

# Environnement des appareils d'appui en élastomère fretté

*Recueil des règles de l'art*



*Réimpression Juin 1990*

# **Environnement des appareils d'appui en élastomère fretté**

recueil des règles de l'art

Document réalisé conjointement par

Le Département des Structures et Ouvrages d'Art du  
58, Boulevard Lefèvre - 75015 PARIS - Tél. 532-31-79

**LCPC**

La Division des Ouvrages d'Art du  
46, avenue Aristide Briand - 92223 BAGNEUX - Tél. 664-14-77

**SETRA**

Octobre 1978

Ont participé à l'élaboration du document :

MM. ARNOUS  
FREDERIC MOREAU } (Société CIPEC)  
TISSERAND

FOURGAUT \_\_\_\_\_ (Société STUP)

CHABERT \_\_\_\_\_ (L.C.P.C.)

Mme FESTOR  
MM. BAUDRIN } (S.E.T.R.A.)  
FRAGNET  
LAURAS  
MAC FARLANE  
SOULIER  
VALJANTIN

DUCHÈMIN \_\_\_\_\_ (S.N.C.F.)

Dessins - M. BONNICHON \_\_\_\_\_ (S.E.T.R.A.)

La gestion est assurée

- pour la Division des Ouvrages d'Art du S.E.T.R.A. - Département Etudes  
Techniques Générales et Ouvrages Types - Arrondissement G1,

- pour le Département Structures et Ouvrages d'Art du L.C.P.C.,

par MM. BOIS  
CHABERT

La diffusion est assurée par la D.O.A du S.E.T.R.A

## ENVIRONNEMENT DES APPAREILS D'APPUI EN ÉLASTOMÈRE FRETTÉ

### RECUEIL DES RÈGLES DE L'ART

#### Introduction

Les ponts ne sont pas des structures statiques. Ils sont en continu mouvement (allongements, contractions, rotations, mouvements induits par le sol, etc.). Pour permettre ces mouvements, on les équipe habituellement de dispositifs appelés appareils d'appui qui sont mis en place entre la structure et les appuis.

Depuis l'année 1960 environ, les appareils d'appui les plus courants sont constitués d'un ou plusieurs feuillets d'élastomère adhésés par vulcanisation à des frettes en métal, d'où leur nom d'appareils d'appui en élastomère fretté. Certains sont complétés sur leur face supérieure par une feuille en polytétrafluoroéthylène (P.T.F.E de la marque Téflon ou similaire), glissant sous une tôle d'acier inoxydable polie. On parle dans ce dernier cas d'appareils d'appui glissants.

La description plus précise des matériaux et le mode de calcul des appareils d'appui sont présentés dans le Bulletin Technique n° 4 ou le dossier JADE 68 de la D.O.A du S.E.T.R.A. **Le présent document traite des dispositions à ménager autour des appareils d'appui pour permettre leur bon fonctionnement et, donc, celui de la structure.**

En effet, si les visites ou inspections d'ouvrages d'art ont permis de noter un comportement d'ensemble relativement satisfaisant de l'élastomère constituant l'appareil d'appui, elles mettent souvent en évidence une mauvaise conception ou une mauvaise exécution des parties d'ouvrage situées autour de l'appareil d'appui. Les rapports de visite citent fréquemment des défauts tels que : "appareils d'appui non visibles", "appareils d'appui bloqués", "appareils d'appui partiellement encastrés", "appareils d'appui ne portant que sur la moitié de leur surface", "bossage épaufré", "bossage éclaté". Les photos des pages 5 et 10 (milieu) illustrent certains de ces défauts, qui sont le plus souvent induits par l'absence dans les dessins, des dispositions constructives nécessaires pour assurer la pérennité des appareils d'appui ou par un manque de précision ou de soin à la réalisation de cette partie d'ouvrage.

Autour des appareils d'appui, la tolérance géométrique n'est plus de l'ordre du **cm** comme pour d'autres parties d'un ouvrage, mais plutôt de l'ordre du **mm**.

D'autre part, dans les cas où une réparation apparaît nécessaire, l'ordre de grandeur du coût de celle-ci ne présente aucune comparaison possible avec celui de fourniture des appareils d'appui ou celui induit par les sujétions de bonne exécution.

C'est pourquoi, un groupe d'ingénieurs du LCPC, du SETRA et des Sociétés fournissant les appareils d'appui, s'est attaché à déterminer les dispositions à prévoir autour des appareils d'appui et les méthodes de leur bonne exécution. Le document qui suit constitue l'aboutissement du travail de ce groupe.

Nous avons voulu nous limiter aux cas les plus courants. Aussi le document ne concerne que les deux types d'appareils d'appui cités plus haut (élastomère fretté comportant ou non un plan de glissement). Il ne vise également que les tabliers en béton (cependant, pour les ouvrages métalliques, les dispositions relatives aux appuis sont les mêmes). Une autre limite du document est constituée par son insertion parmi les autres documents de la DOA du SETRA. En effet, chaque chapitre vise une phase différente de la vie d'un ouvrage.

- Le chapitre 1 fournit les dispositions à prévoir au stade du projet et des pièces écrites,

- Le chapitre 2 décrit différentes méthodes d'exécution de l'environnement des appareils d'appui. Il se rapproche donc d'un guide de chantier.

- Le chapitre 3 donne des indications sur les opérations d'entretien et de réparation liées aux appareils d'appui.

Aussi, à terme, certaines parties pourront être reprises dans d'autres documents plus spécifiques au projet ou à l'exécution des ouvrages.

Dans l'immédiat, nous espérons que ce document satisfera à l'attente des Maîtres d'Oeuvre, Entrepreneurs ou gestionnaires d'ouvrage.

Nous accepterons volontiers toute remarque ou observation qui permettrait de le compléter ou le modifier.

## 1 - DISPOSITIONS A PRÉVOIR AU STADE DU PROJET ET DES PIÈCES ÉCRITES

### 1-1 - Définitions liminaires.

1.1.1 - Appui : Elément de l'ouvrage qui permet de reporter sur le sol de fondation les actions provenant du tablier.

1.1.2 - Appareil d'appui : Dispositif de liaison entre l'appui et le tablier du pont. Il est chargé :

- de transmettre les efforts verticaux dus au poids du tablier et aux charges d'exploitation,

- de transmettre en tout ou en partie, les efforts horizontaux dus aux effets de modifications de longueur du tablier (effets thermiques, retrait, fluage) ou aux effets introduits par les charges d'exploitation (freinage, force centrifuge),

- de permettre les rotations du tablier sous charges d'exploitation ou à la suite de déformations différées de la structure,

- d'accepter, au moins dans une certaine limite, les mouvements différés des appuis.

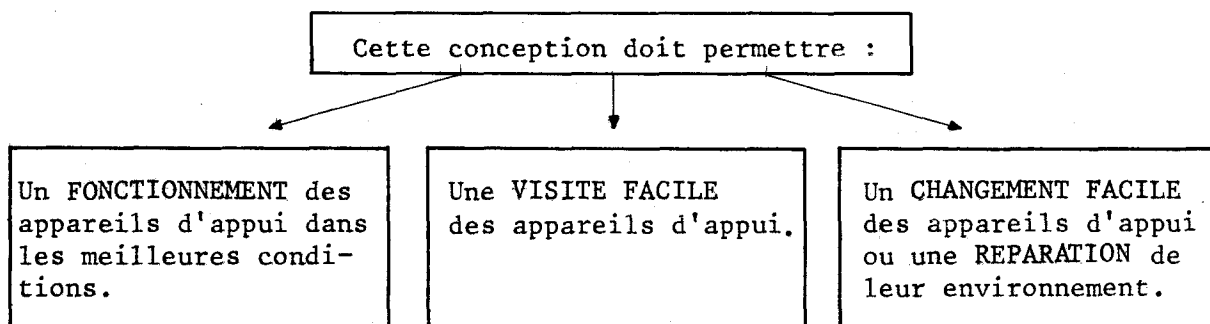
1.1.3 - Ligne d'appui : Ligne passant par le centre de gravité des différents appareils d'appui posés sur un même appui et relatifs à une même section transversale biaise de tablier. Il existe en général une ligne d'appui par appui sauf pour les appuis intermédiaires d'un ouvrage isostatique où on en compte deux.

1.1.4 - Bossage inférieur : relief en saillie de l'appui, sur lequel repose l'appareil d'appui.

1.1.5 - Bossage supérieur : Relief en saillie de l'intrados du tablier au-dessus de l'appareil d'appui.

1.1.6 - Environnement des appareils d'appui : Les parties d'ouvrage en contact avec les appareils d'appui ou à proximité immédiate de ceux-ci.

### 1-2 - Conception de l'environnement des appareils d'appui.



Pour obtenir ces résultats, il est souhaitable de satisfaire aux conditions suivantes :

- Les **surfaces en contact** avec les faces inférieure et supérieure des appareils d'appui seront **planes** ; celles en contact avec leur face inférieure seront, de plus, **horizontales** (conditions de mise en oeuvre correcte et de bon fonctionnement liées à une répartition uniforme des contraintes et visant à éviter un cheminement ultérieur de l'appareil d'appui);

- Les appareils d'appui seront surélevés par rapport à la face supérieure de l'appui (condition de mise hors d'eau, principalement dans le cas des piles-culées);

- Une **hauteur libre** suffisante sera réservée entre l'intrados du tablier, et la face supérieure de l'appui (condition d'accessibilité et de vérinage).

Les vérinages peuvent être nécessités non seulement par des opérations au niveau des appareils d'appui mais également pour d'autres raisons (tassements d'appuis, pesée de réactions d'appui, voire dénivellation d'appuis ou modifications du gabarit).

Ces conditions se traduisent généralement par l'exécution de bossages qui doivent exister aussi bien sous les appareils d'appui - ils sont donc solidaires de l'appui - que dessus et ils sont alors solidaires du tablier.

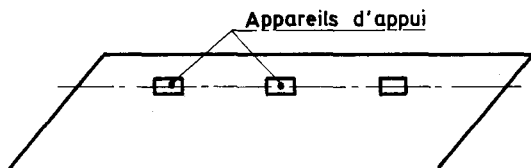
Le bossage supérieur, généralement de hauteur réduite, est soit bétonné en même temps que le tablier, soit préfabriqué; outre son rôle principal qui est de présenter à l'appareil d'appui une surface parfaitement plane, il facilite la visite des appareils d'appui et permet d'assurer que l'enrobage des armatures inférieures du tablier ne sera pas réduit par inadvertance dans cette zone délicate.

La disposition générale des bossages dépend de la géométrie de l'ouvrage; c'est ainsi que leur hauteur peut être constante ou variable d'un appareil d'appui à l'autre, selon les pentes relatives du sommier d'appui et de l'intrados. Des dispositions-types ont été définies et illustrées par des schémas figurant pièce 1.4.1 du dossier pilote PP 73.

#### 1.2.1 - Implantation des bossages.

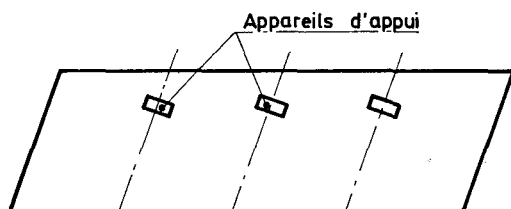
Les parties verticales ou sub-verticales des appuis devront être à plus de 5 cm à l'intérieur du pourtour des bossages.

#### Vues en plan schématiques



Pour les ponts-dalles et ponts à nervures, les grands côtés des appareils d'appui seront généralement disposés parallèlement à la ligne d'appui.

Pour un angle de biais inférieur à 70 gr, on s'orientera en général vers des appareils d'appui et des bossages carrés.



Pour les ponts à poutres les grands côtés des appareils d'appui seront généralement perpendiculaires à l'axe longitudinal de l'ouvrage, ceci par simplicité car l'idéal est une position intermédiaire entre la perpendiculaire à la ligne d'appui et l'axe longitudinal des poutres.



### 1.2.2 - Dimensions en plan des bossages.

Les bossages inférieur et supérieur, qui n'ont pas nécessairement les mêmes dimensions, présenteront par rapport à l'appareil d'appui un débord minimal de 5 cm\*. Cette condition revient à donner aux bossages des dimensions supérieures d'au moins 10 cm à celles de l'appareil d'appui; le débord minimal est à porter à 10 cm lorsque la hauteur d'un bossage est supérieure à 10 cm (cas du bossage inférieur principalement).

Ce débord permet :

- d'ancrer les frettes éventuelles (nécessaires pour un bossage de hauteur supérieure à 4 cm environ),
- d'éviter l'apparition d'épaufrures sur les côtés du bossage, soit au décoffrage, soit par suite d'efforts transmis par les appareils d'appui,
- de recalcr les appareils d'appui suite à un cheminement ou à des distorsions trop importantes sans être obligé d'agrandir ou de reconstruire le bossage.

Enfin, dans le cas d'appareils d'appui glissants, les dimensions en plan du bossage supérieur seront supérieures d'au moins 10 cm à celles de la plaque de glissement et, dans le cas de protection latérale de la plaque de glissement, les dimensions du bossage inférieur seront en général au minimum égales à celles de la plaque de glissement augmentées des déplacements prévus.



Photo n°1 : Les dimensions en plan des bossages, trop faibles, ne permettront pas de recalcr cet appareil d'appui trop distordu à la suite d'un mouvement de l'appui.

---

\* Dans toute la suite du document, on suppose que le coffrage des bossages est vertical (ceci pour des problèmes d'exécution, car l'idéal serait de le réaliser avec des chanfreins à 45°, qui sont difficiles à exécuter). D'autre part, le débord minimal serait à augmenter pour les appareils d'appui de hauteur importante (supérieure à 8 cm).



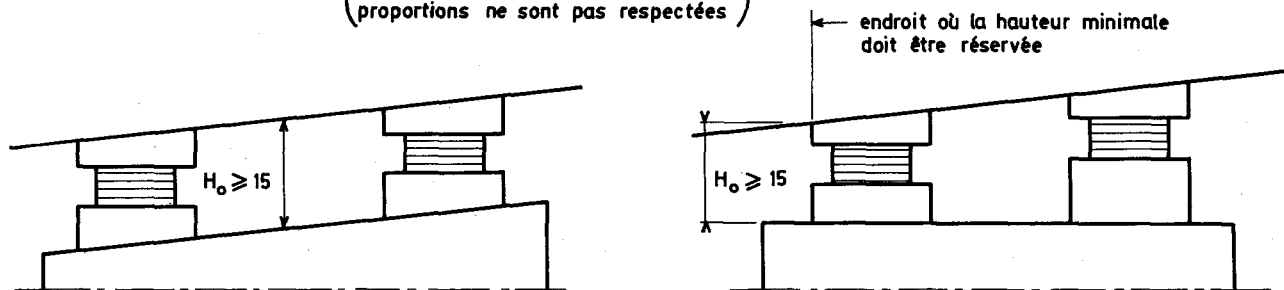
### 1.2.3 - Hauteur des bossages.

La hauteur des différents bossages d'une même ligne d'appui sera telle que la distance verticale  $H_0$  entre la face supérieure de l'appui et l'intrados du tablier, mesurée à l'endroit le plus défavorable de la périphérie des bossages, soit au moins de 15 cm; cette condition traduit la possibilité de visite et de soulèvement aisés du tablier.

Les schémas ci-dessous illustrent cette condition dans les deux cas les plus fréquemment rencontrés.

#### Coupe transversale au droit des appareils d'appui

(en vue d'une meilleure lisibilité les proportions ne sont pas respectées)



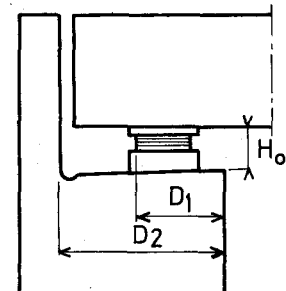
1 - Face supérieure de l'appui et intrados parallèles (horizontaux ou en pente)

2 - Face supérieure de l'appui horizontale. - Intrados en pente.

Toutefois, cette valeur de 15 cm pourra être modulée dans les cas suivants :

- Dans le sens d'une diminution, si des considérations d'aspect l'exigent, ce qui a priori ne saurait concerner que les piles intermédiaires; elle pourra alors être ramenée à 12 cm, mais on s'assurera au préalable que cette réduction de hauteur est justifiée, compte tenu de la géométrie d'ensemble de l'ouvrage et des proportions de ses différents éléments (hauteur des piles, longueur des fûts, espacement des appareils d'appui, pente transversale ou dévers éventuels, largeur de l'intrados, etc...);

- Dans le sens d'une augmentation, si des considérations d'accessibilité l'exigent, ce qui peut être le cas notamment sur certaines piles-culées, lorsque les appareils d'appui sont placés très en retrait de la face avant du chevet ou lorsqu'en présence d'un mur garde-grêve, il est nécessaire de pouvoir procéder au curage de la cunette de drainage. La hauteur libre à réserver à l'aplomb de la face avant du chevet peut être déterminée à l'aide de la formule suivante (unité le cm) :



$$H_0 = 15 + 0,2 (D_1 - 50)$$

(avec un minimum de 15 cm).

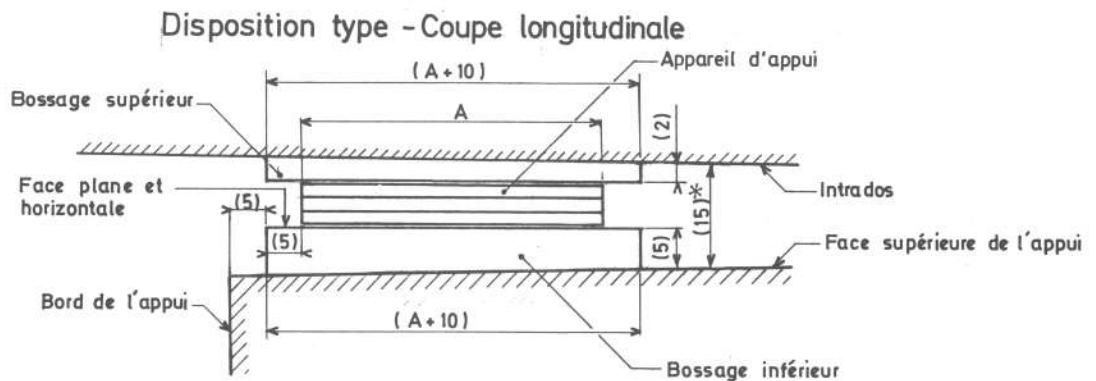
Cette valeur est éventuellement à majorer en fonction de la distance  $D_2$  (cf. schéma) pour permettre le nettoyage de la cunette (sauf autre possibilité d'accès pour nettoyage; voir dossier pilote PP73 de la DOA du SETRA, pièces 1.1.3 et 1.2.3).

