

# Adhérence acier-mortiers de résines

Autor(en): **Aggour, Mohamed / Arnaud, Maurice / Lorrain, Michel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **46 (1983)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-35873>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Adhérence acier-mortiers de résines

Haftung zwischen Stahl und Harzmörteln

Bond in Resin Mortars

### Mohamed AGGOUR

Chercheur  
I.N.S.A.  
Toulouse, France



Mohamed Aggour, né en 1944 obtient les diplômes de BSc et MSc de Génie Civil à l'Université du Caire (MTC). Il soutient en 1981 le Doctorat d'Ingénieur en Génie Civil à l'I.N.S.A. de Toulouse. Le Colonel M. Aggour est actuellement en poste au MTC (Military Technical College) du Caire.

### Maurice ARNAUD

Maître Assistant  
I.N.S.A.  
Toulouse, France



Maurice Arnaud, né en 1942 obtient le Diplôme d'Ingénieur de l'Ecole Spéciale des Travaux Publics à Paris en 1965 et le Doctorat de 3ème cycle de Génie Civil à l'Université Paul Sabatier de Toulouse en 1972. M. Arnaud est actuellement en poste au département de Génie Civil de l'I.U.T. de Toulouse.

### Michel LORRAIN

Professeur  
I.N.S.A.  
Toulouse, France



Michel Lorrain, né en 1947 obtient le diplôme d'Ingénieur Civil des Ponts et Chaussées à Paris en 1969 et le Doctorat ès Sciences à l'Université Paul Sabatier de Toulouse en 1974. M. Lorrain est actuellement Professeur au Département de Génie Civil de l'I.N.S.A. de Toulouse.

## RESUME

Des essais d'arrachement ont été effectués sur des barres d'acier enrobées dans des mortiers de résine époxy et polyester. Le dosage en résine doit rester faible, l'ancrage total est obtenu pour une longueur d'enrobage de quelques diamètres. La liaison est régie par des mécanismes analogues à ceux des bétons hydrauliques mais l'action des facteurs de résistance et leur importance relative ne sont pas les mêmes.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden Ausziehversuche an Bewehrungsstählen, die in Epoxidharz- und Polyesterharzmörteln eingelegt waren, durchgeführt. Es wird gezeigt, dass die Dosierung der Harze schwach sein muss und dass eine totale Verankerungslänge von wenigen Stahldurchmessern genügt. Die Verbindung hängt von Mechanismen ab, die mit denjenigen im gewöhnlichen Beton vergleichbar sind. Jedoch sind die Haftfaktoren und deren relative Bedeutung nicht dieselben.

## SUMMARY

Pull out tests have been performed on steel bars embedded in epoxy and polyester resin mortars. It appeared that the resin proportion must stay at a low level and that total anchorage is reached for an embedded length of some diameters only. It has been noticed that bond is ruled by the same mechanisms as those found for hydraulic concretes, but their relative influence has changed.



## INTRODUCTION

La réparation et la transformation de bâtiments existants sont devenues des exigences nouvelles de la construction dans de nombreux pays. Dans ce domaine, les techniques actuelles font souvent appel à l'emploi de résines époxy ou polyester, lesquelles sont généralement associées à des granulats pour constituer des mortiers et bétons.

Ces produits sont d'un coût moins élevé que celui de la résine seule et conservent la plupart de ses qualités tout en réduisant ses principaux défauts comme le retrait ou le fluage [1][2][3].

