



RECHERCHES TRANSPORT

BULLETIN D'INFORMATION SCIENTIFIQUE

Volume thématique no 3 : septembre 1988

MINISTÈRE DES TRANSPORTS
CENTRE DE DOCUMENTATION
700, BOUL. RENÉ-LÉVESQUE EST,
21^e ÉTAGE
QUÉBEC (QUÉBEC) - CANADA
G1R 5H1

CHAUSSÉES AVEC BÉTON ET FIBRES:

COMPTE RENDU DE DEUX EXPÉRIENCES PILOTES

CHANVILLARD, G., LUPIEN, C., AÏTCIN, P.-C. ET LAPLANTE, P.
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL
FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

INTRODUCTION

Cet article décrit deux expériences de réfection de chaussées requérant l'utilisation de béton renforcé de fibres. La première expérience a été réalisée à l'automne 1984 sur une section de l'autoroute 15, près de Napierville, en direction de Montréal. Sur cette section de l'autoroute, les dalles existantes étaient détériorées au point qu'il a été nécessaire de les enlever. De nouvelles dalles ont été construites, nécessitant l'utilisation de béton renforcé de fibres et une variété de conditions d'essai. Cette expérience a déjà été décrite dans le numéro du printemps 1986 de **Routes et Transport** (1).

La deuxième expérience a été réalisée à l'automne 1986, sur une section de l'autoroute 40, dans le comté de Kirkland. À l'emplacement du site d'expérimentation, les conditions des dalles existantes nécessitaient simplement un resurfaçage. Ces dalles furent donc laissées en place mais des réparations localisées ont été réalisées sur la pleine épaisseur des dalles, aux endroits où des défaillances structurales avaient été repérées. Un resurfaçage a par la suite été réalisé en utilisant principalement de faibles épaisseurs de béton renforcé de fibres et en variant les conditions d'essai.

Cet article décrit dans un premier temps, pour chacune des expériences, un résumé des conditions d'essai et rapporte ensuite les comportements observés après respectivement trois ans, et une année et demi de mise en service. Des observations générales sur les propriétés du béton renforcé de fibres sont également faites.

CANQ
TR
248
V. 3

Québec 

DESCRIPTION DES CONDITIONS D'ESSAI

Autoroute 15 - Napierville

L'expérience de l'autoroute 15 a consisté en la construction de 11 planches d'essai. Plusieurs variantes ont été expérimentées dans les conditions d'essai. Ainsi, plusieurs dalles ont été construites avec du béton contenant 48 kg/m^3 de fibres d'acier, une dalle a été fabriquée avec du béton contenant 1 kg/m^3 de fibres de polypropylène, alors que pour les autres dalles, on a utilisé du béton conventionnel sans fibres pour permettre des comparaisons. Les épaisseurs de dalles utilisées avec le béton renforcé de fibres ont été de 125, 150 et 175 mm, alors qu'elles ont été de 200 et 225 mm pour le béton sans fibres. L'utilisation ou non de goujons a constitué une autre variante. La figure 1 présente un plan qui localise les planches d'essai et résume les conditions d'essai (2).

Autoroute 40 - Kirkland

L'expérience de l'autoroute 40 a consisté essentiellement en un resurfaçage de dalles existantes. Quelques réparations structurales avaient été réalisées avant de procéder au resurfaçage. L'originalité de l'opération a consisté d'une part à créer un lien mécanique entre la vieille et la nouvelle dalle en béton à l'aide de clous partiellement enfoncés dans la dalle existante, et, d'autre part, à utiliser du béton contenant des fibres d'acier pour développer de meilleures propriétés mécaniques du béton.

La conception de ces planches d'essai a été planifiée de façon à permettre d'éprouver 18 conditions d'essai différentes. Chacune des planches d'essai a comporté une ou plusieurs variantes qui peuvent être regroupées en trois classes:

- a) **préparation de la surface:** les dalles existantes ont été soit scarifiées, soit nettoyées au jet de sable;
- b) **ancrage:** certaines dalles ont été liaisonnées en utilisant des clous d'ancrage avec des espacements de 300 mm et 450 mm. D'autres dalles ont été construites sans clous d'ancrage. Les clous utilisés avaient 3,75 cm de longueur et étaient enfoncés partiellement dans le béton;
- c) **fibres d'acier:** trois types de fibres d'acier ont été utilisées et les concentrations de fibres ont varié de 22 à 34 kg/m^3 . Quelques dalles ont également été construites sans l'utilisation de fibres d'acier.

La figure 2 localise chacune des planches d'essai et résume également l'éventail des conditions d'essai.