Il est en général plus facile de réaliser un bossage inférieur haut qu'un bossage supérieur de hauteur importante. Aussi, pour obtenir la hauteur libre nécessaire entre appui et tablier, la **hauteur du bossage inférieur** sera généralement **supérieure à 5 cm**. Pour le **bossage supérieur**, la **hauteur minimale est de 2 cm**, sauf dans le cas des poutres préfabriquées où le bossage peut être remplacé par un méplat; en effet, pour ce type de structure, la réalisation d'un bossage pose de nombreux problèmes (voir § 2.3.2) et un bossage apparaît moins nécessaire car la visite et le soulèvement peuvent se faire par les côtés, au niveau des entretoises.

Si le bossage supérieur est préfabriqué à l'aide d'une dalle, celle-ci aura une épaisseur minimale de 6 cm.

#### 1.2.4 - Disposition-type pour l'environnement des appareils d'appui.

Compte tenu des indications précédentes, on peut définir pour un appareil d'appui donné, une disposition-type, illustrée par le schéma ci-après qui s'applique indifféremment au sens longitudinal (suivant la ligne d'appui) et au sens transversal; les cotes principales (en cm) qui figurent entre parenthèses sont des cotes minimales.



\* Peut éventuellement être réduit à 12 cm dans certains cas particuliers.

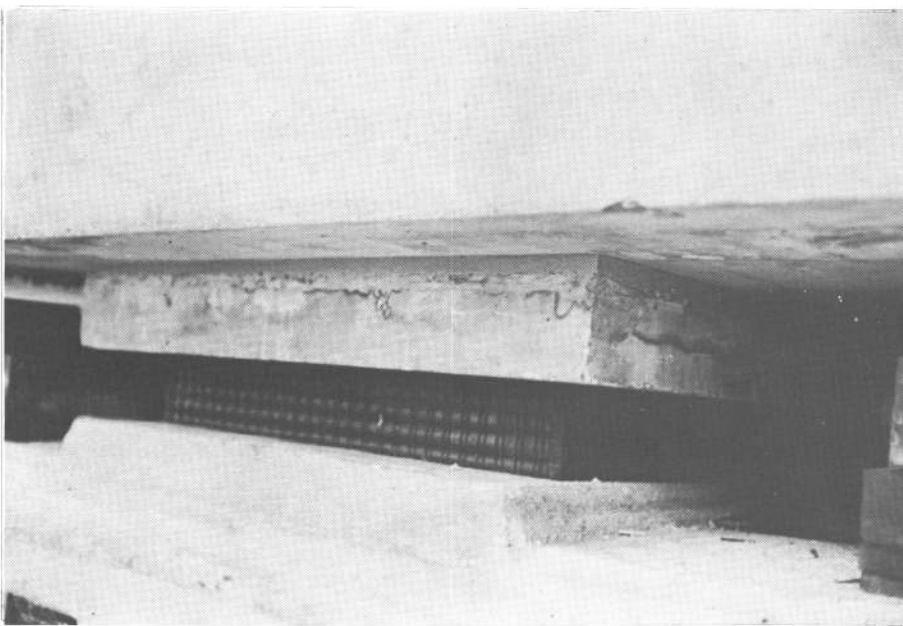


Photo n°2 : Appareil d'appui et les deux bossages, le bossage supérieur étant ici de hauteur relativement importante.

### 1.2.5 - Dimensions en plan de la tête d'appui.

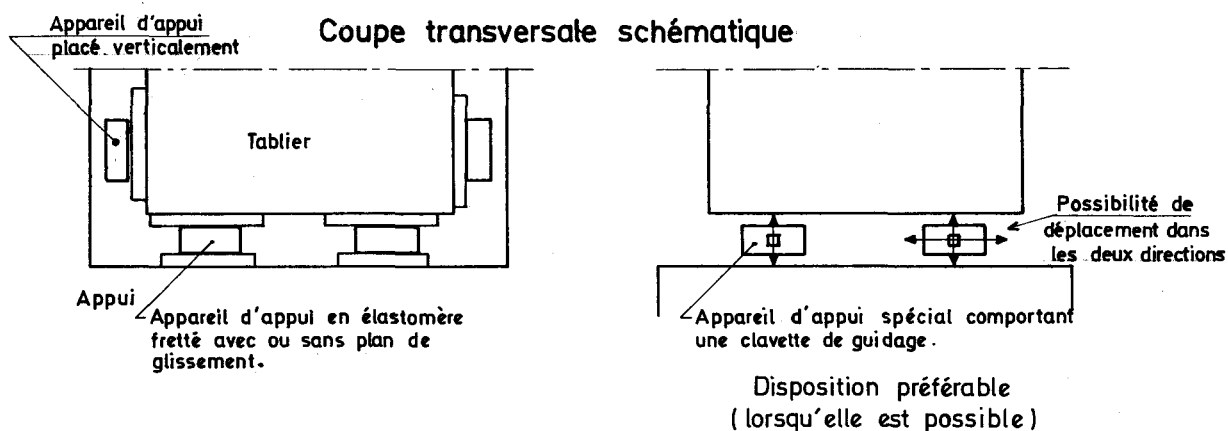
Pour les ouvrages courants, le bord latéral de l'appareil d'appui sera toujours à plus de 10 cm du parement latéral de l'appui. Ceci implique donc une section du sommier d'appui en conséquence.

De plus, pour certains types d'ouvrages, les dimensions en plan de la tête d'appui sont fonction du mode de construction; ainsi, pour les ponts à poutres du type VIPP, la tête d'appui devra permettre l'emplacement de l'appareil d'appui définitif, des calages ou appuis provisoires de la poutre et du dispositif de lancement.

Pour les ouvrages construits par encorbellements successifs, nous verrons au § 2.3.3 qu'il est déconseillé de faire reposer l'ouvrage en construction sur ses appuis définitifs. Il faut donc prévoir un calage provisoire. Les dimensions en plan de la tête de pile devront donc permettre l'implantation des appareils d'appui définitifs, des cales provisoires et des vérins nécessaires au soulèvement du tablier et au changement éventuel des appareils d'appui (voir schéma B de la page 9).

### 1.2.6 - Cas particulier : Appareils d'appui placés verticalement.

Les appareils d'appui glissants utilisés dans ce cas ont pour but de permettre un guidage du tablier (ouvrages courbes) ou de transmettre un effort horizontal accidentel (séisme, choc de bateau par exemple). La pose de tels appareils d'appui n'est pas exempte de difficultés. Aussi, au stade du projet il est conseillé d'étudier la possibilité de passer à des appareils d'appui spéciaux, du type "pot bearings", comportant des clavettes de guidage (cf. schémas ci-dessous).

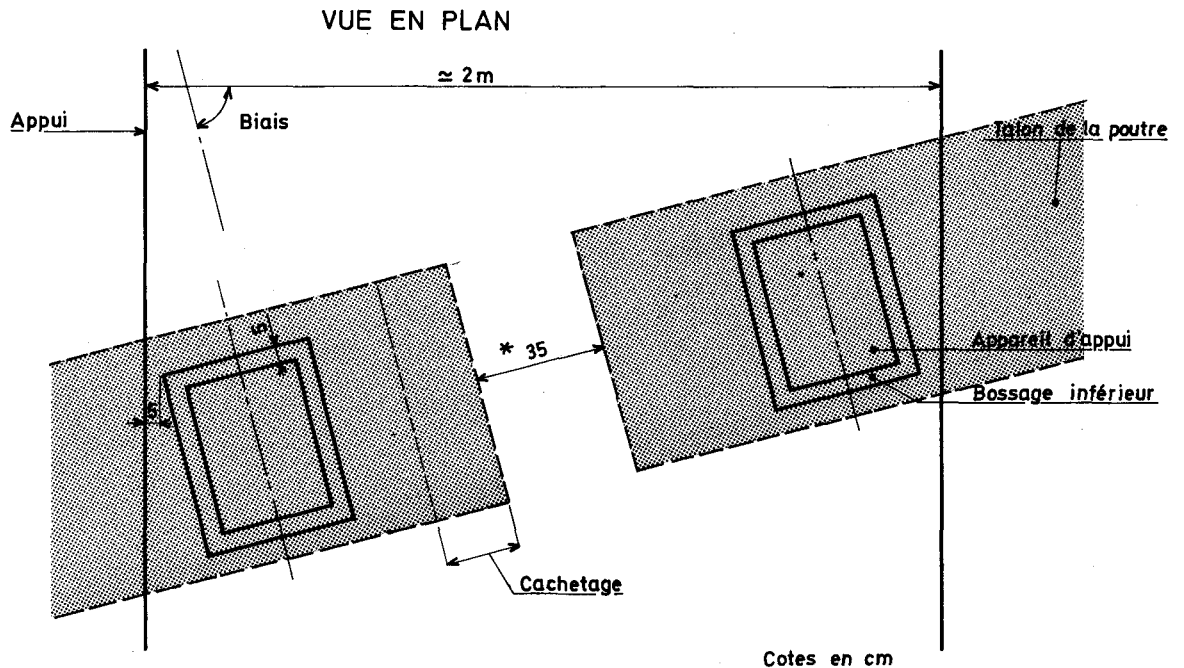


Si le passage aux appareils d'appui spéciaux est impossible (efforts horizontaux trop importants par exemple), le principe de pose des appareils d'appui glissants placés verticalement doit permettre le changement des différentes parties constitutives de l'appareil d'appui.

Vu le caractère spécifique de ce problème, nous ne l'avons pas développé dans ce document. Par contre, les gestionnaires de ce document tiennent à la disposition des différents services une note plus complète, définissant en particulier les méthodes de pose des appareils d'appui glissants placés verticalement.

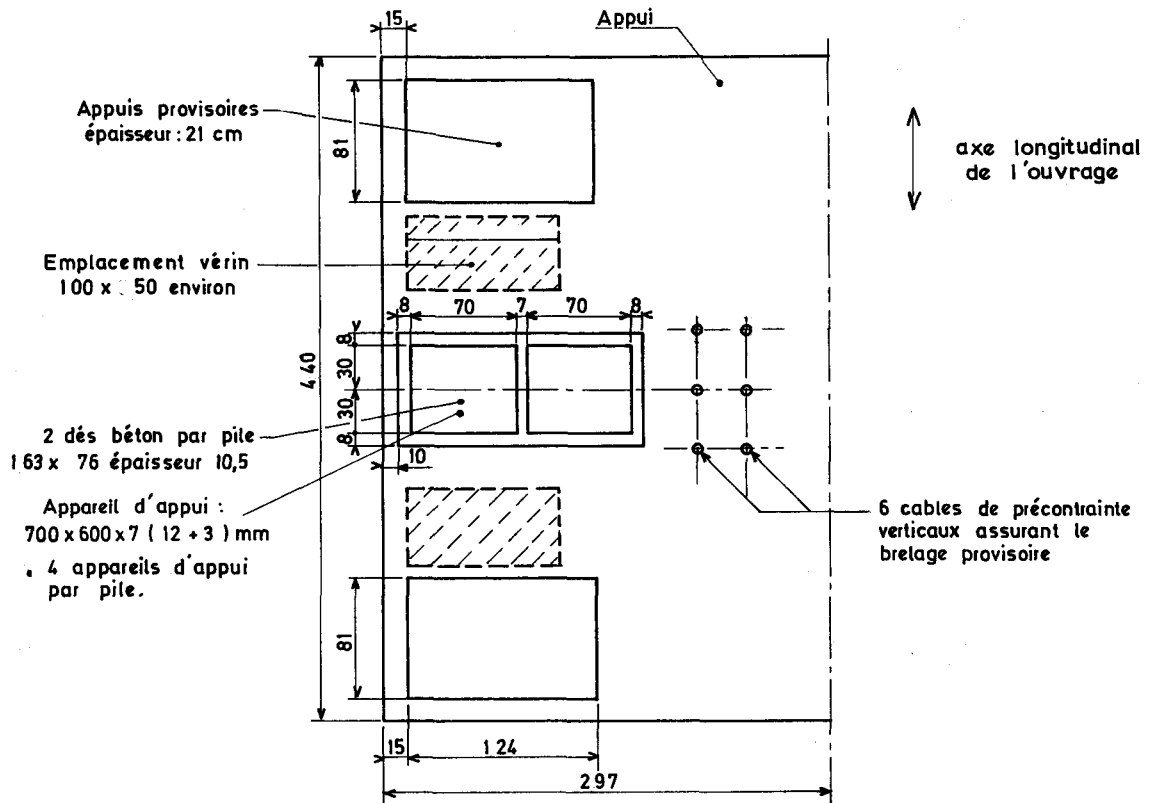
## EXEMPLES DE DISPOSITIONS DES APPAREILS D'APPUI DÉFINITIFS OU PROVISOIRES SUR UN APPUI

### A) Cas d'un appui intermédiaire d'un pont à poutres précontraintes par post-tension



\* Distance entre cachetages permettant le déplacement d'une personne sur l'appui

### B) Vue en plan d'un demi-appui d'un ouvrage exceptionnel



Cotes en cm

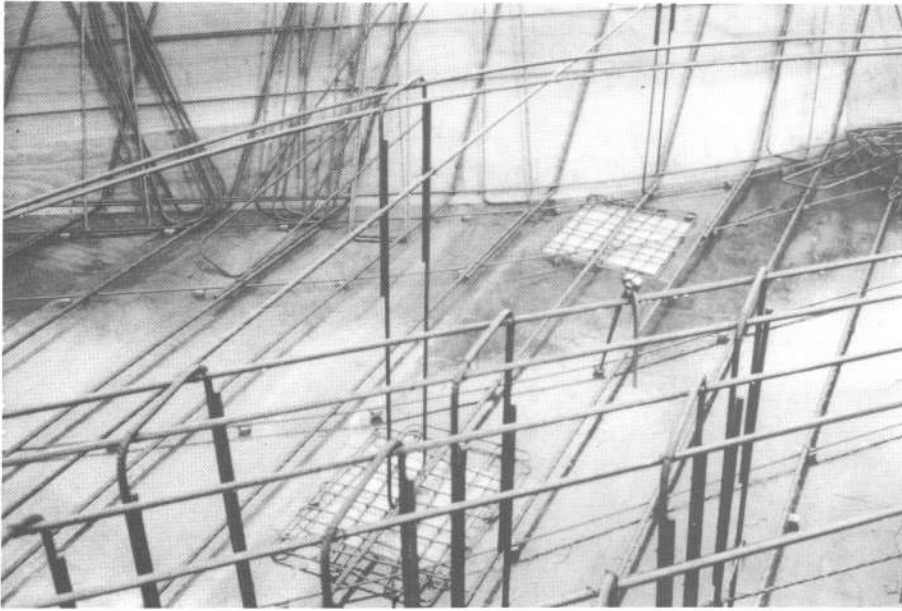


Photo n° 3 : Frettage en place au droit des appareils d'appui . Ici les bossages supérieurs sont préfabriqués.

Photo n° 4 : Défauts des tolérances d'exécution ; l'appareil d'appui ne porte que sur une faible partie de sa surface .

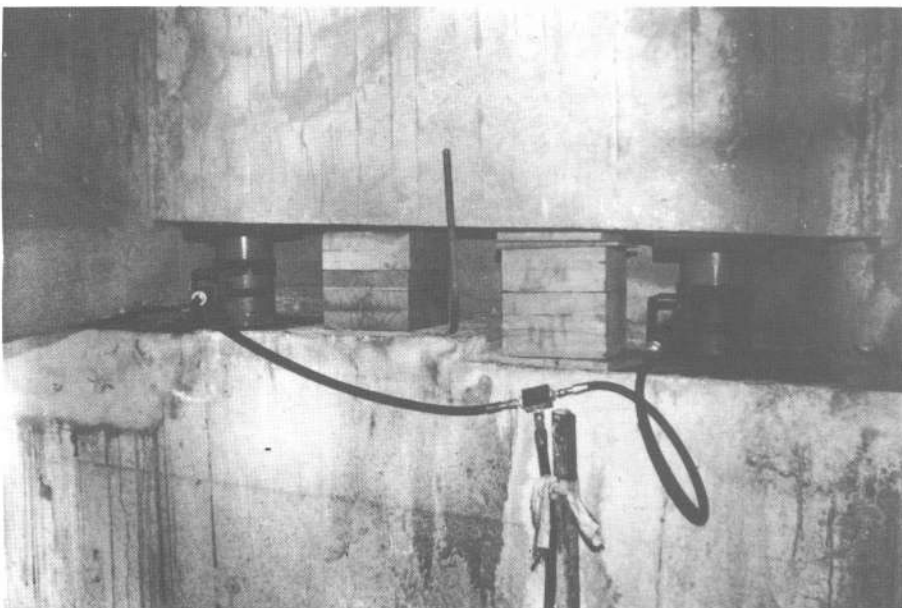


Photo n° 5 : Exemple d'une structure qui peut être relativement facile à soulever . A noter les calages de sécurité à côté des vérins.

### 1.3 - Compléments pouvant être insérés dans le C.C.T.P.

Nous donnons ci-dessous, en italique, des exemples de rédaction de clauses pouvant être insérées dans le C.C.T.P.. Ces clauses visent à obtenir les conditions nécessaires au bon fonctionnement des appareils d'appui. Elles se limitent à un complément au C.P.S. Type Ponts Courants et à ses mises à jour, sans répétition des clauses déjà énoncées. Ces clauses sont accompagnées soit de leurs motivations, soit d'autres points à vérifier sur le chantier par le Maître d'Oeuvre ou son représentant.

#### 1.3.1 - Calculs justificatifs et dessins d'exécution (C.P.S. T. 3.05).

Les règles de calcul des appareils d'appui sont données dans le Bulletin Technique n° 4 de la D.O.A du S.E.T.R.A dont le chapitre III "Méthodes de calcul - Dimensionnement des appareils d'appui" est à incorporer au marché en tant que pièce contractuelle (article 1.03 du C.P.S. type).

Dans la suite, nous nous intéresserons plus spécialement au calcul et à l'exécution de l'environnement des appareils d'appui.

##### - Armature des bossages.

*Les armatures des bossages seront constituées par une ou plusieurs nappes de frettes croisées. La section totale d'armatures dans chaque direction devra pouvoir équilibrer un effort au moins égal à  $0,04 R$ ,  $R$  étant la réaction d'appui maximale relative à l'appareil d'appui considéré.*

##### - Vérinage de l'ouvrage.

Ce point a fait l'objet de la clause 3.05,32 de la mise à jour n°2 d'avril 74 du C.P.S.type.

##### - Dessins d'exécution.

*Les dessins d'exécution comprendront les plans des bossages inférieur et supérieur; sur ces plans, figureront en particulier :*

- la nature et l'épaisseur des coffrages,*
- la nature de l'éventuel produit assurant l'étanchéité du coffrage,*
- les moyens prévus pour assurer le calage efficace des coffrages,*
- la ou les dispositions éventuellement prévues pour assurer le nettoyage en fond de coffrage et l'évacuation de l'eau avant bétonnage.*

*L'entrepreneur remettra au Maître d'Oeuvre un plan représentant une vue en plan de l'ouvrage et comportant les figurations des divers types d'appareils d'appui, leurs dimensions, les directions de leurs mouvements possibles, la valeur du préréglage des appareils d'appui glissants.*

Ce plan doit permettre de vérifier si la structure pourra fonctionner librement suivant le schéma prévu et de vérifier facilement si les appareils d'appui ont été posés conformément à ce plan.