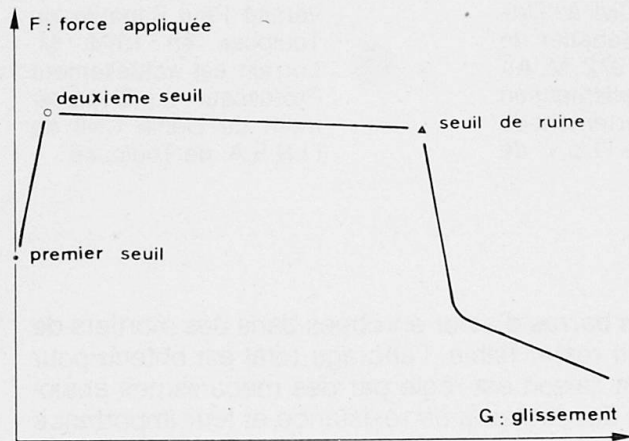
Ainsi, il est techniquement et économiquement possible de :

- reconstituer la qualité perdue d'armatures plastifiées, par un placage d'acier sur le parement du béton [4][5] ;
- ragréer du béton localement ruiné en le remplaçant par du mortier de résine ;
- munir une construction ancienne d'aciers en attente permettant l'extension du bâtiment, la liaison acier-béton ancien étant assurée par du mortier de résine mis en place dans des forages préalablement exécutés.

On conçoit, cependant, que l'efficacité de telles techniques dépende pour une large part de la qualité de l'adhérence entre les différents matériaux en présence. Or, parmi les nombreuses études consacrées aux mortiers et bétons de résine, quelques unes seulement abordent le problème de l'adhérence et se cantonnent au domaine du béton plaqué.

C'est pourquoi les auteurs ont entrepris l'étude systématique des phénomènes qui régissent la liaison entre les ronds à béton et les mortiers de résine. Les principaux résultats obtenus sont présentés dans cette communication.

## 1. PRINCIPE DE L'EXPERIMENTATION



Des capteurs de déplacements, montés sur l'éprouvette permettent de tracer, en continu, les courbes représentatives du glissement de l'extrémité non chargée de la barre, par rapport au béton.

Afin de faciliter l'exposé des résultats, une courbe de glissement type est présentée sur la figure 1. On distingue :

- un premier seuil de glissement ;
- un second seuil de glissement ;
- une phase de grands déplacements ;
- un seuil de ruine ;
- une phase de ruine.

Fig. 1 Courbe type de glissement

## 2. RESULTATS

### 2.1 Influence du dosage pondéral en résine

Les essais ont été réalisés avec des ronds lisses en acier doux de 12 mm de diamètre, enrobés sur une longueur de 12 cm.

Dans l'ensemble, d'une résine à l'autre les performances sont comparables, les meilleures étant obtenues pour des valeurs moyennes du dosage.

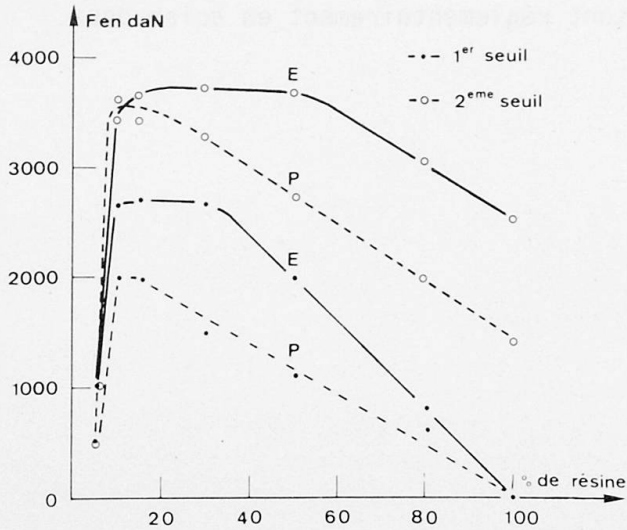


Fig. 2 Variation des résistances aux seuils de glissement en fonction du dosage en résine

La seule différence appréciable concerne le seuil de ruine qui montre une dégradation brutale de la liaison avec les mortiers de résine époxy pour une valeur faible du glissement.

L'influence du dosage en résine apparaît nettement sur les courbes de la figure 2 qui représentent les forces équilibrées aux premier et deuxième seuil en fonction du pourcentage de résine. Le maximum est obtenu dès 15 %, valeur commune aux deux séries dont les pouvoirs adhésifs sont pourtant différents.