OBSERVATION DES COMPORTEMENTS

Autoroute 15

Un relevé de la condition des dalles d'essai a été effectué après trois années de mise en service. Les résultats de ces relevés sont exprimés au tableau 1 et indiquent le nombre de dalles fissurées et de mètres de fissure par mètre linéaire de dalle. Sur ce même tableau, les conditions d'essai de chacune des planches d'essai sont également reportées. L'analyse de toutes ces données permet de faire les commentaires suivants:

Béton ordinaire (sans fibres)

Seules les dalles très courtes (3,64 m) et goujonnées se sont bien comportées. Ces dalles avaient une épaisseur de 200 mm. Il est surprenant de constater que les dalles de 225 mm d'épaisseur et de 6,17 m de longueur ne se sont pas bien comportées. Il s'agit pourtant d'un design plutôt conventionnel qui a l'habitude de présenter des performances convenables après 3 ans de service.

Béton avec fibres de polypropylène

Les dalles avec fibres de polypropylène dont l'épaisseur était de 225 mm se sont toutes fissurées. Ces dalles ne comportaient pas de goudons aux joints. Le comportement de ces dalles s'avère même inférieur à celui des dalles en béton sans fibre de 175 mm d'épaisseur. Leur mauvaise performance ne peut être attribuée à la seule présence des fibres de polypropylène, qui n'affectent pas les qualités du béton.

Béton avec fibres d'acier

Si l'on compare les trois designs expérimentés avec fibres d'acier, on peut constater de toute évidence l'influence de l'épaisseur de ces dalles. En effet, après 3 ans de service, il ne s'est développé aucune fissure dans les dalles de 175 mm d'épaisseur alors qu'une fissure s'est développée dans le cas des dalles de 150 mm d'épaisseur. Les dalles de 125 mm d'épaisseur sont par contre passablement fissurées. Le béton renforcé de fibres d'acier, utilisé pour la construction de dalles d'au moins 150 mm d'épaisseur, s'est avéré performant lors de ces expériences. Il serait quand même préférable de procéder à la construction d'autres zones d'essai avant d'appliquer cette technologie à grande échelle. Il faut souligner également que le coût relatif de dalles de 150 mm d'épaisseur avec béton contenant des fibres d'acier risque d'être supérieur à celui des dalles conventionnelles.

DISCUSSION

L'analyse qui précède est basée sur l'observation et l'évaluation des paramètres intervenants qui étaient considérés comme étant mesurables. On a estimé à priori que la fondation de granulats de la chaussée était homogène et en bon état. Cette hypothèse est apparue nécessaire pour faire des comparaisons entre les autres variantes.

Toutefois, le mauvais comportement des dalles sans fibres de 225 mm d'épaisseur ainsi que celui des dalles de polypropylène nous amène à mettre en doute la validité de cette hypothèse. En effet, il s'agit d'une fondation de chaussée qui a servi durant un grand nombre d'années. Celle-ci a donc dû subir des altérations avec le temps à cause de la contamination, de la pénétration du sel et des modifications de la densité en place par la pénétration du gel. Cette section de l'autoroute 15 a connu des détériorations importantes et a été l'objet d'une réfection dans le contexte de ce projet. Il est donc fort possible que, sur cette section de la route, le comportement de la fondation explique certaines défaillances structurales et rende par le fait même délicate la comparaison des performances des dalles avec fibres et sans fibres.

Cette discussion nous amène de plus à se questionner sur la pertinence de construire un nouveau revêtement en béton sur une fondation dont la qualité s'est détériorée avec les années. Il faudrait d'abord envisager l'évaluation de la fondation existante.

Finalement, il est intéressant de noter que la présence de goudons s'est avérée significative. En effet, les dalles construites avec un béton sans fibres et goudonnées n'ont pas connu de décalage au niveau des joints. Par contre, les dalles contenant des fibres de polypropylène ont clairement mis en évidence un phénomène d'escalier au niveau des joints en l'absence de goudons. De plus, il semble que les fibres d'acier dans le béton contribuent au transfert de charge. En effet, les dalles construites sans goudons et contenant des fibres d'acier ne montrent pas de décalage au niveau des joints.

Autoroute 40 - Comté de Kirkland

L'observation du comportement des dalles d'essai a consisté principalement en des relevés périodiques de l'état de la fissuration. Des micro-fissures transversales sont apparues tôt après la construction, et pour certaines dalles d'essai elles se sont propagées rapidement. Les résultats de ces relevés sont présentés aux figures 3 et 6, indiqué en mètre de fissure par mètre linéaire de dalle, en fonction du nombre de mois

DOR-CEJ-MDD

CANQ
TR
348
V.3

écoulés après la construction. Sur la figure 3, on peut observer le comportement des dalles construites avec le béton conventionnel. Chaque courbe de comportement représente une des conditions d'ancrage expérimentées. Ainsi, on peut observer qu'après 8 mois de mise en service, les dalles sans clous d'ancrage montrent une fissuration de l'ordre de 3 mètres de fissure par mètre linéaire de dalle, alors que ce taux est de l'ordre de 2,5 m.m.l. dans le cas des dalles ancrées avec un espacement des clous de 30 cm. L'influence des clous d'ancrage et de leur espacement est donc marquée, mais il demeure que dans tous les cas, les performances après 8 mois de service sont très faibles.