Cas particulier des piles de grande hauteur.

Pour ces piles il est conseillé de prévoir un accès facile sur ces piles et de ménager à la construction de l'ouvrage les possibilités d'implanter facilement un échafaudage pour travailler au niveau des appareils d'appui. D'où la rédaction possible suivante d'un article de C.C.T.P.

*Les dessins d'exécution des appuis figureront les dispositions prévues pour accéder à la tête de pile et pour mettre en place facilement un échafaudage en tête d'appui.*

- Appareils d'appui glissants.

*L'entrepreneur remettra au Maître d'Oeuvre parmi les calculs justificatifs un tableau donnant la valeur du préréglage des appareils d'appui glissants en fonction de la température ambiante.*

### 1.3.2 - Exécution.

Les clauses ci-après concernant l'exécution précisent et complètent le § 3 de la spécification 3.2 du dossier JADE 68.

#### 1.3.2.1 - Micro-béton (C.P.S.T art.3.10).

Le micro-béton défini en commentaire de l'article 3.10,2 du C.P.S. Type sera utilisé pour la réalisation du bossage inférieur et pour le bossage supérieur quand celui-ci est préfabriqué.

Ce micro-béton sera fabriqué dans les mêmes conditions que le béton des appuis.

#### 1.3.2.2 - Préparation de surface avant mise en place du micro-béton du bossage inférieur.

*Le sommet de l'appui sera repiqué à l'emplacement des bossages avant pose du coffrage.*

Ce repiquage permet une meilleure liaison entre l'appui et le bossage. Il ne doit pas être trop profond car il n'a pas pour but d'encastrement le bossage dans l'appui et on risquerait de mettre à nu les armatures.

#### 1.3.2.3 - Tolérances sur les dimensions et le tracé des ouvrages (C.P.S.T. art. 3.16).

L'une des conditions essentielles d'un bon fonctionnement des appareils d'appui en élastomère fretté est la rigueur et la minutie apportées à la réalisation des parties en contact avec celui-ci; la précision à demander est plus forte que celle couramment admise pour l'exécution d'un ouvrage d'art, d'où l'intérêt de bien définir, au stade du C.C.T.P., les tolérances requises. Le Maître d'Oeuvre pourra s'inspirer des clauses énoncées ci-après :

*Les faces en contact avec l'appareil d'appui devront être planes, et la surface supérieure du bossage inférieure horizontale.*



La tolérance en planéité et en horizontalité est de 1 mm sur la surface des bossages \*

Les tolérances sur l'implantation des bossages seront :

-  $\pm 1$  cm pour la position en plan des bossages.

- pour la cote du dessus du bossage inférieur, on pourra s'inspirer du tableau suivant :

	par rapport à un repère absolu	par rapport à un bossage d'une même ligne d'appui
Dalles	$\pm 10$ mm	$\pm 10$ mm
Poutres préfabriquées, voussoirs coulés en place ou préfabriqués	$\pm 10$ mm	$\pm 5$ mm

Dans le cas de structures préfabriquées, la tolérance de 1 mm sur la planéité du bossage supérieur et le bon contact entre la partie préfabriquée et l'appareil d'appui peut être assurée par un mortier maté.

L'horizontalité et la planéité peuvent être vérifiées avec un niveau et un jeu de cales. Pour les structures préfabriquées, il y a lieu de vérifier également la cote en altitude du bossage.

#### 1.3.2.4 - Cas particulier des appareils d'appui glissants.

Le parfait parallélisme entre les surfaces de glissement est impératif; le non respect de ce parallélisme ou des tolérances définies ci-avant se traduit couramment par une absence de glissement; d'où des efforts appliqués à l'élastomère et aux appuis beaucoup plus importants que ceux pour lesquels ils ont été calculés; Ceci induit, dans la majorité des cas, la nécessité d'une opération de soulèvement.

Le Maître d'Oeuvre demandera donc à l'Entrepreneur quelles sont les dispositions qu'il pense retenir pour assurer la stabilité de la plaque de glissement lors de la mise en place de la structure.

Le C.C.T.P pourra également être complété ainsi :

*La plaque de glissement ne devra en aucun cas être engravée dans le bossage supérieur (ceci pour ménager les possibilités de la remplacer).*

*Si les appareils d'appui comportent des châssis ou autres parties apparentes en acier, celles-ci seront protégées contre la corrosion par galvanisation, métallisation ou application de peinture riche en zinc.*

---

\* Cette tolérance peut paraître très sévère. Mais, pour un appareil d'appui de 400 x 400 mm par exemple, 1 mm en défaut d'horizontalité, correspond à une rotation de  $2,5 \cdot 10^{-3}$  rd, qui est l'ordre de grandeur des rotations admises pour le calcul des appareils d'appui d'une structure coulée en place.

De même, un appareil d'appui tasse d'environ 1 à 2 mm sous charge. Si les tolérances de pose sont supérieures à 1 mm, l'appareil d'appui ne sera pas sollicité sur toute sa surface.

Des exemples de rédaction de clauses concernant la galvanisation ou la métallisation figurent dans le dossier GC 77 (pièces 2.2 et 2.3, pour les garde-corps en acier).

#### 1.3.2.5 - Stockage des appareils d'appui.\*

*Les appareils d'appui seront stockés ensemble, sur une surface propre et plane, à l'abri de la pluie, du soleil, des souillures et de la poussière.*

#### 1.3.2.6 - Contrôle des appareils d'appui.

*L'entrepreneur remettra au Maître d'Oeuvre le certificat de conformité des appareils d'appui rempli et signé par le fournisseur de ceux-ci.*

Ce certificat fournit en particulier les références au lot de fabrication et aux contrôles y attenant. A la réception de ce certificat, le Maître d'Oeuvre ou son représentant pourra également s'assurer de la conformité dimensionnelle des appareils d'appui et de l'absence de dégradations sur ceux-ci (coins abîmés, cisaillement des tiges de pré-règlage de certains appareils d'appui glissants, rayures sur la plaque de glissement ou coupures ou salissures du téflon lorsqu'un appareil d'appui glissant est livré par éléments séparés, etc...).

Il est également conseillé de conserver les certificats de conformité avec le journal de chantier ou de reporter les numéros des lots de fabrication sur le plan de pose.

#### 1.3.2.7 - Pose des appareils d'appui glissants.

Si l'ouvrage comporte des appareils d'appui glissants, il pourra être ajouté au C.C.T.P. la clause suivante :

*La pose et le pré-règlage des appareils d'appui glissants seront effectués en présence d'un représentant qualifié du Maître d'Oeuvre.*

Les points à vérifier par le représentant sont :

- la propreté des surfaces en téflon et en inox,
- la validité des hypothèses de calcul du pré-règlage (température ambiante),
- lorsque le sens du déplacement est indiqué par une flèche (appareils d'appui glissants STUP), cette flèche est dirigée vers le point de déplacement nul (donc, en particulier, elle est parallèle à l'axe longitudinal de l'ouvrage et est dirigée vers le milieu de l'ouvrage si celui-ci ne comporte de joints qu'à chaque extrémité),
- la mise en place effective des moyens assurant la stabilité de la plaque de glissement.

---

\* Les § 1.3.2.5 et 1.3.2.6 ne concernent pas directement l'environnement des appareils d'appui. Nous avons cependant préféré inclure ici les clauses concernées plutôt que d'attendre une autre publication sur ce point.

### 1.3.2.8 - Cas particuliers des ponts à poutres préfabriquées.

Le § 2.3.2 montre qu'il n'est pas facile de réaliser un contact parfait entre appareil d'appui et bossage supérieur. Comme le fonctionnement des appareils d'appui glissants est particulièrement sensible à un défaut de pose, il peut être judicieux de prévoir au projet des appareils d'appui en élastomère fretté plutôt que des appareils d'appui glissants; pour diminuer la hauteur d'élastomère fretté, il pourra être demandé au C.C.T.P. un recalage des appareils d'appui. D'où la proposition de rédaction suivante :

*Le tablier sera soulevé --- semaines\* avant le terme du délai contractuel de manière à ramener à zéro la distorsion des appareils d'appui. Le soulèvement sera conduit de manière à ne pas solliciter au-delà des hypothèses de calcul les hourdis intermédiaires entre poutres.*

Si possible, la date de soulèvement sera déterminée de manière à exécuter le soulèvement par une température moyenne ou légèrement froide, pour compenser les reliquats de retrait et fluage restant à courir.

### 1.3.2.9 - Mortier maté.

Cette méthode très intéressante d'exécution des bossages supérieurs (cf. § 2.3.3) est cependant délicate. Aussi nous conseillons d'adjoindre au C.C.T.P. un article complétant l'article 3.17.5 du CPS type du SETRA et précisant les conditions d'une épreuve de convenance pour l'opération de matage.

Une rédaction possible serait :

*Dans le cas d'exécution des bossages au-dessus des appareils d'appui par mortier maté, un matage témoin sera exécuté sur le chantier avant commencement des travaux de matage sur l'ouvrage. Il sera effectué dans un coffrage de même type que celui retenu pour l'ouvrage; la hauteur de mortier maté mise en place sera la même que sur l'ouvrage; les dimensions en plans pourront être légèrement réduites.*

---

\* à compléter dans le C.C.T.P.

## 2 - MÉTHODES D'EXÉCUTION DES BOSSAGES

Ce chapitre peut être considéré comme un "guide de chantier". Nous y présentons principalement les différentes méthodes d'exécution des bossages inférieur ou supérieur.

La grande partie des méthodes décrites résulte d'observations sur chantier. Nous ne prétendons pas avoir recensé tous les procédés ou variantes de procédés possibles. Le recensement nous est apparu cependant suffisant pour comparer les différentes méthodes.

A l'examen, il apparaît que :

- certaines méthodes permettent de respecter relativement facilement les tolérances prescrites; elles sont alors largement décrites dans le paragraphe qui suit,

- d'autres méthodes paraissent plus aléatoires; elles sont présentées plus sommairement, voire simplement citées,

- dans certains cas, il n'existe pas encore à notre connaissance, de méthode à la fois simple et sûre (exemple des appareils d'appui glissants sous poutres préfabriquées).

Aussi, nous avons dans quelques cas présenté des méthodes non éprouvées. Elles sont signalées par le sigle (Z). Les remarques et suggestions sur ces méthodes, ou des idées novatrices seront bien accueillies.

Pour les bossages supérieurs, vu la spécificité de certaines techniques, nous avons classé les méthodes par type de structure. Sont ainsi traités le cas des dalles, nervurées ou non, celui des poutres préfabriquées, et des voussoirs coulés en place ou préfabriqués. Le cas des ponts poussés n'est pas abordé ici.

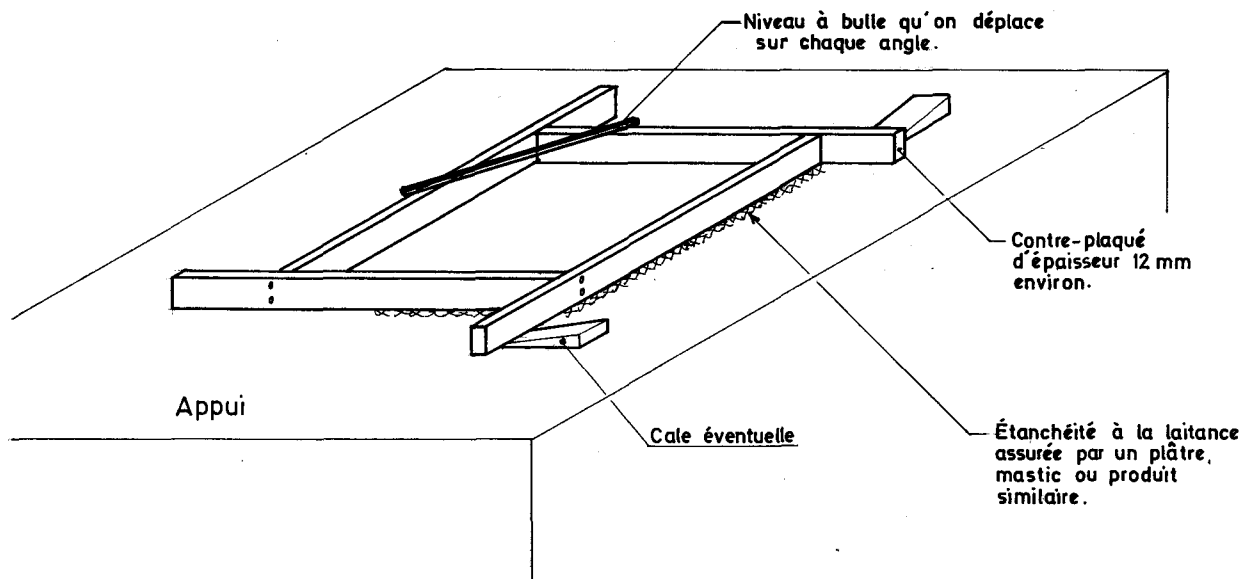
Nous n'imposons pas telle ou telle méthode. Mais l'intérêt commun du Maître d'Oeuvre et de l'Entreprise est de choisir parmi les méthodes les plus sûres. En effet, le supplément de coût des méthodes préconisées par rapport à d'autres moins sûres est d'un tout autre ordre de grandeur que celui de la démolition d'un bossage inférieur ou d'un soulèvement d'ouvrage pour réparation du bossage supérieur.

## 2.1 - Exécution du bossage inférieur (voir nota en fin de page 5).

Une seule méthode, décrite en 2.1.1 nous paraît sûre; les autres, à résultats plus aléatoires, sont décrites sommairement en 2.1.2.

### 2.1.1 - Bossage coulé en place, après réalisation de l'appui, béton arasé au niveau du coffrage avec un réglet.

Cette méthode est la plus classique.



### Description de la méthode par phases successives.

- arrêt de l'appui au niveau théorique prévu,
- contrôle par nivellement de la cote du sommier d'appui,
- repiquage du béton de l'appui au droit des futurs bossages,
- découpe du coffrage suivant les cotes théoriques prévues sur les plans en s'attachant à obtenir une arête supérieure parfaitement plane (passage des lattes de coffrage à la dégauchisseuse),
- réglage en place de la hauteur du coffrage, avec des cales, pour obtenir un dessus de coffrage horizontal et à la cote voulue, compte tenu de la cote réelle de l'appui (vérification du nivellement de l'appui à effectuer avant mise en oeuvre du coffrage); dans ce cas, l'étanchéité à la laitance est assurée par un mastic ou du plâtre,

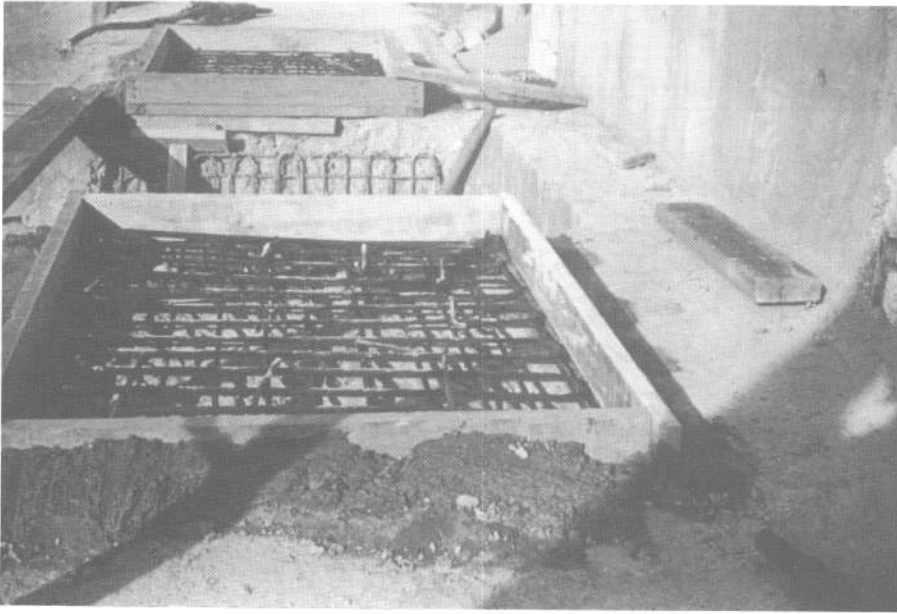


Photo n° 6 : Illustration de la méthode décrite au § 2.1.1. Coffrage ,calage du coffrage et frettage d'un bossage inférieur .

Photo n° 7 : Bossage inférieur correctement exécuté .

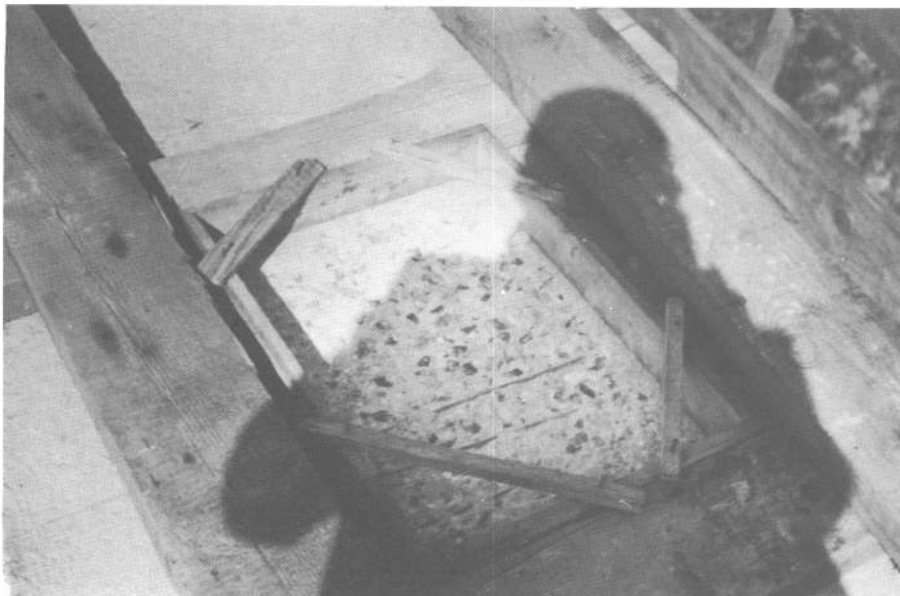
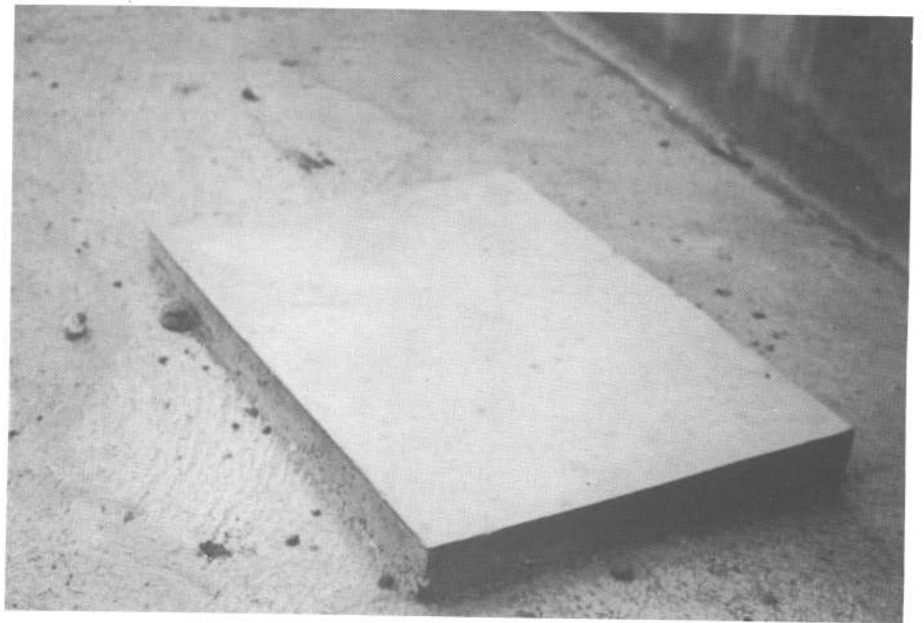


Photo n° 8 : Illustration de la méthode décrite au § 2.1.2.1. A noter le repiquage du béton de l'appui ; ici les baguettes ne sont mises que pour positionner le cadre qui sera ensuite bloqué latéralement .