Les plus mauvais résultats sont obtenus avec très peu ou beaucoup de liant. Logique dans le premier cas, ce résultat est plus surprenant dans le second même s'il s'explique par le retrait ou par la mauvaise qualité du moulage, qui augmentent avec le dosage en résine.

Il est donc établi qu'il est préférable d'opérer dans la pratique avec des mortiers raisonnablement dosés en résine. Nous avons retenu en conséquence un dosage pondéral de 15 % associé à une granulométrie continue de calcite de 0 à 5 mm.

## 2.2 Influence de la longueur d'enrobage

La longueur d'enrobage des armatures constitue, au même titre que le dosage, un paramètre essentiel de la technologie de mise en oeuvre des procédés liés à l'emploi des résines.

Nous avons effectué les essais avec des barres lisses, en acier doux puis mi-dur, dont les courbes de glissement sont plus faciles à interpréter que celles obtenues avec des barres crénelées à haute-adhérence. Nous avons fait varier les longueurs d'enrobage entre 2 et 25 cm.

### a) Acier doux

Les ordres de grandeur des performances des deux types de matériaux sont voisins. Cela signifie que le passage d'une résine à l'autre n'entraîne pas de modification importante aux mécanismes en jeu.

On constate surtout que l'augmentation de la longueur d'enrobage entraîne une amélioration de la résistance à l'arrachement pour une longueur de 8 cm seulement. Au-delà, les efforts appliqués correspondent à la limite d'élasticité de l'acier dont les déformations transversales favorisent la dégradation de la liaison par décollement, les courbes de glissement ne se distinguent plus.

L'influence de la longueur d'enrobage se manifeste nettement sur les courbes de synthèse, de la figure 3. On peut ajouter que le meilleur pouvoir adhésif de la résine époxy multiplie par deux les performances obtenues au premier seuil avec la résine polyester. Au second seuil, les performances obtenues sont logiquement confondues car se sont les mécanismes de frottement qui sont alors prépondérants.

On retiendra de cette série d'essais que si la résistance à l'arrachement d'une barre en acier doux est fonction croissante de la longueur d'enrobage jusqu'à 5 fois le diamètre, elle est constante au-delà. Il est donc intéressant de prolonger ces expériences avec un acier de limite élastique plus élevée que celle de l'acier doux dont l'étude était cependant indispensable puisque les suspentes de

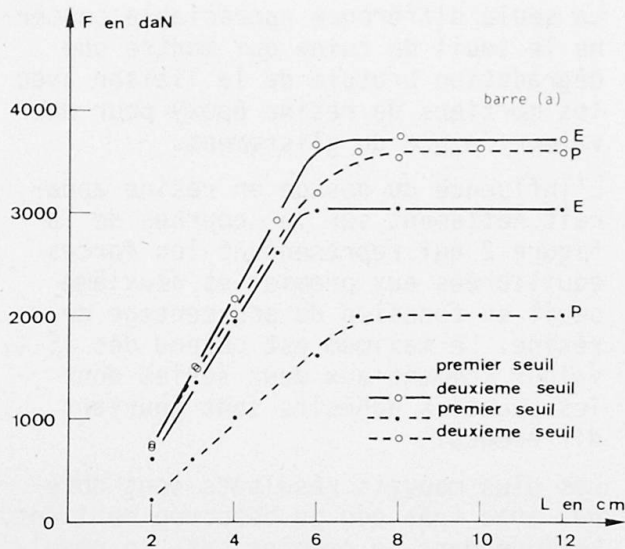


Fig. 3 Variations des résistances aux 1er et 2ème seuils de glissement en fonction de la longueur d'enrobage

