



430645

Etudes et recherches
Direction Générale : Génie

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

Rapport No	Code de classement RTQ-82-01	Date du rapport 81-12-29
Titre du rapport: Mise au point d'un mélange de béton polymère pour la réparation du béton.		Rapport d'étape ☐ Rapport final ☒
Auteur(s) du rapport: Daniel Vézina, ing., Jean-Guy Létourneau, tech.		No du projet d'étude ou de recherche: 2-008-80
Objet de l'étude ou de la recherche: Déterminer la composition d'un mélange de béton polymère adéquat par les réparations des dalles de béton.		No du contrat
Etude ou recherche financée par: (Nom et adresse de l'organisme)		RECU CENTRE DE DOCUMENTATION FEV 8 1982 TRANSPORTS QUÉBEC
Etude ou recherche réalisée par: (Nom et adresse de l'organisme) Laboratoire central 2700 Einstein Ste-Foy GLP 3WB		
Renseignements complémentaires:		
Résumé du rapport Cette étude a pour but de déterminer la composition d'un mélange de béton polymère facile à préparer en chantier et développant de hautes résistances en bas âge. Pour ce faire, vingt quatre (24) types de mélanges d'essais ont été étudiés et dosés à partir de: trois (3) monomères, de mélanges de ces monomères et de granulats de deux (2) compositions granulométriques différentes. Les résultats obtenus montrent que le mélange composé de 14% de polyester, 2% de méthyl éthyl cétone, 1% de naphtanate de cobalt, et de 83% de granulats, granulométrie ouverte, donne les résultats recherchés. Les principales caractéristiques de ce mélange qui ont été évaluées sont: la résistance à la compression, le temps de polymérisation, l'influence de la température ambiante et de celle des ingrédients sur la résistance, le comportement au gel et dégel, le module d'élasticité, l'adhérence au béton sec et humide et l'influence de l'humidité des granulats.		
Mots-clés béton polymère, monomère polymérisation, résistance adhérence, température	Diffusion autorisée ☒ Diffusion restreinte ☐ Diffusion interdite ☐ Révision par le Comité de direction ☐	 Directeur général Date: 81-01-21

CANQ
TR
GE
EN
505

LABORATOIRE CENTRAL - MINISTERE DES TRANSPORTS

MISE AU POINT D'UN MELANGE
DE BETON POLYMERE POUR LA REPARATION
DU BETON

Daniel Vézina, ing.

Jean-Guy Létourneau, tech.

SAINTE-FOY, 1e 29 décembre 1981

2-008-80

TABLE DES MATIERES

	PAGE
1.0 INTRODUCTION	1
2.0 COMPOSITION DU BETON POLYMERE	2
3.0 <u>DETERMINATION DU MELANGE A UTILISER</u>	3
3.1 Propriétés recherchées	3
3.2 <u>Mélanges d'essais</u>	3
3.2.1 Monomères, initiateur et catalyseur	3
3.2.2 Granulométrie	4
3.3 <u>Sélection du mélange</u>	5
3.3.1 Analyse des mélanges	5
3.3.2 Formule utilisée pour le béton polymère	6
4.0 <u>EVALUATION DES PROPRIETES MECANQUES DU BETON POLYMERE</u>	8
4.1 Résistance à la compression	8
4.2 Influence de la température ambiante et de la température des ingrédients sur la résistance	8
4.3 Temps de polymérisation	10
4.4 Module de rupture	13
4.5 Adhérence au béton	13
4.6 Résistance au gel et dégel	14
4.7 Module d'élasticité	15
4.8 Influence de l'humidité des granulats	15
5.0 DISCUSSION DES RESULTATS	16
6.0 CONCLUSION	18

1.0 INTRODUCTION

La réparation des dalles en béton d'autoroute et de pont s'avère un problème majeur pour le personnel chargé de l'entretien du réseau routier. De plus, les interruptions partielles ou totales de la circulation des véhicules sur des sections de route en réparation sont toujours dangereuses tant pour le public voyageur que pour les travailleurs.