Les performances des dalles d'essai construites avec le béton renforcé de fibres dont la concentration était de 22 kg/m^3 sont présentées à la figure 4. Pour les trois conditions d'essai expérimentées, on peut observer que les taux de fissuration sont bien inférieurs à ceux observés dans les cas des planches d'essai avec le béton conventionnel. La meilleure performance après 8 mois a été obtenue avec un espacement des clous d'ancrage de 30 cm, pour un taux de fissuration de 0,3 m/m.l. Les taux de fissuration pour les dalles sans clous et avec espacement des clous de 45 cm sont respectivement de 0,5 et 0,7 m/m.l. Dans l'ensemble, les résultats après 8 mois tendent à montrer que l'influence relative des clous d'ancrage est atténuée lorsque l'on est en présence de béton renforcé de fibres, puisque l'influence des fibres est plus importante que celles des clous d'ancrage.

Entre le 8e et le 13e mois, le développement de fissures s'est arrêté et on a observé un palier sur deux des courbes. Il est cependant étonnant de constater que dans le cas des dalles ancrées avec un espacement de 30 cm, une micro-fissuration a continué à se développer.

La figure 5 présente les résultats des dalles d'essai construites avec le béton renforcé de fibres dont la concentration était de 34 kg/m^3 . Dans l'ensemble, les taux de fissuration sont plus faibles que précédemment et ils sont de 0,52, 0,19, 0,15 m/m.l. respectivement pour les dalles sans ancrage et celles avec les clous espacés de 30 et 45 cm. Donc, dans ces derniers cas, l'influence des clous d'ancrage est bien démarquée.

Finalement, la figure 6 présente les taux moyens de fissuration pour l'ensemble des dalles selon les différents bétons sans fibres avec concentration de fibres de 22 kg/m^2 , et de 34 kg/m^3 . La comparaison des trois courbes met en évidence l'influence très positive des fibres et de la concentration de fibres dans le béton.

Le développement de la fissuration est apparu rapidement après la construction et s'est arrêté après 8 mois de mise en service pour les dalles avec béton renforcé de fibres. Il s'agit de fissures transversales qui sont demeurées bien fermées. Le développement de micro-fissures est expliqué par des phénomènes de contraintes thermiques ainsi que de retrait du béton, qui provoquent des mouvements différentiels entre la vieille dalle de béton et la nouvelle.

Ce phénomène de fissuration précoce a déjà été observé dans des expériences similaires. Bagate et al. (4) et Betterton et al. (5) (1985) ont rapporté des comportements similaires pour des cas de chapes minces en béton renforcé de fibres. L'expérience rapportée par Betterton et al. (1985) dans l'Iowa montre cependant un comportement satisfaisant après 10 années de mise en service. Il faut donc croire que la présence des fibres a permis de maintenir les fissures fermées offrant ainsi un résultat satisfaisant. Dans le cas particulier du Québec, on pourrait se questionner sur la durabilité des fibres qui maintiennent un lien structural au niveau des fissures, face au problème de corrosion.

Notons, de plus, qu'aucune différence dans les comportements n'a été observée entre les différents types de fibres. Cependant, celles-ci peuvent présenter des résistances variées face à la corrosion.

Dans le cas des dalles sans fibres, le réseau de fissures ouvertes s'est développé et il a été nécessaire de procéder à une réfection après un an et demi de mise en service.

La mise en place du béton renforcé de fibres à l'aide d'une machine à coffrage coulissant conventionnelle n'a pas présenté de difficulté. Cependant, la finition effectuée à l'aide d'une toile trainée par la machine pour développer une texture a tendance à soulever les fibres.

PROPRIÉTÉS DES BÉTONS RENFORCÉS DE FIBRES À L'ÉTAT FRAIS

La réalisation des deux expériences précitées permet de formuler les conclusions suivantes relativement aux propriétés du béton frais contenant les fibres:

- Dans la confection des bétons renforcés de fibres, l'utilisation d'un granulat d'un diamètre inférieur à 14 mm permet d'obtenir une bonne homogénéité du mélange.
- L'ajout des fibres sur le chantier dans le camion malaxeur a créé des problèmes d'homogénéité au mélange. Par contre, l'ajout des fibres sur le convoyeur de l'usine a permis d'obtenir de bons résultats lors des deux expériences.
- Lors de la construction de la section d'essai de l'autoroute 40, des pertes significatives dans le pourcentage d'air ont été enregistrées durant le transport entre l'usine et le chantier (30 à 45 minutes de transport). Cette situation a nécessité l'ajout d'agent entraîneur d'air sur le chantier. Lors de la construction des planches d'essai de l'autoroute 15, ces difficultés n'avaient pas été rencontrées.