- calage en place du coffrage sur l'appui; il a pour but d'éviter un déplacement du coffrage lors d'un choc et peut être assuré par du plâtre ou en liaisonnant les différents coffrages des bossages d'un même appui,
- remplissage du coffrage avec un béton qui aura un slump de 5 à 7 cm (ni trop difficile à mettre en place, ni trop liquide car le ressuage serait alors important et la surface de béton durci ne serait plus forcément plane et horizontale),
- arasement de ce béton au niveau supérieur du coffrage avec un réglet dans les deux directions (transversalement et longitudinalement),
- talochage.

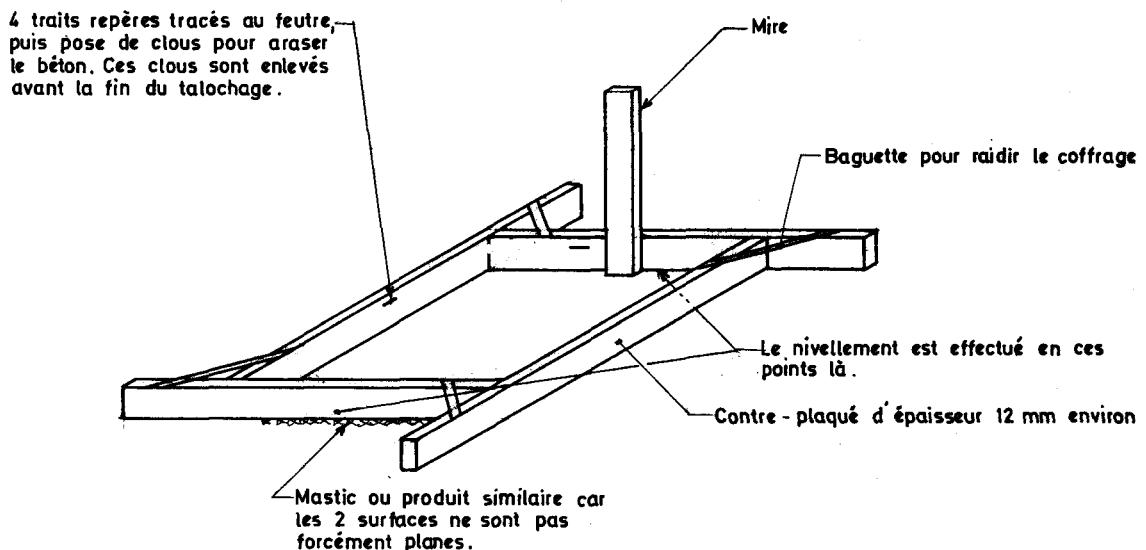
#### Intérêt de la méthode.

Bien que cette méthode demande des coffrages différents si on a des bossages de hauteur différente, c'est la seule à notre connaissance, qui permette facilement, si la stabilité du coffrage est assurée, d'obtenir les tolérances prescrites.

#### 2.1.2 - Autres méthodes.

Nous présentons ici différentes méthodes en indiquant leurs points faibles par rapport à la méthode décrite en 2.1.1.

2.1.2.1 - Bossage coulé en place, après réalisation du chevêtre, dans un coffrage de hauteur supérieure à celle du bossage.



Limites d'intérêt : La planéité et l'horizontalité sont plus difficiles à obtenir que par la méthode du § 2.1.1 car l'ouvrier n'a, pour apprécier son bon nivellement, que des repères fictifs. C'est "le coup de main" qui fera le résultat.

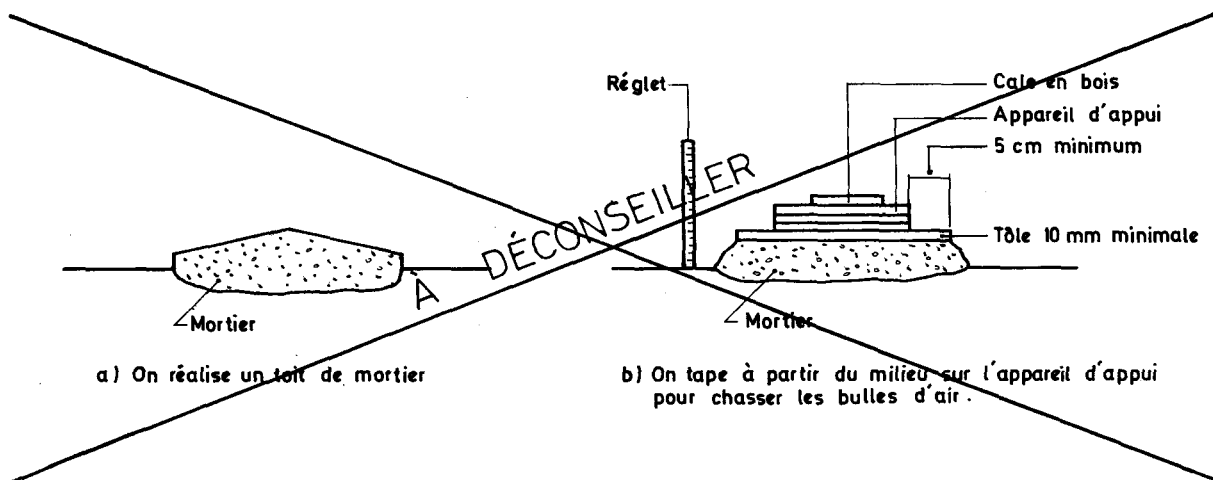


### 2.1.2.2 - Bossage inférieur coulé en même temps que l'appui.

Le seul intérêt de cette méthode est d'assurer une bonne liaison entre l'appui et le bossage.

Mais le coffrage du bossage peut constituer une gêne au bétonnage de l'appui; sa stabilité est difficile à assurer, d'où des incertitudes sur la planéité et l'horizontalité; enfin, la cote supérieure du bossage ne peut être plus précise que celle de l'appui.

### 2.1.2.3 - Mortier soufflant.



Cette méthode ne peut être employée car elle ne permet pas d'obtenir la hauteur minimale habituelle de 5 cm du bossage inférieur.

### 2.1.2.4 - Mortier maté.

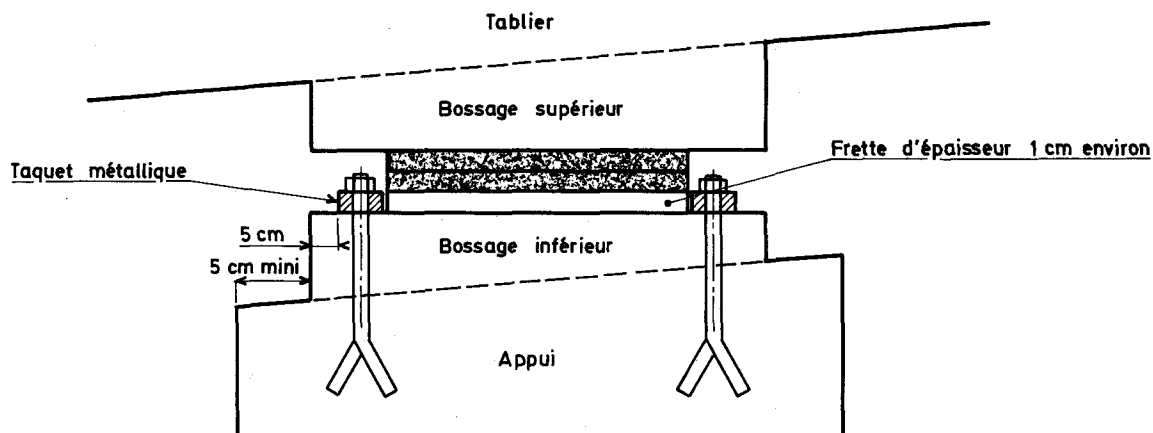
Son utilisation en bossage inférieur est très rare; aussi, nous ne décrivons pas cette méthode ici mais renvoyons au § 2.3.3.

### 2.1.2.5 - Mise en place de dispositifs anti-cheminement.

Lorsque la contrainte normale minimale sur l'appareil d'appui est inférieure à 20 daN/cm<sup>2</sup>, il peut y avoir risque de cheminement de l'appareil d'appui sur le bossage. Pour éviter ces déplacements, les dispositifs représentés par la figure 6 page 15, du Bulletin Technique n° 4 de la DOA du SETRA peuvent être utilisés, avec les précautions suivantes (cf. schémas page 21) :

- les taquets sont placés immédiatement contre l'appareil d'appui, mais sur un seul bossage (bossage inférieur par commodité),
- ils sont métalliques et protégés contre la corrosion par une galvanisation ou une métallisation d'épaisseur moyenne 70 à 80 micromètres,
- ils sont ancrés dans le chevêtre, à travers le bossage,
- les appareils d'appui comportent à leur base une frette beaucoup plus épaisse, pour obtenir un contact métal-métal entre taquet et appareil d'appui,
- les bossages présenteront par rapport aux taquets un débord minimal de 5 cm.

### Coupe longitudinale au droit d'un appareil d'appui



Un dispositif anti-cheminement pourrait également être obtenu en engravant l'appareil d'appui dans les bossages inférieur et/ou supérieur. Mais il n'est pas facile de bien surfacier le creux ménagé dans le bossage inférieur; et les côtés du bossage supérieur risquent d'être facilement épaufrés. Cette méthode est donc très déconseillée.

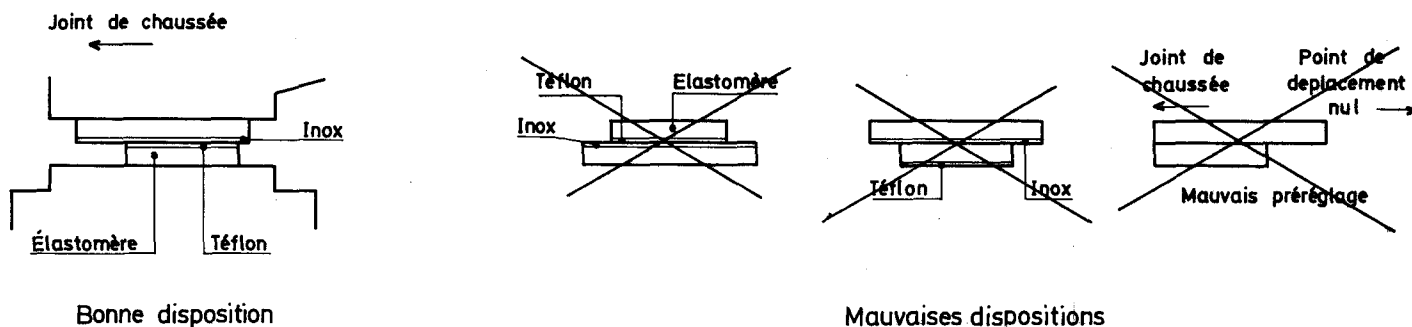
#### 2.2 - Pose de l'appareil d'appui.

La pose de l'appareil d'appui est faite après contrôle par le représentant du Maître d'Oeuvre de la bonne exécution du bossage inférieur (cf. chapitres 1 et 2.1).

On veillera à ce que la manutention sur chantier de l'appareil d'appui, depuis le lieu de stockage jusqu'à son positionnement exact sur le bossage, n'amène pas de dégradations de celui-ci (coins abîmés par suite de chocs, rayures des plaques de glissement, souillures de la graisse des alvéoles du téflon, rupture des tiges de prérèglage, problèmes à la manutention surtout si les appareils d'appui ont un volume unitaire important, etc...).

Un soin tout particulier doit être assuré pour la pose des appareils d'appui glissants. Pour ceux-ci il faut non seulement éviter une pose à l'envers (plaque de glissement en-dessous de l'élastomère fretté), mais également vérifier que le sens et la valeur du prérèglage correspondent aux données des plans et note de calcul (cf. schémas ci-dessous).

### Coupe longitudinale schématique au droit d'un appareil d'appui glissant



## 2.3 - Réalisation d'un bossage supérieur.

Les méthodes de réalisation du bossage supérieur sont fonction du type de structure, de son mode de fabrication (coulage en place ou préfabrication), et du type d'appareil d'appui (avec ou sans plan de glissement).

### 2.3.1 - Méthodes relatives à une structure coulée en place sur étalements.

Le bossage supérieur peut être soit coulé en place, soit préfabriqué.

Le coulage en place permet d'assurer un contact parfait entre l'appareil d'appui et la structure.

La bonne exécution de ce bossage demande un coffrage exécuté avec soin et précision. Celui-ci sera soigneusement nettoyé avant le bétonnage car toutes les poussières, les fils de ligatures ou autres viennent se loger dans le creux ainsi ménagé dans le coffrage de l'intrados.

La préfabrication du bossage permet de s'affranchir de ces complications de coffrage, mais implique la fourniture d'une dalle d'épaisseur suffisante (6 cm minimum) et demande autant de précision et un calage obligatoire et efficace de la dalle préfabriquée durant le bétonnage.

#### 2.3.1.1 - Méthode de la "boîte à sable".

Cette méthode consiste à remplir de sable l'espace entre l'appui et l'intrados de la dalle.

L'ordre des différentes opérations est, en général, le suivant (voir schéma ci-dessous et pages 24 et 25) :

- 1 - exécution des bossages inférieurs de l'appui,
- 2 - pose et réglage en position des différents appareils d'appui d'un même appui,
- 3 - confection d'un cadre avec des madriers couvrant quasiment tout le périmètre de l'appui. L'étanchéité entre madriers et appui est faite à l'aide de plâtre, mastic, ou matériau similaire,
- 4 - Remplissage de ce cadre avec du sable sec jusqu'à la cote supérieure de l'appareil d'appui diminuée de l'épaisseur d'un contre-plaqué,
- 5 - pose d'un contre-plaqué sur ce sable, le contre-plaqué est découpé pour venir entourer l'appareil d'appui. On soignera particulièrement l'étanchéité de ce coffrage, car il y a risque d'accumulation d'eau avant le bétonnage à ce niveau et tout passage d'eau ou de laitance peut compliquer l'élimination du sable lors du décentrement,
- 6 - exécution du coffrage latéral des bossages supérieurs et mise en place des lattes, constituant l'appui du coffrage de l'intrados,
- 7 - pose du contre-plaqué formant coffrage de l'intrados,
- 8 - ferrailage et bétonnage de la structure.

### Réalisation d'un bossage supérieur par boîte à sable

#### COUPE DANS L'AXE DE LA LIGNE D'APPUI.

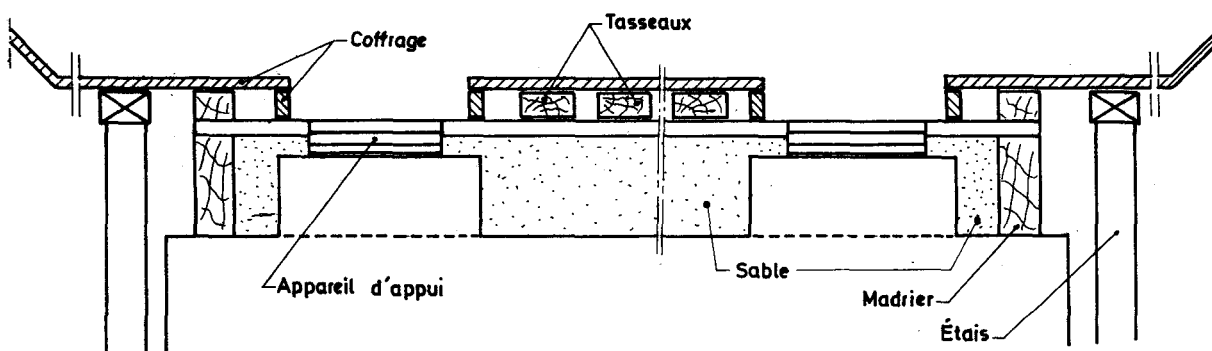




Photo n° 9 : Méthode de la boîte à sable : appareil d'appui sur son bossage et début de la mise en place du sable .

Photo n° 10 : Méthode de la boîte à sable : coffrage terminé .