Dans le but de minimiser ces interruptions de la circulation, il est recommandé d'utiliser un matériau qui peut développer rapidement de hautes résistances à la compression, tout en assurant une bonne adhésion au béton de ciment en place.

Cette étude porte sur les propriétés physiques d'un mélange de béton polymère conçu pour la réparation des dalles de béton de ciment en satisfaisant les critères précités.

2.0 COMPOSITION DU BETON POLYMERE

Le béton polymère est un mélange de sable, de pierre et d'un monomère.

La polymérisation du monomère nécessite la présence d'un initiateur pour démarrer la réaction chimique qui est elle-même contrôlée par l'action d'un catalyseur. La polymérisation complète donne une masse durcie communément appelée béton polymère.

Les monomère les plus couramment utilisés pour la fabrication du béton polymère sont le méthyl méthacrylate (MMA), le styrène et le polyester ou un mélange de ces monomères. Dans la présente étude, le monomère, l'initiateur et le catalyseur utilisés ont été respectivement le polyester, le peroxyde de méthyl éthyl cétone (MEKP) et le naphtanate de cobalt (CoN). Ce choix est justifié pour les raisons suivantes:

- Le méthyl méthacrylate (MMA) est un monomère extrêmement volatile et les risques d'accidents pour le personnel sont élevés.
- La viscosité du polyester est de 250 à 400 cps à 25°C donc suffisamment élevée pour permettre la fabrication d'un mélange de béton homogène sans risque de ségrégation alors que le MMA qui a une viscosité voisine de celle de l'eau, ne favorise pas l'homogénéité d'un mélange.

- Le coût du polyester est moindre.

3.0 DETERMINATION DU MELANGE A UTILISER

3.1 Propriétés recherchées

Le mélange de béton polymère approprié pour la réparation des dalles de béton de ciment doit être facile à préparer par le personnel du Ministère des Transports et posséder les propriétés suivantes:

- a) le mûrissement (polymérisation) doit se faire rapidement à la température ambiante (23°C)
- b) la résistance en compression après deux (2) heures doit être d'au moins 35 MPa.
- c) l'adhérence au béton déjà en place devra être excellente.

3.2 Mélanges d'essais

3.2.1 Monomère, initiateur et catalyseur

Les monomères utilisés dans la préparation des mélanges d'essais sont le polyester "32-727 Polylite", le méthyl méthacrylate et le styrène. Les deux derniers monomères étaient ajoutés au polyester dans le but de rendre le

mélange moins visqueux. Pour tous les mélanges d'essais réalisés dans cette étude nous avons utilisé comme initiateur le peroxyde de méthyl éthyl cétone et comme catalyseur le naphatnate de cobalt.

3.2.2 Granulométrie

Tous les mélanges d'essais ont été réalisés à partir des deux (2) granulométries données au tableau I.

TABLEAU I
ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Tamis	% CUMULATIF PASSANT	
	Granulométrie I	Granulométrie 2
19 mm	---	100
12,5 mm	100	88
9,5 mm	90	82
6,25 mm	70	65
4,75 mm	---	54
2,36 mm	---	42
1,18 mm	45	38
600 um	20	31
300 um	---	10
150 um	5	1.5
75 um	---	0
P75 um	---	---

Le gros granulat est une pierre calcaire et le granulat fin est un sable granitique rencontrant les exigences pour béton de ciment.

3.3 Sélection du mélange

La détermination du mélange satisfaisant les propriétés énumérées à l'article 3.1, a nécessité une quarantaine de mélanges d'essais. Ces mélanges ont été préparés à partir de différents monomères et dosages d'initiateur et de catalyseur dans le but d'optimiser la polymérisation du monomère et d'obtenir une résistance élevée en bas âge tout en minimisant le retrait.

