

COULIS DE CIMENT A BASSE TEMPERATURE

CANQ
TR
GE
SM
216
156

471 279

Ministère des Transports
Centre de documentation
930, Chemin Ste-Foy
6e étage
Québec (Québec)
G1S 4X9

COULIS DE CIMENT A BASSE TEMPERATURE

Préparé par: Jean Campagna, t.d.
Laboratoire Central
Ministère des Transports
Complexe Scientifique
2700, rue Einstein
Ste-Foy, Québec
G1P 3W8



Préparé par: Athanas Claveau, tech.
Laboratoire Central
Ministère des Transports

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
~~200, RUE DORCHESTER SUD, 7e~~
~~QUÉBEC (QUÉBEC)~~
~~G1K 5Z1~~

CANQ
TR
GE
SM
216

COULIS DE CIMENT A BASSE TEMPERATURE

But

Cette petite recherche préliminaire fut orientée dans le but de répondre à plusieurs questions concernant le comportement de divers coulis d'injection employés au début ou à la fin de l'hiver au Québec. Cette étude nous a également servi à améliorer les procédures des essais de contrôle déjà existantes. On a également expérimenté les effets que pourrait avoir la présence d'alcool méthylique dans le mélange de coulis à la suite de l'injection de gaines ayant été protégées contre le gel et la corrosion durant l'hiver à l'aide d'une injection temporaire d'alcool.

Variables dans la composition des mélanges

- Ciment St-Laurent type 10 avec E/C = 0.45
- Ciment St-Laurent type 30 avec E/C = 0.5
- Intraplast N en dose de 1% du poids du ciment.
- Intraplast C en dose de 1% du poids du ciment.
- Alcool méthylique remplaçant 5 et 15% du poids de l'eau de gachage.

Variables dans les températures de curage

- + 23°C dans l'eau
- + 5°C dans l'eau
- + 0°C dans la glace fondante
- - 10°C dans l'air.

Procédure

Tous les ingrédients furent pesés et malaxés (voir méthode d'essai) à la température de la pièce. Le malaxage s'est fait sur un malaxeur Hobart d'une capacité de dix pintes avec un agitateur standard. Toutefois, nous avons dû recouvrir le bol de malaxage avec un genre d'entonnoir renversé afin de récupérer les éclaboussures. Après le malaxage, le coulis était transvidé dans une colonne de 1000 ml jusqu'à 700 ml et dans les moules à cubes de 2" x 2" x 2" en quantité suffisante pour casser au moins deux cubes par variable. Les moules à cubes étaient ensuite recouverts d'une plaque de cuivre graissée et boulonnée pour confiner le coulis durant l'expansion. La colonne d'expansion était alors examinée pour la première lecture et recouverte d'un bouchon fait d'un sac de polythène et un élastique. Les moules à cubes pleins et la colonne étaient ensuite placés dans le milieu de curage choisi (0°C, 5°C ou 23°C). Les colonnes d'expansion furent retirées à tour de rôle de leur milieu pour de brefs instants à intervalle régulier pour prendre les lectures d'expansion et de ressuage. Les temps de prise ont été évalués en piquant le coulis dans les colonnes d'expansion à l'aide d'une fine tige métallique. La prise fut considérée comme initiale lorsque la tige devenait difficile à enfoncer, et finale lorsque la tige ne pénétrait plus la surface.

Curage des cubes

10 D - Les cubes de la série 10 D furent gelées dans leurs moules aussitôt après avoir été moulés et curés, ensuite dans leur moule à 23°C dans la chambre humide pendant trois jours avant d'être démoulés. Ils furent

ensuite curés dans l'eau à 23°C pendant trois jours supplémentaires avant d'être cassés.

10 B - Les cubes de la série 10 B furent démoulés et gelés dans l'air après un curage initial de 24 heures à 23°C dans leurs moules. Après le gel, ils furent placés dans l'eau à 23°C pendant six jours avant d'être cassés.

10 C - Les cubes de la série 10 C furent curés 24 heures à 23°C dans leurs moules et curés ensuite dans l'eau à 23°C pendant trois jours avant d'être gelés dans l'air à -10°C. Après le gel, ils furent plongés à nouveau dans l'eau à 23°C pendant trois jours supplémentaires avant d'être cassés.

10 A - Les cubes de la série 10 A furent curés normalement pour servir de point de comparaison.

5 - 6 - Les cubes de ces séries furent curés six jours à 5°C dans leurs moules et un jour dans l'eau à 5°C. Une partie des cubes fut cassée à ce moment, alors que l'autre fut gelée dans l'air à -10°C et dégelée dans l'eau à 5°C. Une partie des cubes dégelés fut cassée aussitôt, alors que l'autre fut curée six jours de plus dans l'eau à 23°C avant d'être cassée.

7 - 8 - Les cubes de ces séries furent curés quatre jours à 5°C dans leurs moules et immergés ensuite dans l'eau à 5°C pendant une heure. Certains cubes furent alors cassés alors que d'autres furent laissés dans l'eau 5°C pendant quatre jours supplémentaires. Certains cubes furent cassés à ce moment, alors que d'autres furent gelés, et d'autres encore

furent curés dans l'eau à 5°C pendant sept jours supplémentaires avant d'être cassés. Les cubes gelés à sept jours furent dégelés dans l'eau et certains de ces cubes furent cassés à ce moment, alors que d'autres furent curés dans l'eau à 23°C pendant six jours de plus avant d'être cassés.