CONCLUSION

Le recouvrement de dalles de béton à l'aide de chapes minces en béton renforcé de fibres procure des résultats encourageants. L'influence des fibres sur le comportement est prépondérante, alors que celle de l'ancrage à l'aide de clous est moins marquée. Un réseau de micro-fissures est apparu rapidement après la mise en service, mais les fissures demeurent fermées. Le problème de la corrosion des fibres exposées aux sels, dans les fissures, reste à évaluer.

La reconstruction d'une section d'autoroute en béton avec des dalles en béton renforcé de fibres n'a pas permis de tirer des conclusions fermes. On peut dire que le béton avec fibres d'acier pour la construction de dalles d'au moins 150 mm d'épaisseur s'est avéré performant dans le cas de ces expériences.

REMERCIEMENTS

Ces projets ont été réalisés grâce à des contrats de recherche attribués par le ministère des Transports du Québec. Nous désirons donc remercier le ministère des Transports ainsi que tous ses professionnels qui ont collaboré à la réalisation de ces projets.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) Lapalme, Y.R., Laplante, P. et Aïtcin, P.-C., Mise en oeuvre et propriétés des bétons contenant des fibres. Revue Routes et Transport, printemps 1986, pp. 7-16.
- (2) Aïtcin, P.-C., Laplante, P. et Lapalme, Y.R., Utilisation de bétons-fibres dans des dalles d'autoroute. Rapport IGM85-305-213, avril 1985, 78 p.
- (3) Chanvillard, G., Les bétons renforcés par de faibles dosages en fibres d'acier: 1. Propriétés mécaniques - 2. Utilisation comme matériau de resurfacement. Mémoire de maîtrise ès sciences appliquées, avril 1988, 255 p.
- (4) Bagate, M., McCullough, B.F. et Fowler, D., Construction and Performance of an Experimental Thin-bonded Concrete Overlay Pavement in Houston. Transportation Research Record, No. 1040, 1985, pp. 25-33.
- (5) Betterton, R.M., Knutson, M.J. et Marks, V.J., Fibrous Portland Cement Concrete Overlay Research in Green Country, Iowa. Transportation Research Record, No. 1040, 1985, pp. 1-7.

Tableau 1: Autoroute 15 - Synthèse des données sur le comportement

Type de béton dans les dalles	Épaisseur dalles (mm)	Joints Dist. (m)	Goujons	Données/Fissuration	
				Nbre dalles affectées/ Nbre total de dalles	Mètres de fissures par m.lin.
Béton sans fibres	200	3,64	oui	0/5	0
	175	6,1	non	5/6	16/36
	225	6,1	oui	2/3	8/18
Béton avec fibres de polypropylène	225	6,1	non	3/3	16/18
Béton avec fibres d'acier	175	6,1	non	0/6	0
	150	6,1	non	1/6	6/36
	125	4,57	non	4/8	15/36

EPAISSEUR
DES DALLES

ESPACEMENT
ENTRE LES JOINTS

200 mm

BETON SANS FIBRE

3,64 m.

GOUJONS

175 mm

BETON AVEC

FIBRES D'ACIER

6,1 m.

DIRECTION
MONTREAL

175 mm

BETON SANS FIBRES

6,1 m.

GOUJONS

150 mm

BETON AVEC

FIBRES D'ACIER

6,1 m.

125 mm

BETON AVEC

FIBRES D'ACIER

4,57 m.

225 mm

BETON AVEC FIBRES

6,1 m.

POLYPROPYLENE

225 mm

BETON SANS FIBRES

6,1 m.

GOUJONS

--- JOINT SCIE

— LIMITE ENTRE LES PLANCHES

FIBRES POLYPROPYLENE : FIBERMESH — 1 kg/m^3

FIBRE D'ACIER : DRAMIX ZP-50 — 48 kg/m^3

Fig. 1: Autoroute 15 - Construction de dalles avec béton renforcé de fibres - Description des planches d'essai.