#### b) Acier lisse mi-dur

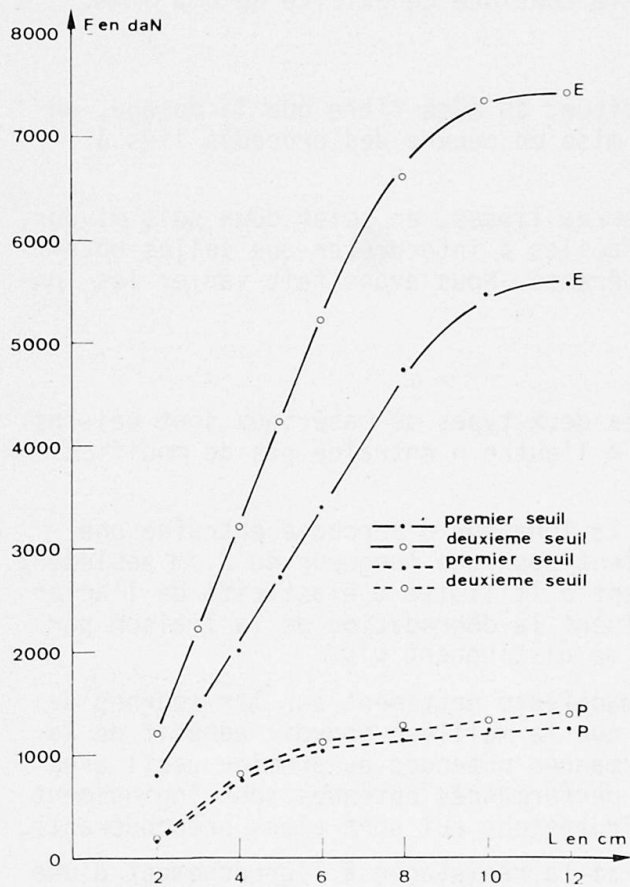


Fig. 4 Variations des résistances aux 1er et 2ème seuils de glissement en fonction de la longueur d'enrobage

manutention des pièces préfabriquées sont réglementairement en acier doux.

Les essais conduits de façon analogue aux précédents donnent des ordres de grandeur des forces équilibrées considérablement modifiés : les performances diminuent de moitié avec la résine polyester, mais augmentent de 30 % avec la résine époxy. L'excellent pouvoir d'adhésivité de la résine époxy se manifeste particulièrement sur les courbes de la figure 4.

Enfin, c'est pour une longueur d'enrobage faible que les valeurs maximales sont obtenues. Ce résultat d'intérêt majeur dans la pratique est indépendant de la nature de la résine.

### 3. MISE EN EVIDENCE DES MECANISMES DE LA LIAISON ACIER-BETON

#### 3.1 Méthode expérimentale

Les expériences ont été réalisées sur des aciers lisses et crénelés, graissés ou non, afin de mettre en évidence par comparaison des courbes de glissement, les effets respectifs du collage, des crénelures et du serrage.

La barre crénelée, dont la forme schématique est inspirée des travaux de REHM [6], est mise en oeuvre dans l'essai n° 1. La résistance à l'arrachement est alors due aux effets conjugués de serrage, collage et de l'action de butée de la crénelure.

L'essai n° 2 est réalisé avec une barre lisse ; la résistance à l'arrachement provient des effets de serrage et collage. Par soustraction, ces deux essais permettent donc d'isoler le rôle de la crénelure.

Les essais n° 3 et 4 diffèrent des essais n° 1 et 2 en ce que les barres sont enduites d'une pellicule de graisse interdisant tout collage.