1, 2, 2-1, 3, 4 - Les cubes de ces séries furent curés normalement, c'est-à-dire 24 heures à 23°C dans leurs moules et dans l'eau à 23°C ensuite jusqu'à l'essai de compression.

9 - Les cubes de la série 9 furent curés dans leurs moules à 0°C dans la glace fondante pendant trois jours avant d'être démoulés et placés dans la glace fondante jusqu'à l'essai de compression.

13, 14, 15 - Les cubes de ces séries furent curés dans leurs moules à 23°C pendant quatre jours, démoulés et curés dans l'eau à 23°C pendant trois jours avant d'être cassés.

Méthodes d'essais

- Malaxage: Placer 1170 g ou 1300 g d'eau à 23°C dans le bol du malaxeur, ajouter 2600 g de ciment et 26 g d'additif. Recouvrir l'eau avec le ciment à l'aide d'une longue spatule et laisser absorber 60 secondes à l'arrêt. Durant ce temps, installer le batteur passant à travers l'entonnoir renversé sur le bol. Malaxer ensuite en 1ère vitesse pendant 30 secondes, ensuite en 2e vitesse 30 secondes et finalement deux minutes en 3e vitesse. Retirer l'agitateur et l'entonnoir et

procéder aux essais suivants. Dans le cas des mélanges # 14 et 15, on a remplacé une portion de l'eau par un poids égal d'alcool.

- Essai d'expansion et ressuage: Cet essai a été effectué conformément à la méthode A 23.2-1B de la CSA, sauf en ce qui concerne les détails suivants. Les colonnes utilisées étaient de 1000 ml au lieu de 250 ml et la température du milieu d'entreposage fut fixée à 3 valeurs différentes.
- Essai de résistance à la compression: Il fut effectué conformément à la méthode A 23.2-1B de la CSA, sauf en ce qui concerne la méthode de curage.
- Essai de consistance: La consistance fut évaluée à l'oeil en manipulant le coulis durant le moulage, car nous n'avions pas notre cône d'écoulement au laboratoire à ce moment et que le malaxeur utilisé ne peut donner des fluidités comparables à celles obtenues en chantier avec un malaxeur à haute turbulence.

Expression des résultats

Fig. 1: Cette figure permet de comparer les courbes de résistance des divers mélanges et aussi de voir l'effet du gel et d'un curage continué après un gel pour voir s'il y a dommage permanent ou pas (en pointillé).

Fig. 2: Cette figure permet de comparer les % de saignement des mélanges 1 à 4 en fonction du temps et constater si le saignement est réabsorbé en moins de 24 heures.

Fig. 3: Cette figure permet de comparer les % d'expansion des mélanges 1 à 4 en fonction du temps.

Fig. 4: Cette figure permet de comparer les % de saignement des mélanges # 5 à 9 en fonction du temps et constater si l'eau de saignement est réabsorbée en moins de 24 heures.

Fig. 5: Cette figure permet de comparer les % d'expansion des mélanges # 5 à 9 en fonction du temps et de comparer également les temps de prise approximatifs de ces mélanges.

Fig. 6: Cette figure permet de comparer l'expansion et le saignement des mélanges # 13 à 15 et de voir si l'eau de saignement a été absorbée en moins de 24 heures. On peut y comparer également les temps de prise approximatifs.

Tableau # 1: Ce tableau compile toutes les informations concernant tous les mélanges et les essais.

Tableau # 2: Ce tableau représente les observations des différences concernant les propriétés des mélanges comparés et regroupés par variables.

Tableau # 3: Ce tableau énumère la signification des lettres représentant les observations du tableau 2.

Conclusion

Si l'on se réfère aux tableaux 2 et 3, on peut visualiser facilement l'effet d'une variable et parfois deux sur les diverses propriétés des mélanges. Ainsi, on peut remarquer que certaines observations se répètent invariablement, alors que d'autres se contredisent entre elles. On peut dire que les observations qui se répètent sans contradiction peuvent être considérées comme les conclusions de cette étude, et pour éviter de les répéter, j'ai encerclé leurs lettres d'identification dans le tableau 3. Les autres observations demeurent des vérités en autant qu'elles ne se contredisent pas.

De plus, en étudiant le tableau des observations, on peut remarquer que certaines observations sont sélectives à une deuxième variable qui s'ajoute à celle étudiée à la ligne choisie. Ainsi, on peut rajouter d'autres conclusions à celles codées du tableau 3.

- 1- Le saignement est plus faible avec le ciment type 30 lorsque les mélanges contiennent de l'Intraplast C et identique ou égal à zéro dans le cas de cette étude avec l'Intraplast N.
- 2- Le saignement est moins élevé à 23°C qu'à basse température (5°C et 0°C) si les mélanges contiennent de l'Intraplast N et semblable s'ils contiennent de l'Intraplast C.