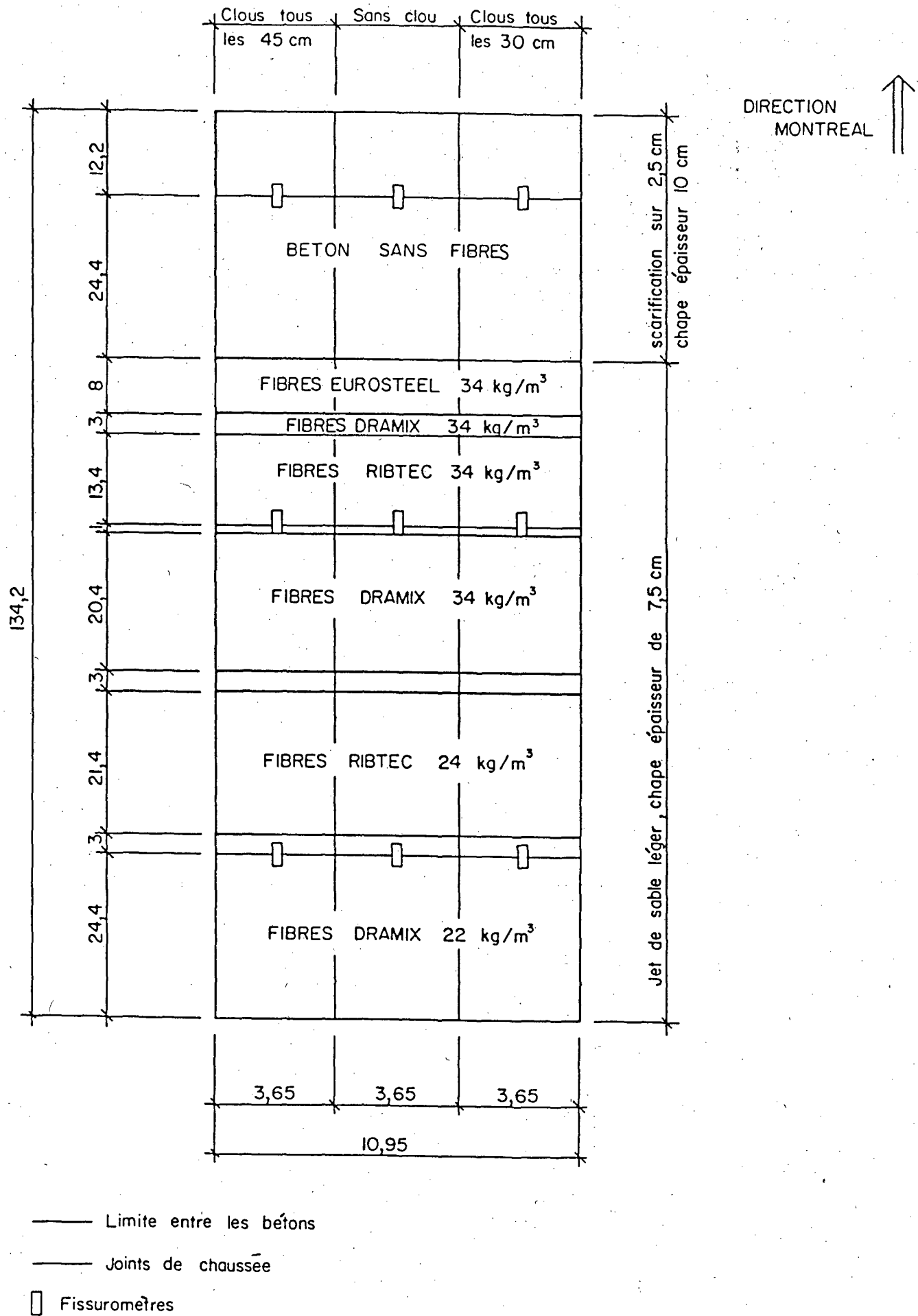


Fig. 2: Autoroute 40 - Construction de chapes minces avec béton renforcé de fibres - Description des planches d'essai.