#### 3.2 Résultats

##### a) mortier de résine polyester

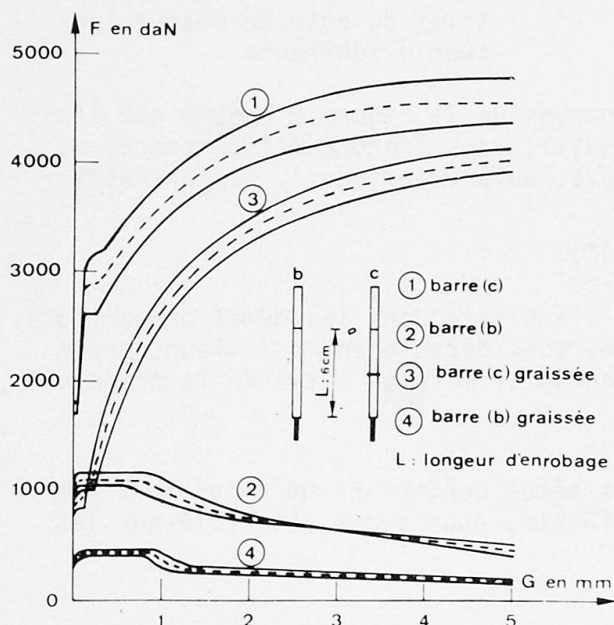


Fig. 5 Mortier de résine polyester.  
Courbes de glissement avec  
séparation des paramètres  
d'adhérence.

Les courbes de glissement présentées sur la figure 5, d'allure classique montrent clairement les effets des différents facteurs de l'adhérence :

\* Avant glissement :

- serrage : frottement statique (S)
- collage : adhésivité (A)
- crénelure : effet de butée et cisaillement (C)

\* Après glissement :

- serrage : frottement dynamique  $F(S)$
- collage : frottement supplémentaire par imbrication des liaisons rompues  $F(A)$
- crénelure : effet de compression cisaillement (CC) du mortier.

Les courbes de la figure 6, obtenues en combinant deux à deux les courbes moyennes de glissement, sont représentatives des rôles joués par chaque facteur d'adhérence :

- 1 - 2 ou 3 - 4 rôle de la crénelure  
1 - 3 ou 2 - 4 rôle du collage

La figure 7 donne, pour l'ensemble des essais effectués, les courbes moyennes représentatives du rôle de chaque facteur d'adhérence.

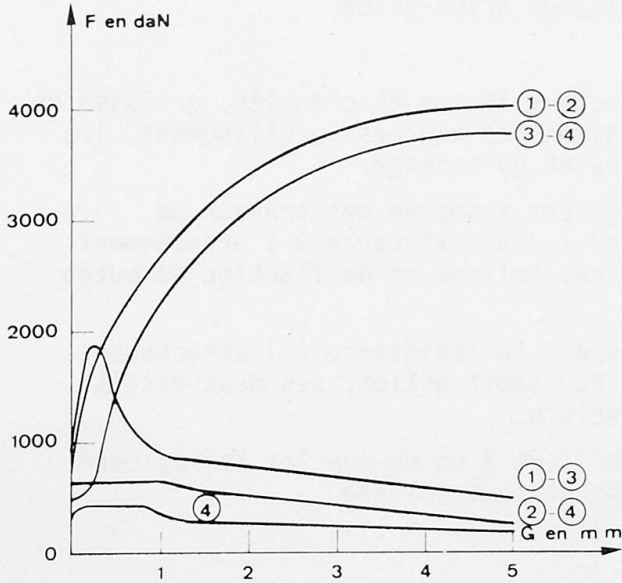


Fig. 6 Mortier de résine polyester.  
Rôle des facteurs d'adhérence

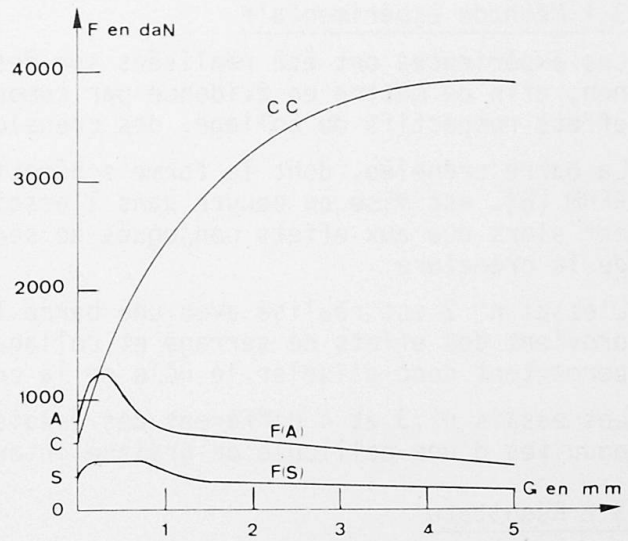


Fig. 7 Mortier de résine polyester.  
Courbes moyennes représentatives du rôle de chaque facteur d'adhérence

