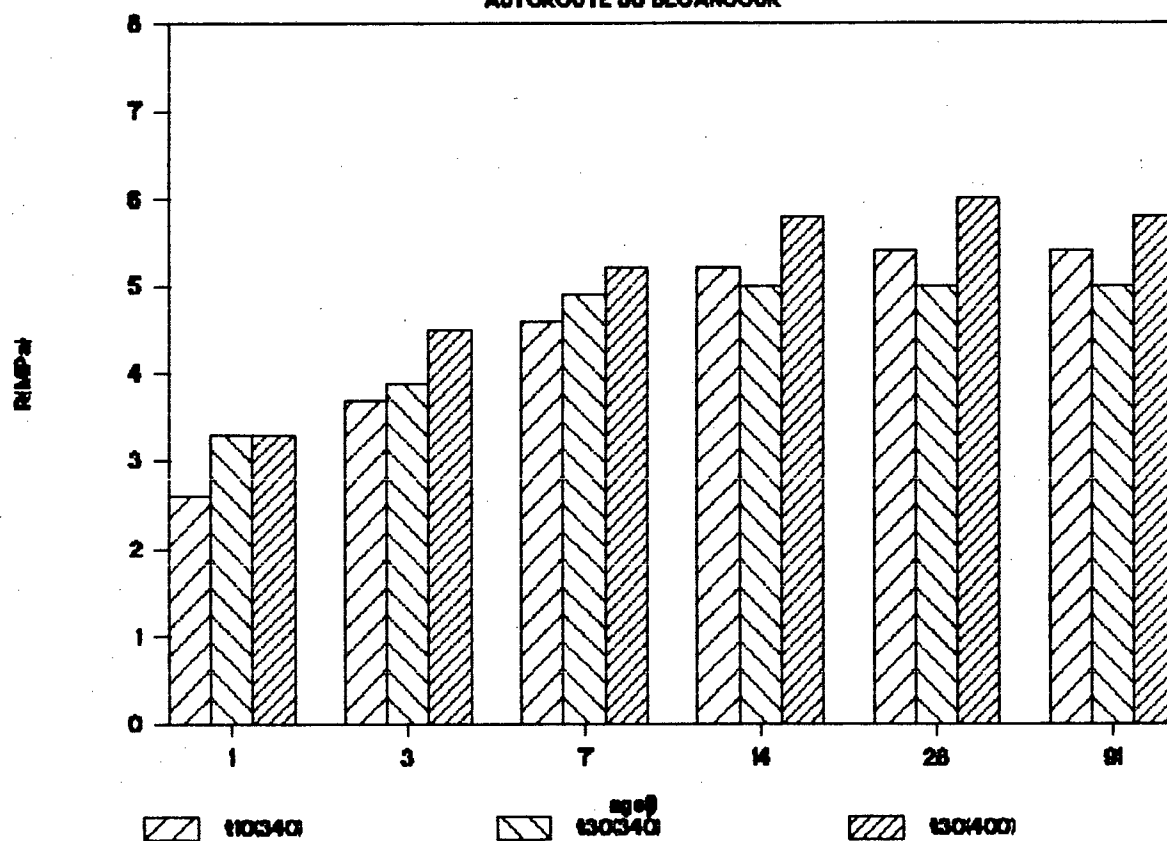
- 10 -

AUTOROUTE 30 BECANCOUR



RESISTANCE A LA FLEXION

AUTOROUTE 30 BECANCOUR



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: mdri10

Independent variable: resis10

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	-0.977059	0.172178	-5.6747	4.75797E-3
Slope	0.709618	0.049675	14.2852	1.39491E-4

* NOTE: The Intercept is equal to $\log_a$.