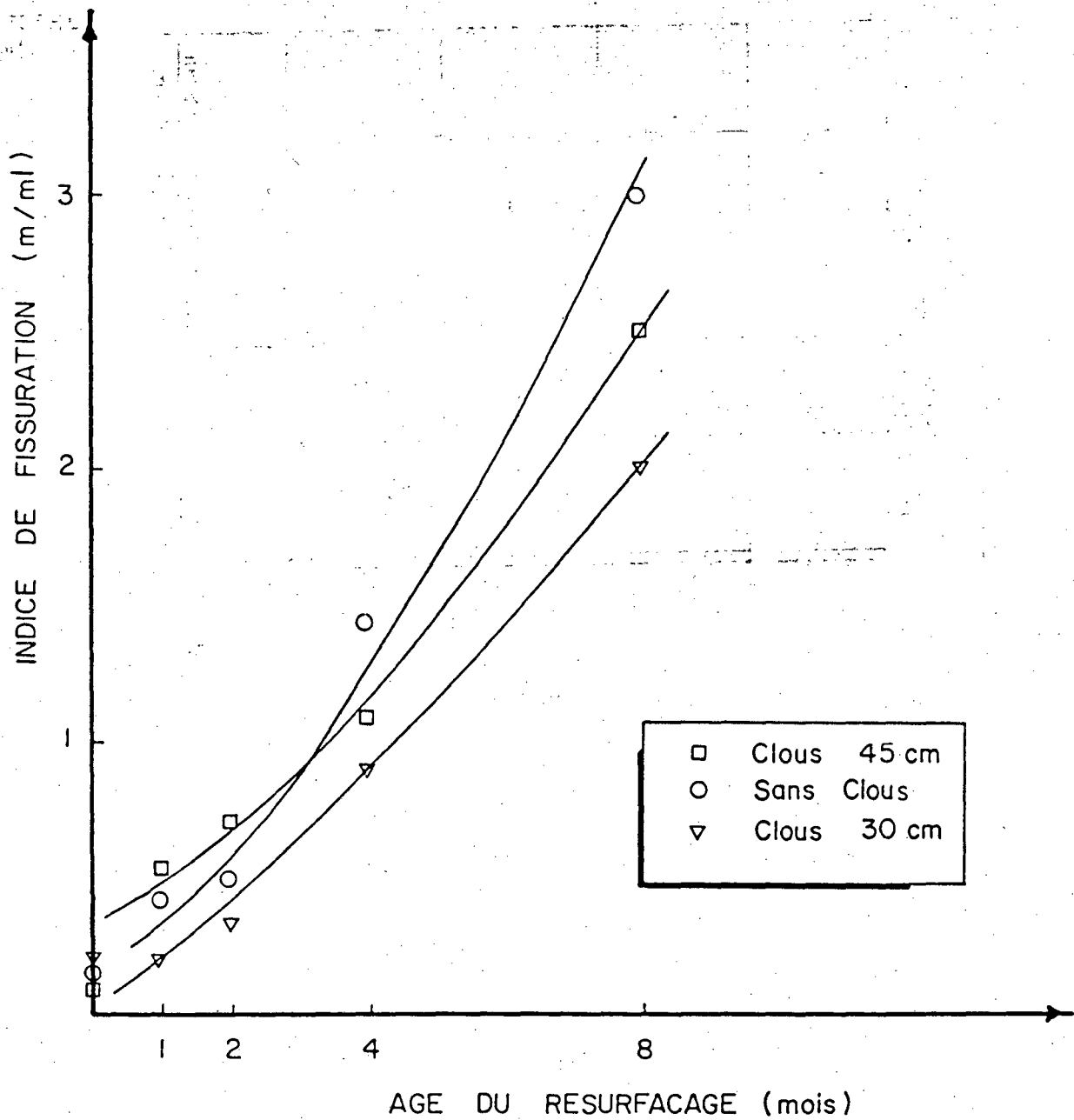


Fig. 3: Evolution des indices de fissuration du béton sans fibres selon les conditions de clouage.