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
200, RUE DORCHESTER SUD, 7e
QUÉBEC, (QUÉBEC)
G1K 5Z1

TABLEAU NO 2 - OBSERVATIONS DES DIFFERENCES DE PROPRIETES

Variable en cause	Mélanges comparés	DIFFERENCES ENTRE LES PROPRIETES (voir code des lettres)					
		Consistance	Résistance	Temps de prise	Saignement	Expansion	Autres
Intra. N versus Intra. C	#1 2 & 2-1 #3 #4 #5 #6 #7 #8	A A A A	B B B B	— — Semblables Semblables	C C C Semblables	Semblables Semblables D E	— — F —
Type 10 versus Type 30	#1 #3 #2 #4 #5 #7 #6 #8	H H H H	I I I I	— — J J	Semblables K Semblables K	M M Semblables L	— — O —
Cure à 50°C versus Cure à 23°C	#1 #5 #2 & #6 2-1 #3 #7 #4 #8	— — — —	Q Q Q-T Q-T	— — — —	R Semblables R Semblables	S S S S	— — — —
Cure à 0°C versus Cure à 23°C	#3 #9	—	T	—	R	S	—
Gel à 0 hre versus Cure normale	#10D #10A	—	V	—	—	—	—
Gel à 24 hres versus Cure normale	#10B #10A	—	Semblables	—	—	—	—
Gel à 4 jrs versus Cure normale	#10C #10A	—	Semblables	—	—	—	—
Effets de l'alcool	#14 #13 #15 #13	— y	W W	X X	— y	z z	— —

Codes d'identification des observations - Tableau 3

- (A)- La consistance est plus liquide avec l'Intra. C.
- (B)- Les résistances sont beaucoup plus élevées à tout âge avec l'Intra. C.
- (C)- Le saignement est plus élevé avec l'Intra. C.
- D- L'expansion est plus forte avec l'Intra. C.
- E- L'expansion est plus faible avec l'Intra. C.
- F- L'Intra. C produit un mélange qui semble plus fragile au gel à 7 jours.

- (H)- Le ciment type 30 nécessite plus d'eau pour une même consistance.
- (I)- Le ciment type 30 développe des résistances plus fortes à tout âge malgré son E/C plus élevé et surtout plus rapidement.
- (J)- Les temps de prise sont plus courts avec le ciment type 30.
- K- Le saignement est plus faible avec le ciment type 30.
- L- L'expansion est plus faible avec le ciment type 30.
- M- L'expansion est plus forte avec le ciment type 30.
- O- Les mélanges de ciment type 30 semblent récupérer mieux que ceux du type 10 après un gel à 7 jours.

- (Q)- La résistance à 7 jours de cure à 23°C est presque le double de celle obtenue avec une cure à 5°C.
- (R)- Le saignement est moins élevé à 23°C qu'à basse température (5° et 0°C).
- (S)- L'expansion à 3 heures est plus forte à 23°C qu'à basse température (5° et 0°C).

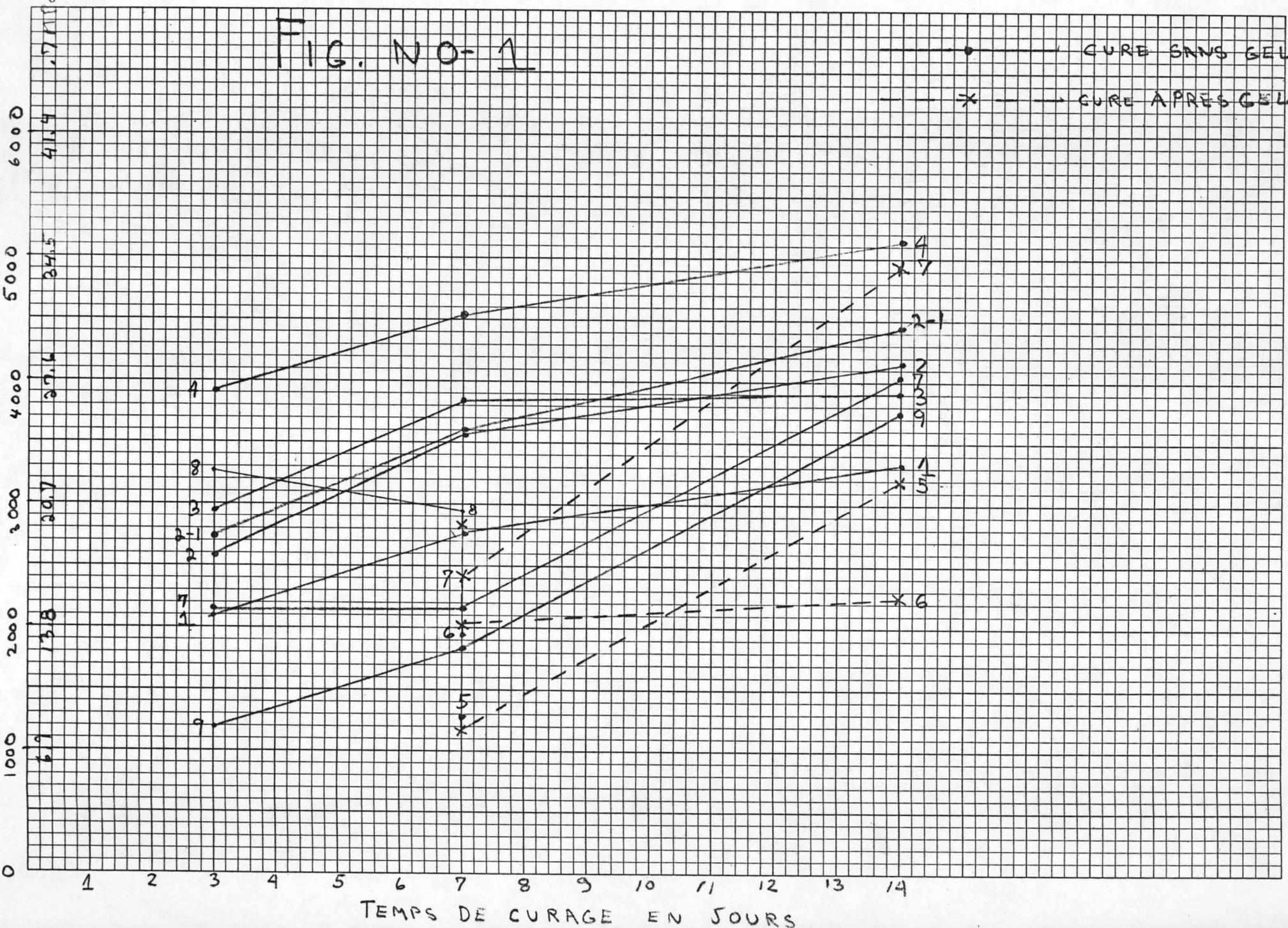
- T- La résistance en compression est plus lente à se développer à 0°C ou 5°C.
- V- La résistance à 7 jours a été très affectée par le gel du coulis dans leurs moules avant la prise initiale.
- (W)- La présence d'alcool dans le mélange réduit la résistance en compression après 7 jours de cure à 23°C.
- (X)- La présence d'alcool dans le mélange augmente les temps de prise à 23°C.
- Y- La présence de 15% d'alcool dans l'eau du mélange augmente le saignement et la fluidité.
- (Z)- La présence d'alcool réduit l'expansion à 23°C.