3.3.1 Analyse des mélanges

De façon à permettre l'analyse des divers paramètres, les mélanges d'essais ont été regroupés tels qu'illustrés au tableau 2. Les résultats montrent que l'emploi d'un mélange de monomères n'a pas d'effet bénéfique sur la résistance à la compression. C'est ainsi que le mélange contenant 14% de polyester comme unique monomère a donné la résistance maximum à vingt quatre (24) heures, soit 70 MPa.

L'influence de différents pourcentages d'initiateur et de catalyseur est aussi très visible. Les résistances les plus élevées sont obtenues avec les plus forts dosages en initiateur et en catalyseur qui par contre augmentent considérablement le retrait du béton polymère. Les résistance obtenues après deux (2) et vingt quatre (24) heures ont été les facteurs décisifs pour le dosage en monomère.

3.3.2 Formule utilisée pour le béton polymère

- | | |
|-----------------------------------|-----|
| - Polyester "32-727 Polylyte" | 14% |
| - Peroxyde de Méthyl éthyl cétone | 2% |
| - Naphtanate de Cobalt | 1% |
| - Granulométrie no 1 | |

TABLEAU 2

MELANGES D'ESSAIS

Polyester %	MMA %	MEKP %	CoN %	GRANULOMETRIE No	% MINIMUM	RES. (MPa) à 24h
100	---	2.0	1.0	1	14	70
90	10	2.0	1.0	1	14	64.3
70	30	2.0	1.0	1	14	61.8
100	---	2.0	1.0	2	12	37.7
90	10	2.0	1.0	2	12	60.3
70	30	2.0	1.0	2	12	58.3
100	---	2.0	1.0	1	12	44.7
90	10	2.0	1.0	1	12	47.2
70	30	2.0	1.0	1	12	51,2-60,1
100	---	2.0	1.0	2	10	36.5
90	10	2.0	1.0	2	10	27.8
70	30	2.0	1.0	2	10	20.4
100	---	2.0	1.0	1	12	44.7
100	---	1.0	0.5	1	12	40.9
90	10	2.0	1.0	1	12	47.2
90	10	1.0	0.5	1	12	45
70	30	2.0	1.0	1	12	60.1
70	30	1.0	0.5	1	12	36.4
100	---	2.0	1.0	2	10	36.5
100	---	1.0	0.5	2	10	21.4
90	10	2.0	1.0	2	10	27.8
90	10	1.0	0.5	2	10	23.8
70	30	2.0	1.0	2	10	20.4
70	30	1.0	0.5	2	10	39.4

4.0 EVALUATION DES PROPRIETES MECANQUES DU BETON POLYMERE

4.1 Résistance à la compression

La résistance à la compression du mélange précité a été déterminée pour différents âges: les éprouvettes ont été prélevées à l'aide de moules de carton paraffiné de 75 mm de diamètre par 150 mm de haut.

TABLEAU 3

RESISTANCE A LA COMPRESSION EN FONCTION DU TEMPS

Age(heures)	1	2	3	4	5	6	24	48
R (MPa)	---	41.5	51.6	55.2	60.1	61.0	72.2	77.1

La polymérisation est pratiquement complétée après 24 heures. Le tableau 3 illustre la résistance en fonction du temps et montre qu'après 2 heures l'exigence désirée de 35 MPa est dépassée.

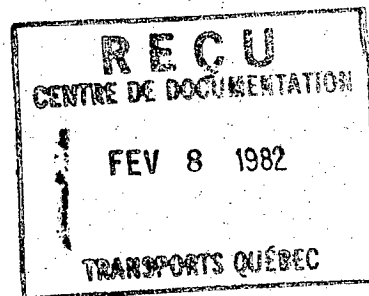
4.2 Influence de la température ambiante et de la température des ingrédients sur la résistance

Comme le béton polymère est susceptible d'être préparé et utilisé à diverses périodes de l'année, l'influence de la température ambiante sur la résistance à la compression ainsi que

celle de la température des constituants ont été évalués. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 4.

