

SECRETARIAT GENERAL
DIVISION DU CONTROLE TECHNIQUE

Annexes : 2.

CIRCULAIRE N° MET/576-B-5.....

Aux Chefs de Service,

OBJET : Marchés publics de travaux.
Réparation des ouvrages en béton nécessitant la mise en œuvre de liants
résineux réactifs.
Homologation et réception des matières.
Agréation des opérateurs.
Contrôle de la mise en œuvre.

Depuis plusieurs années le Service des Structures en Béton (D.423) de la Division du Contrôle Technique à Liège assure le contrôle des essais d'homologation et des essais de réception des produits de réparation à base de liants résineux réactifs pour les ouvrages en béton ainsi que l'agréation des opérateurs responsables de la mise en œuvre de ces produits.

Les prescriptions relatives à ces produits ont été mises à jour sur base de l'expérience acquise. Elles font l'objet de l'annexe 1 ci-jointe.

Ces prescriptions annulent et remplacent les clauses techniques reprises aux chapitres II.C.1., II.C.2. et II.C.4. du document "Renforcement, réparation et entretien des ouvrages d'art - répertoire de recommandations pour l'établissement des documents d'adjudication (édition n° 1 - mai 1984)".

Les Chefs de Service veilleront à ce que les cahiers spéciaux des charges relatifs à des travaux où sont mis en œuvre les produits précités se réfèrent à la présente circulaire et tiennent compte des notes commentaires figurant à l'annexe 2.

Le contrôle des essais d'homologation des produits et d'agréation des opérateurs est assuré par le service des Structures en Béton qui délivrera des certificats d'homologation aux produits et des certificats d'agréation aux opérateurs qui auront satisfait aux prescriptions de l'annexe.

L'attention des Chefs de Service est attirée sur les points suivants :

- l'homologation d'un produit n'équivaut pas à une dispense de réception des lots de produits à mettre en œuvre sur chantier mais permet d'alléger fortement les opérations de réception qui se ramènent à l'exécution d'un nombre limité d'essais (identification);
- l'agrément des opérateurs ne dispense pas l'administration de contrôler la mise en œuvre sur chantier.

Il y a lieu de confier la réception des produits au service des Structures en Béton à Liège qui dispose des résultats des essais d'identification réalisés lors de l'homologation. Ce service peut également réaliser sur chantier certains essais de contrôle de la mise en œuvre (carottages, essais d'adhérence, etc ...).

Pour le Ministre :

Le Secrétaire Général.

Francis HAMBYE.

MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX.

TRAVAUX DE REPARATION DES OUVRAGES EN BETON
NECESSITANT LA MISE EN OEUVRE DE LIANTS RESINEUX REACTIFS.

I. GENERALITES.

I.1. Introduction.

I.1.1. Programmes d'essais sur les liants résineux réactifs.

I.1.1.1. Programme des essais d'homologation.

I.1.1.2. Programme des essais de réception.

I.1.1.3. Programme des essais de contrôle de la mise en œuvre.

1. Contrôle des conditions de mise en œuvre des matériaux de réparation.
2. Contrôle de la bonne exécution du travail.

I.1.2. Personnel.

I.1.2.1. Généralités.

I.1.2.2. Pièces d'essais.

1. Injection de fissures.
2. Mortier de ragréage.
3. Collage de plat en acier.
4. Remarques.

I.1.2.3. Conditions imposées.

1. Injection.
2. Mortier de ragréage.
3. Collage.

I.1.3. Mise en œuvre des produits.

I.1.4. Présentation en réception et échantillonnage des matières.

I.1.5. Etiquetage.

I.1.6. Stockage des produits.

I.1.7. Frais.

I.1.7.1. Homologation.

I.1.7.2. Réception ou contrôle de la mise en œuvre.

I.1.7.3. Essais de contrôle d'aptitude des opérateurs.

I.2. Essais sur liants résineux réactifs.

I.2.1. Programme d'identification commun à tous les liants résineux réactifs.

I.2.1.1. Identification basée sur la composition.

1. Programme commun à tous les composants.
2. Programme spécifique à un type de liant donné.
 1. Cas des liants époxydes.
 2. Cas des liants polyuréthanes.

I.2.1.2. Identification basée sur la réactivité des liants.

1. Mesure de la réactivité basée sur l'évolution de la température du mélange.
2. Pour les mortiers.

I.2.1.3. Identification basée sur les propriétés à l'état durci.

1. Programme général sauf pour les mortiers.
2. Pour les mortiers.

I.2.2. Programme d'essais d'applicabilité, de performance et de durabilité spécifique à chaque domaine d'utilisation des liants résineux réactifs.

I.2.2.1. Les matériaux pour coulis d'injection.

1. Essais d'applicabilité d'un coulis d'injection.
2. Essais de performances.
3. Essai de durabilité.

I.2.2.2. Les mortiers de ragréage.

1. Essais d'applicabilité d'un système de mortier de ragréage.
2. Essais de performances.
3. Essais de durabilité de l'adhésion mortier de ragréage - béton.
4. Cas du béton humide.

I.2.2.3. Les adhésifs.

1. Essais d'applicabilité d'un système d'adhésif.
2. Essais de performances.
3. Essais de durabilité.
4. Cas du béton humide.

I.2.3. Tolérance admise pour les essais d'identification.

I.2.3.1. Identification basée sur la composition.

I.2.3.2. Identification basée sur la réactivité.

I.2.3.3. Identification basée sur les propriétés à l'état durci.

I.2.4. Conditions imposées pour les essais d'applicabilité, de performances et de durabilité.

I.2.4.1. Conditions générales.

I.2.4.2. Coulis d'injection.

1. Applicabilité.
2. Performances.

I.2.4.3. Les mortiers de ragréage.

I.2.4.4. Les adhésifs.

II. INJECTION DES FISSURES.

II.1. Introduction.

II.2. Travail préparatoire.

II.3. Appareillage pour l'injection.

II.4. Exécution des travaux d'injection.

II.5. Essais de contrôle de la mise en œuvre sur chantier.

II.6. Classes d'injections.

II.7. Données à mentionner au cahier spécial des charges.

III. REPARATION DU BETON AU MOYEN DE MORTIERS.

III.1. Introduction.

III.2. Travail préparatoire.

III.3. Exécution de la réparation.

III.4. Essais de contrôle de la mise en œuvre sur chantier.

IV. RENFORCEMENTS AU MOYEN DE PLATS D'ACIER COLLES.

IV.1. Introduction.

IV.2. Travail préparatoire.

IV.2.1. Préparation du support.

IV.2.2. Préparation des plats en acier.

IV.3. Exécution du collage.

IV.4. Essais de contrôle de la mise en œuvre sur chantier.

IV.5. Protection des tôles collées.

I. GENERALITES.

I.1. INTRODUCTION.

L'efficacité des travaux de réparation, de restauration et de renforcement est fonction des matériaux utilisés, de la qualité de la main-d'œuvre et de la qualité de l'exécution.

En ce qui concerne les matériaux, seuls sont admis ceux qui ont subi avec succès un programme d'essais d'homologation et qui ont reçu l'homologation de la part de l'administration.

Les liants résineux réactifs retenus sont les liants époxydes et polyuréthanes.

I.1.1. Programmes d'essais sur les liants résineux réactifs.

Le contrôle de ces matériaux est réalisé en 3 phases successives :

I.1.1.1. Programme des essais d'homologation.

* Le programme comporte plusieurs parties :

- Une première partie est commune à toutes les applications des liants résineux réactifs et concerne essentiellement l'identification du ou des matériaux constituant le système (point I.2.1.).
- D'autres parties sont spécifiques à une application déterminée et comprennent des essais d'applicabilité, de performance et de durabilité (point I.2.2.). Les exigences concernant ces essais sont reprises au point I.2.4.

* Ce programme a deux buts :

1. S'assurer que les matériaux proposés répondent bien aux conditions imposées.
2. Relever les caractéristiques principales des matériaux proposés (caractéristiques d'identification) afin de vérifier, ultérieurement par un programme d'essais restreint (point I.1.1.2.), que le produit livré sur chantier est bien identique à celui qui a subi le programme complet des essais d'homologation.

* Les essais d'homologation sont réalisés sous le contrôle du service des Structures en béton à Liège (D.423). Une demande d'homologation est introduite auprès de ce Service.

Les essais sont réalisés dans un laboratoire neutre, choisi de commun accord par le demandeur et la D.423.

Les prélèvements sont réalisés par ce Service qui rédige également la demande d'essais au laboratoire.

Selon le cas, les essais de performance sont effectués sur les produits séparément et/ou sur le système composite dans le cas de l'utilisation de plusieurs produits (p. ex. produit d'imprégnation + mortier époxy + colle + primer sur acier).

Dans sa demande d'homologation, le demandeur est tenu de fournir toutes les données relatives aux différents produits ou composants, à leur destination (colle, produit d'injection, etc ...) et à leur mise en œuvre, notamment

a) Pour chaque composant :

- sa nature chimique;
- sa granulométrie (pour les charges);
- ses conditions de stockage : - température minimale,
- humidité relative maximale,
- durée maximale de stockage.

b) Pour les liants : les propriétés à l'état durci.

c) Température minimale et maximale du support.

d) Humidité maximale ou minimale du support.

e) Température minimale et humidité relative maximale de l'air ambiant.

f) Influence de la température et de l'humidité sur les conditions de mise en œuvre et sur les propriétés à l'état durci.

g) Etat de préparation du support.

h) Durée pratique d'utilisation (D.P.U.) en fonction de la température.

i) Proportions des constituants.

j) Données relatives au mélange ou au malaxage des produits.

k) Mode de mise en œuvre (quantités, pressions, matériel employé, etc ...).

- * Avant d'entamer le programme des essais d'homologation, les échantillons de produits sont conservés par le laboratoire pendant 2 jours à la température minimale de mise en œuvre définie par le demandeur et sous une humidité relative égale à l'humidité maximale mise en œuvre.

I.1.1.2. Programme des essais de réception.

* Ce programme a pour buts :

1. L'identification des produits présentés en réception afin de s'assurer qu'ils sont identiques à ceux qui ont reçu l'homologation.
2. Le contrôle par l'un ou l'autre essai de performance, que les produits présentés en réception et appliqués selon les modalités prévues correspondent bien, à la tolérance près, aux résultats obtenus lors de la réalisation du programme d'homologation et répondent aux conditions mentionnées au point I.2.4.

- * Le programme de réception est dérivé du programme des essais d'homologation. Il est appliqué sur des matériaux prélevés chez le fournisseur et destinés à un ou plusieurs chantiers.

Ce programme comprend :

1. Contrôle du poids net des différents composants contenus dans les différents emballages. Le poids mesuré ne peut s'écarter de plus de 2,5 % en plus ou en moins du poids annoncé.
2. Au moins 3 des 9 essais mentionnés au point I.2.1.1.1. + I.2.1.1.2. Selon le cas, l'essai prévu au point I.2.1.2.1. ou I.2.1.2.2. ou I.2.1.2.3.
3. Si l'Administration le juge nécessaire compte tenu de la destination du produit : Selon le cas, l'essai prévu au point I.2.1.3.1.2. (essai de traction) ou I.2.1.3.2. ou I.2.1.3.3.

- * Le choix des essais est réalisé par la D.423.

Les résultats obtenus lors de ces essais doivent correspondre, à la tolérance près aux résultats obtenus lors de la réalisation du programme d'homologation (voir point I.2.3. et I.2.4.).

Les essais sont réalisés dans le laboratoire désigné par l'Administration.

Les prélèvements sont réalisés par un agent de la D.423 qui rédige également la demande d'essais au laboratoire.

- * La mise en œuvre des produits sur chantier ne peut être entamée tant que tous les essais de réception ne sont pas terminés.

I.1.1.3. Programme des essais de contrôle de la mise en œuvre sur chantier.

1. Contrôle des conditions de mise en œuvre des matériaux de réparation. (Fabrication sur chantier - Essais au laboratoire)

L'administration peut décider de faire réaliser certains essais au début des travaux sur chantier ou en cours de ceux-ci lorsque les conditions de mise en œuvre sont modifiées (température, appareillage, etc ...). Ce dont elle est le seul juge.

Le but de ce contrôle est de vérifier que les performances des matériaux mis en œuvre dans les conditions du chantier (matériel, personnel, température, humidité) correspondent à la tolérance près aux performances relevées lors du programme des essais d'homologation.

Les éprouvettes sont préparées et conservées sur le chantier dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'ouvrage.

Remarque : - Le matériau est supposé avoir été réceptionné selon le point I.1.1.2. ci-dessus pour l'ouvrage en question ou pour un autre ouvrage (voir point I.1.4.).

- Les moules destinés à la confection des échantillons sont fournis par l'entrepreneur.