TABLEAU NO-1 coulis de ciment compositions et propriétés

FORMULE DE MELANGE NO:		1	2	2-1	5	6	3	9	7	8	4	13	14	15	10 A	10 B	10 C	10 D		
TYPE DE CIMENT ST-LAURENT		10	10	10	10	10	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30		
RAPPORT EAU-CIMENT		.45	.45	.45	.45	.45	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50	.50		
TYPE D'INTRAPLAST		N @ 1%	C @ 1%	C @ 1%	N @ 1%	C @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	C @ 1%	C @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%	N @ 1%		
METHANOL % EN POIDS D'EAU		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5%	15%	—	—	—	—		
CONSISTANCE OBTENUE		LIQUIDE	TRES LIQUIDE	TRES LIQUIDE	LIQUIDE	LIQUIDE	EPAIS	EPAIS	EPAIS	LIQUIDE	LIQUIDE	EPAIS	EPAIS	LIQUIDE	—	—	—	—		
% D'EXPANSION A 3 HRES - 24 HRES		7,6-9,0	8,7-8,75	10,1-10,1	5,4-7,8	7,9-10,0	11,1-11,5	3,7-5,5	6,4-7,75	5,2-6,2	10,0-10,0	11,5-11,5	6,3-7,8	4,2-7,0	—	—	—	—		
TEMPERATURE D'EXPANSION		23°C	23°C	23°C	5°C	5°C	23°C	0°C	5°C	5°C	23°C	23°C	23°C	23°C	—	—	—	—		
ESSAI EN COMPRESSION	CURE DANS LES MOULES		24 h. @ 23°C	24 h. @ 23°C	24 h. @ 23°C	6 j. @ 5°C	6 j. @ 5°C	24 h. @ 23°C	3 j. @ 0°C	3 j. @ 5°C	3 j. @ 5°C	24 h. @ 23°C	4 j. @ 23°C	4 j. @ 23°C	4 j. @ 23°C	24 H. @ 23°C	24 H. @ 23°C	24 H. @ 23°C	GEL 24h. +3j-23°C	
	DUREE ET TEMPERATURE DES PERIODES DE CURAGE DANS L'EAU ET RESISTANCE OBTENUE EN MPA	DUREE EFFICACE DU CURAGE	+ 2 j. @ 23°C	+ 2 j. @ 23°C	+ 2 j. @ 23°C			+ 2 j. @ 23°C	+ 1h @ 0°C	+ 1h. @ 5°C	+ 1h. @ 5°C	+ 2 j. @ 23°C					+GEL 3h. @ 24h.	+ 3 j. @ 23°C	+ 3 j. @ 23°C	
			- 3 j.	14,5 MPA	17,9 MPA	19,0 MPA			20,3 MPA	8,3 MPA	14,7 MPA	22,6 MPA	27,0 MPA							
			+ 4 j. @ 23°C	19,2 MPA	24,6 MPA	24,8 MPA	+ 24 h. @ 5°C	+ 24 h. @ 5°C	+ 4 j. @ 23°C	+ 4 j. @ 0°C	+ 4 j. @ 5°C	+ 4 j. @ 5°C	+ 4 j. @ 23°C	+ 3 j. @ 23°C	+ 3 j. @ 23°C	+ 3 j. @ 23°C	+ 6 j. @ 23°C	+ 6 j. @ 23°C		
			- 7 j.	19,2 MPA	24,6 MPA	24,8 MPA	8,8 MPA	13,3 MPA	26,4 MPA	12,9 MPA	14,7 MPA	20,3 MPA	31,4 MPA	21,2 MPA	19,3 MPA	11,5 MPA	31,2 MPA			
		+ 7 j. @ 23°C	+ 7 j. @ 23°C	+ 7 j. @ 23°C			+ 7 j. @ 23°C	+ 7 j. @ 0°C	+ 7 j. @ 5°C		+ 7 j. @ 23°C									
		-14 j.	23,0 MPA	28,6 MPA	30,7 MPA			26,9 MPA	25,7 MPA	27,8 MPA		35,4 MPA								
	DUREE ET TEMPERATURE DES PERIODES DE CURAGE ET RESISTANCE OBTENUE APRES 1 CYCLE DE GEL	DUREE EFFICACE DU CURAGE	7 j.			+GEL 24 h @ 7 j.	+GEL 24h @ 7 j.			+GEL 24h @ 7 j.	+GEL 24h. @ 7 j.						31,7 MPA	+GEL-6h. @ 4 j.	29,0 MPA	14,5 MPA
			14 j.			+ 6 j. @ 23°C	+ 6 j. @ 23°C				+ 6 j. @ 23°C									
	TEMPS DE PRISE INITIALE-FINALE					3100-4200	3100-4100		1700-4100	1700-2700	1800-2700		?	-870	900-1150	1260-2100				
% DE SAIGNEMENT A 3 HRES-24HRES		0-0	5,1-5,1	8,7-8,7	2,0-0	3,8-5,4	0-0	0,8-1,4	1,4-2,4	1,7-2,6	2,1-2,1	2,0-0	0-0	2,4-2,8						