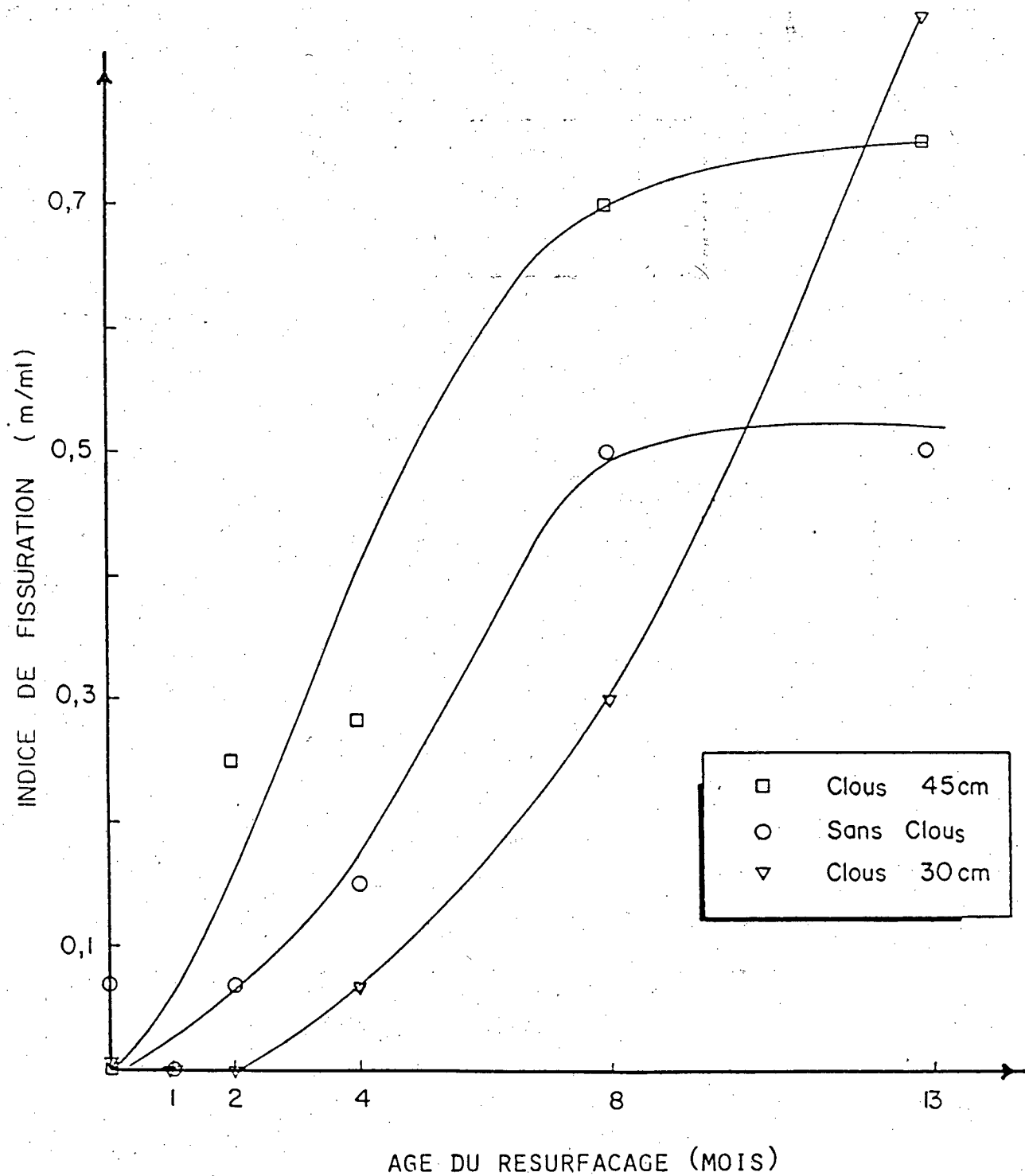


Fig. 4: Evolution des indices de fissuration du béton avec fibres (22 kg/m^3) selon les conditions de clouage.