2. Contrôle de la bonne exécution du travail. (Essais sur chantier)

Le contrôle de la bonne exécution est réalisé au moyen de quelques essais appropriés au travail effectué et qui sont les suivants :

- Mesure de la profondeur et de l'efficacité d'une injection par des carottages effectués après injection.
- Mesure de l'adhérence du mortier de ragréage ou de plats en acier (mesure effectuée sur éprouvettes témoins ou mesures destructives effectuées sur une zone de la réparation ou du renforcement).

I.1.2. Personnel.

I.1.2.1. Généralités.

Les travaux de réparation, de restauration et de renforcement nécessitant la mise en œuvre de liants résineux réactifs ne peuvent être exécutés que par des ouvriers qualifiés et expérimentés.

Un chef d'équipe ou moniteur doit être présent en permanence sur le chantier. Ce chef d'équipe ou moniteur doit apporter la preuve d'une formation et d'une expérience suffisante, ce dont l'Administration est seul juge. Il doit préalablement être agréé par l'Administration par les essais décrits au point I.1.2.2.

La réalisation des pièces d'essais décrites ci-après destinées aux essais d'agrément des opérateurs servent également aux essais d'applicabilité réalisés dans le cadre des homologations (voir point I.2.2.).

Cette agrément réalisée préalablement à un premier travail de réparation, reste valable pour les travaux ultérieurs dans la mesure où les conditions de mise en œuvre restent semblables.

I.1.2.2. Pièces d'essais.

I.1.2.2.1. Injection de fissures.

Deux dalles de béton de 200 x 50 cm et de 3 à 4 cm d'épaisseur sont placées verticalement l'une contre l'autre et maintenues rigidement. Les faces en contact doivent présenter une planéité telle que l'écartement mesuré aux différents points de la dalle varie, compte tenu des manques de planéité de 0 à 1 mm (voir croquis de principe à la figure 1, en annexe 1).

Les faces des dalles en vis-à-vis sont rendues rugueuses par sablage et dépoussiérées.

Le laboratoire procède au :

- colmatage de la fente longitudinale arrière;
- colmatage des 2 fentes transversales supérieure et inférieure.

Les dalles ainsi préparées ainsi que les produits à mettre en œuvre sont conservés pendant au moins 48 heures dans une chambre d'essais dont l'ambiance est réglée à la température minimale et à l'humidité maximale prévue pour la mise en œuvre du système de réparation. L'opérateur procède ensuite dans la chambre climatisée au placement des injecteurs, au colmatage de la face d'injection et au remplissage de la fissure formée par le système ainsi composé.

Le matériel utilisé par l'opérateur pour réaliser l'essai est celui utilisé sur chantier. En ce qui concerne la pompe voir le point II.3.

Le durcissement a lieu pendant 7 jours dans les mêmes conditions.

A partir du huitième jour et jusqu'au quatorzième jour, la pièce d'essai est conservée à la température de $23 \pm 2^\circ$ C. Durant cette période, des carottes sont prélevées et conservées dans les mêmes conditions. Les carottes sont positionnées et numérotées de 1 à 11 comme indiqué sur la figure 2 en annexe 1.

L'épaisseur du coulis d'injection est mesurée pour chaque carotte en 4 points situés sur deux diamètres perpendiculaires et la moyenne est calculée pour chaque carotte.

- Remarques :
1. La largeur de 1 mm peut être modifiée pour des cas particuliers d'injection (voir point II.1.).
 2. Une pièce d'essai peut être exécutée par deux opérateurs à condition que chaque opérateur réalise la moitié des opérations précitées.

I.1.2.2.2. Mortier de ragréage.

L'opérateur applique une couche d'environ 1 cm d'épaisseur à la surface d'une dalle en béton positionnée au plafond d'une chambre d'essais dont l'ambiance est réglée à la température minimale et à l'humidité maximale prévue pour la mise en œuvre du système de réparation. La dalle ainsi que les produits à mettre en œuvre doivent avoir été préalablement conservés pendant 48 heures dans les conditions d'ambiance précitées.

Le système mis en œuvre comporte toutes les couches prévues en pratique (résine d'imprégnation, primer, mortier, etc).

La dalle de béton a une longueur d'au moins 100 cm et une largeur d'au moins 50 cm et une épaisseur d'au moins 4 cm.

La surface du béton aura été préalablement décapée comme prévu sur chantier (bouchardage ou sablage + dépoussiérage, ...).

Le matériel utilisé tant pour préparer le mortier que pour le mettre en œuvre est celui utilisé sur chantier.

A partir du 8^{ème} jour et jusqu'au 14^{ème} jour, la pièce d'essai est conservée à la température de $23 \pm 2^\circ$ C. Durant cette période, des carottes sont prélevées et conservées dans les mêmes conditions. Les carottes sont positionnées et numérotées de 7 à 12 sur la figure 3 en annexe 1.

A l'âge de 14 jours, on procède à l'essai d'adhérence par traction selon le point I.2.2.2.2.

Remarques : 1. La position de la dalle de béton peut être modifiée (verticale ou horizontale sous la main) pour des cas particuliers de réparation.

2. Une pièce d'essai peut être exécutée par deux opérateurs à condition que chaque opérateur réalise la moitié de chacune des opérations précitées.

I.1.2.2.3. Collage de plat en acier.

Sur une pièce d'essais préparée selon le point I.1.2.2.2., l'opérateur procède à toutes les opérations prévues (p.ex. primer sur béton, mortier époxyde, acier sablé, etc ...) pour le collage d'un plat de 100 cm de longueur, de 20 cm de largeur et de 5 mm d'épaisseur.

Ce collage a lieu dans la position "au plafond" et dans les mêmes conditions de température et d'humidité que pour le mortier de ragréage.

I.1.2.2.4. Remarques.

Tous les matériaux utilisés sont des matériaux homologués ou éventuellement en cours d'homologation.

Les pièces d'essais sont réalisées en chambre climatisée sous le contrôle d'un agent de la D.423.

Le rapport d'essai établi par le laboratoire mentionne toutes les opérations et/ou incidents dans leur ordre chronologique, ainsi que le nom des opérateurs, les quantités de produits mis en œuvre, etc ...

I.1.2.3. Conditions imposées.

L'opérateur doit faire la preuve qu'il exécute le travail sans difficulté, ce dont l'administration est seul juge.

Les différentes pièces d'essais doivent répondre aux conditions suivantes :

I.1.2.3.1. Injection.

Les 11 éprouvettes prélevées comme indiqué au point I.1.2.2.1. ci-dessus doivent montrer que le produit d'injection a rempli l'entièreté du vide.

I.1.2.3.2. Mortier de ragréage.

- Le mortier doit présenter une bonne planéité de telle sorte que les défauts de planéité tant en travers qu'en long soient limités à 2 mm sur 500 mm (voir figure 4 en annexe 1).

En effet, dans le cas de collage de plats en acier, les surfaces sont le plus souvent réparées ou rectifiées à l'aide de mortier et l'épaisseur du film de colle ne peut dépasser 1 à 2 mm.

Les mesures de planéité sont réalisées à l'aide de lattes rectifiées non déformables de 1 cm de largeur et à l'aide de jauges d'épaisseur de 1 cm de largeur. Les résultats de ces mesures sont représentés sur un croquis tel que donné à titre d'exemple à la figure 5 en annexe 1.

- Les résultats des essais d'adhérence doivent être supérieurs à 2 N/mm² (voir point I.2.4.).

I.1.2.3.3. Collage.

L'épaisseur du film de colle ne dépasse en aucun point 2 mm.

Le film de colle est continu sur toute la surface de collage.

La présence de bulles ou de poches d'air n'est pas tolérée. Ce contrôle nécessite le décollement du plat d'acier éventuellement par application d'un choc thermique.

I.1.3. Mise en œuvre des produits.

Il y a lieu de suivre les prescriptions de mise en œuvre données par le fournisseur (voir point I.1.1.1. ci-dessus). Ces indications sont partiellement reprises sur les étiquettes des emballages.

Afin d'éviter les erreurs de dosage sur chantier et de garantir une bonne homogénéité des produits, les conditions suivantes sont respectées :

a) Les composants :

- sont livrés dans deux emballages séparés; ces emballages sont différents et sont clairement identifiés;
- sont de préférence de teintes différentes en vue d'évaluer l'homogénéité du mélange.

b) L'un des emballages est surdimensionné pour le composant qu'il contient, mais est adapté pour recevoir la somme des volumes des composants et d'y réaliser leur mélange.

c) Si nécessaire pour les composants pigmentés ou chargés, le contenu des emballages est homogénéisé séparément au moyen d'un agitateur électrique ou pneumatique à faible vitesse de rotation (moins de 300 tours par minute) afin d'éviter la formation de bulles d'air dans le mélange.

Dans ce but, il y a lieu de prévoir un récipient qui limite la surface air-matériau.

d) Le contenu de l'emballage, dimensionné normalement, est versé dans le récipient surdimensionné contenant déjà l'autre composant. Il convient de s'assurer qu'il ne reste plus de matériau dans le premier emballage cité.

e) L'ensemble des composants est mélangé au moyen d'un agitateur à faible vitesse de rotation jusqu'à obtention d'une teinte homogène. Il y a lieu de s'assurer qu'il ne reste pas de zones non mélangées (fonds et bords du récipient).

Dès le début de l'opération de mélange, il se produit des réactions chimiques irréversibles provoquant l'accroissement de viscosité et le durcissement du liant. Ces réactions sont d'autant plus rapides que la température du mélange est élevée.

Le mélange ne peut être mis en œuvre que dans un laps de temps limité (Durée Pratique d'Utilisation - DPU).

Il faut choisir le volume des emballages prédosés et organiser le travail de telle manière que ce volume puisse être mis en œuvre en un temps inférieur à 80 % de la durée pratique d'utilisation.

Il n'est pas autorisé de fractionner les emballages prédosés et de modifier la formulation sur chantier.

Certaines formulations sont conditionnées dans trois emballages différents. C'est le cas par exemple pour certains mortiers de ragréage qui sont constitués :

- de l'emballage repéré A = composant résine;
- de l'emballage repéré B = composant durcisseur;
- de l'emballage repéré C = charge additionnelle.

La charge additionnelle C est dans ce cas ajoutée au mélange A + B, lorsqu'on est certain que ce mélange est homogène.

Pour certaines formulations (mortier p. ex.), les composants A et C peuvent être présentés préalablement mélangés en usine.

I.1.4. Présentation en réception et échantillonnage des matières.

Le fournisseur est tenu de stocker la totalité des matières nécessaires et d'avertir l'administration, 10 jours à l'avance, de la date à partir de laquelle le prélèvement est possible.

Chaque composant d'une même fourniture doit présenter un seul numéro de fabrication. Des matières présentées ultérieurement avec le même numéro de fabrication sont considérées comme un nouveau lot.

Le fournisseur est autorisé, dans les limites et conditions fixées ci-après, à présenter en réception des quantités de matières supérieures à celles strictement nécessaires à la fourniture prévue et à utiliser ces matières supplémentaires pour la réalisation de travaux de l'administration commandés ultérieurement.

Les conditions fixées à cette autorisation sont les suivantes :

1. Le fournisseur indique sur la feuille de présentation des matières et sur sa demande de réception les quantités supplémentaires qu'il présente en vue de constituer un stock.
2. Pour chaque liant, le poids total net supplémentaire du composant A et du composant B est limité à 500 kg en plus de la quantité commandée. Le poids maximum pour le composant C éventuel est celui qui correspond à la mise en œuvre des 500 kg en question.
3. Les matières doivent être utilisées dans le délai de un an après première mise en réserve; ce délai est ramené au délai de péremption pour les matières qui ne peuvent être conservées valablement pendant un an.
4. Les conditions de conservation sont telles que les matières conservent toutes leurs propriétés jusqu'à utilisation.
5. Le fournisseur tient un attachement de l'utilisation des matières en réserve et ce sous le contrôle de la D.423.
6. Pour toute livraison de matière en réserve, soit pour la poursuite de travaux sur un ouvrage, soit pour un nouveau chantier, le fournisseur introduit une demande de livraison auprès de l'administration en mentionnant les quantités de matières à livrer, la date de la réception antérieure et les références. Aucune livraison n'est effectuée sans l'accord de l'administration.

Dans la demande de réception, la quantité totale de chaque composant, le nombre d'emballages correspondant et le contenu de chaque emballage doit être mentionné (ex. 200 kg soit 100 pots de 2 kg).

Un agent de la D.423 prélève les échantillons des matières aux fins d'essais.

Les quantités prélevées en vue des essais, doivent être suffisantes pour réaliser la totalité des essais de réception ou d'homologation.

Les échantillons sont expédiés au laboratoire par les soins du fournisseur, en colis plombés à la marque de l'agent réceptionnaire.

En même temps, l'agent réceptionnaire plombe à sa marque tous les emballages contenant les matières. Ces plombs sont enlevés en cas de résultats non satisfaisants.

Le fournisseur est tenu de fournir gratuitement à l'agent réceptionnaire les fils et plombs nécessaires au plombage.