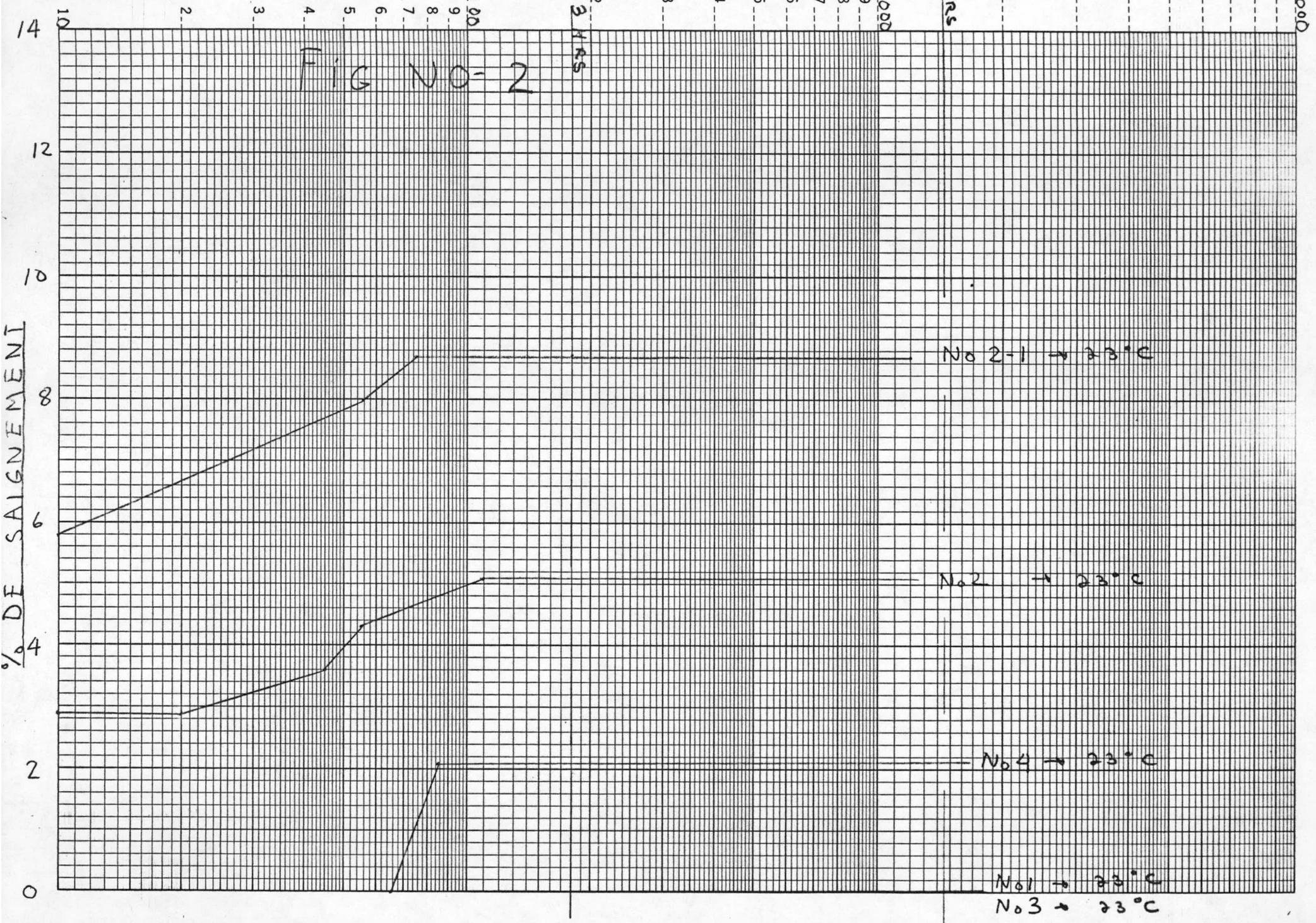
RESISTANCE EN LB-PO² - MPa

FIG. NO-1



0.7 MPa / DIV.

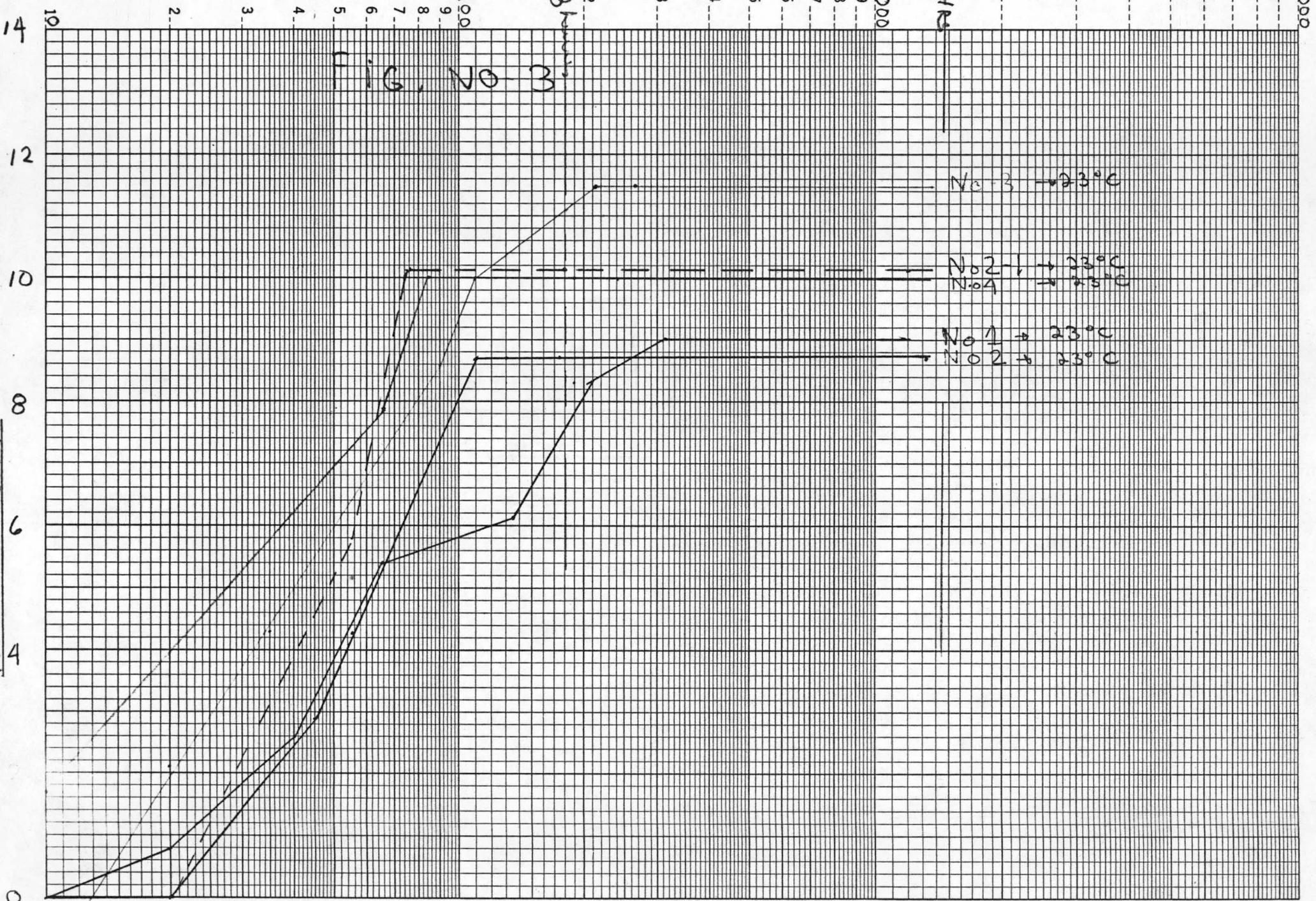
TEMPS ÉCOULÉ EN MINUTES



TEMPS ÉCOULÉ - MINUTES

FIG. NO 3