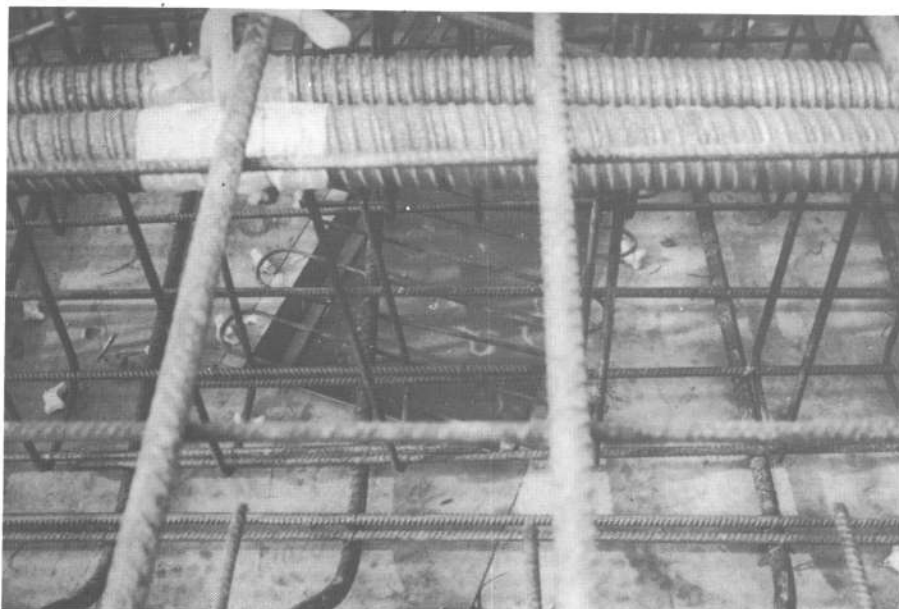
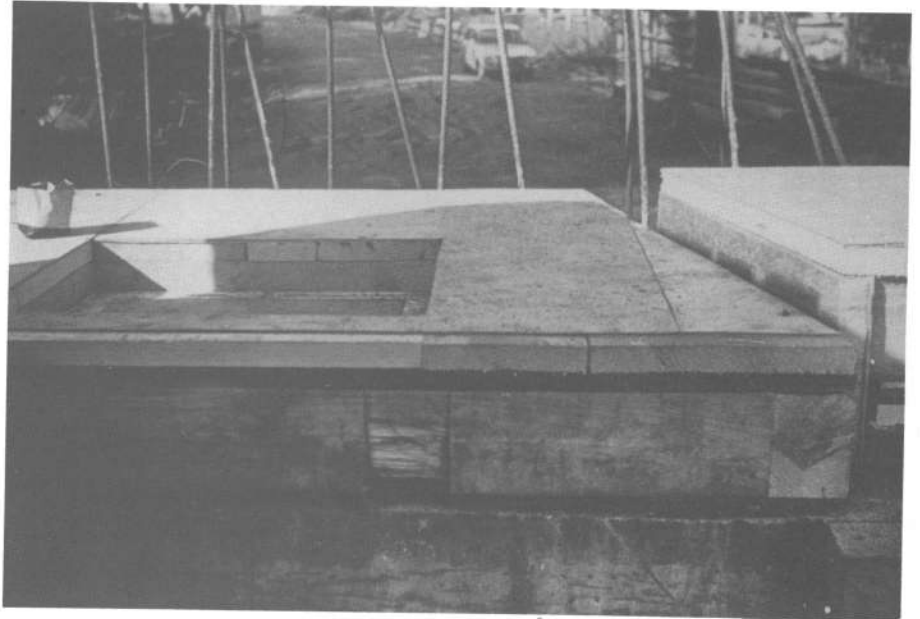
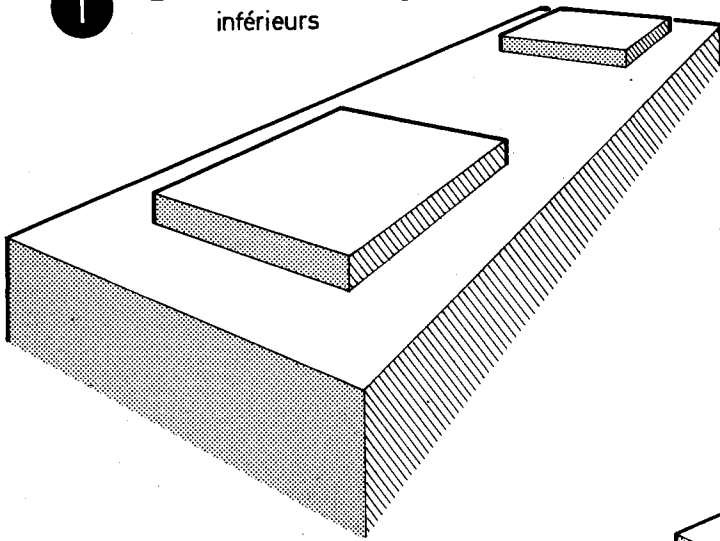
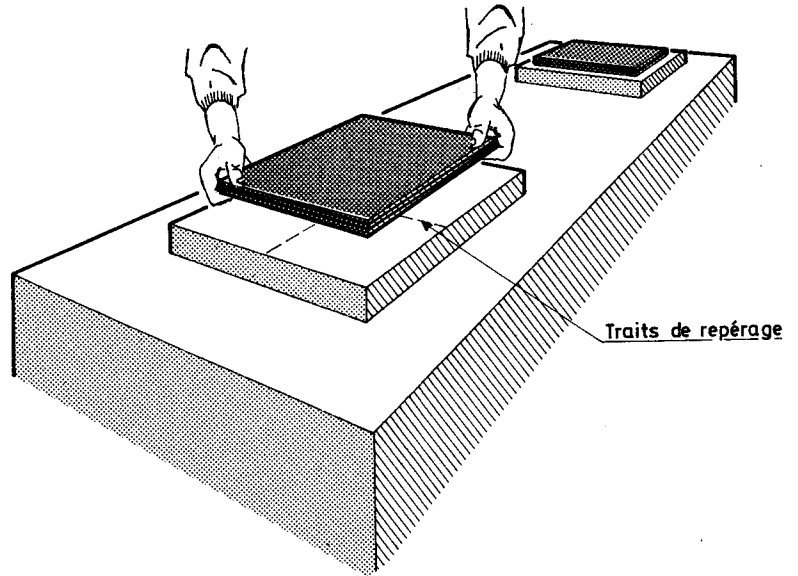


Photo n° 11 : Vue en place du coffrage et du ferrailage au droit de l'appareil d'appui .

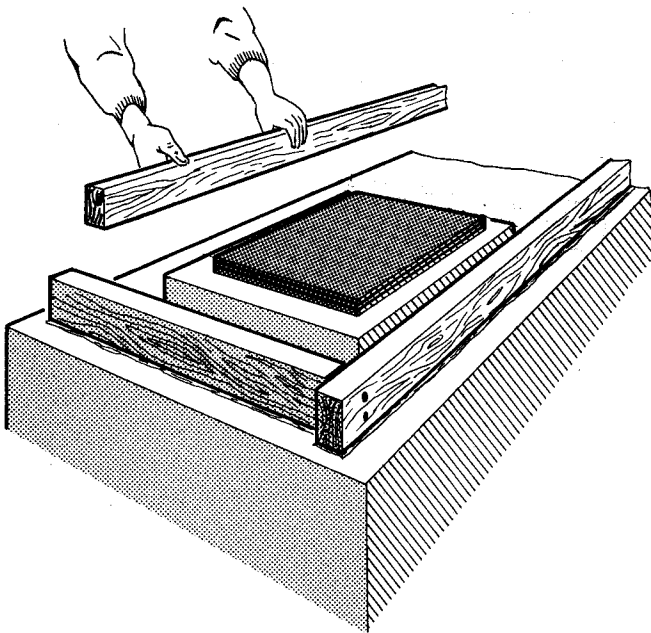
1 Exécution des bossages inférieurs



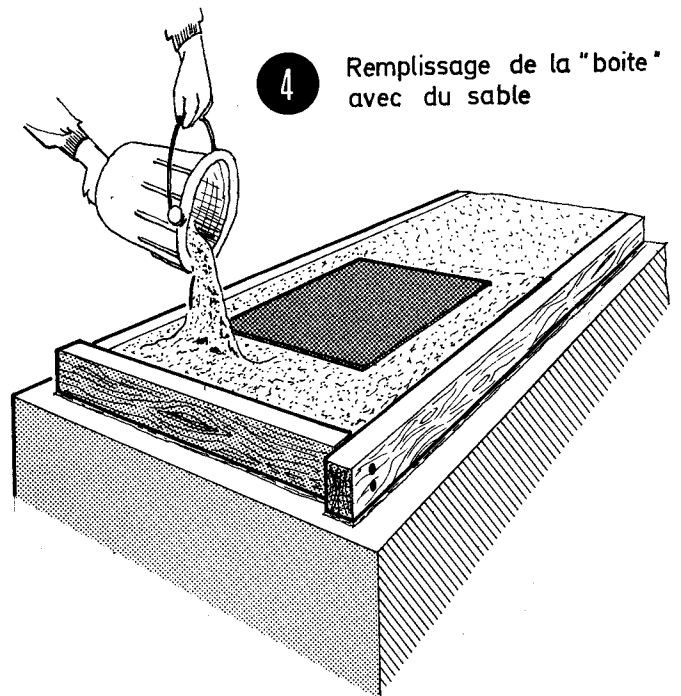
2 Pose et réglage en position du bloc d'élastomère fretté



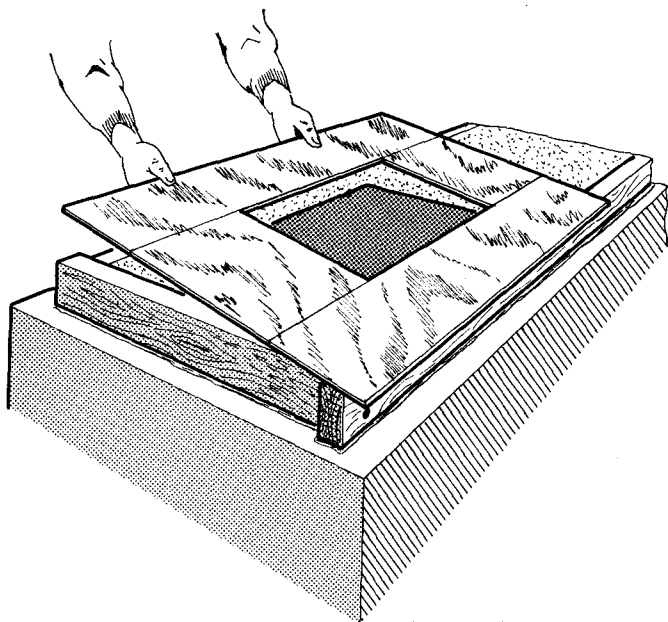
3 Confection d'un cadre



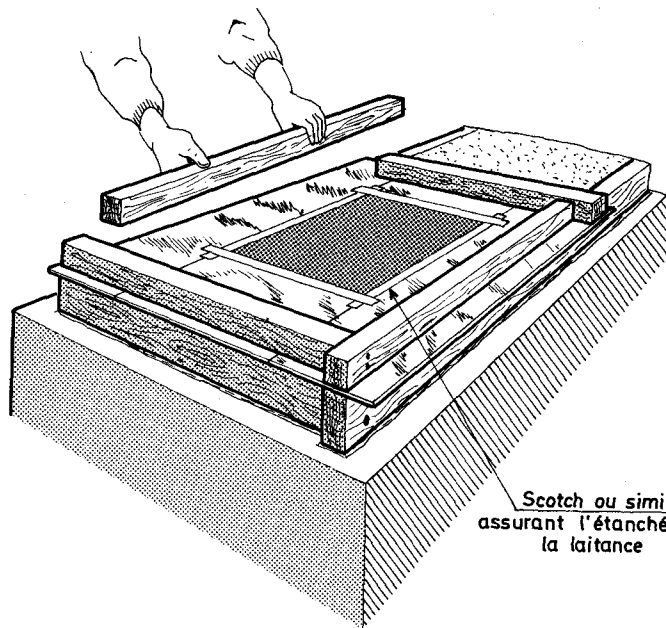
4 Remplissage de la "boite" avec du sable



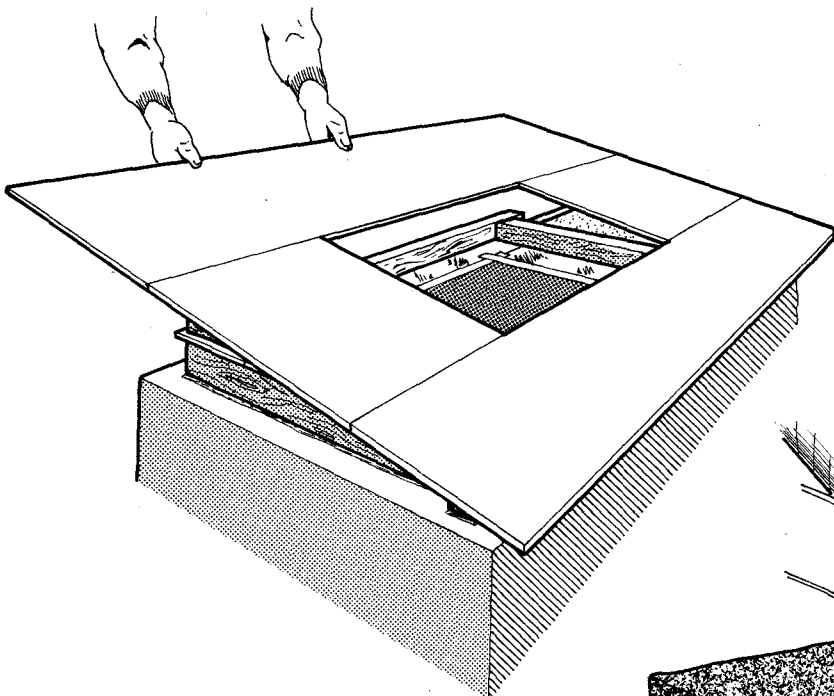
**5** Coffrage autour de l'appareil d'appui



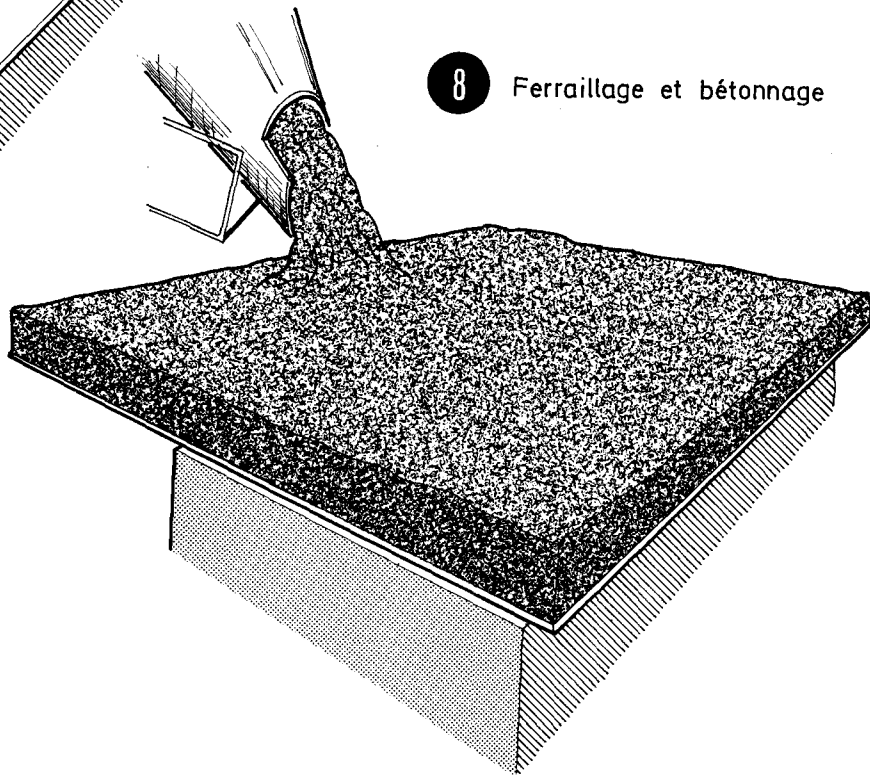
**6** Exécution du coffrage latéral du bossage supérieur



**7** Exécution du coffrage général de l'intrados



**8** Ferrailage et bétonnage

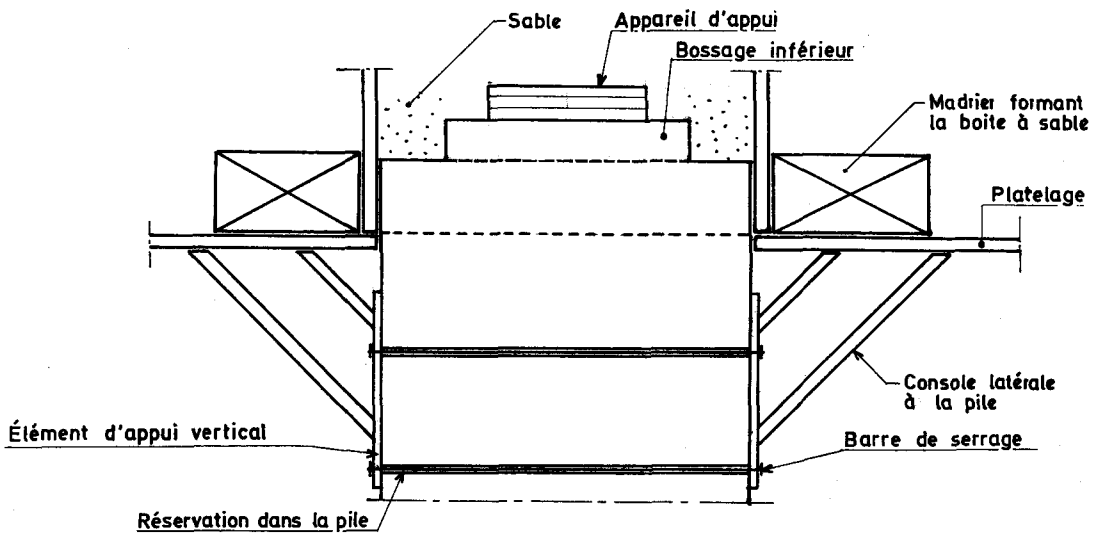


Intérêt de la méthode.

Si elle est réalisée avec soin, cette méthode permet d'obtenir de très bons résultats. En effet, on évite les tassements du coffrage, on assure un décoffrage facile et un enrobage parfait des aciers. Le coffrage peut être réutilisé; son inconvénient serait un temps de mise en oeuvre assez long.

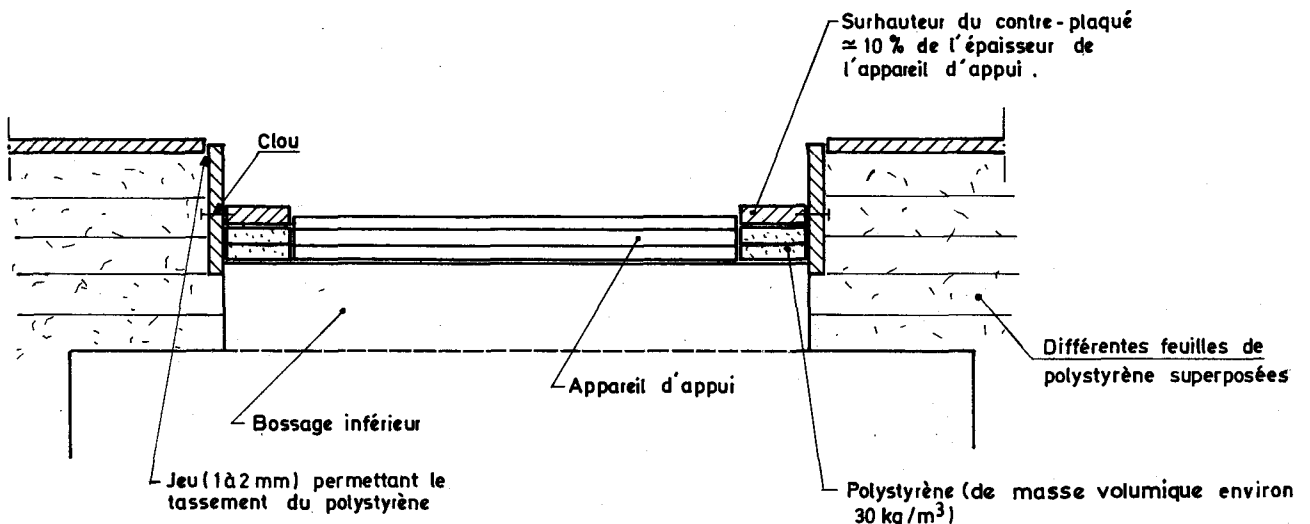
Limites de la méthode.