I.1.5. Etiquetage.

Les informations concernant les matériaux sont consignées sur les étiquettes des récipients et sur les notices techniques fournies à l'utilisateur. Ces documents comprendront les informations suivantes :

1. Informations communes aux étiquettes :

- Nom du produit - Présentation des composants.
- Destination du produit (mortier de ragréage, coulis d'injection ...).
- Nature chimique du liant (liant époxyde, polyuréthane, ...).
- Nombre de composants (2, 3).
- Mention de constitution de la formulation complète (la formulation complète a un poids net de ... et est constituée du présent composant d'un poids net de ... et du composant contenu dans l'autre emballage, d'un poids net de ...).
- Nom et adresse du fournisseur ou du fabricant ou marque de l'usine.

2. Informations particulières à l'étiquette d'un composant :

- Nature du composant.
- Mentions d'inflammabilité, de toxicité, de susceptibilité à la cristallisation.
- Numéro de fabrication.
- Date d'emballage.

I.1.6. Stockage des produits.

Il y a lieu de respecter les indications du fournisseur concernant les conditions de stockage.

On recommande souvent le stockage à une température comprise entre 10 et 40° et sous faible humidité.

Il y a lieu de tenir compte de la susceptibilité à la cristallisation que l'on observe pour certaines résines ou certains durcisseurs (les étiquettes doivent indiquer la susceptibilité à la cristallisation).

En cas de cristallisation, il faut réchauffer les emballages au bain d'eau à 60-70° C, jusqu'à ce que les contenus deviennent à nouveau mous et fluides. Cette opération ne change pas les propriétés. Elle doit être réalisée dans des installations appropriées.

I.1.7. Frais.

I.1.7.1. Homologation (selon point I.1.1.1.).

Tous les frais sont à charge du demandeur.

I.1.7.2. Réception ou contrôle de la mise en œuvre.

Les frais d'essais sont à charge de l'administration. Dans le cas d'un lot de remplacement, ils sont à charge de l'entrepreneur. Les frais des contre-essais sont à charge du demandeur.

Les frais de confection, de conservation et d'expédition des éprouvettes sont à charge de l'entrepreneur.

I.1.7.3. Essais de contrôle d'aptitude des opérateurs.

Tous les frais d'essais sont à charge du demandeur.

I.2. ESSAIS SUR LIANTS RESINEUX REACTIFS.

I.2.1. Programme d'identification commun à tous les liants résineux réactifs.

I.2.1.1. Identification basée sur la composition.

I.2.1.1.1. Programme commun à tous les composants.

a) Enregistrement du spectre infra-rouge des composants liquides :

Après éventuelle séparation de la charge par centrifugation, le composant liquide est placé en couche mince entre deux lamelles de chlorure de sodium. Le spectre est enregistré dans la bande des 4000 à 625 cm^{-1} .

L'épaisseur de la couche mince est choisie de façon à obtenir un spectre précis dans toute la bande.

b) Masse volumique des composants :

La masse volumique est déterminée à 25° C suivant les prescriptions de la norme ISO 1675.

Deux mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont mentionnés dans le rapport.

c) Extrait sec des composants :

La teneur en matériau sec est déterminée suivant les prescriptions de la norme DIN 16945 (juin 1969) § 4.8.

L'échantillon est de 0,5 gramme au lieu de 5 grammes.

Trois mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont mentionnés dans le rapport.

N.B. : Le fournisseur peut proposer une méthode alternative si la méthode précitée ne conduit pas à des résultats reproductibles.

d) Perte au feu des composants :

La perte au feu est déterminée suivant les prescriptions de la norme DIN 16945 (juin 1969) § 4.9. L'échantillon est de 0,5 gramme au lieu de 5 grammes. La température d'essai est de 550° C.

Deux mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont fournis dans le rapport.

- e) Viscosité à 20° C des composants et du mélange selon ISO/DIS 3219 et coupe Afnor 6 - 4 ou 2,5 mm selon norme NFT 30-014. Pour le mélange, la mesure est effectuée après 3 minutes de malaxage des composants et après 5 minutes d'attente.
Le diamètre de la coupe Afnor est choisi de manière à obtenir un résultat significatif.
Deux mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont fournis dans le rapport.
- f) Granulométrie du composant C ou de la charge :
La granulométrie est déterminée selon la norme NBN B11-013 après homogénéisation de l'échantillon.
Deux mesures sont réalisées. Tous les résultats et leurs moyennes sont mentionnés.
- g) Teneur en humidité du composant C :
Elle est déterminée selon ASTM D422.
Deux mesures sont réalisées. Les résultats et la moyenne sont fournis dans le rapport.

I.2.1.1.2. Programme spécifique à un type de liant donné.

I.2.1.1.2.1. Cas des liants époxydes :

Ces mesures sont réalisées après éventuelle séparation de la charge par centrifugation. Pour chaque essai, deux mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont mentionnés dans le rapport :

- a) Détermination de l'équivalent époxyde du composant A (ASTM D 1652-73).
- b) Détermination de l'indice amine du composant B (DIN 16945).

I.2.1.1.2.2. Cas des liants polyuréthanes :

Ces mesures sont réalisées après éventuelle séparation et la charge par centrifugation. Pour chaque essai, deux mesures sont réalisées. Leurs résultats et la moyenne sont mentionnés dans le rapport :

- a) Détermination de l'indice d'hydroxyde du composant A (polyol) (DIN 16945 § 4.16.).
- b) Détermination de l'indice NCO (isocyanate) du composant B (DIN 16945 § 4.18.).

I.2.1.2. Identification basée sur la réactivité des liants.

I.2.1.2.1. Mesure de la réactivité basée sur l'évolution de la température du mélange (sauf pour les mortiers).

Courbe (T, t).

L'évolution, en fonction du temps t, de la température T de 100 ml du mélange est mesurée dans des conditions adiabatiques. La température initiale des composants est de $23 \pm 1^\circ \text{C}$.

L'enregistrement commence après 3 minutes de malaxage et après 5 minutes d'attente.

Deux courbes sont enregistrées.

I.2.1.2.2. Pour les mortiers :

Détermination du temps de travail et de prise selon ASTM C 308-77.

1.2.1.3. Identification basée sur les propriétés à l'état durci.

Essais à l'âge de 7 jours après conservation à $23 \pm 2^\circ \text{C}$ et à $50 \pm 5 \%$ d'humidité relative.

1.2.1.3.1. Programme général sauf pour les mortiers.

1.2.1.3.1.1. Cas des liants époxydes.

1. Détermination des températures de transition (à l'état durci et après recuit de 16 h à 80°C) :
 - a) soit détermination de la température de fléchissement sous charge (ASTM D 648-72 - contrainte $0,455 \text{ N/mm}^2$);
 - b) soit détermination de la courbe dilatométrique (augmentation de température de 1°C par minute entre 23 et 150°C).
2. Détermination des caractéristiques de traction y compris le module d'élasticité E. Les caractéristiques sont mesurées selon la norme ASTM D 638. Les éprouvettes sont du type I; la vitesse de mise en charge est en principe de 1 mm/minute . Cette vitesse est si nécessaire augmentée ($5 - 50$ ou 500 mm/min) en vue d'obtenir la rupture en 60 ± 20 secondes. Les essais sont réalisés sur 5 éprouvettes. Le rapport est établi selon les prescriptions de l'ASTM D 638.
3. Dureté Shore D mesurée sur les éprouvettes de traction avant essai. Deux séries d'au moins cinq mesures sont réalisées. Les moyennes sont calculées.
4. Pour les coulis d'injection et les primaires, vérification de l'absence de solvants :
 - Réaliser le mélange dans le rapport spécifié.
 - Après mélange, peser $2 \pm 0,2 \text{ gr}$ dans un récipient ouvert avec un diamètre de $75 \pm 5 \text{ mm}$.
 - Laisser réagir pendant 24 heures à l'air calme à $23 \pm 2^\circ \text{C}$ et $50 \pm 5 \%$ HR puis peser.
 - Durcissement complémentaire de 3 heures à 105°C (étuve ventilée) et pesage final.
 - Indiquer dans le rapport les poids initial, intermédiaire et final ainsi que les pertes respectives en %.

1.2.1.3.1.2. Cas des liants polyuréthane.

1. Détermination des températures de transition (à l'état durci et après recuit de 16 h à 80°C). Détermination de la température de transition vitreuse et enregistrement d'un thermogramme par D.C.S. (Differential calorimetric scanning) ou Analyse thermique différentielle ou Enthalpiométrie différentielle à balayage.
2. Détermination des caractéristiques de traction y compris le module d'élasticité E. Les caractéristiques sont mesurées selon la norme ASTM D 638. Les éprouvettes sont du type I, la vitesse de mise en charge est en principe de 5 mm/minute . Cette vitesse est si nécessaire augmentée (50 ou 500 mm/min) en vue d'obtenir la rupture en 60 ± 20 secondes. Les essais sont réalisés sur 5 éprouvettes. Le rapport est établi selon les prescriptions de l'ASTM D 638.

3. Dureté Shore D mesurée sur les éprouvettes de traction avant essai. Deux séries d'au moins cinq mesures sont réalisées. Les moyennes sont calculées.
4. Pour les coulis d'injection, vérification de l'absence de solvants :
 - Réaliser le mélange dans le rapport spécifié.
 - Après mélange, peser $13 \pm 0,2$ gr dans un récipient ouvert avec un diamètre de 75 ± 5 mm.
 - Laisser réagir pendant 24 heures à l'air calme à $23 \pm 2^\circ$ C et 50 ± 5 % HR puis peser.
 - Durcissement complémentaire de 3 heures à 105° C (étuve ventilée) et pesage final.
 - Indiquer dans le rapport les poids initial, intermédiaire et final ainsi que les pertes respectives en %.

I.2.1.3.2. Pour les mortiers.

Détermination des caractéristiques de flexion et de compression sur 3 éprouvettes $4 \times 4 \times 16$ cm (essais selon le § 4 de la norme NBN B 12-208 de 1969) avec détermination de la masse volumique apparente avant essai. Les 3 résultats des essais de flexion et les 6 résultats des essais de compression ainsi que leurs moyennes sont indiqués dans le rapport d'essai. Les éprouvettes sont réalisées par couche de 1 centimètre d'épaisseur de mortier fortement compacté.

I.2.2. Programme d'essais d'applicabilité, de performance et de durabilité spécifiques à chaque domaine d'utilisation des liants résineux réactifs.

I.2.2.1. Les matériaux pour coulis d'injection.

I.2.2.1.1. Essais d'applicabilité d'un coulis d'injection.

1. Essai général.

Selon norme française NFP 18-891 (1986) - Essais d'injectabilité à la colonne de sable en milieu sec et humide" (Cet essai peut également être repris comme essai d'identification.)

L'injection a lieu en chambre climatisée à la température de 10° C sur sable sec et humide. Tout au long de l'essai, la température du coulis à l'entrée de la colonne de sable est mesurée par thermocouple et mentionnée dans le rapport. La pression d'injection est de 0,075 MPa.

Contrairement à ce qui est mentionné dans l'article 6.3.1. - 2ème et 3ème cas de cette norme, l'injection n'est pas interrompue mais poursuivie jusqu'à remplissage maximal de la colonne.

En complément, la viscosité du mélange est mesurée avec coupe Afnor 6, 4 ou 2,5 mm et suivant ISO/DIS 3219, à la température de 10° C et à la température minimale d'utilisation si celle-ci est inférieure à 10° C.

L'essai à la colonne de sable n'est réalisé que pour les coulis non chargés à base de liant époxyde.

2. Essai spécifique.

a. Fissure sèche.

Injection d'une fissure et prélèvement de 11 carottes selon les modalités décrites au point I.1.2.2.1.

b. Fissure humide.

Injection d'une fissure et prélèvement de 5 carottes selon les modalités décrites au point I.1.2.2.1. sauf que :

- les dalles ont une surface d'au moins 30 cm x 30 cm;
- les dalles préparées l'une contre l'autre sont placées pendant 7 jours dans l'eau à la température de l'essai; elles sont sorties de l'eau 2 heures avant l'essai en laissant s'égoutter l'eau qui remplit l'espace entre les deux dalles;
- on prélève 5 carottes entre le 7ème et le 14ème jour au lieu de 11.

I.2.2.1.2. Essais de performances.

1. Essai général : Essais de traction par fendage diamétral.

Essais mécaniques sur la colonne de sable injectée obtenue au point I.2.2.1.1.1. ci-dessus : après 7 jours de conservation à 10° C, la colonne de sable est conservée à $23 \pm 2^\circ$ C. Cinq éprouvettes, numérotées de 1 à 5 de bas en haut, sont obtenues par sciage. A l'âge de 14 jours et à la température de $23 \pm 2^\circ$ C, chaque éprouvette est soumise à l'essai de traction par fendage diamétral (l'éclatement des éprouvettes est égal à 2).