% D'EXPANSION



No 3 → 23°C

No 2 → 23°C
No 4 → 25°C

No 1 → 23°C
No 2 → 25°C

TEMPS EN MINUTES

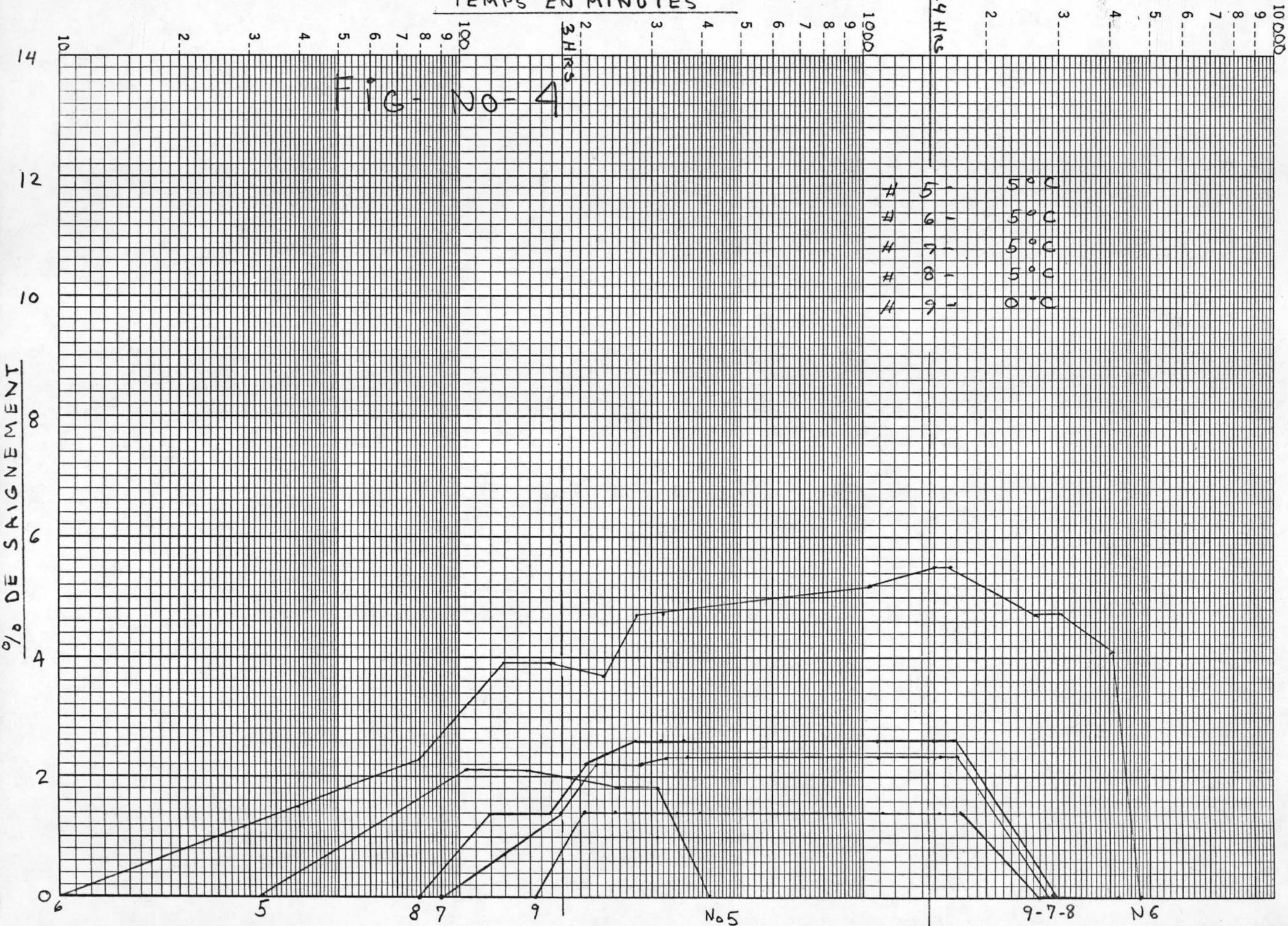


FIG-NO-4

5 - 5°C
 # 6 - 5°C
 # 7 - 5°C
 # 8 - 5°C
 # 9 - 0°C

No 5