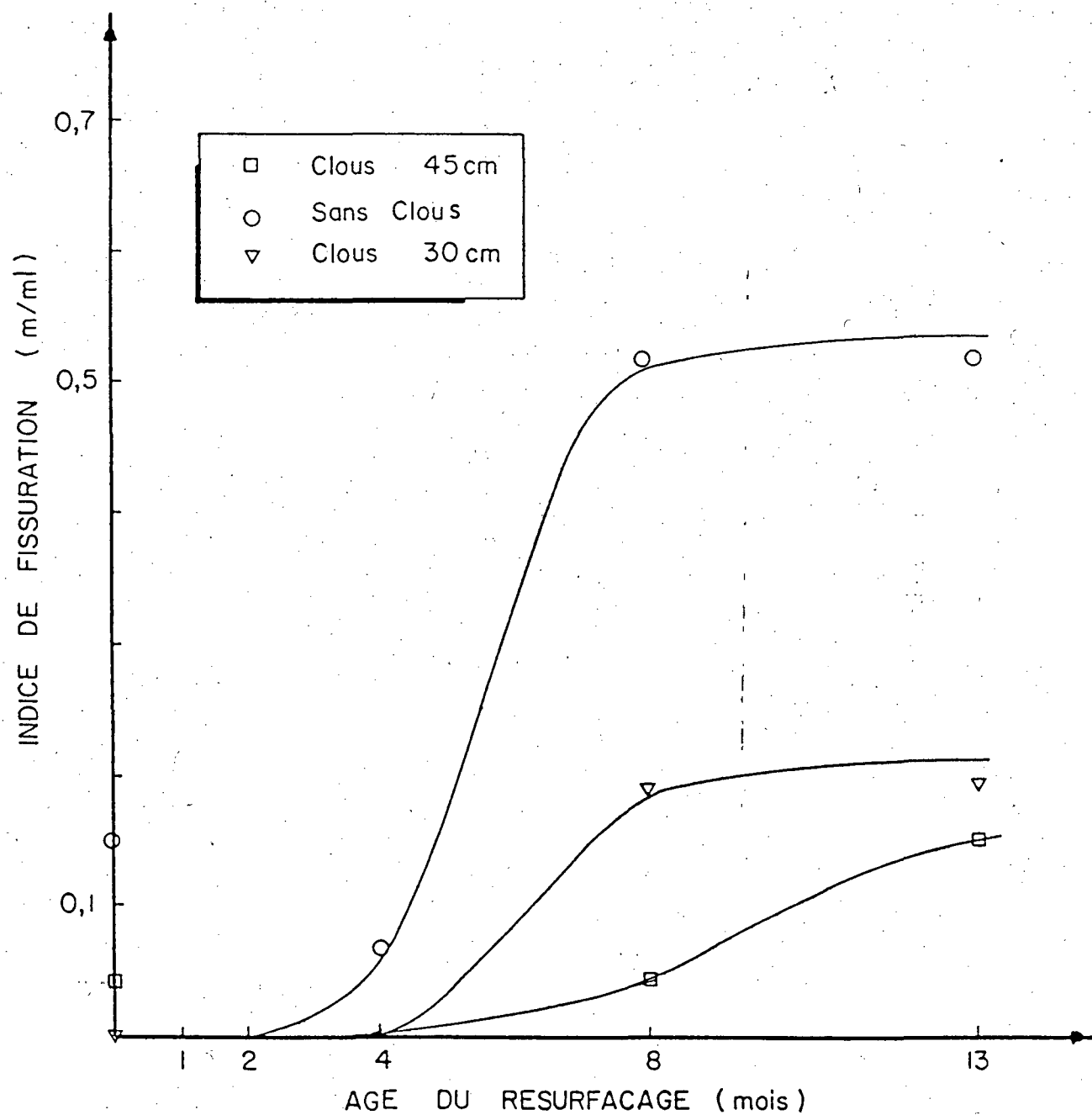


Fig. 5: Evolution des indices de fissuration du béton avec fibres (34 kg/m³) selon les conditions de clouage.

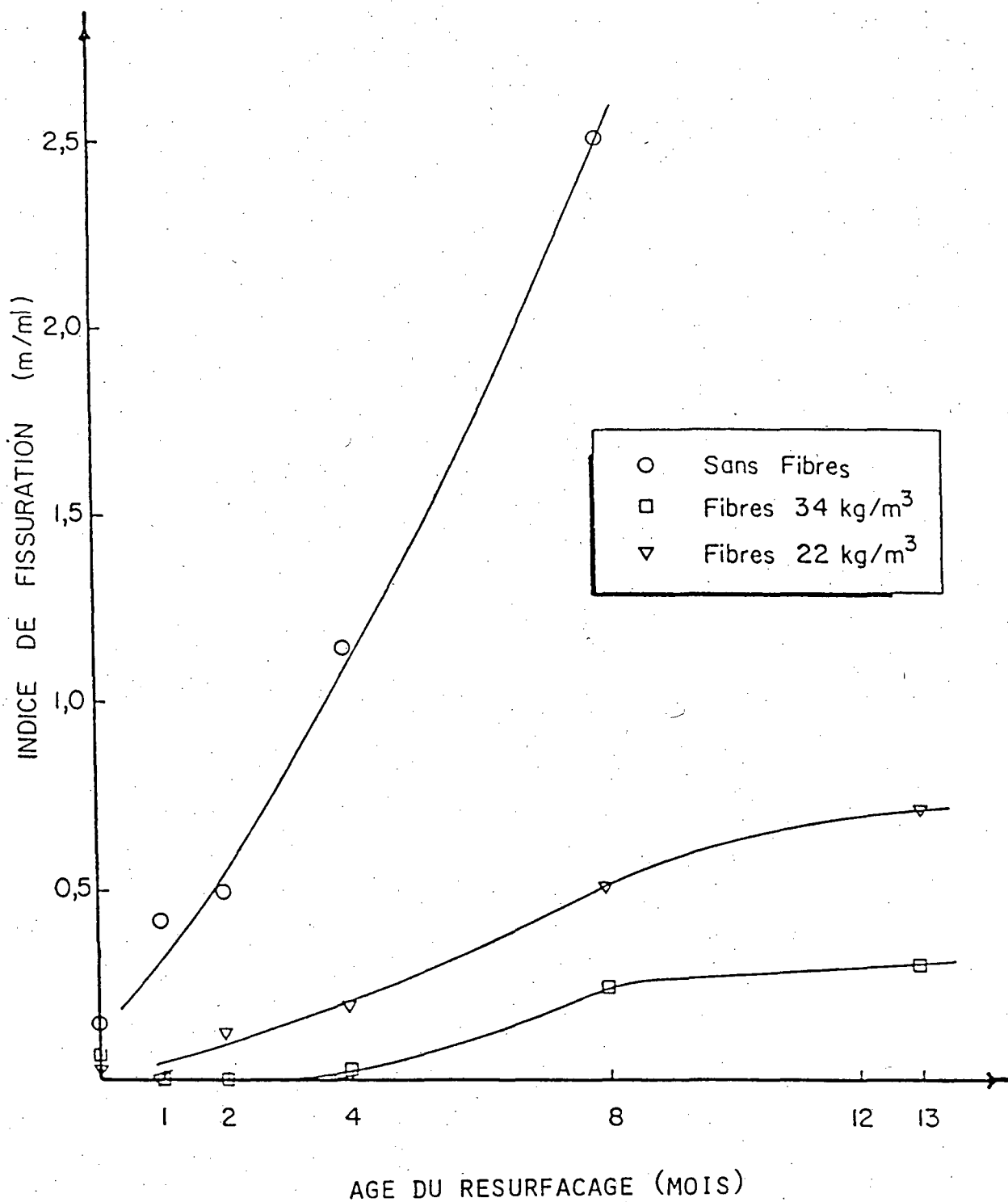


Fig. 6: Evolution des indices de fissuration selon le type de béton.



Transports
Québec

MINISTÈRE DES TRANSPORTS



QTR A 056 749