TABLEAU 4

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE POLYMERISATION
ET DE LA TEMPERATURE DES CONSTITUANTS SUR LA
RESISTANCE DU BETON



Heures	Constituants à 23°C Température de polymérisation			Température des constituants et de polymérisation		
	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C
1	0.7	---	19.4	1.9	---	22.7
2	8.1	41.5	44.8	7.2	41.5	47.2
3	20.7	51.6	53.9	14.5	51.6	57.6
4	26.8	55.2	59.6	28.9	55.2	63.5
5	31.3	60.1	57.9	28.9	60.1	67.6
6	31.5	61.0	----	32.6	61.0	69.5
24	50.6	72.2	62.8	53.2	72.2	70.7
48	----	77.1	66.9	64.7	77.1	72.9

La température ambiante influence le développement des résistances; l'effet est particulièrement important lorsque la température se situe à 10° et moins. A cette température les résistances obtenues

à deux (2) heures sont très faibles. A une température ambiante élevée, voir 30°C , le développement des résistances en bas âge est accéléré, mais le niveau atteint après vingt quatre (24) heures est légèrement inférieur à celui atteint pour une température de 20°C .

La même tendance se retrouve lorsque les constituants sont à la température ambiante.

4.3 Temps de polymérisation

C'est le temps requis pour obtenir l'élévation maximum de la température du mélange. Ce temps indique que la polymérisation est complétée à au moins 90% et correspond à la période de maniabilité du mélange.

L'enregistrement de l'élévation de température en fonction du temps pour différents mélanges et différentes conditions de mûrissement est donné aux figures 1 et 2. La figure 1 montre l'influence d'ajouts d'un monomère sur le temps de polymérisation. Pour une température ambiante de 10°C , la période de maniabilité a été longue et le maximum d'élévation de température n'a pas été déterminé. La figure 2 fait ressortir l'influence de la température ambiante sur le temps de polymérisation du mélange choisi.