2. Essai spécifique.

Essai de traction sur carottes prélevées dans les pièces d'essai mentionnées au point I.2.2.1.1.2. ci-dessus.

Pour ces essais, les faces sont rectifiées et des pastilles métalliques sont collées au moyen d'un adhésif approprié. Après durcissement de l'adhésif, les éprouvettes ainsi constituées sont soumises à un effort de traction perpendiculaire au plan de collage. La vitesse d'arrachement est fixée à $0,1 \pm 0,05$ N/mm².sec.

a. Fissure sèche.

- Entre le 5ème et le 7ème jour, on procède au prélèvement des carottes de 50 mm de diamètre repérées A à E sur la figure 2. Ces carottes restent conservées dans la chambre climatisée jusqu'à l'âge de 7 jours. A l'âge de 7 jours, on procède à l'essai de traction. Ces carottes sont conservées avant l'essai pendant 2 heures à $23 \pm 2^\circ$ C.
- Ensuite à l'âge de 14 jours et à la température de $23 \pm 2^\circ$ C, on procède à l'essai de traction sur 5 des 11 carottes mentionnées au point I.1.2.2.1.

b. Fissure humide.

A l'âge de 14 jours et à la température de $23 \pm 2^\circ$ C, on procède à l'essai de traction sur les 5 carottes.

I.2.2.1.3. Essai de durabilité.

Cinq carottes présentant une injection complète sont choisies parmi les 11 carottes mentionnées au point I.1.2.2.1. ou forées en supplément.

A l'âge de 14 jours, elles sont plongées pendant 14 jours dans l'eau à $23 \pm 2^\circ$ C.

Directement après ce séjour, les carottes sont soumises à l'essai de traction mentionné au point I.2.2.1.2.2.

I.2.2.2. Les mortiers de ragréage.

I.2.2.2.1. Essais d'applicabilité d'un système de mortier de ragréage.

La pièce d'essai est réalisée comme décrit au point I.1.2.2.2.

La pièce d'essai doit répondre aux conditions de planéité du point I.1.2.3.2.

I.2.2.2. Essais de performances.

1. Essai général.

Détermination des caractéristiques de flexion et de compression sur 3 éprouvettes de 4 x 4 x 16 cm (essais selon le § 4 de la norme NBN B12-208 de 1969) avec détermination de la masse volumique apparente avant essai. Les éprouvettes sont confectionnées et conservées pendant 7 jours dans les conditions de la pièce d'essai selon point I.1.2.2.2. Les essais ont lieu à l'âge de 7 jours et à la température de $23 \pm 2^\circ \text{C}$. Les 3 résultats des essais de flexion et les 6 résultats des essais de compression ainsi que leurs moyennes sont indiqués dans le rapport d'essai.

Les éprouvettes sont réalisées par couche de 1 centimètre d'épaisseur de mortier fortement compacté.

2. Essais spécifiques.

Les performances sont mesurées sur des éprouvettes prélevées dans la pièce d'essai réalisée et conservée comme décrit au point I.1.2.2.2.

1. Détermination de l'adhérence par traction :

Pour ces essais, les faces des carottes sont rectifiées et des pastilles sont collées au moyen d'un adhésif approprié. Après durcissement, les éprouvettes ainsi constituées sont soumises à un effort de traction perpendiculaire au plan de collage. La vitesse d'arrachement est fixée à $0,1 \pm 0,05 \text{ N/mm}^2 \cdot \text{sec}$.

On note la contrainte et le mode de rupture : dans le mortier de ragréage, à l'interface mortier-béton, ou dans la masse du béton.

Deux séries d'essais sont réalisées :

- Entre le 5ème et le 7ème jour, on procède au prélèvement des carottes repérées 1 à 6 sur la figure 3. Ces carottes restent conservées dans la chambre climatisée jusqu'à l'âge de 7 jours. A l'âge de 7 jours, on procède à l'essai d'adhérence après avoir conservé les éprouvettes pendant 2 heures à $23 \pm 2^\circ \text{C}$.
- A l'âge de 14 jours et à la température de $23 \pm 2^\circ \text{C}$ sur les carottes 7 à 12 mentionnées au point I.1.2.2.2.

Remarque : Si la rupture se produit dans la colle utilisée par le laboratoire, le résultat n'est pas pris en considération et une nouvelle série d'essais est réalisée par le laboratoire avec une colle adéquate.

2. Détermination de la porosité du mortier :

Des éprouvettes de mortier de ragréage de 5 x 5 cm sont prélevées sur les dalles en béton.

La masse volumique apparente est mesurée par pesée dans l'air et pesée dans l'eau des éprouvettes préalablement enduites de paraffine.

La masse volumique réelle est mesurée au picnomètre après broyage de l'éprouvette.

I.2.2.2.3. Essais de durabilité de l'adhésion mortier de ragréage-béton.

Les essais sont réalisés sur carottes prélevées dans la pièce d'essai réalisée et conservée comme décrit au point I.1.2.2.2. Les carottes sont préparées et soumises à essais comme décrit au point I.2.2.2.2. ci-dessus.

1. Essais de gel-dégel.

Six carottes subissent 10 cycles de gel-dégel entamés à l'âge de 14 jours. Chaque cycle est constitué par 4 h à $- 20^{\circ}$ C, 4 h à $+ 60^{\circ}$ C dans une étuve ventilée, 16 h dans l'eau à 20° C.

Pendant le week-end, les carottes sont conservées dans l'eau à 20° C.

Après le 10ème cycle, les éprouvettes sont conservées pendant 24 heures au sec à $23 \pm 2^{\circ}$ C puis on procède à la mesure de l'adhérence selon le point I.2.2.2.2. ci-dessus.

2. Comportement au vieillissement climatique.

Six carottes sont exposées pendant un an sur un stand de vieillissement (orienté au sud et incliné à 45°). Après un an, on procède à la mesure de l'adhérence selon le point I.2.2.2.2. après conservation de 7 jours à $23^{\circ} \pm 2^{\circ}$ C.

I.2.2.2.4. Cas du béton humide.

Si le mortier doit être homologué pour être mis en œuvre sur béton humide, une pièce d'essai supplémentaire doit être réalisée. Dans ce but, la plaque de béton doit rester immergée pendant 7 jours dans l'eau puis être essuyée au maximum 2 heures avant essai de telle sorte que le béton soit humide sans qu'il n'y ait de film d'eau à la surface. Sur des éprouvettes prélevées dans cette dalle sont réalisés les essais d'adhérence-traction à l'âge de 14 jours et après gel-dégel.

I.2.2.3. Les adhésifs.

Il s'agit d'adhésifs utilisés pour le collage de tôles d'acier sur béton durci ou mortier époxyde.

I.2.2.3.1. Essai d'applicabilité d'un système d'adhésif.

La pièce d'essai est réalisée comme décrit au point I.1.2.2.3.
Toutes les impositions sont mentionnées au point I.1.2.3.3.

I.2.2.3.2. Essais de performances (mesure de l'adhérence).

Les éprouvettes sont fabriquées dans les conditions extrêmes prévues par le fournisseur : température et humidité du béton, température et état de préparation de l'acier, température et humidité relative de l'air ambiant.

Le durcissement a lieu pendant 7 jours dans les mêmes conditions.
Entre le huitième et quatorzième jour, les éprouvettes sont conservées à la température de $23 \pm 2^{\circ}$ C et 50 ± 5 % d'humidité relative. Les essais ont lieu à l'âge de 14 jours et à cette température.

Une série d'essai d'adhérence par traction directe à l'âge de 7 jours est complémentaiement réalisée après les 7 premiers jours de conservation précitée. L'essai a lieu après 2 heures de conservation à $23 \pm 2^{\circ}$ C.

Selon le type de collage envisagé, un ou plusieurs types d'essais sont réalisés sur le système d'adhésif :

1. Adhérence mesurée sur prisme de 10 x 10 x 30 cm.
(Collage béton/acier/béton ou béton/mortier/acier/mortier/béton)
Mode opératoire : voir document LCPC "Réparation et Collage des Structures en Béton - Paris Juillet 1978".
2. Adhérence mesurée par essai de cisaillement.
(Collage acier/béton ou acier/mortier de ragréage)
Les essais sont réalisés selon le mode opératoire donné en annexe 2 sur deux éprouvettes sans jauges de contrainte. On note la charge de rupture de chacune. Celle-ci est divisée par la surface totale de collage de manière à obtenir la contrainte moyenne de cisaillement.

3. Adhésion mesurée par traction directe.

Des pastilles d'acier de 50 mm de diamètre, traitées de la même manière que les plats en acier sont collées sur des carottes de béton de 50 mm de diamètre. Après durcissement, les éprouvettes ainsi constituées sont soumises à un effort de traction perpendiculaire au plan de collage. La vitesse de mise en charge est de $0,1 \pm 0,05$ N/mm².s.

Les pastilles en acier ont une épaisseur d'au moins 20 mm.

On note la contrainte et le mode de rupture (dans le mortier de ragréage, à l'interface colle acier, à l'interface colle-béton dans la masse du béton,, rupture mixte, etc ...).

4. Adhérence à diverses températures.

Les essais décrits au point 1 ci-dessus, sont reproduits sur des éprouvettes (assemblages) qui, outre la maturation normale, ont été conditionnées pendant 24 heures aux températures de - 20° C et + 60° C. Les essais sont réalisés aux températures de conditionnement.

I.2.2.3.3. Essais de durabilité.

1. Essais de choc thermique.

L'adhérence est mesurée sur des éprouvettes comme décrit au point 3 du paragraphe précédent mais après que celles-ci aient subi, outre la maturation normale, 10 cycles de vieillissement gel-dégel.

Chaque cycle est constitué de 4 h à - 20° C + 4 h à + 60° C + 16 h dans l'eau à 20° C.

Pendant le week-end, les carottes sont conservées dans l'eau à 20° C.

Après le 10ème cycle, les éprouvettes sont conservées pendant 24 heures au sec à 23 ± 2 ° C puis on procède à la mesure de l'adhérence.

2. Vieillissement climatique.

Quinze éprouvettes sont constituées comme décrit au point I.2.2.3.2.3. ci-dessus puis protégées par le système préconisé au point IV.5.

Elles sont exposées sur un stand de vieillissement de manière à être exposées aux intempéries sans toutefois baigner dans l'eau.

Les pastilles sont soumises à essai aux âges de 1, 2 et 4 ans à raison de 5 pastilles par an. Les essais à l'âge de 2 et 4 ans sont réalisés à titre d'information.

I.2.2.3.4. Cas du béton humide.

Si le collage de plats en acier doit avoir lieu sur béton humide, une pièce d'essai supplémentaire doit être réalisée. Dans ce but, la plaque de béton doit rester immergée pendant 7 jours dans l'eau puis être essuyée au maximum 2 heures avant essai de telle sorte que le béton soit humide sans qu'il n'y ait de film d'eau à la surface.

Sur des éprouvettes prélevées dans cette dalle sont réalisés les essais d'adhérence-traction à l'âge de 14 jours et après gel-dégel.

I.2.3. Tolérance admise pour les essais d'identification.

Pour les essais d'identification réalisés dans le cadre d'une réception (voir point I.1.1.2.), on exige que les résultats obtenus soient identiques aux résultats obtenus lors des essais d'homologation avec des limites de tolérance admises, telles que définies ci-après. Par résultat, on entend la moyenne des résultats des essais d'une série d'essais.

I.2.3.1. Identification basée sur la composition :

- Spectre infra-rouge : les principaux pics des spectres doivent correspondre (position et intensité relative).
- Masse volumique : $\pm 5 \%$
- Extrait sec : $\pm 15 \%$
- Perte au feu : $\pm 5 \%$
- Viscosité : $\pm 10 \%$
- Granulométrie (% chaque refus) : $\pm 10 \%$
- Pourcentage d'humidité : valeur maximale 1 %
- Equivalent époxyde : $\pm 7 \%$
- Indice amine : $\pm 10 \%$
- Indice hydroxyde : $\pm 10 \%$
- Indice isocyanate : $\pm 10 \%$

N.B. : Poids net des différents composants : $\pm 2,5 \%$.