En première approximation, l'analyse des courbes de la figure 9 montre que l'adhésivité est le facteur le plus efficace suivi, dans l'ordre d'importance, de l'effet de crênelure et du serrage. On trouve, au premier seuil, approximativement :

$$(C) = 2(S) ; (A) = 3(S) = \frac{3}{2}(C)$$

Entre les deux seuils, chacun des facteurs s'améliore dans les mêmes proportions. Au-delà, seul l'effet de crênelure augmente, considérablement d'ailleurs grâce au déplacement relatif acier-béton qui accentue la mise en butée de la crênelure.

#### b) Mortier de résine époxy

Les courbes de glissement obtenues dans les mêmes conditions qu'en a) sont données sur la figure 8. La dispersion étant faible, nous avons travaillé sur les courbes moyennes tracées en pointillé.

On peut constater que :

- la courbe ④ (serrage (S) et F(S)) est la même que pour la résine polyester : le facteur (S) d'importance médiocre est donc indépendant de la nature de la résine ;
- les courbes ① et ② témoignent de l'excellente qualité de l'adhésivité de la résine époxy ;
- la résistance de la barre crênelée est inférieure, à partir du second seuil, à celle de la barre lisse.

Les valeurs de résistance attribuables à chaque facteur sont portées sur les graphes de la figure 9.

$$\begin{aligned} & \textcircled{3} - \textcircled{4} \text{ ou } \textcircled{1} - \textcircled{2} \text{ pour le rôle de la crênelure ;} \\ & \textcircled{2} - \textcircled{4} \text{ ou } \textcircled{1} - \textcircled{3} \text{ pour le rôle du collage.} \end{aligned}$$

On note que les courbes représentatives du rôle d'un même facteur ne se superposent qu'après un glissement de l'ordre de 6 mm.

La crênelure d'une barre graissée améliore la résistance [③ - ④] alors que

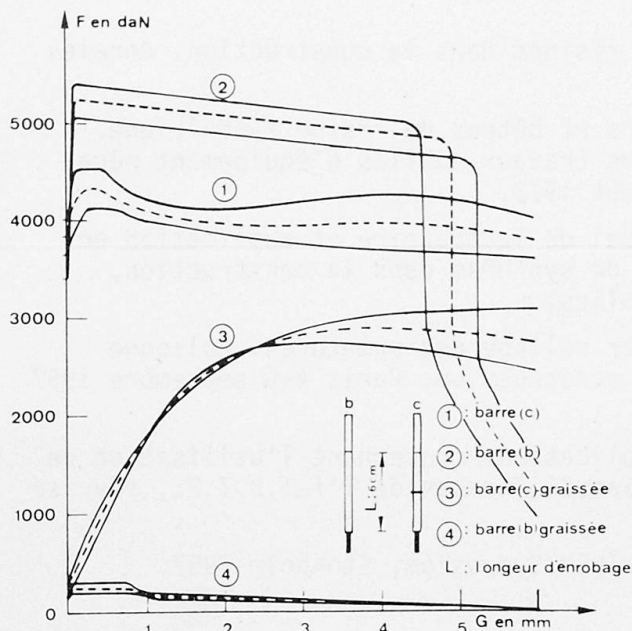


Fig. 8 Mortier de résine époxy.  
Courbes de glissement avec  
séparation des paramètres  
d'adhérence