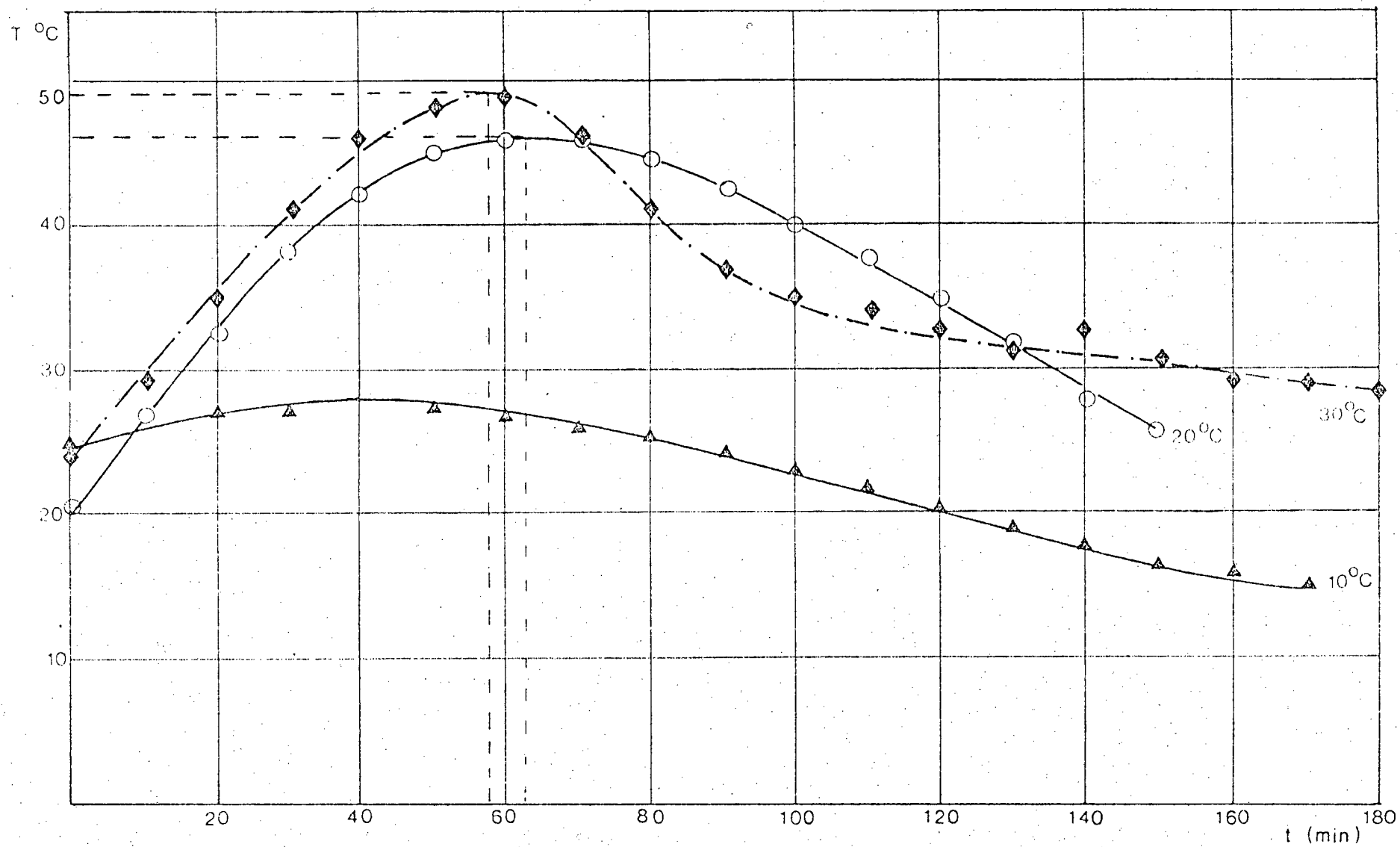


FIG.2 - TEMPÉRATURE AMBIANTE
EN FONCTION DU TEMPS

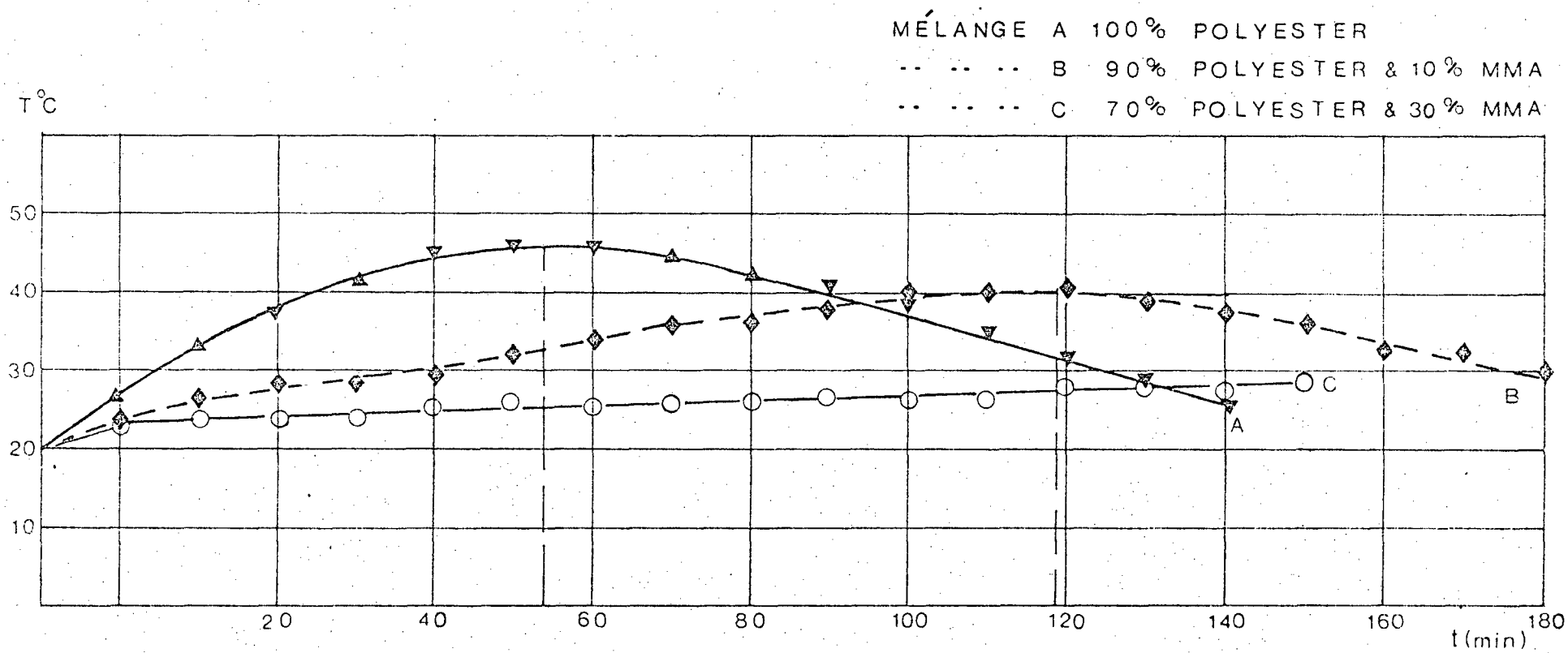


FIG. 1 - ÉLÉVATION DE LA TEMPÉRATURE
 EN FONCTION DU TEMPS À 23°C

4.4 Module de rupture

Le module de rupture obtenu sur des poutres de 76 mm X 102 mm X 406 mm est de 23.5 MPa et a été déterminé conformément à la norme ASTM C 293 "Flexural strength of concrete (using simple beam with center point loading)".

4.5 Adhérence au béton

Le béton polymère, pour être efficace, doit adhérer fortement au béton en place. Afin de vérifier cette exigence, des dalles de béton de ciment à l'état sec et humide ont été recouvertes de béton polymère. Des essais en cisaillement sur carottes ont donné les résultats suivants:

- Adhérence au béton sec
(moyenne de 3 essais): 2,8 MPa
- Adhérence au béton humide
(moyenne de 3 essais): 1,3 MPa

Donc seul l'adhérence au béton sec est supérieur à l'exigence de 1.5 MPa de la norme ACNOR A 23.1.M 77 art. 23.4.2.4.

4.6 Résistance au gel et dégel