Il n'existe pas à notre connaissance d'autre limitation que celle d'avoir la place matérielle d'installer les bois ou autres matériaux formant la boîte à sable sur la tête d'appui. Cette place risque d'être faible dans le cas de voiles minces ( $\leq 50$  cm). On peut alors avoir intérêt à placer les madriers sur un platelage attendant à la pile (voir schéma de principe ci-dessous).



2.3.1.2 - Remplissage de l'espace entre appui et intrados de la structure par du polystyrène.

COUPE LONGITUDINALE DANS LE CAS D'UN  
APPUI INTERMÉDIAIRE D'UN PONT DALLE





Cette méthode peut apparaître relativement simple. Mais elle présente deux sujétions importantes :

- la prévision de la valeur du tassement du polystyrène,
- les moyens d'éliminer le polystyrène sans abîmer l'appareil d'appui.

Description de la méthode par phases successives.

- Pose du polystyrène sur le bossage inférieur, autour de l'appareil d'appui, en évitant de faire déborder le polystyrène du bossage inférieur,
- pose, sur ce polystyrène, d'une feuille de contre-plaqué formant coffrage inférieur du bossage supérieur. La hauteur du polystyrène est telle que la face coffrante soit calée à  $x$  mm au-dessus de l'appareil d'appui.  $x$  étant égal au dixième de l'épaisseur (en mm) de l'appareil d'appui,
- exécution du coffrage latéral des bossages supérieurs,
- pose de plusieurs feuilles de polystyrène sur l'appui. L'épaisseur de polystyrène est égale à la hauteur théorique entre appui et sous-face du coffrage, augmentée de 10 %. Pour limiter le tassement sans nuire à la facilité de décoffrage, il est judicieux de superposer une ou deux feuilles de polystyrène et des tasseaux en bois,
- pose du coffrage de l'intrados sur le polystyrène en évitant de lier ce coffrage au coffrage latéral des bossages supérieurs, qui forme un point dur.

Ce coffrage est nécessaire car, si on bétonne directement sur le polystyrène, on a de grands risques de ne pas obtenir l'enrobage requis des aciers à cause des possibilités d'enfoncement des espaçateurs dans le polystyrène.

Variante : Une variante de cette méthode consiste à réaliser le coffrage sur tout l'intrados de la dalle; ce coffrage repose sur les échafaudages entre les appuis et sur du polystyrène au droit des appuis. On note ensuite précisément sur le coffrage de l'intrados l'emplacement des bossages supérieurs.

A cet emplacement on découpe le coffrage de l'intrados; on élimine le polystyrène sous-jacent jusqu'au bossage inférieur; on pose ensuite l'appareil d'appui; l'espace libre entre l'appareil d'appui et le bord du bossage inférieur est rempli de polystyrène; on réalise ensuite le coffrage du bossage supérieur autour de l'appareil d'appui et le coffrage latéral de ce même bossage.

Limites de la méthode : elles dépendent directement du tassement du polystyrène. Aussi emploiera-t-on un polystyrène de forte densité (30 à 40 kg/m<sup>3</sup>) et on limitera la méthode aux cas suivants :

- appareils d'appui de hauteur inférieure à 7 cm,
- structure d'épaisseur moyenne inférieure à 80 cm environ.

Le polystyrène est éliminé mécaniquement lors du décoffrage, le brûlage ou l'emploi du trichloréthylène ou d'un produit similaire étant proscrits. L'enlèvement du polystyrène sera fait avec soin pour ne pas lacérer l'appareil d'appui.

## Exécution d'un coffrage en polystyrène autour de l'appareil d'appui

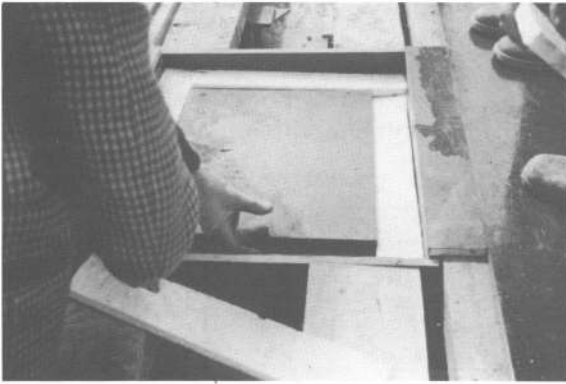


Photo n° 12 : 1 - Pose de l'appareil d'appui, et exécution du calage latéral du polystyrène

Photo n° 13 : 2 - Vue générale, un seul appareil d'appui étant posé.



Photo n° 14 : 3 - Mise en place du polystyrène autour de l'appareil d'appui.

Photo n° 15 : 4 - Vue du polystyrène mis en place

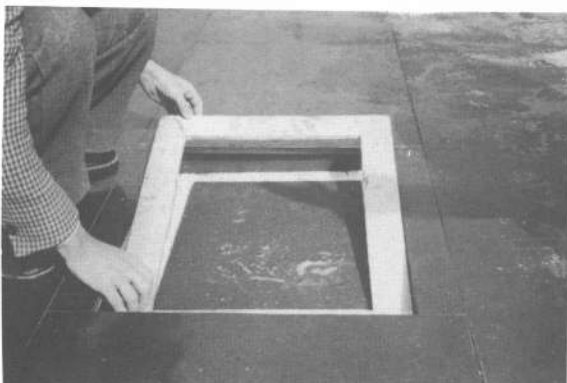


Photo n° 16 : 5 - Pose du coffrage en bois au dessus du polystyrène.

## Exécution d'un bossage supérieur

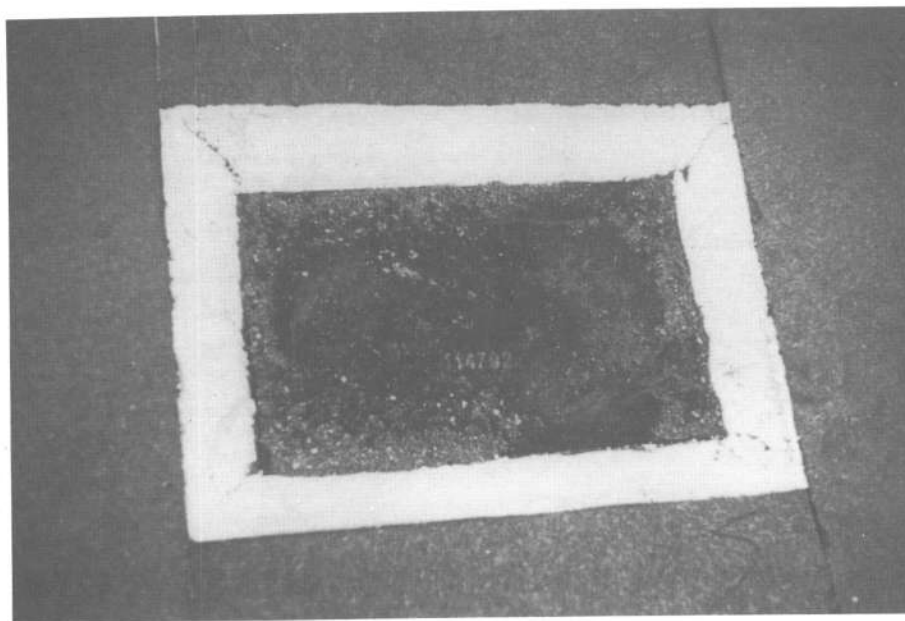


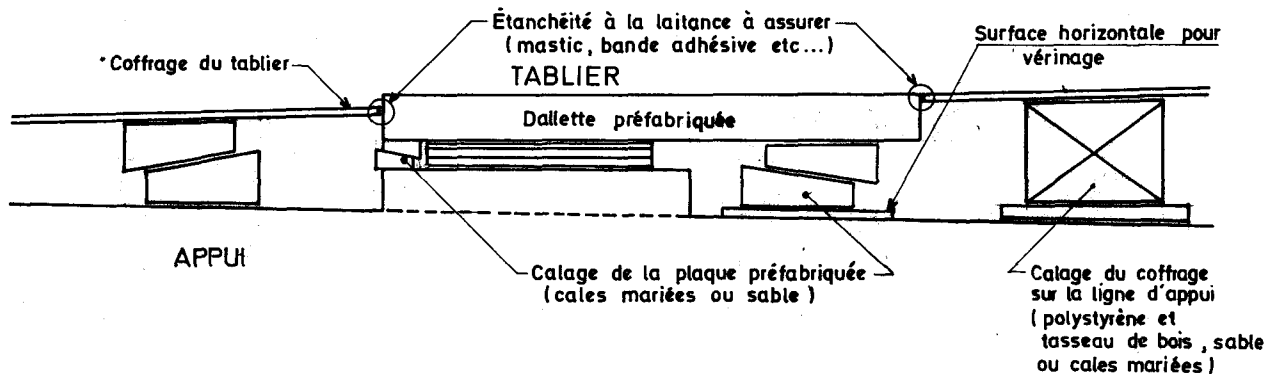
Photo n° 17 : Vue de l'appareil d'appui en fond de coffrage .  
Le numéro d'identification de l'appareil d'appui apparait , mais sera caché après le bétonnage  
( d'où l'intérêt de le noter ). Le coffrage au-dessus du polystyrène n'a pas encore été mis en place.



Photo 18: Bossage préfabriqué avec son  
frettage

### 2.3.1.3 - Emploi d'une dalle préfabriquée.

#### Description de la méthode.



La dalle préfabriquée est posée sur l'appareil d'appui du côté de la face coffrée, qui est rigoureusement plane (tolérances de 1 mm).

L'épaisseur minimale de la dalle est de 6 cm. Pour des dalles de surfaces importantes ( $\geq 0,30 \text{ m}^2$ ) cette épaisseur sera modulée en fonction des dimensions en plan. La dalle est frettée par une ou plusieurs nappes de frettes croisées. La face non coffrée présente un aspect de surface rugueux et comprend quelques chevelus en attente pour favoriser la liaison à la structure.

La dalle doit impérativement être calée pour éviter son déplacement au bétonnage. Le calage peut être effectué par une boîte à sable (cf. § 2.3.1.1) ou des cales mariées disposées autour de l'appareil d'appui. Une éventuelle autre possibilité de calage du bossage préfabriqué consisterait par une bonne disposition des cales des cages d'armatures, à faire appliquer le poids des armatures de la structure sur la partie préfabriquée.

Dans le schéma donné ci-dessus, la dalle préfabriquée comprend l'emplacement pour vérinage qui est ainsi matérialisé. Ceci facilite par ailleurs le calage de la dalle.

La pose de la dalle et son calage seront évidemment exécutés avant mise en place du coffrage de l'intrados. Avant bétonnage, on vérifiera l'absence de mouvement de l'ensemble.

Après décoffrage, on s'assurera toujours du contact uniforme entre l'appareil d'appui et la dalle (le bon contact se traduit par un écrasement uniforme de l'appareil d'appui sur tout son pourtour).

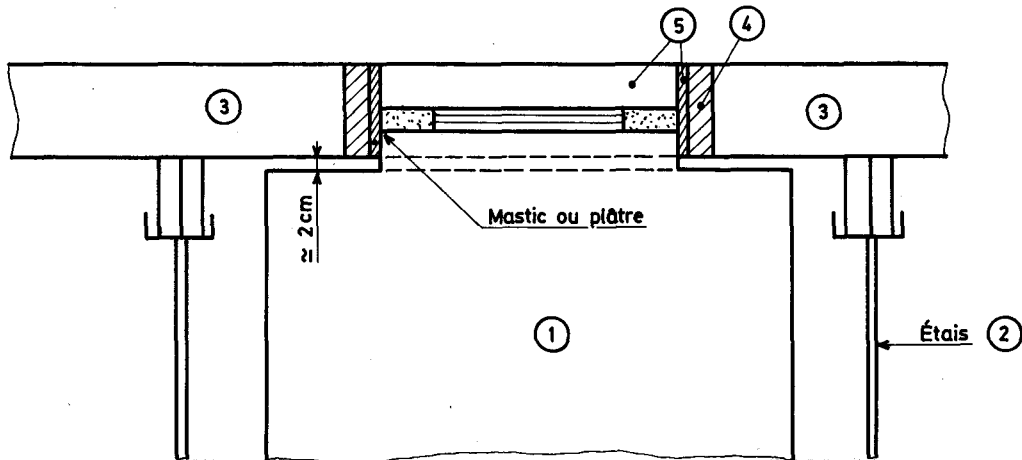
#### ② 2.3.1.4 - Emploi de madriers s'appuyant sur l'échafaudage général

La méthode qui suit est décrite plus sommairement, non pas que nous lui accordions moins de valeur, mais plus simplement parce que nous manquons de recul ou d'éléments d'appréciation.

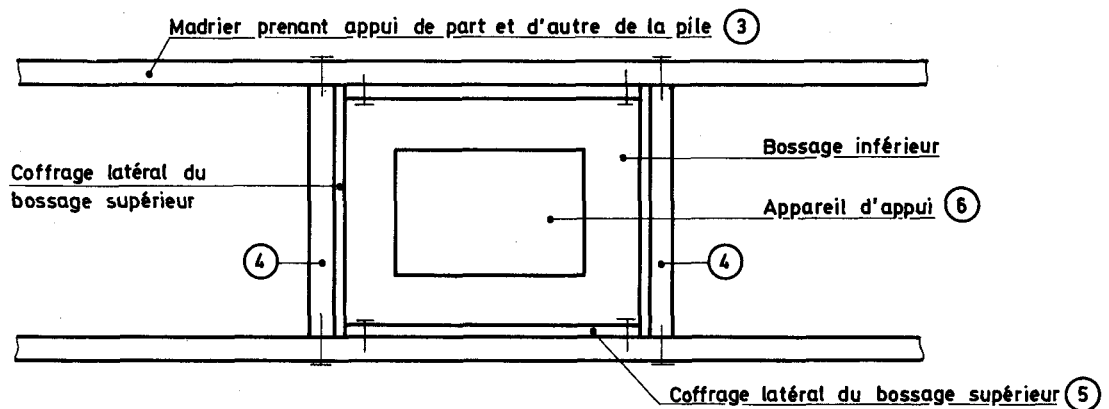
Elle s'applique préférentiellement aux appuis intermédiaires constitués par des voiles minces (50 à 80 cm de large environ), et lorsque les bossages inférieur et supérieur ont les mêmes dimensions en plan.

Principe de la méthode et phasage des opérations.

Coupe transversale au droit d'un appareil d'appui



Vue de dessus au droit d'un appareil d'appui



Description des opérations successives.

- 1) Exécution des appuis et des bossages inférieurs.
- 2) Montage des échafaudages.
- 3) Mise en place des madriers formant appui du coffrage.

Au droit des appuis intermédiaires, ces madriers sont appuyés de part et d'autre de la pile sur les étais, en laissant un espace libre entre l'appui et les madriers (tassements éventuels).

Les madriers sont placés pratiquement contre le bossage inférieur.

4) Mise en place d'un madrier parallèlement à l'axe de la ligne d'appui.

5) Mise en place du coffrage latéral du bossage supérieur. Ce coffrage est cloué aux différents madriers. La hauteur de ce coffrage est telle qu'il entoure le bossage inférieur.

6) Pose de l'appareil d'appui.

7) Mise en place autour de l'appareil d'appui de sable ou de polystyrène.

8) Pose sur ce sable ou polystyrène du coffrage de la face inférieure du bossage supérieur.

Critique de la méthode :

Outre les limites définies plus haut, cette méthode présente la difficulté de bien coffrer autour de l'appareil d'appui. Le polystyrène est envisageable, mais présente toujours les inconvénients cités en 2.3.1.2; et si on place du sable, il n'apparaît, en premier examen, pas facile d'assurer l'étanchéité entre le bossage inférieur et le coffrage latéral par suite des tassements possibles des étais et donc du coffrage latéral qui leur est lié. On risque donc un léger engravement de l'appareil d'appui dans le bossage supérieur.

2.3.1.5 - Adaptation des précédentes méthodes au cas d'appareils d'appui glissants.

a) Besoins particuliers aux appareils d'appui glissants.

Dans ce cas, les méthodes doivent répondre aux objectifs supplémentaires suivants :

- nécessité absolue d'étanchéité à la laitance,
- ne pas rayer l'acier inoxydable de la plaque de glissement,
- assurer la stabilité de la plaque de glissement pendant le bétonnage,
- réserver la possibilité de changer la plaque de glissement,

Pour ménager cette dernière possibilité, on peut interposer entre la plaque de glissement et la structure une autre tôle en acier, de dimensions en plan pouvant être légèrement supérieures à celles de la plaque.

Les appareils d'appui glissants peuvent être livrés de deux manières :

- soit par éléments séparés (néoprène + téflon, plaque de glissement),
- soit sous forme d'un ensemble prérèglé fixé sur un châssis, les parties supérieure et inférieure étant maintenues ensemble par des vis qui sont ensuite éliminées (vis fusibles par exemple).

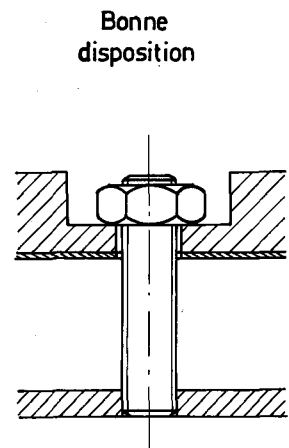
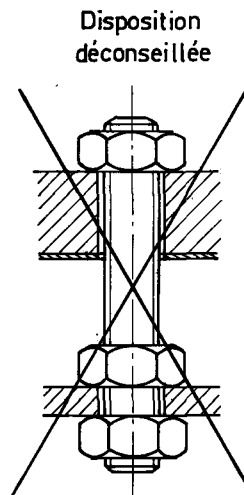
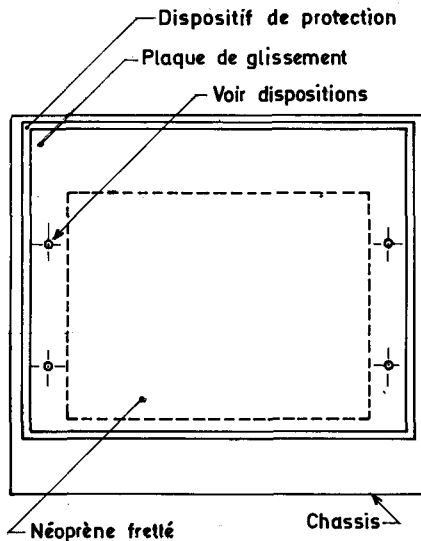
b) Ensemble prérèglé fixé sur un châssis.