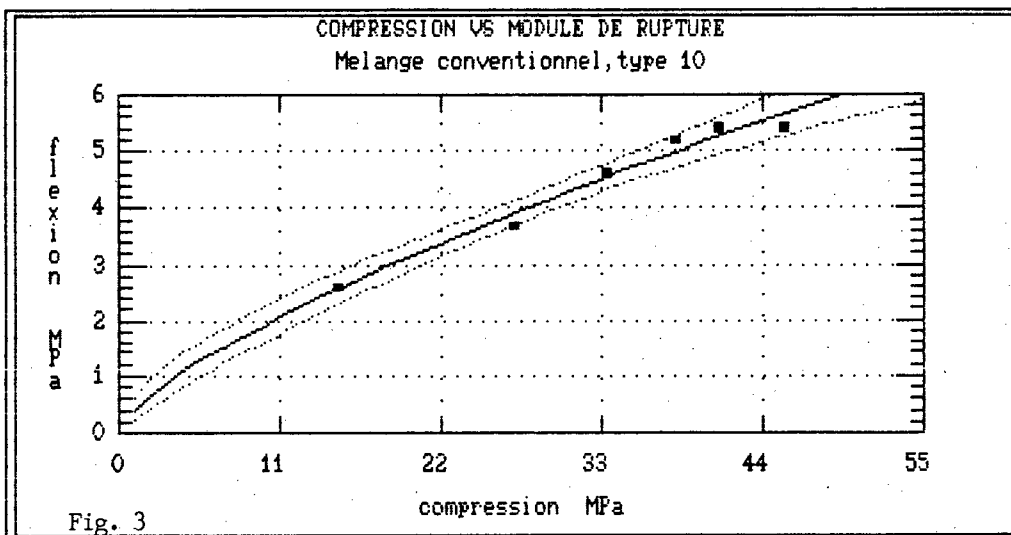
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.41148	1	.41148	204.06741	.00014
Error	.0080655	4	.0020164		
Total (Corr.)	.4195405	5			

Correlation Coefficient = 0.990341

R-squared = 98.08 percent

Std. Error of Est. = 0.044904



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: mdr30340

Independent variable: resis30340

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	-0.969378	0.384846	-2.51887	0.0654354
Slope	0.695045	0.107517	6.46448	2.94934E-3

* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

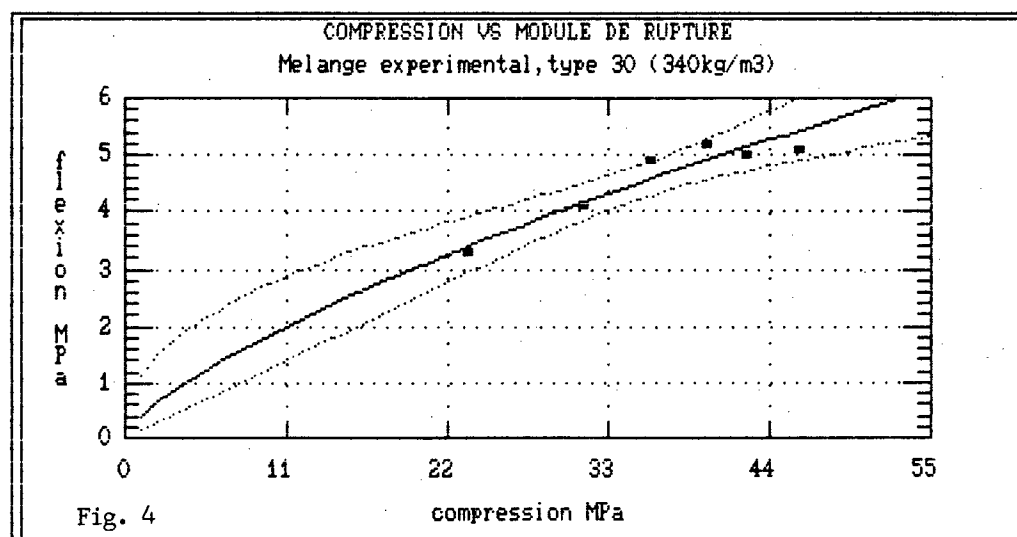
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.145332	1	.145332	41.789540	.00295
Error	.0139108	4	.0034777		

Total (Corr.) .1592423 5

Correlation Coefficient = 0.955324

R-squared = 91.26 percent

Std. Error of Est. = 0.058972



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: mdr30400

Independent variable: resis30400

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	-2.19395	0.485549	-4.5185	0.0106706
Slope	1.02987	0.131303	7.84344	1.42715E-3

* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

Analysis of Variance

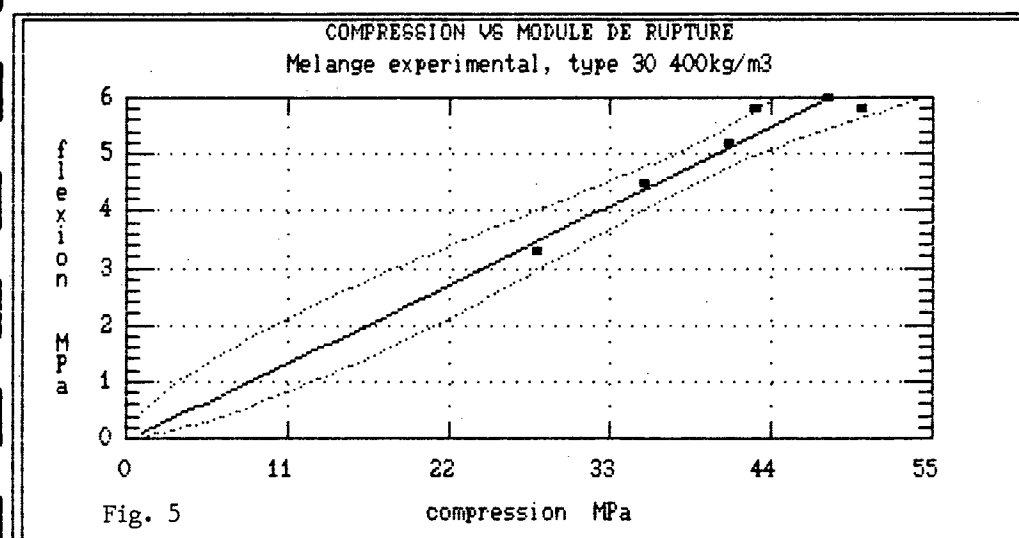
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.246558	1	.246558	61.519532	.00143
Error	.0160312	4	.0040078		

Total (Corr.) .2625893 5

Correlation Coefficient = 0.968994

R-squared = 93.89 percent

Std. Error of Est. = 0.0633072



Regression Analysis - Multiplicative model: $Y = aX^b$

Dependent variable: totflex

Independent variable: totcom

Parameter	Estimate	Standard Error	T Value	Prob. Level
Intercept*	-1.10674	0.187437	-5.90458	2.21962E-5
Slope	0.73859	0.0523218	14.1163	1.89253E-10

* NOTE: The Intercept is equal to Log a.

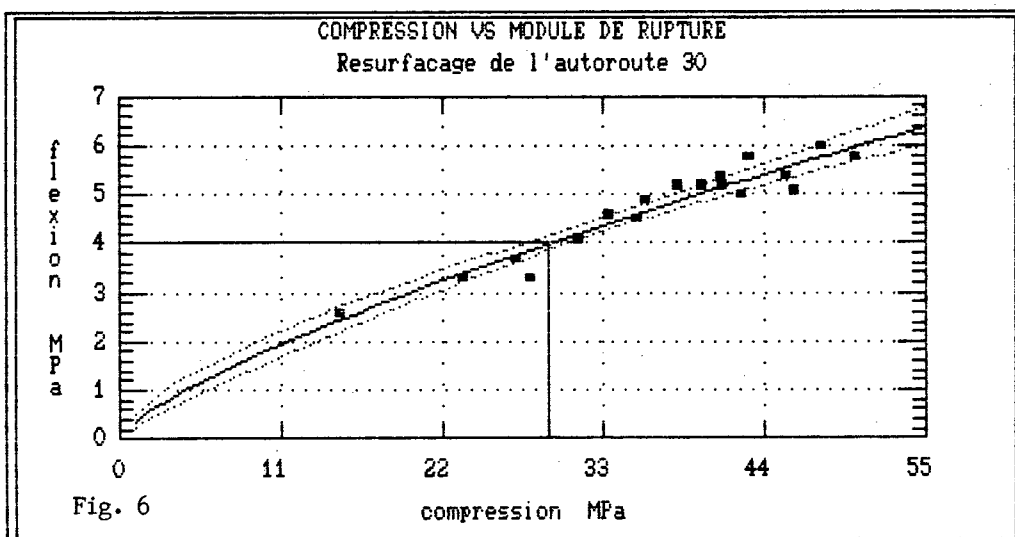
Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	Prob. Level
Model	.83598	1	.83598	199.26995	.00000
Error	.067123	16	.004195		
Total (Corr.)	.903104	17			

Correlation Coefficient = 0.96212

R-squared = 92.57 percent

Std. Error of Est. = 0.0647705



MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 222 581