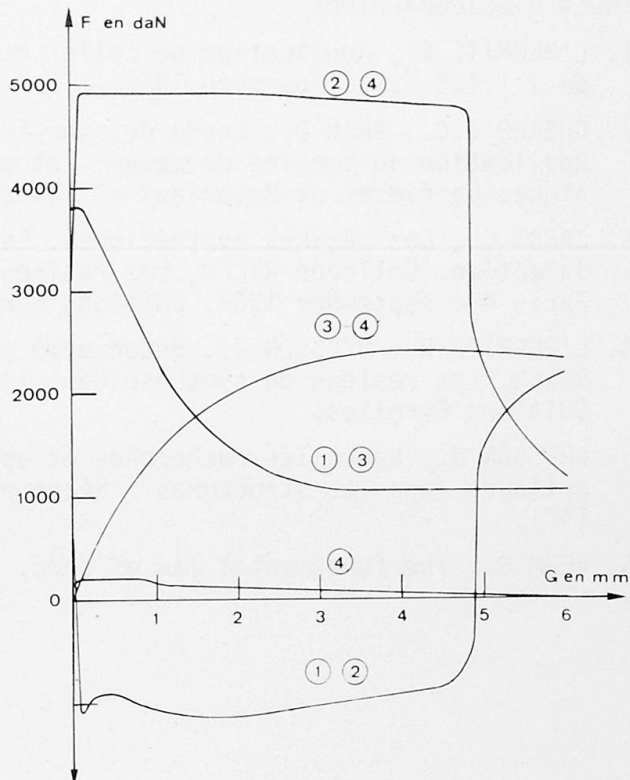


Fig. 9 Mortier de résine époxy. Rôles  
des facteurs d'adhérence

celle d'une barre adhérente la dégrade [ (1) - (2) ]. De même le collage est plus performant avec des barres lisses [ (2) - (4) ] qu'avec des barres crénelées [ (1) - (3) ].

On remarque ici une grande différence de comportement par rapport au mortier de polyester, due pour une large part à l'excellent pouvoir adhésif de l'époxy.

Lorsque le collage se rompt, c'est nécessairement pour une valeur très élevée de la force d'arrachement. La brutale mise en charge du béton par la crénelure à une pression supérieure à la résistance locale de ce dernier provoque alors une ruine instantanée. En revanche, en l'absence d'adhérence, la crénelure sollicite et déforme progressivement le béton : elle améliore ainsi la résistance à l'arrachement (cf. figure 8 courbe n° 3). En définitive, le collage est de loin le facteur le plus efficace avec la résine époxy. La crénelure, qui a priori peut paraître néfaste, donne en fait une certaine ductilité à la dégradation de la liaison (disparition du seuil de ruine dans la plage de glissement étudiée).

## CONCLUSIONS

Les expériences précédentes étaient destinées à mettre en évidence les rôles respectifs des facteurs de résistance de la liaison acier-bétons de résine. Elles ont été effectuées sur des matériaux obtenus en associant résine époxy ou résine polyester à une charge minérale.

Les résultats obtenus ont montré que, pour les matériaux étudiés :

- le serrage demeure un facteur relativement faible et apparemment indépendant de la nature de la résine ;
- le collage dû à l'adhésivité, modeste avec le polyester est considérable avec l'époxy ;
- la crénelure, dont l'efficacité dépend essentiellement de la valeur du glissement, est très importante avec le polyester et pratiquement pas avec l'époxy.





## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. L'HERMITE R., Application de colles et résines dans la construction. Annales de l'I.T.B.T.P., novembre 1967.
2. CUBAUD J.C., PRIN D., Etude des mortiers et bétons de résine synthétique. Application au domaine du bâtiment et des travaux publics d'équipement mécanique. Carrières et Matériaux n° 114 août 1972.
3. CARON C., Les résines synthétiques. Essai de laboratoire et application en injection. Colloque RILEM, Les résines de synthèse dans la construction, Paris 4-6 septembre 1967, Editions Eyrolles.
4. L'HERMITE R., BRESSON J., Béton armé par collage des armatures. Colloque RILEM, Les résines de synthèse dans la construction, Paris 4-6 septembre 1967 Editions Eyrolles.
5. BRESSON J., Nouvelles recherches et applications concernant l'utilisation de collages dans les structures - Béton plaqué. Annales de l'I.T.B.T.P., février 1971.
6. REHM G., The fundamental law of bond. RILEM Symposium, Stockholm 1957.