Le coffrage autour de l'appareil d'appui est alors relativement facile à réaliser; cependant, il reste nécessaire de s'assurer des points suivants :

- la résistance minimale des vis fusibles qui doit être suffisante pour éviter le basculement de la plaque de glissement sous les efforts amenés par un bétonnage excentré,
- la non-destruction des vis fusibles et l'absence de déplacement de l'élastomère fretté à l'intérieur du châssis lors du transport,
- le bureau d'études aura pris un coefficient de sécurité sur les dimensions de la plaque de glissement pour tenir compte de l'incertitude

sur la température à la pose. D'autre part, seuls doivent être admis les dispositifs de prérèglage où les vis fusibles ne dépassent pas du chassis (cf. schémas ci-dessous). Enfin, l'emploi d'un dispositif de prérèglage et de protection efficace implique un bossage inférieur de dimensions en plan égales à celles du bossage supérieur.

Vue en plan d'un appareil d'appui avec dispositif de protection



c) Appareils d'appui glissants livrés par éléments séparés.

La méthode de pose doit alors permettre le calage au bétonnage de la plaque de glissement. Le problème s'apparente à l'emploi d'une dalle préfabriquée, mais en présentant les éléments défavorables suivants :

- débord généralement plus important de la plaque de glissement par rapport à l'élastomère fretté,
- inertie plus faible de la plaque de glissement.

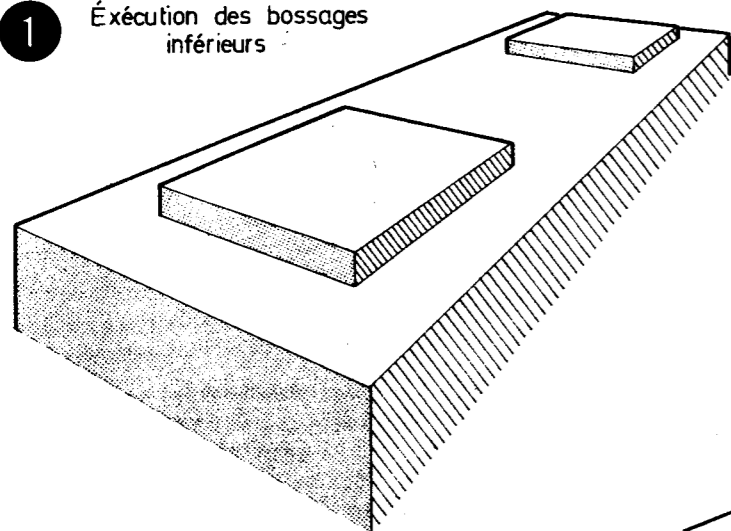
Nous présentons ci-après diverses méthodes qui sont toutes un peu sujettes à caution. Nous recherchons d'autres méthodes, plus fiables et plus simples.

c.1) méthode de la boîte à sable (voir pages 34 et 35 le détail des opérations).

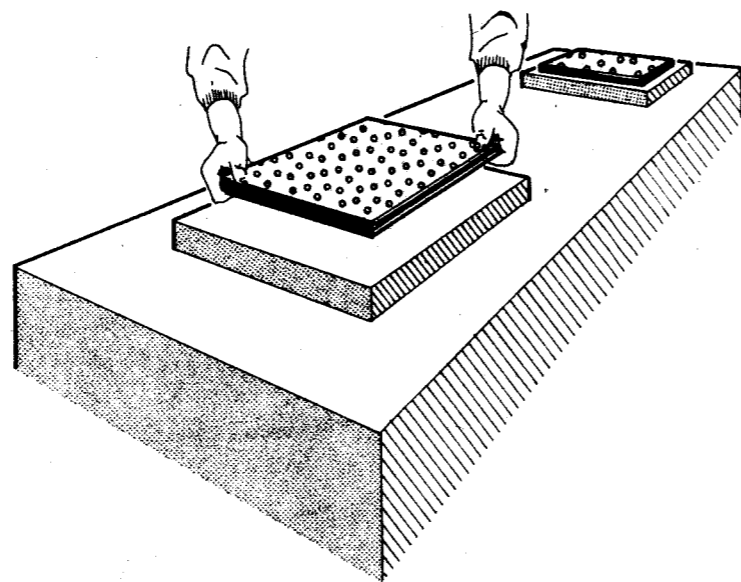
Pour éviter une rayure de l'innox par le sable, on peut isoler la plaque de glissement par une feuille plastique ou un contre-plaqué de coffrage découpé aux dimensions exactes ( $\pm 1$  mm près) de l'appareil d'appui.

# MÉTHODE DE LA BOÎTE A SABLE APPAREILS D'APPUI GLISSANTS

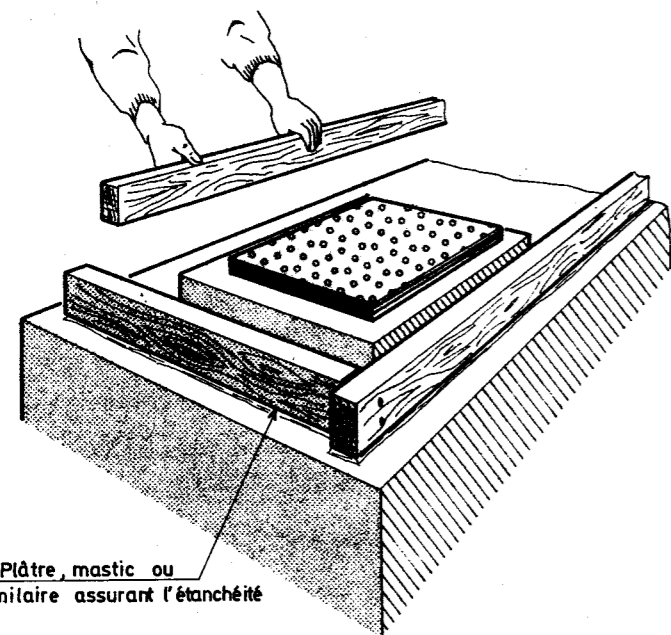
1 Exécution des bossages inférieurs



2 Pose et réglage en position des blocs d'élastomère fretté avec plan de glissement

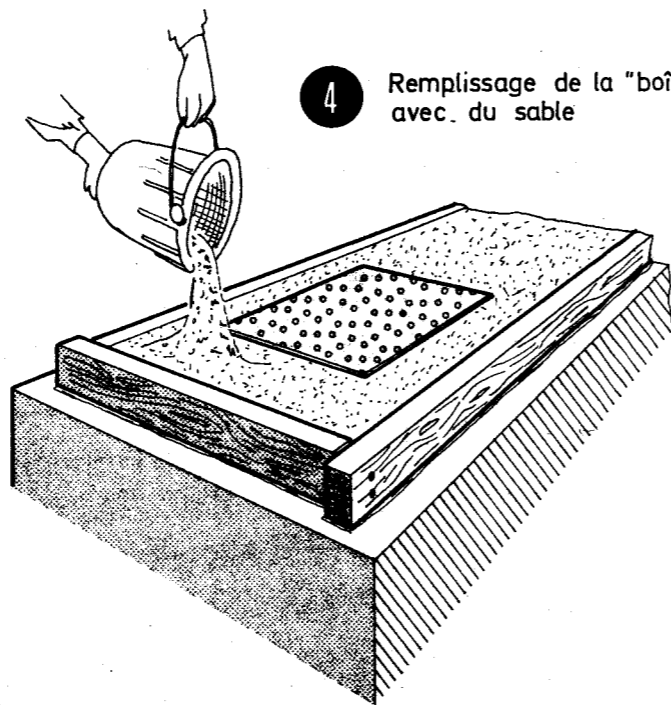


3 Confection d'un cadre

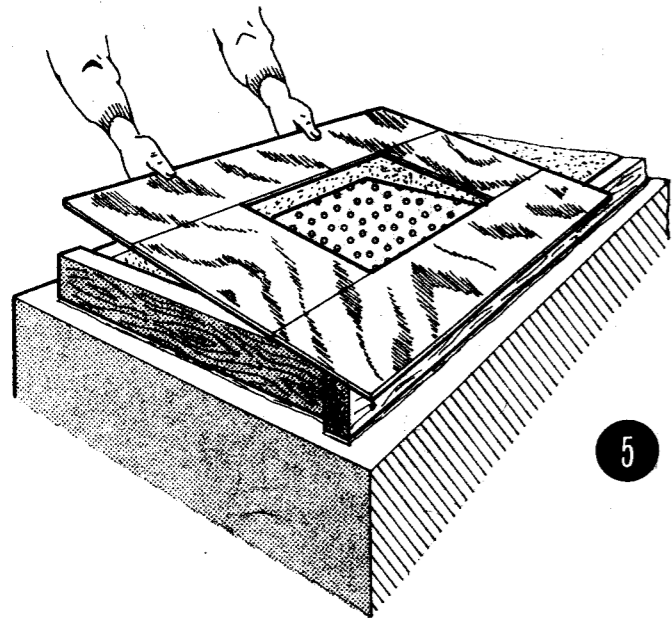


Plâtre, mastic ou similaire assurant l'étanchéité

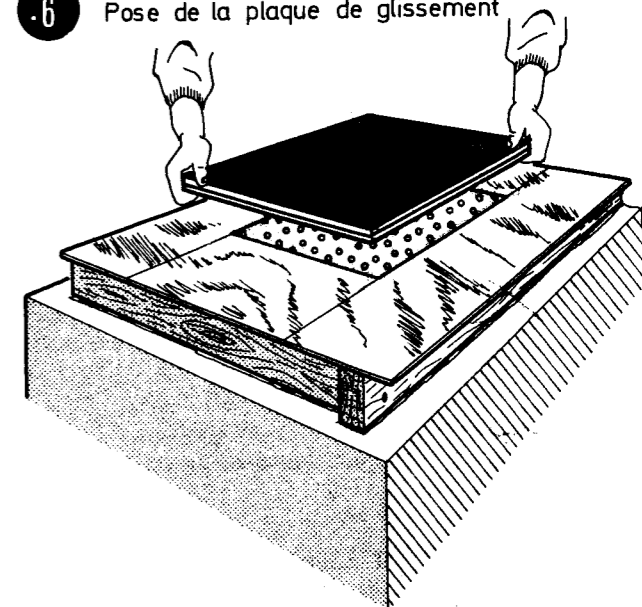
4 Remplissage de la "boîte" avec du sable



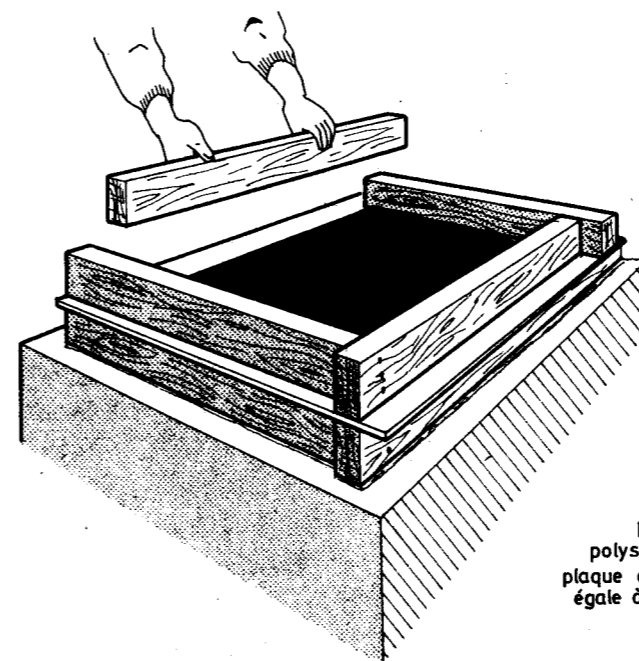
5 Pose du coffrage autour de l'appareil d'appui



6 Pose de la plaque de glissement

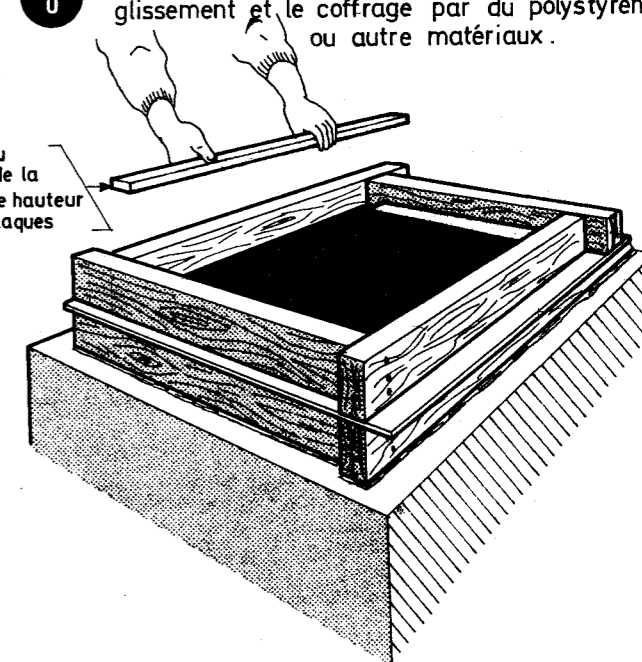


7 Confection d'un cadre formant coffrage latéral du bossage supérieur.

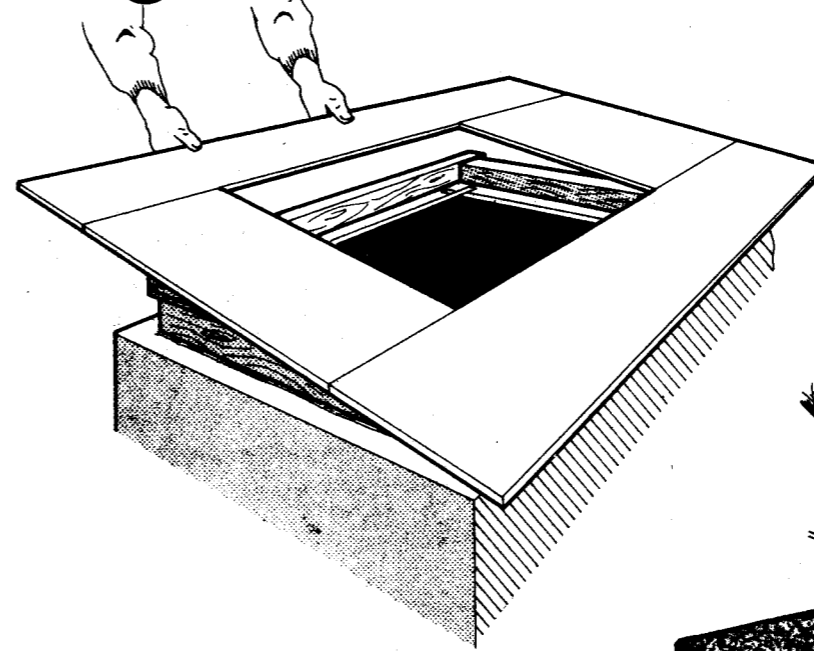


8 Remplissage de l'espace entre la plaque de glissement et le coffrage par du polystyrène ou autre matériaux.

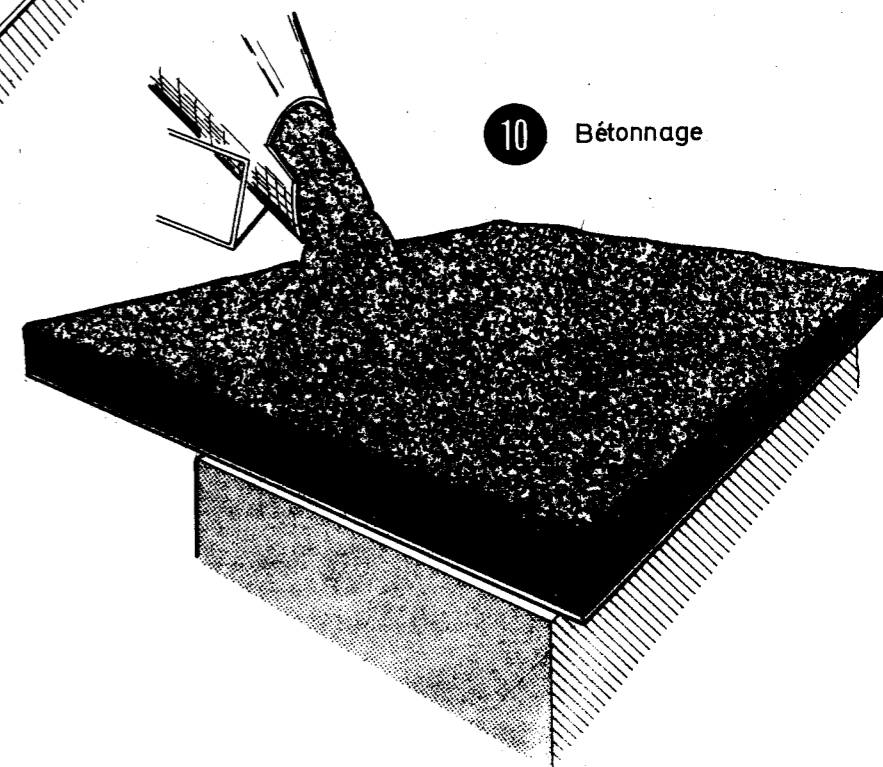
Mise en place du polystyrène autour de la plaque de glissement de hauteur égale à celles des 2 plaques



9 Exécution du coffrage général de l'intrados



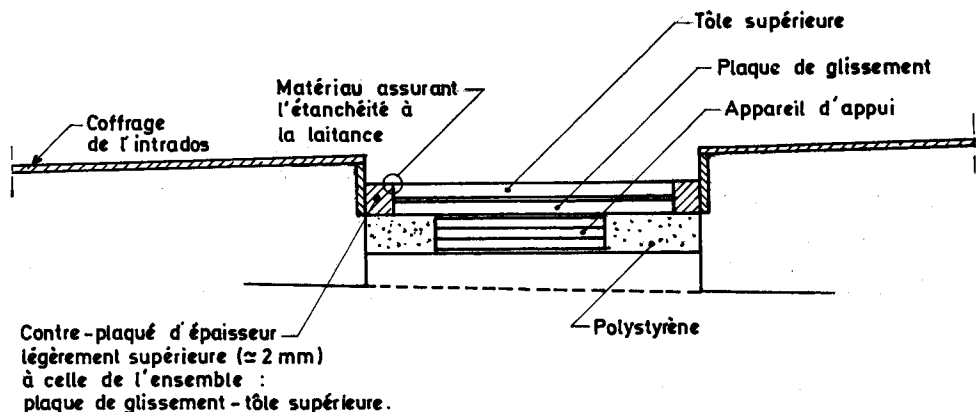
10 Bétonnage





(Z) c.2) emploi du polystyrène.

Ceci ne nous semble possible que dans le cas où l'on a augmenté les dimensions du bossage inférieur pour les rendre égales à celles du bossage supérieur. Sinon, le polystyrène doit être découpé en polygonale et on peut craindre des tassements dans les zones de plus fortes épaisseur. D'autre part, l'enlèvement du polystyrène demande un soin tout particulier pour ne pas rayer le plan de glissement.