I.2.3.2. Identification basée sur la réactivité :

- Courbe (T, t) - température et temps pour atteindre le pic thermique : $\pm 20 \%$
- Temps de travail, temps de prise : $\pm 20 \%$

I.2.3.3. Identification basée sur les propriétés à l'état durci :

- Température de transition : $\pm 5^\circ \text{C}$
- Caractéristiques de traction : contrainte et allongement à la rupture : $\pm 20 \%$
- Module d'élasticité : $\pm 20 \%$
- Dureté Shore D : ± 5 points
- Caractéristiques de flexion et de compression des mortiers : $\pm 20 \%$
- Absence de solvants : perte maximale : 3 %

1.2.4. Conditions imposées pour les essais d'applicabilité, de performance et de durabilité.

1.2.4.1. Conditions générales.

- Soit N la valeur moyenne imposée pour un essai donné. Cette valeur est définie aux points suivants pour chaque type d'essai.
- Résultats obtenus lors des essais :
 - V_i = valeur individuelle (résultat d'un essai d'une série).
 - M = moyenne arithmétique des résultats d'une série d'essais.
- Exigences :
 - a) Pour les essais d'homologation :
 - $M > N^*$ avec $N^* = 1,2 N$.
 - Toutes les " V_i " $> 0,8 N^*$.
 - Si une " V_i " est inférieure à $0,8 N^*$, recommencer une série complémentaire d'essais avec les mêmes matières. On admet une seule série d'essais complémentaires.
 - b) Pour les essais de réception ou de contrôle d'exécution :
 - $M > N$.
 - Toutes les " V_i " $> 0,8 N$.
 - Le nombre d'éprouvettes d'une série est défini dans le mode opératoire de l'essai. A défaut d'indication, il est d'au moins 3 éprouvettes.

1.2.4.2. Coulis d'injection.

1.2.4.2.1. Applicabilité.

- a) Essai à la colonne de sable à 10° C :
Injection complète (36 cm) de la colonne de sable.
- b) Essai spécifique :
Injection complète du volume isolé.

I.2.4.2.2. Performances.

a) Essai à la colonne de sable :

Résistance moyenne à la traction par fendage de 7 N/mm^2 .

b) Essai spécifique :

Adhérence par traction directe : supérieure ou égale à 2 N/mm^2 (fissures sèche et humide).

Remarque : voir remarque point I.2.4.3.

I.2.4.3. Les mortiers de ragréage (système complet).

- Adhérence sur béton y compris après essai de gel-dégel et vieillissement climatique : supérieure ou égale à 2 N/mm^2 (ou voir remarque ci-dessous)
- Pourcentage de vide : maximum 15 %
- Résistance à la flexion : supérieur ou égal à 17 N/mm^2
- Résistance à la compression : supérieur ou égal à 50 N/mm^2

Remarque : Si la rupture se produit dans le béton, pour une contrainte inférieure à la valeur imposée ci-dessus (soit 2 N/mm^2), le résultat peut être considéré comme acceptable dans le cas d'un essai réalisé sur l'ouvrage même ou sur une éprouvette réalisée avec le béton de l'ouvrage. Dans le cas d'essais d'homologation ou de réception réalisés en laboratoire, le résultat ne peut être pris en considération et une série d'essais complémentaire est réalisée avec un béton suffisamment résistant soit pour obtenir une rupture dans le béton sous une contrainte supérieure à la valeur imposée soit pour obtenir une rupture hors du béton.

I.2.4.4. Les adhésifs (système complet).

- Eprouvette $10 \times 10 \times 30$: charge de rupture $> 350 \text{ kN}$.
- Contrainte moyenne de cisaillement à la rupture : $> 2,50 \text{ N/mm}^2$.
- Traction directe (pastille $\phi 50 \text{ mm}$) y compris après essai de gel-dégel et après vieillissement climatique de 1 an : contrainte de rupture : $> 2 \text{ N/mm}^2$.
- Influence de la température :
 - à $+ 60^\circ \text{ C}$, on tolère une diminution des performances d'adhésion de 50 %;
 - à $- 20^\circ \text{ C}$, on tolère une diminution des performances d'adhésion de 20 %.

Remarque : idem point I.2.4.3.

II. INJECTION DES FISSURES.

II.1. INTRODUCTION.

- Les fissures pouvant être considérées comme stabilisées (ou mortes) dont l'ouverture en surface est supérieure ou égale à 0,2 mm peuvent normalement être injectées.
Cette opération est réalisée au moyen de résines époxydes répondant aux prescriptions du chapitre I.
- En présence d'humidité, une résine homologuée pour l'injection de fissures humides doit être utilisée.
- Pour l'injection de fissures ayant une ouverture jusque 1 mm, on utilise les liants à l'état pur et la viscosité du mélange ne peut, sauf justification dans des cas particuliers, être supérieure à 1.000 CPS (1 Pa.s) à la température minimale d'injection
- Pour une ouverture de fissure comprise entre 1 et 3 mm, on utilise les résines rendues thixotropes. Entre 0,2 et 1 mm, ces mêmes résines peuvent également être utilisées à la demande de l'entrepreneur moyennant justification.
- Pour une ouverture de fissure comprise entre 3 et 5 mm, on introduit, dans les résines époxydes, une charge dont la dimension maximale des grains n'excède pas le 1/10 de la largeur de la fissure.

II.2. TRAVAIL PREPARATOIRE.

Avant de procéder au placement des injecteurs, les fissures sont nettoyées superficiellement de toute matière ou saleté afin de les rendre entièrement visibles et en évitant de les colmater par la poussière.

Ensuite, la fissure est rendue étanche en appliquant temporairement un produit de cachetage qui présente une résistance telle que pendant l'opération d'injection, le produit injecté ne peut s'échapper de la fissure et qu'une pression constante peut être maintenue dans la section injectée.

Le matériau utilisé pour assurer ce cachetage temporaire peut être une résine ou tout produit susceptible de donner satisfaction.

Après durcissement de la résine époxyde injectée, le produit ayant servi à réaliser le cachetage doit pouvoir être éliminé facilement. Il ne peut subsister aucune trace du produit sur la surface du béton.

En même temps qu'on réalise le cachetage superficiel de la fissure, les injecteurs sont placés, sans tailler ou casser le béton ni forer à plus de 2 centimètres dans le béton.

La distance entre les injecteurs est fonction des dimensions de la pièce à injecter de la géométrie de la fissure et du degré de remplissage (voir II.6.).

Lorsque les fissures présentent des ramifications, un ou des injecteurs supplémentaires sont prévus.

II.3. APPAREILLAGE POUR L'INJECTION.

- * La pompe à injecter répond aux exigences suivantes :
 - la pression réglable et contrôlable doit se situer entre 0,05 et 0,5 M Pa (0,5 et 5 bars) au niveau des injecteurs;
 - un contrôle visuel du matériau à injecter est nécessaire.
- * La pompe à injection peut être du type :
 - manuelle,
 - pot sous pression,
 - mécanique.
- * L'applicateur est également autorisé, dans les limites et conditions fixées ci-après, à utiliser une pompe mécanique assurant le dosage des deux composants et leur mélange immédiatement avant injection :
 - pour approvisionner les deux réservoirs, l'utilisation d'emballages prédosés selon le point I.1.3. reste d'application stricte afin de contrôler en continu le bon réglage du matériel (respect des proportions des composants A et B);
 - la pression d'injection doit pouvoir être lue en permanence;
 - le contrôle des quantités respectives des composants A et B et donc du rapport pondéral A/B doit être possible. Les rapports mesurés ne peuvent s'écarter de plus de 5 % du rapport théorique à toutes les températures d'utilisation;
 - la pompe à 2 composants doit avoir au préalable été contrôlée lors des essais d'homologation ou à l'occasion de l'agrément d'un opérateur.

II.4. EXECUTION DES TRAVAUX D'INJECTION.

L'injection ne peut être exécutée à une température inférieure à la température minimale des essais d'homologation sans cependant descendre en dessous de 0° C. Cette prescription est d'application tant pour la température ambiante que pour celle du support (béton).

L'injection est toujours commencée à partir de l'injecteur situé le plus bas afin de conduire le produit d'injection du bas vers le haut et de chasser l'air au fur et à mesure du remplissage de la fissure.

Pendant l'injection, l'écoulement du produit d'injection doit, à tout moment, pouvoir être contrôlé, éventuellement à l'aide des événements de contrôle.

Pendant l'injection, l'entrepreneur réalise, selon les instructions de l'administration, des plaques-témoins à l'aide du matériau injecté (à partir de la tête d'injection) afin de pouvoir réaliser les essais nécessaires sur le matériau (voir point II.5.).

Les quantités de produit préparées doivent être telles que la mise en œuvre ait lieu endéans les 80 % de la durée pratique d'utilisation (D.P.U.) correspondant à la température d'application (voir point I.1.3.).

II.5. ESSAIS DE CONTROLE DE LA MISE EN OEUVRE SUR CHANTIER.

Il s'agit des essais mentionnés au point I.1.1.3. :

- A) Pour l'application des prescriptions du point I.1.1.3.1., on prélève, par jour de travail et par pompe d'injection, un échantillon de résine qui est coulé dans un récipient plat sur une épaisseur de 5 mm maximum. Chaque échantillon est repéré par une étiquette placée dans la résine indiquant la date et le numéro de la pompe.

Les échantillons sont conservés pendant 7 jours dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'ouvrage; ils sont ensuite conservés à la température de $23 \pm 2^{\circ}$ C.

La mesure de la dureté Shore D a lieu à cette température à l'âge de 14 jours sur l'ensemble ou sur une partie des échantillons.

Les résultats doivent satisfaire aux conditions du point I.2.3.3.

- B) Pour l'application des prescriptions du point I.1.1.3.2., des carottes sont prélevées dans les fissures injectées.

Les résultats des mesures réalisées sur les carottes doivent satisfaire aux conditions du point II.6. ci-après.

II.6. CLASSES D'INJECTION.

Le contrôle est réalisé par prélèvement de carottes.

La longueur de la fissure et de l'injection est mesurée sur la surface latérale de la carotte (2 coupes dans la même fissure). Dans le calcul des longueurs injectées, les bulles de moins de 1 cm de longueur sont considérées comme pleines. Dans le calcul des longueurs des fissures, les fissures dont l'ouverture est inférieure ou égale à 0,1 mm ne sont pas prises en compte.

Deux classes d'injection sont prévues. A défaut d'indication dans le cahier spécial des charges de l'ouvrage, c'est la classe B qui est retenue :

- a) Injection de traitement de surface (classe A).

Le but est d'injecter la partie de la fissure voisine de la surface de manière à protéger les armatures.

Ce type d'injection n'est pas admis si la structure comporte des armatures de précontrainte ou si l'injection est structurelle (restauration du monolithisme de la structure).

La profondeur minimale injectée est de 8 cm.

Lors du contrôle par carottage, la profondeur injectée doit être supérieure à 8 cm pour 9 carottes sur 10.

Une carotte sur 10 peut présenter une profondeur d'injection inférieure à 8 cm mais supérieure à 5 cm.

- b) Injection complète (classe B).

L'injection est réalisée sur toute la profondeur de la fissure.

Lors du contrôle par carottage, la longueur totale cumulée des bulles d'air de plus de 1 cm de diamètre ne peut dépasser pour chaque carotte 15 % de la longueur de la fissure.

III. REPARATION DU BETON AU MOYEN DE MORTIERS

III.1. INTRODUCTION.

- La réparation du béton au moyen de mortiers résineux comprend toujours l'application d'une couche d'accrochage.
Cette couche d'accrochage est obligatoirement à base de liant époxyde.
- Dans le cas d'un béton humide, le liant époxyde destiné à la couche d'accrochage doit être formulé spécialement pour ce type d'application.
- Le liant utilisé pour la confection du mortier proprement dit peut être soit du type époxyde soit du type polyuréthane.
Le liant type polyuréthane n'est cependant pas admis dans le cas d'une réparation sur béton humide ou en atmosphère humide.
- La réparation sur un béton suintant ne peut être réalisé avant d'avoir arrêté la venue d'eau par un moyen adéquat.
- Le liant époxyde utilisé pour la couche d'accrochage ne peut contenir de solvant.

III.2. TRAVAIL PREPARATOIRE.

- La préparation du support doit être exécutée avec soin.
- Les travaux de décapage du béton sont effectués par meulage, piquage au marteau pneumatique ou au burin ou par sablage ou par grenailage. Le décapage à la flamme n'est pas autorisé.
- Le béton endommagé est enlevé jusqu'à mise à nu du béton sain de manière à obtenir un béton dont la résistance à la traction en surface est d'au moins 1 N/mm^2 .
Un contrôle au marteau permet de déceler les parties encore non adhérentes.
- Les huiles et graisses sont éliminées mais pas à l'aide de solvants (ils diluent les huiles et laissent une pellicule à la surface du béton).
- La laitance, les produits de cure, les huiles de décoffrage, la peinture sont enlevés.
- En ce qui concerne les armatures, la rouille et tout ce qui peut nuire au bon accrochage est enlevé. Le nettoyage des armatures est réalisé selon l'état de rouille par sablage ou par grenailage.
- Après décapage, un dépoussiérage est effectué soigneusement soit à l'air comprimé sec et exempt d'huile, soit de préférence par aspiration.

III.3. EXECUTION DE LA REPARATION.

- Le travail ne peut être exécuté à une température inférieure à la température minimale des essais d'homologation.
Cette prescription est d'application tant pour la température ambiante que pour celle du support (béton).