9-7-8

N6

TEMPS EN MINUTES

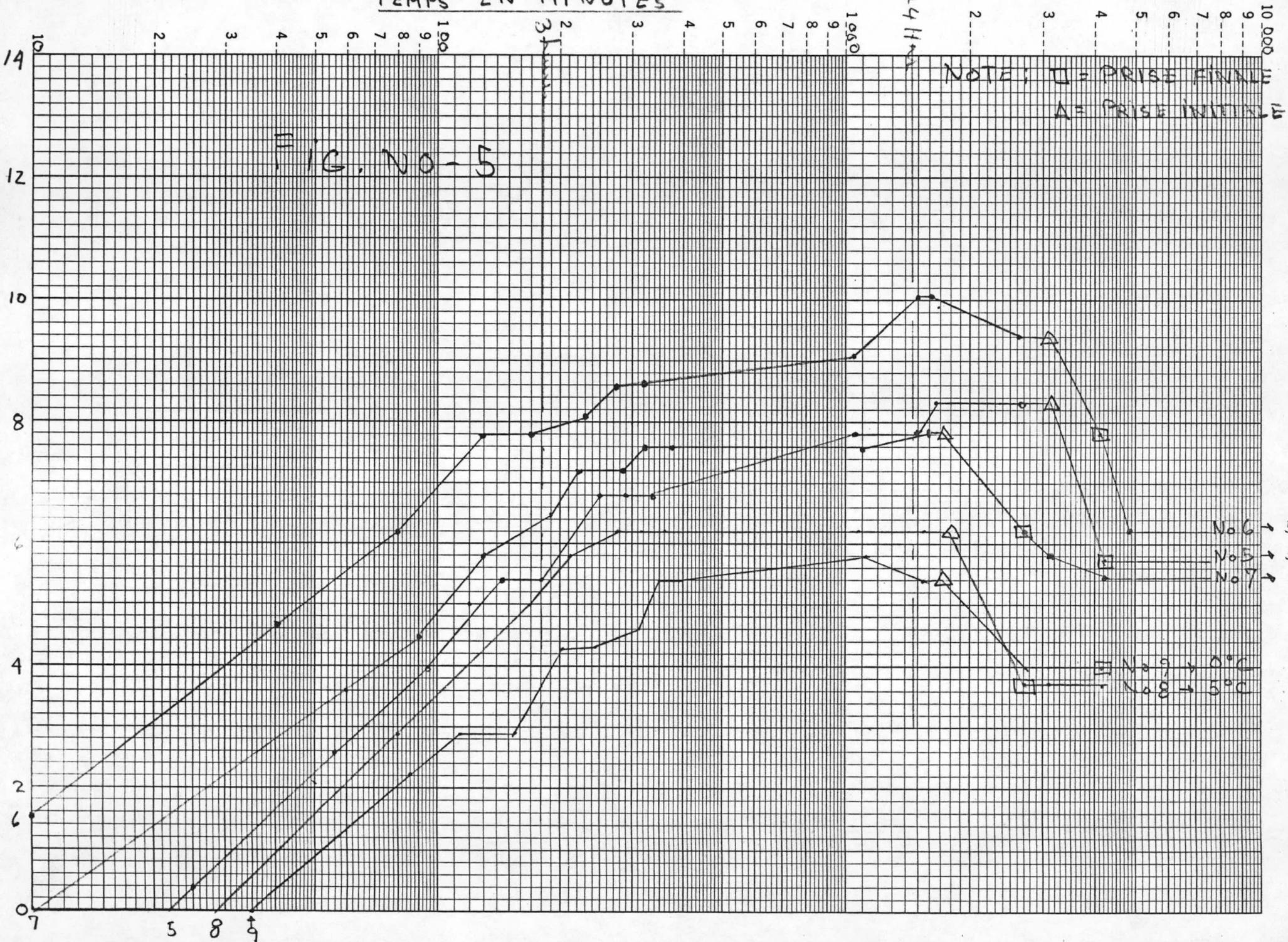


FIG. NO-5

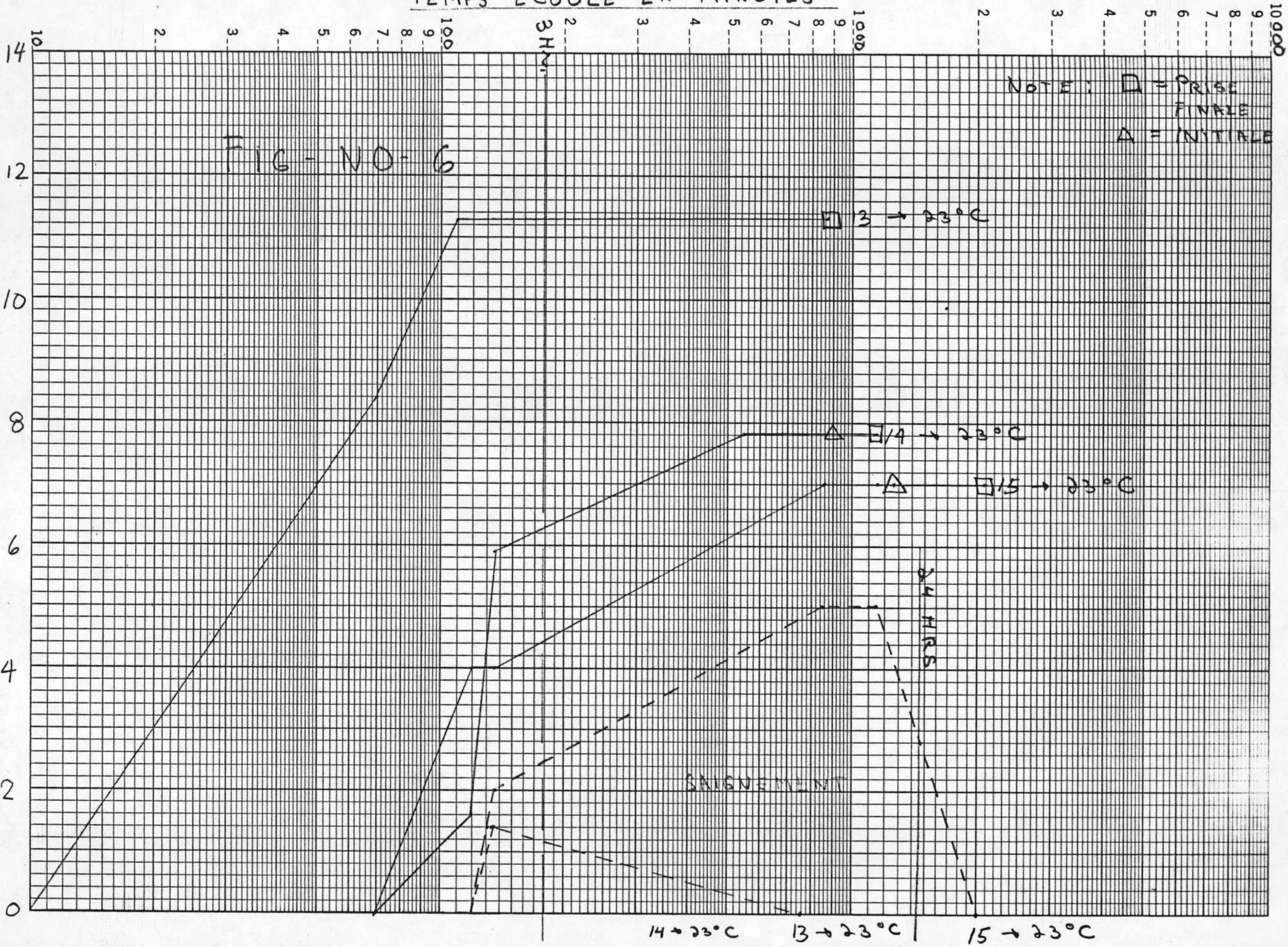
NOTE: □ = PRISE FINALE
△ = PRISE INITIALE

No 6 → 5°C
No 5 → 5°C
No 7 → 5°C

No 9 → 0°C
No 8 → 5°C

TEMPS ÉCOULÉ EN MINUTES

77111E
% D'EXPANSION - % DE SAIGNEMENT EN POINTILLE



14 → 23°C 13 → 23°C 15 → 23°C

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 102 213