Cet essai a été effectué dans le but de vérifier l'influence des cycles répétés de gel et dégel sur le module de rupture et la résistance à la compression. Des échantillons cylindriques et prismatiques de béton polymère ont été soumis à des cycles de gel et de dégel accélérés conformément à la norme sur le béton ASTM C 666, méthode B.

Les résultats obtenus et illustrés au tableau 5 montrent que l'action du gel et dégel procure une légère baisse de la résistance à la compression après 2000 cycles mais une variation très appréciable de la résistance à la flexion.

TABLEAU 5

INFLUENCE DU GEL ET DEGEL SUR LA RESISTANCE

A LA COMPRESSION ET A LA FLEXION

Nombre de cycles	0	550	1000	2000	2500	3000
Compression (MPa)	* 74.9	73.3	74.8	62.0	58.5	58.0
Flexion MPa	† 23.5	----	15.8	---	8.5	8.5

* Essais après 4 jours

† Essais après 2 jours

4.7 Module d'élasticité

La détermination du module d'élasticité statique du béton polymère a été effectuée selon la norme ASTM C 469. Le mélange utilisé a donné un module d'élasticité de: 1.79×10^4 MPa; cette valeur est comparable à celle d'un béton conventionnel qui est d'environ 2.07×10^4 MPa.