- La mise en œuvre des différents matériaux est réalisée en respectant les données qui ont servi de base à l'homologation du système de réparation (quantité de matériau de couche d'accrochage par mètre carré, délai minimum et maximum entre couche d'accrochage et mortier, etc ...).
- Avant application de la couche d'accrochage sur le béton et sur les armatures, le support doit être bien sec (sauf dans le cas particulier de produits prévus spécialement pour béton humide).
- La couche d'accrochage est appliquée à la brosse à poils durs en veillant particulièrement à enduire à 100 % les armatures mises à nu et ce endéans les 24 heures après le sablage.
- Les quantités de liant pour la couche d'accrochage et de mortier, préparés en une fois, doivent être telles que la mise en œuvre ait lieu endéans les 80 % de la durée pratique d'utilisation (D.P.U.) correspondant à la température d'application (voir point I.1.3.).

III.4. ESSAIS DE CONTROLE DE LA MISE EN OEUVRE SUR CHANTIER.

Il s'agit des essais mentionnés au point I.1.1.3. :

- A) Pour l'application des prescriptions du point I.1.1.3.1., une ou des séries de 3 prismes 4 x 4 x 16 cm de mortier sont confectionnées. Une étiquette, signée par l'agent de l'Administration, mentionne la date de fabrication et un numéro de repérage. Elle est collée immédiatement après fabrication à la surface de chaque prisme. Les échantillons sont conservés pendant 7 jours dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'ouvrage; ils sont ensuite expédiés au laboratoire où ils sont conservés à la température de $23 \pm 2^\circ$ C. L'essai a lieu à cette température à l'âge de 14 jours. Les résultats doivent satisfaire aux conditions du point I.2.4.3. en ce qui concerne les résistances minimales en compression et en flexion, ainsi qu'aux conditions du point I.2.3.3. en ce qui concerne la dispersion par rapport aux valeurs obtenues à l'homologation.
- B) Pour l'application du point I.1.1.3.2., l'adhérence par traction du mortier est mesurée à un âge supérieur à 14 jours et selon la méthode décrite au point I.2.2.2.2.
- Ce contrôle est effectué par prélèvement de carottes dans une ou plusieurs zones réparées. Chaque zone doit être représentée par au moins 3 carottes. Si la mesure ne peut être réalisée directement sur les zones réparées, le système de réparation est appliqué en même temps et de la même manière sur une zone voisine de manière à couvrir une surface de 6 dm² minimum. Le nombre de séries d'essais d'adhérence par traction est fixé par l'Administration en tenant compte de la nature des travaux et des conditions d'exécution.

IV. RENFORCEMENTS AU MOYEN DE PLATS EN ACIER COLLES

IV.1. INTRODUCTION.

- Les dimensions théoriques des plats à coller sont mentionnées sur les plans.
L'entrepreneur fait le relevé des dimensions exactes des éléments de l'ouvrage qui recevront les plats collés et établit un plan d'exécution qu'il soumet à l'approbation de l'Administration. Ce relevé précis permet de découper et, si nécessaire, de cintrer les plats d'acier de manière qu'ils épousent parfaitement la forme de l'élément à renforcer.
- Les adhésifs sont du type époxydes.
- L'entrepreneur qui s'engage à réaliser un travail de renforcement par collage de plat en acier doit également pouvoir mettre en œuvre un mortier à base de liant époxyde afin de pouvoir, si nécessaire, réparer valablement le béton et approprier la surface de celui-ci avant collage (voir chapitre III). Il doit également pouvoir injecter des fissures dans les zones à renforcer (voir chapitre II).
Les essais d'homologation doivent donc avoir été réalisés sur le système complet (béton - couche d'accrochage - mortier - acier) selon les données du point I.2.2.3.
- Les plats de 3 mm minimum à 5 mm maximum d'épaisseur sont en acier AE 235 B selon la norme A21-101. Ils sont fournis à la longueur prévue sans soudure bout à bout. Si les plans prévoient un cintrage sous un faible rayon, les plats sont de la qualité AE 235 C selon le tableau V de la norme A 21-101.
Ce tableau indique le rayon minimum autorisé pour le pliage à froid.
Le contrôle de cette aptitude est réalisé par un pliage à bloc réalisé sur l'éprouvette de pliage à 180°.

IV.2. TRAVAIL PREPARATOIRE.

IV.2.1. Préparation du support (béton).

- Les données du point III.2. sont d'application.
- Les surfaces de béton sur lesquelles les plats d'acier seront collés doivent être bien planes. Les impositions sur la planéité sont les suivantes :
 - tolérance générale de planéité : 2 mm sur une longueur de 0,5 m;
 - tolérance locale de planéité : 1,5 mm sur une longueur de 0,2 m.
 Les zones qui ne respectent pas ces impositions sont décapées puis reprofilées.
- Si le béton présente des défauts (creux, nids de graviers, etc ...), il est décapé et réparé à l'aide de mortier comme décrit au chapitre III.
- Les fissures de plus de 0,2 mm qui viendraient en contact avec les plats à coller sont préalablement injectées (injection de classe B).
- Lorsque des boulons d'ancrage sont prévus, les trous sont forés à sec puis soigneusement dépoussiérés.
Les bords du trou sont, si nécessaire, réparés à l'aide de mortier de manière à permettre un bon contact du plat d'acier avec le support au voisinage immédiat du boulon et un bon encastrement du boulon dans le support.

- Les plats en acier sont placés provisoirement sur la surface de manière à :
 - s'assurer de l'efficacité des systèmes de calage à mettre en place;
 - s'assurer de la bonne concordance des dimensions des plats avec celles du support;
 - vérifier que l'épaisseur de la couche de colle sera de 1 mm de moyenne et ne dépassera en aucun point 2 mm;
 - contrôler la concordance des boulons d'ancrage avec les trous forés dans les plats en acier;
 - vérifier que la durée des différentes opérations permet la mise en place définitive des plats en moins de 70 % de la D.P.U.

IV.2.2. Préparation des plats en acier.

Les traitements suivants sont appliqués :

- Décapage qui comprend l'enlèvement :
 - a) des matières grasses ou autres se trouvant sur les pièces;
 - b) de la rouille;
 - c) de la calamine et des peaux de laminage.

Le décapage est fait, à sec, par projection de matières abrasives (sable, grenailles d'acier, de porphyre, de silex, corindon) dans les conditions autorisées par la loi.

Il est poursuivi jusqu'à ce que le métal soit mis à nu et présente une teinte grise uniforme. Le degré SA 3 de l'échelle suédoise doit être atteint ainsi qu'une rugosité identique à l'étalon n° 18 au rugotest n° 3 ou une rugosité R_a comprise entre 8 et 12 microns mesurée suivant NBN 863 de 1970.

L'opération est réalisée à une température supérieure à 5° C et à une humidité relative inférieure à 80 %.

- Un dépoussiérage (par aspiration ou par brossage) des tôles décapées.
- Endéans un délai d'une heure maximum après grenailage, la surface de l'acier est enduite de l'adhésif.

La manipulation des tôles décapées s'effectue avec des gants propres.

IV.3. EXECUTION DU COLLAGE.

- Le travail de collage ne peut être exécuté à une température inférieure à celle de l'homologation sans cependant descendre en dessous de 5° C. Cette prescription est d'application tant pour la température ambiante que pour celle du support (béton).
La mise en œuvre des matériaux est réalisée en respectant les données qui ont servi de base à l'homologation du système de réparation.
Préalablement au collage, il est vérifié que les surfaces de béton sont bien sèches. Si nécessaire, elles sont séchées à l'air chaud.
Les surfaces d'acier et de béton sont encollées en excès à l'aide d'une truelle ou d'une spatule afin d'obtenir un film continu de 400 à 700 microns.
- Directement après encollage, les faces encollées sont mises en contact et sont pressées par le centre afin de faire sortir les bulles d'air et la résine en excès. La pression est appliquée uniformément sur la surface de telle sorte que l'on observe le reflux de l'adhésif sur tout le pourtour.
- La durée du collage ne peut dépasser les 70 % de la durée pratique d'utilisation (D.P.U.) correspondant à la température de la mise en œuvre.
- La pression est maintenue jusqu'à ce que l'adhésif présente une dureté Shore D d'environ 75. Elle est de toute manière maintenue pendant au moins 24 heures (la dureté est mesurée sur un témoin conservé à côté de la zone de collage et qui subit les mêmes conditions climatiques que les assemblages).
- Les faces des plats en acier non enduites d'adhésif sont protégées au moyen d'un revêtement adapté à la destination de l'ouvrage (voir point IV.5.).

IV.4. ESSAIS DE CONTROLE DE LA MISE EN OEUVRE SUR CHANTIER.

Il s'agit des essais mentionnés au point I.1.1.3.

- A) Pour l'application du point I.1.1.3.1., un ou plusieurs échantillons de la colle sont prélevés et coulés dans des récipients plats en 5 mm d'épaisseur. La surface supérieure est lissée.

Les échantillons sont conservés pendant 7 jours dans les mêmes conditions de température et d'humidité que l'ouvrage. Ils sont ensuite conservés à la température de $23 \pm 2^\circ$ C. La mesure de la dureté Shore D a lieu à cette température à l'âge de 14 jours. Les résultats doivent satisfaire à la condition du point I.2.3.3.

- B) Pour l'application du point I.1.1.3.2., l'adhérence par traction (arrachement) de l'ensemble du système de renforcement est mesurée à un âge supérieur à 14 jours et selon la méthode décrite au point I.2.2.3.2.3. sauf que le collage est réalisé sur le béton support et non sur des carottes.

Ce contrôle est effectué pour une ou plusieurs zones réparées. Chaque zone est représentée par au moins 3 pastilles.

Les pastilles sont collées sur une zone voisine de la zone réparée en appliquant en même temps et de la même manière tous les produits de réparation. Les pastilles sont sablées et traitées de la même manière que les plats d'acier.

Le nombre de séries d'essais est fixé par l'Administration en tenant compte de la nature des travaux et du déroulement des travaux (conditions d'exécution).

Les essais précités peuvent servir au contrôle tant du collage des plats d'acier que du mortier de ragréage.

En cas de doute, l'Administration peut réaliser certains essais d'arrachement directement sur des éléments de plats collés.

- C) Remarque : Les plats collés sont sondés à l'aide de légers coups de marteau. Les zones qui "sonnent creux" sont injectées au moyen d'un liant compatible avec la colle utilisée. Avant d'entamer la réparation, l'entrepreneur doit avoir introduit une note descriptive du mode de réparation qu'il propose et doit avoir obtenu l'approbation de cette note.

IV.5. PROTECTION DES TOLES COLLEES.

A. Tôles restant apparentes.

Les faces non collées sont protégées, selon les prescriptions du fascicule X de 1981 (circulaire n° 576-56 du 11.12.1980), par le système de peinture S-08-76 appliqué sur une métallisation Z120.

Les opérations suivantes sont réalisées en atelier de métallisation :

- décapage;
- métallisation Z120 sur la face extérieure et sur les tranches des tôles;
- application de la première couche 02.13.10.63. (peinture d'accrochage).

Pendant le transport et sur chantier, les tôles sont manipulées avec soin et protégées des salissures. Après collage, les deux couches de peinture de finition (IM + JM ou JM + IM) sont appliquées.

B. Tôles destinées à être enterrées.

Les faces non collées sont protégées, selon les prescriptions du fascicule X de 1981 (circulaire n° 576-56 du 11.12.1980), par le système suivant : métallisation Z120, couche d'accrochage 02.13.10.63 et deux couches de peinture formule U (n° 05.92.99.53).

Les opérations sont réalisées comme décrit ci-dessus au point A, les deux couches U remplaçant les couches IM et JM.

Les faces peintes sont protégées des dégradations résultant de l'opération de remblayage en interposant entre les tôles et le remblai une feuille bitumineuse souple d'au moins 3 mm d'épaisseur.

C. Tôles collées sur la face supérieure de la dalle des ouvrages et devant être recouvertes par la chape d'étanchéité et par le revêtement.