Cet essai a permis de constater que le béton polymère se déforme beaucoup plus que le béton de ciment. Cette propriété en fait donc un matériel inapte à l'utilisation structurale.

4.8 Influence de l'humidité des granulats

L'influence de la teneur en eau des granulats, a été étudiée à l'aide d'un mélange de béton polymère dosé avec un granulat 9.5-4.75 mm, saturé surface sèche; un sable à béton sursaturé d'eau et ayant un module de finesse de 2.65.

Les résultats de la résistance à la compression obtenus sont les suivants:

- 1) résistance après 2 heures pour le mélange fabriqué à partir de granulats secs: 56.5 MPa
- 2) résistance après 24 heures pour le même mélange mais fabriqué avec les granulats saturé d'eau: 14.5 MPa

L'humidité des granulats et particulièrement celle du sable, a une très grande influence sur le développement de la résistance. Cet essai confirme ce qui a déjà été démontré c'est-à-dire qu'il est impératif d'employer des granulats secs, sans eaux libres en surface pour obtenir de bons résultats avec le béton polymère.

5.0 Discussion des résultats

Le béton polymère est certainement un matériau qui a son utilité dans le domaine routier; la facilité de fabrication, de manipulation, de mise en place ainsi que les résultats d'essais obtenus justifient certainement son emploi lors des travaux en chantier.

La rapidité du développement de la résistance, offre de grandes possibilités d'utilisation particulièrement pour la réparation des dalles de béton des structures et des autoroutes; de plus, ce matériel est tout à fait inerte à l'action des sels de déglacage.

Malheureusement, ce matériau présente aussi quelques inconvénients; comme le dégagement d'une odeur désagréable et même nocive pour le personnel si manipulé dans un endroit mal aéré. De plus, il est préférable de l'utiliser en couche mince, c'est-à-dire 75 mm et 100 mm environ pour éviter un trop grand dégagement de chaleur lors de la polymérisation du matériel. Ce matériel plastique ne peut être utilisé comme béton structural comme dans les poutres et les colonnes dû à une forte déformation sous charge.

Les mélanges de béton ont été dosés avec une teneur élevée en monomère, 14%. Cette haute teneur est justifiée par la condition essentielle d'obtenir après deux (2) heures seulement une résistance de trente cinq (35) MPa. Nous devons donc en assumer le coût pour l'obtention d'une telle performance.

Le coût d'un mélange de béton polymère avec une teneur de 14% de monomère se situe à environ 784\$/m³ ce qui est encore plus économique que les mortiers pré-mélangés conçus pour le même usage.

6.0 CONCLUSION

- La résistance à la compression du mélange de béton polymère préconisé est de l'ordre de 41.5 MPa après 2 heures et de 72.2 MPa après 24 h.
- Les agrégats rencontrant les exigences requises pour un béton de ciment peuvent être utilisés dans ce type de mélange.
- Les agrégats, surtout le sable doivent être secs lors du dosage du mélange.
- L'adhérence du béton polymère au béton déjà en place est très bonne à condition que la surface de contact soit propre et exempte d'humidité.
- La résistance à la flexion du béton polymère semble être beaucoup plus affectée que la résistance en compression par les cycles de gel et dégel.
- L'utilisation du béton polymère à des températures de 10°C affecte grandement le développement des résistances. Il est préférable d'utiliser le béton polymère lorsque la température est d'au moins 20°C pour obtenir les résultats escomptés.

- Lors de la fabrication en chantier, la quantité de béton polymère fabriquée peut avoir une influence sur les propriétés du mélange. Il faudra possiblement faire des ajustements sur le pourcentage d'initiateur et de catalyseur.
- Lorsque le béton polymère est fabriqué à des températures élevées, 30°C et plus, la résistance en bas âge est augmentée alors que celle à 24 heures est diminuée.