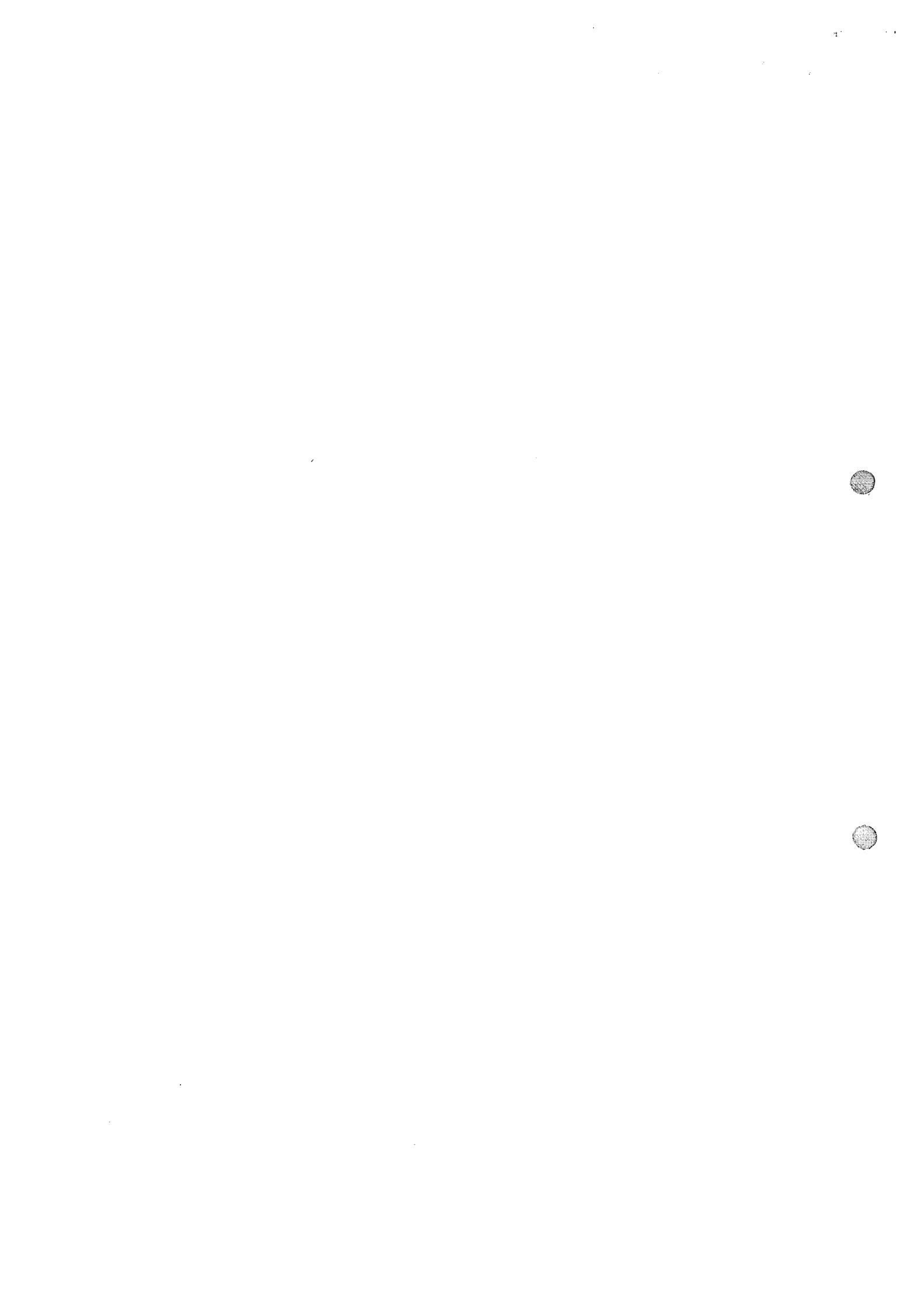
- Les tôles sont traitées comme décrit au point A ci-dessus.
- Les zones voisines des plats collés sont traitées à l'aide de mortier de ragréage de manière à obtenir un raccordement progressif avec les zones non réparées et de manière à éviter les arêtes vives et respecter les conditions de planéité relatives à la mise en œuvre de la chape d'étanchéité.
- Les plats collés doivent être protégés de la chaleur lors de la mise en œuvre de la chape d'étanchéité et du revêtement.
La température maximale autorisée à la face supérieure des plats ne peut dépasser 40° C.
L'entrepreneur doit démontrer l'efficacité du mode de protection proposé, éventuellement par un essai représentatif des conditions de mise en œuvre.

Pour le Ministre :

Le Secrétaire Général,



Francis HAMBYE.



TRAVAUX DE REPARATION DES OUVRAGES EN BETON

NECESSITANT LA MISE EN OEUVRE DE LIANTS RESINEUX REACTIFS

Annexe 1.

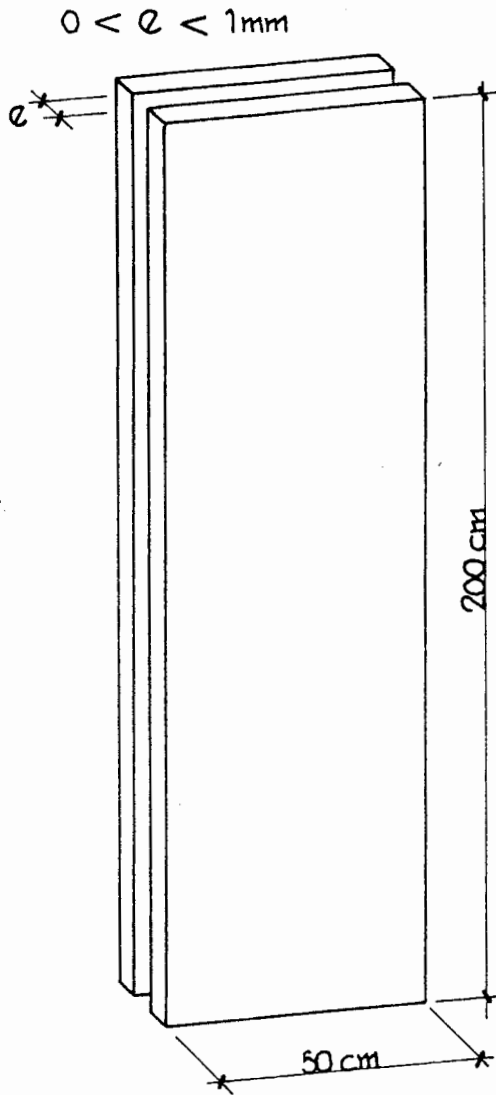


Fig. 1

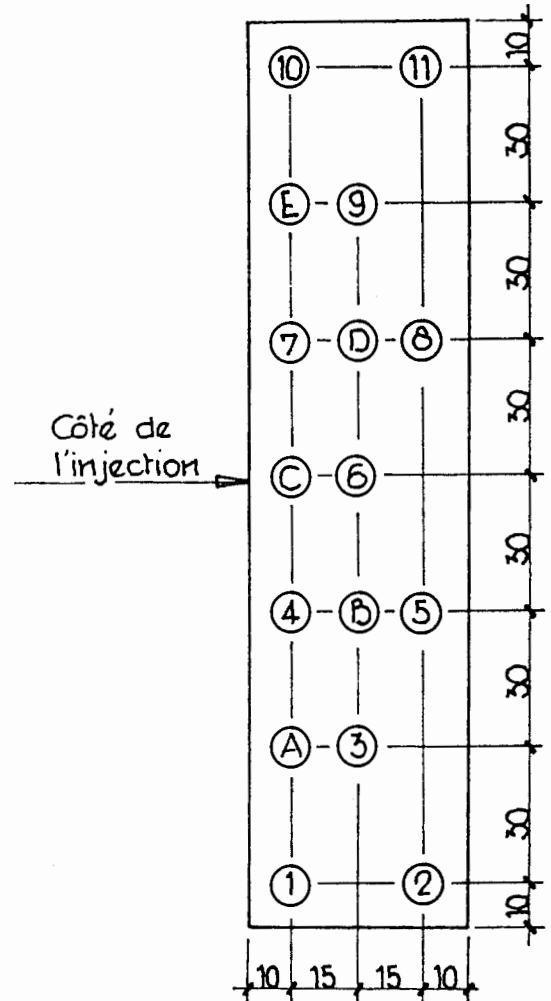


Fig. 2

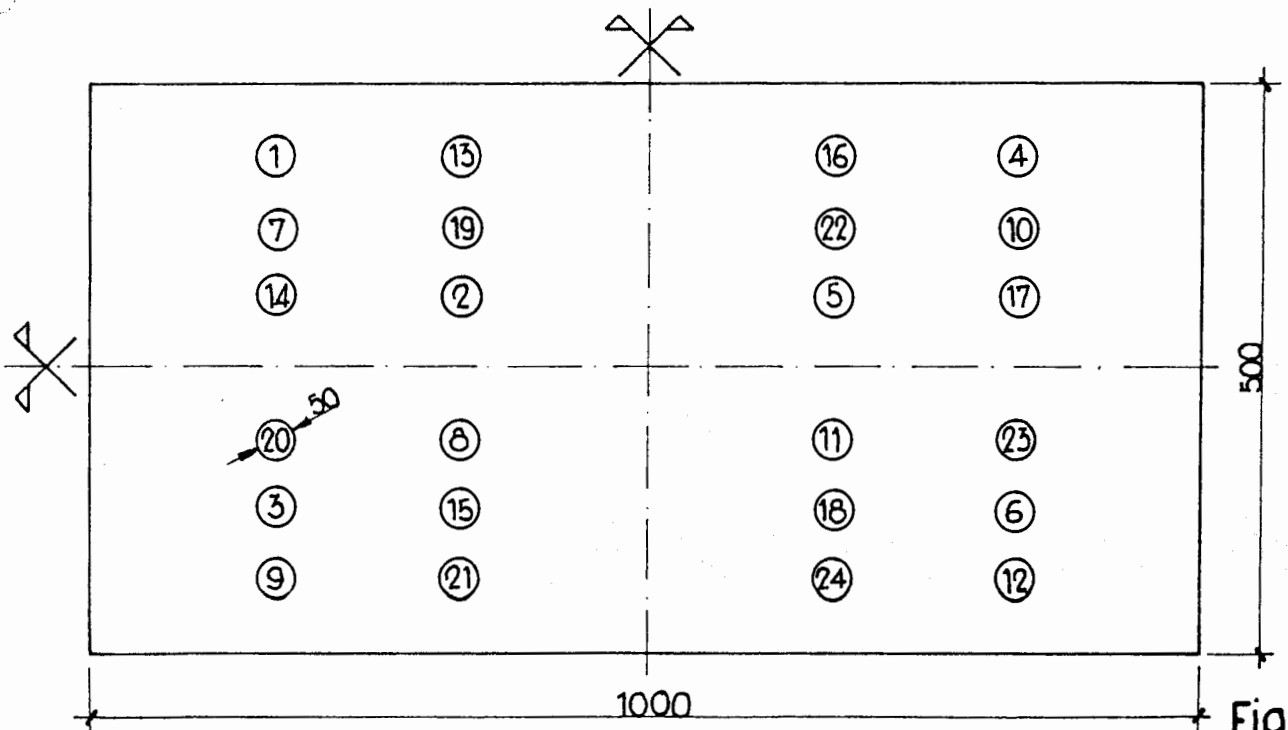


Fig. 3

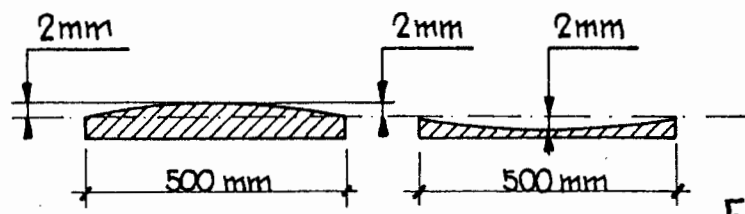


Fig. 4

Position de la latte (14 positions)

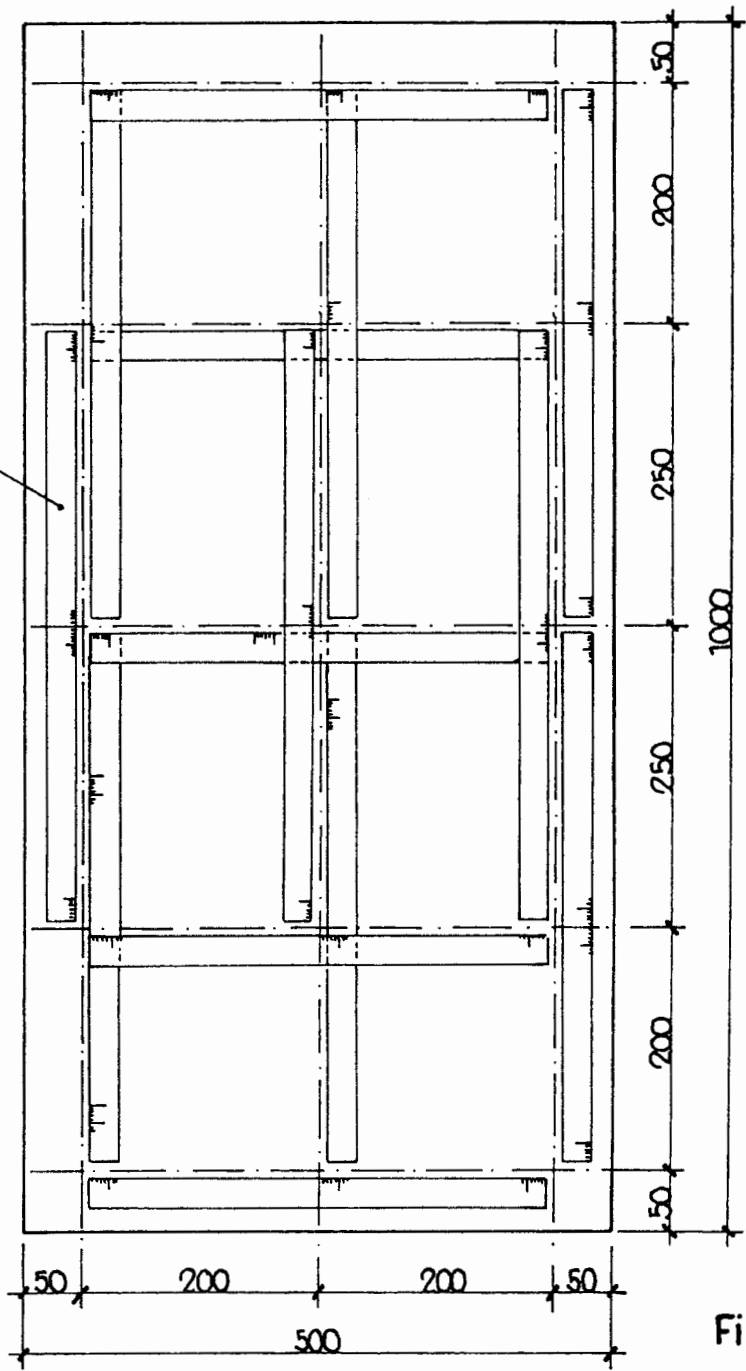


Fig. 5

MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX.TRAVAUX DE REPARATION DES OUVRAGES EN BETON
NECESSITANT LA MISE EN OEUVRE DE LIANTS RESINEUX REACTIFS.ANNEXE 2MESURE DE L'ADHERENCE PAR ESSAI D'ARRACHEMENT.

L'essai est réalisé comme décrit ci-dessous.

Sur une pièce d'essai en béton de 150 x 150 x 350 mm³ bétonnée verticalement pour obtenir 4 faces latérales lisses, on colle des tôles d'acier sur les 4 faces.

Le béton a la composition suivante :

- sable 0-2	:	437 kg
- gravier 4-16	:	1.313 kg
- ciment P40	:	450 kg
- eau	:	189 kg.

Lors de l'essai la pièce d'essai doit avoir un âge d'au moins 28 jours afin d'obtenir une résistance suffisante.

Les 4 tôles d'acier ont une largeur de 100 mm et une épaisseur de 5 mm. Les deux tôles situées l'une en face de l'autre sont collées de la même manière (béton - colle - acier ou béton - primer - mortier - colle - acier). La figure 1 ci-après représente l'éprouvette après collage.

Les zones libres le long des bords des tôles ainsi que les zones de 50 mm non collées situées sous les tôles sont pourvues d'une protection adéquate en vue d'empêcher le collage de l'acier au béton dans ces zones. Une surface de collage de 300 x 100 mm² est ainsi définie pour chaque tôle. Cette surface est décapée par sablage.

Immédiatement avant collage, l'acier est sablé (sablage SA3).

L'essai est réalisé au moyen d'un dispositif tel que schématisé à la figure 2. Les efforts sont transmis par un système type cardan de manière à obtenir une répartition égale des charges entre les 2 tôles.

Les modalités d'essai sont fonction de l'utilisation ou non de jauges de contrainte :

1. Eprouvette sans jauges de contrainte :

Dans ce cas, la mise en charge est réalisée par étape jusqu'à rupture. A chaque étape, la charge totale est augmentée de 10 kN et maintenue constante pendant 60 secondes. La charge de rupture est notée ainsi que le mode de rupture. A partir de cette valeur, on calcule la contrainte moyenne d'arrachement pour le type de collage dans lequel la rupture a eu lieu.


2. Eprouvette avec jauge de contrainte :

Dans le cas où la répartition des contraintes le long de la tôle doit être mesurée, on place des jauges de contrainte sur une ou deux tôles selon le schéma de la figure 3. En vue de tenir compte des effets de flexion parasite, les jauges sont placées sur les deux faces de la tôle. Les fils sont ramenés latéralement dans la colle.

La mise en charge est réalisée par étape jusqu'à l'obtention d'une charge égale à un tiers de la charge de rupture obtenue sur une autre éprouvette sans jauge de contrainte. A chaque étape, la charge est augmentée de 10 kN et maintenue constante pendant 60 secondes avant d'entamer la mesure sur les jauges de contrainte. Immédiatement après cette mesure, la charge est augmentée.

Après la mesure sur les jauges de contraintes sous la charge maximale de un tiers de la charge de rupture précitée, l'éprouvette est déchargée puis après un temps d'attente de 60 secondes, la mesure sur les jauges de contrainte est réalisée.

L'éprouvette est à ce moment mise en charge jusqu'à rupture comme décrit ci-dessus pour les éprouvettes sans jauges de contrainte.

La charge de rupture est notée ainsi que le mode de rupture. A partir de cette valeur, on calcule la contrainte moyenne d'arrachement pour le type de  dans lequel la rupture a eu lieu.

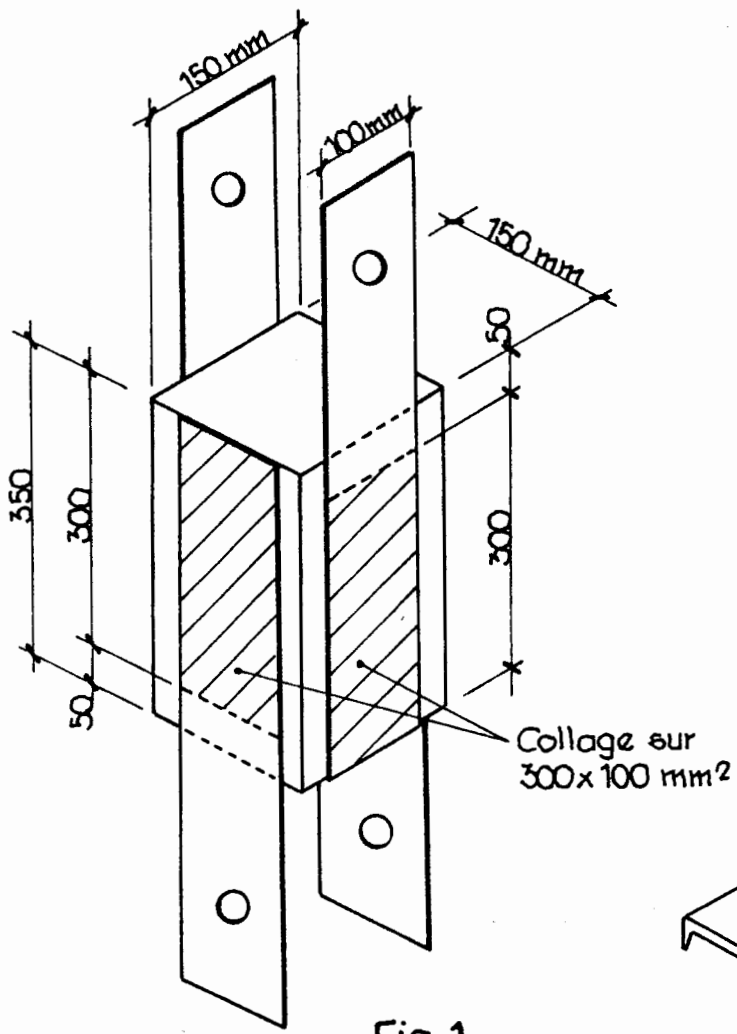


Fig. 1

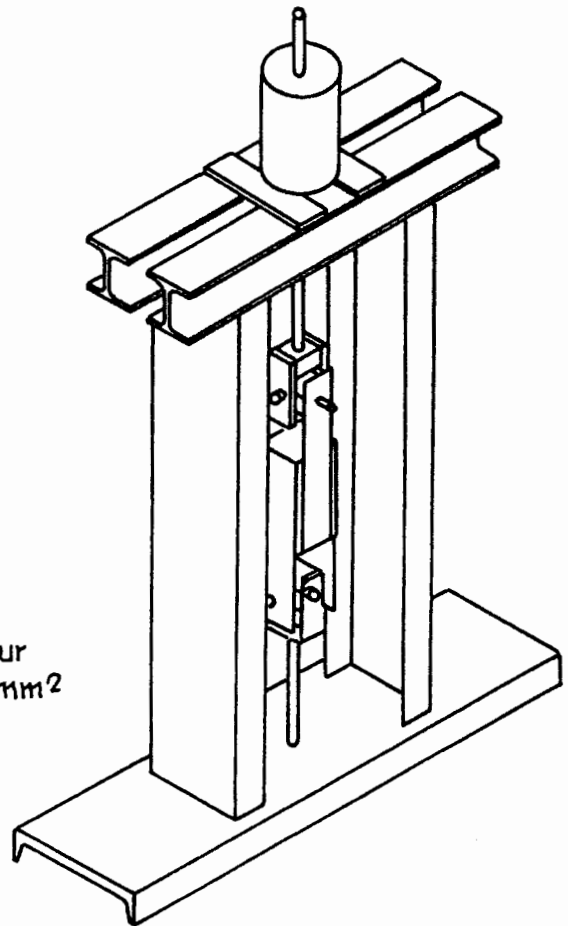


Fig. 2

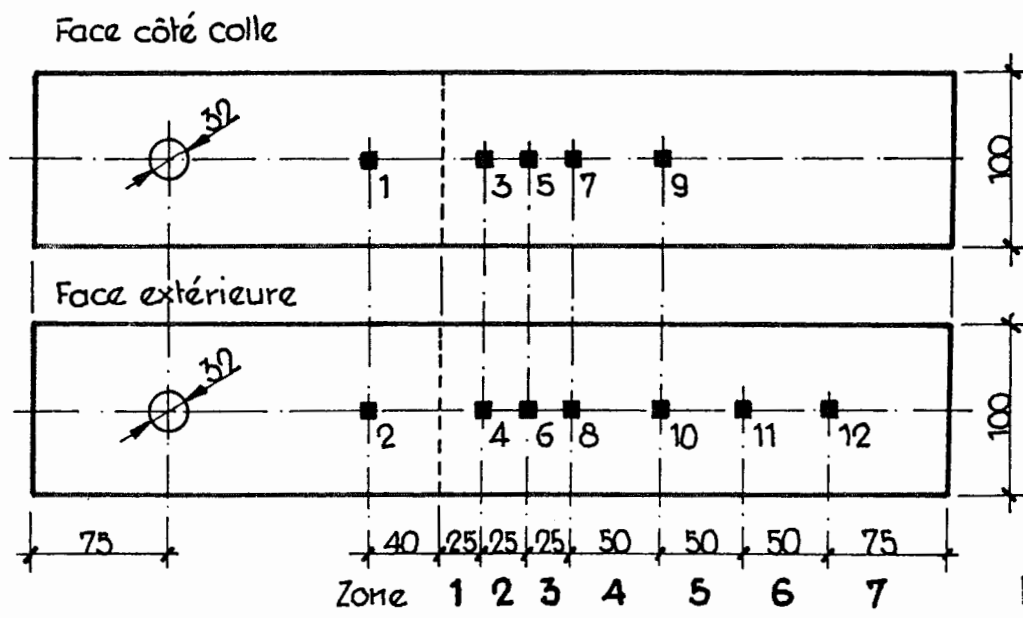


Fig. 3

MARCHES PUBLICS DE TRAVAUX.

TRAVAUX DE REPARATION DES OUVRAGES EN BETON

NECESSITANT LA MISE EN OEUVRE DE LIANTS RESINEUX REACTIFS.

NOTES COMMENTAIRES

I. GENERALITES.

I.1.1.1. Programme des essais d'homologation.

Le service des Structures en Béton (D.423) tient à jour la liste des produits homologués et des opérateurs agréés.

II. INJECTION DES FISSURES.

II.1. INTRODUCTION.

- Dans le cas où l'injection a pour unique but la protection des armatures contre la corrosion, l'expérience montre qu'il n'est pas nécessaire d'injecter les fissures dont l'ouverture est inférieure ou égale à 0,4 mm si celles-ci ne sont pas exposées aux intempéries (pluies), à l'eau (ruissellements, suintements) ou aux sels de déneigement.
- L'injection de fissures présentant une ouverture inférieure à 0,2 mm est techniquement possible moyennant l'utilisation d'une résine appropriée. Ce type d'injection doit cependant être limité à des cas particuliers d'exposition aux sels de déneigement ou de protection d'armatures de précontrainte.

II.6. CLASSES D'INJECTION.

Quand il s'agit de réaliser une injection de classe A, le cahier spécial des charges doit le mentionner.

III. REPARATION DU BETON AU MOYEN DE MORTIERS.

III.2. TRAVAIL PREPARATOIRE.

La réparation au moyen de mortier à base de liant résineux réactif est déconseillée quand la résistance à la traction en surface du béton mis à nu est inférieure à 1 N/mm^2 (risque de décollement à terme).