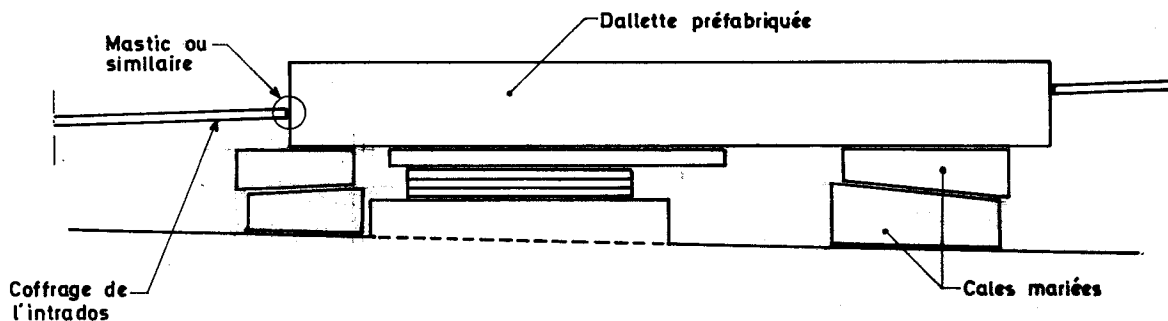


c.3) préfabrication du bossage supérieur.

La dalle et les calages seront exécutés comme dans le cas de néoprène fretté sans plan de glissement.

L'intérêt de cette méthode est de ne pas avoir de matériau en contact avec l'acier inoxydable.

Pour assurer un bon contact entre la plaque de glissement et le bossage, il faut veiller lors de la pose à la propreté des deux faces en contact.



### 2.3.2 - Description des méthodes relatives aux poutres préfabriquées.

Pour ce type de structure, aucune méthode à notre connaissance n'est exempte de critiques. En effet, il n'est pas facile d'assurer un contact uniforme entre une structure préfabriquée et un appareil d'appui. D'autre part, même si on obtient un bon contact entre le bossage et l'appareil d'appui à la pose de la poutre, ce contact risque de devenir moins bon dans le temps par suite des déformations différées de la poutre. D'où la nécessité absolue pour ces structures de prévoir un soulèvement du tablier et une visite des appareils d'appui aisés, ce qui est d'ailleurs assez facile à ménager pour les poutres préfabriquées.

Les méthodes décrites ci-après ne concernent pas le cas où l'appareil d'appui est placé sous une plaque d'about préfabriquée. Nous déconseillons cette conception car les défauts de parallélisme sont plus importants quand on multiplie les parties préfabriquées et l'appareil est placé trop près de l'extrémité de la poutre pour assurer une bonne diffusion des efforts (voir le schéma de la disposition préférable page suivante "vue de poutre en place").

Les deux méthodes les plus courantes d'exécution de la partie en contact avec les appareils d'appui sont les suivantes :

- réalisation d'un décrochement dans le fond de moule pour matérialiser un bossage ou plus généralement un méplat,
- préfabrication d'une dalle qui sera interposée à la pose de la poutre, entre la poutre et l'appareil d'appui.

Pour les deux méthodes, il faut veiller à la propreté des faces en contact avec les appareils d'appui avant la pose des poutres.

#### 2.3.2.1 - Méplat coulé en même temps que la poutre.

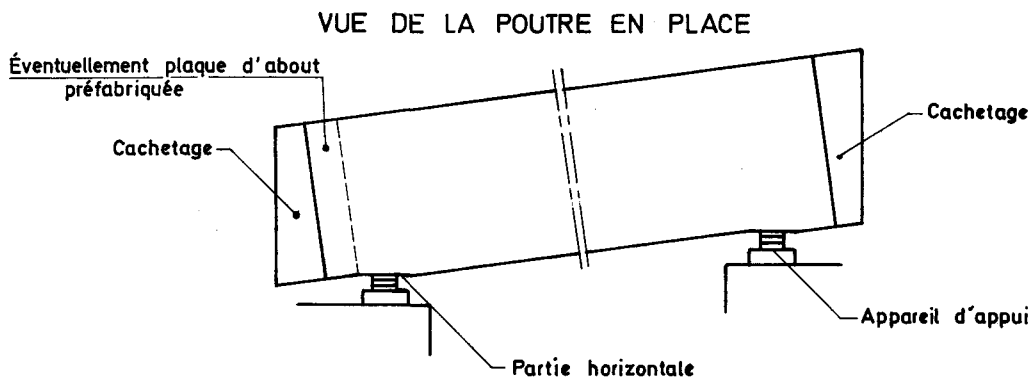
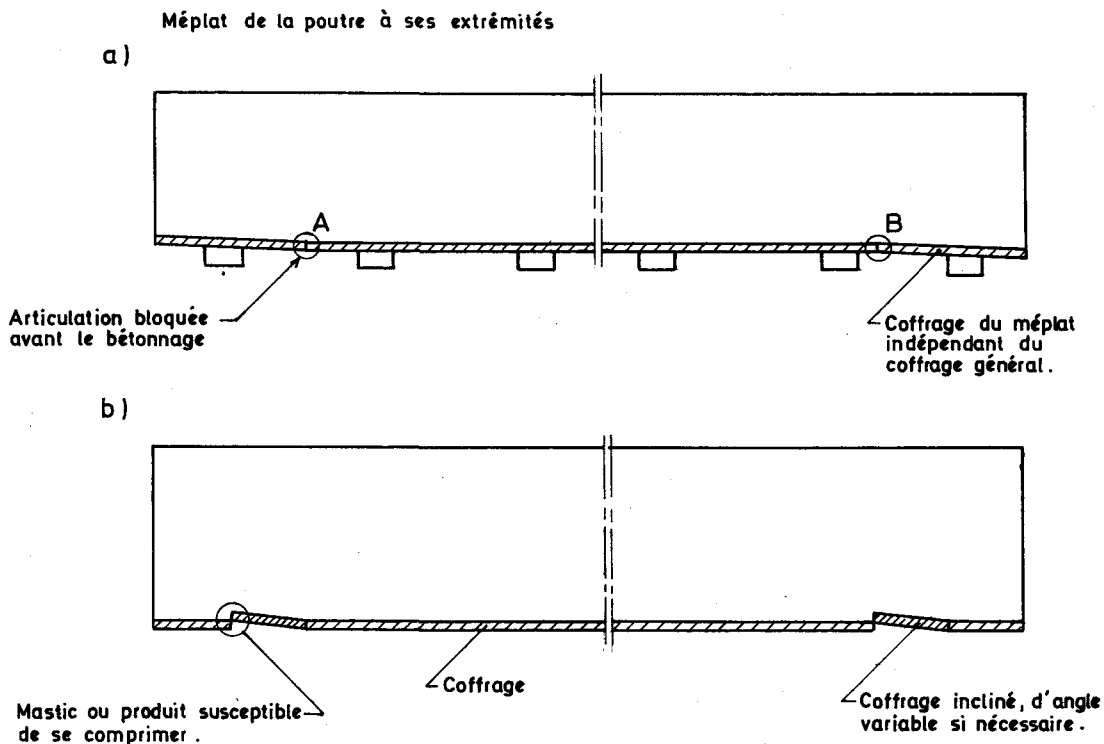
La méthode nécessite une adaptation du fond de moule.

Les schémas de telles adaptations de fond de moule sont présentés ci-après. Nous ne présentons que la solution par méplat car, même si ceci pose des sujétions (voir ci-après), un bossage en amènera d'autres plus contraignantes.

Les inconvénients de cette méthode sont :

- la non-interchangeabilité des poutres dans le cas d'ouvrages à pente longitudinale variable,
- les risques de modification des réglages des pentes du méplat suite aux vibrations internes ou externes lors du bétonnage de la poutre,
- les risques d'épaufrures à la mise en tension ou au stockage des poutres,
- la mauvaise précision d'exécution. En effet, les poutres étant bétonnées horizontales, les méplats sont réalisés avec une pente longitudinale qu'il est nécessaire de régler avec précision. De plus, on domine mal la valeur du cambrément de la poutre entre la mise en tension et la pose, d'où un défaut possible d'horizontalité du bossage.

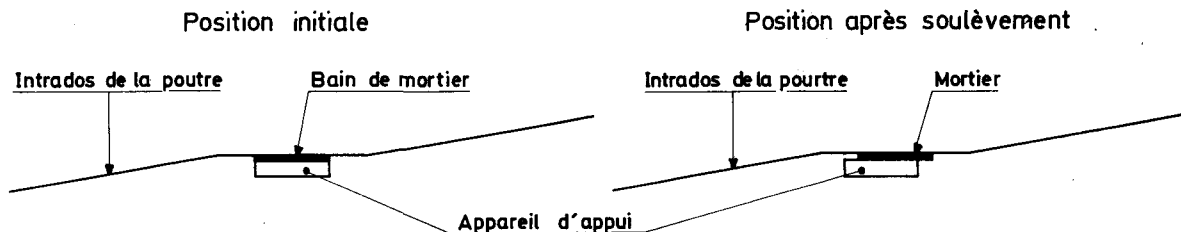
### Schéma de coffrage de l'intrados de la poutre



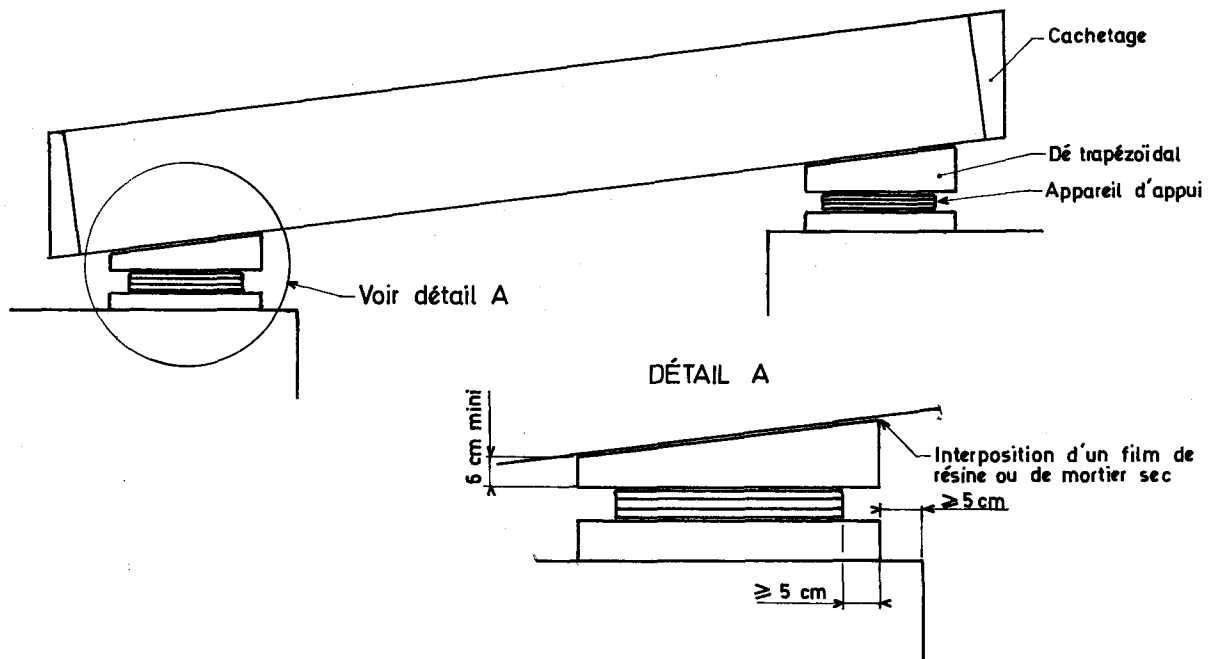
Pour éviter ces inconvénients, on peut disposer un bain de mortier de 3 à 4 mm d'épaisseur moyenne sur l'appareil d'appui et descendre la poutre dessus (pose à "mortier soufflant"), à condition d'enlever les coulures de mortier autour de l'appareil d'appui.

Mais ce mortier n'existe qu'au droit de l'appareil d'appui. En cas de recalage des appareils d'appui, le mortier sera décalé par rapport à l'appareil d'appui (cf. ci-dessous) et il faudra éliminer tout ou une partie de ce mortier et intercaler un nouveau mortier entre la poutre et l'appareil d'appui.

### Vue de l'intrados de la poutre au droit d'un appareil d'appui



### 2.3.2.2 - Préfabrication du bossage supérieur.



Cette méthode évite les complications de coffrage de la poutre surtout pour les ouvrages à pente longitudinale importante ( $> 4\%$ ). Par contre, le contact entre le bossage préfabriqué et la poutre n'est jamais parfait, ce qui peut amener une ruine précoce de ce bossage. D'où la nécessité d'armer ce bossage par au moins une nappe de frettes croisées et l'intérêt d'interposer entre le bossage et la poutre un mortier ou un film de résine. L'ordre des opérations est alors :

- 1 - Pose et réglage en position de l'appareil d'appui sur le bossage inférieur,
- 2 - pose et réglage en position du bossage supérieur sur l'appareil d'appui,
- 3 - calage de l'ensemble,
- 4 - pose sur le bossage supérieur d'un mortier sec de 2 à 3 mm d'épaisseur,
- 5 - descente de la poutre sur ce mortier avant qu'il n'ait commencé sa prise.

Les inconvénients de cette méthode, qui peuvent conduire à de graves désordres, sont :

- un risque de basculement du bossage s'il n'est pas correctement calé,
- les sollicitations horizontales éventuelles du mortier durant sa prise,
- le cambrement ultérieur des poutres qui peut amener des efforts locaux de traction dans le mortier.

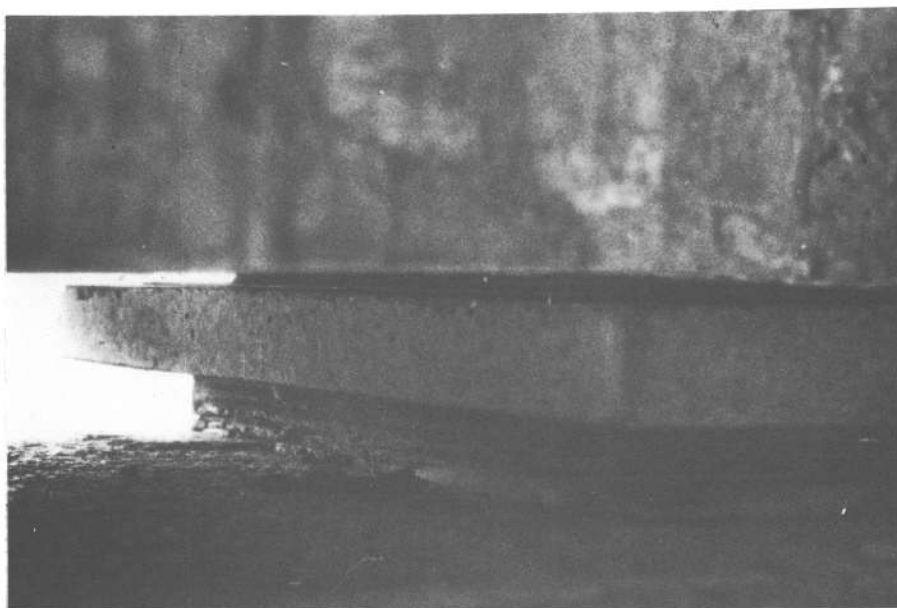


Photo n° 19 : Liaison d'un bossage supérieur à la structure par du mortier qui n'a pas été étalé sur toute la surface du bossage

Pour éviter ceci, on a pensé assurer la liaison entre bossage et poutre par une colle époxy; mais il faut que la descente de la poutre soit exempte d'aléas car le contact entre la poutre et la résine doit se faire quand celle-ci n'est ni trop molle, ni trop dure pour pouvoir jouer un rôle répartiteur.

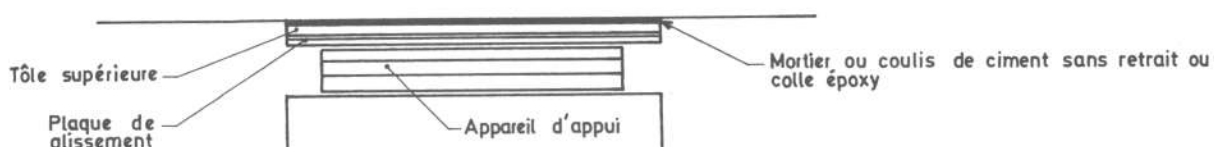
#### 2.3.2.3 - Autres méthodes.

- mortier maté : La méthode est identique à celle décrite pour les ponts à voussoirs (cf. § 2.3.3). Son inconvénient est ici lié au nombre de poutres; c'est une opération longue, mais c'est celle qui permet d'espérer les meilleurs résultats.

2.3.2.4 - Adaptation de ces méthodes aux appareils d'appui glissants.

Les opérations de pose sont alors les suivantes lorsque l'appareil d'appui est livré en éléments séparés (dans l'autre cas, voir § 2.3.1.5b).

- pose et réglage en position du néoprène fretté,
- pose et réglage en position de la plaque de glissement sur le néoprène fretté,
- calage de la plaque de glissement comme dans le cas d'une structure coulée en place (cf. § 2.3.1.5c) si la poutre est descendue directement sur les appareils d'appui définitifs; dans le cas de bossage préfabriqué, on calera plutôt le bossage,
- pose du bossage préfabriqué ou de la poutre elle-même; dans ce dernier cas, le contact entre poutre et appareil d'appui glissant se fera par l'interposition d'un mortier qui rattrape les éventuels défauts de planéité ou de parallélisme.



Pour éviter le basculement du bossage préfabriqué ou de la plaque de glissement sous une descente non uniforme de la poutre, il est conseillé de descendre la poutre sur des appuis provisoires, de la resoulever légèrement ensuite à partir des points de vérinage prévus (en général au niveau des amorces d'entretoise) et la descendre ensuite sur les appareils d'appui définitifs, glissants ou non.

On voit donc que, pour les ouvrages à poutres préfabriquées, aucune méthode de pose des appareils d'appui glissants n'est pleinement satisfaisante. Etant donné la sensibilité du fonctionnement des appareils d'appui glissants, on n'hésitera pas à recourir à des appareils en élastomère fretté sans plan de glissement, même si leur volume et donc leur coût, sont supérieurs à ceux d'un appareil d'appui glissant; un autre moyen d'éviter les appareils d'appui glissants consiste à imposer au C.C.T.P. un recalage des appareils d'appui en fin de chantier (cf. § 1.3.2.8).

### 2.3.3 - Description des méthodes relatives aux ouvrages construits par encorbellements successifs.

#### 2.3.3.1 - Ouvrages à voussoirs préfabriqués.

Dans ce cas, le tablier à la construction, ne peut pas reposer directement sur les appareils d'appui définitifs.

En effet, les réglages de fléau, très souvent nécessaires et ne pouvant se faire à l'avancement par modification des coffrages, entraîneraient des déformations des appareils d'appui non prises en compte dans les calculs initiaux (dans le cas de deux lignes d'appui, il y a même report des efforts de l'une sur l'autre).

##### a) Méthode de pose conseillée :

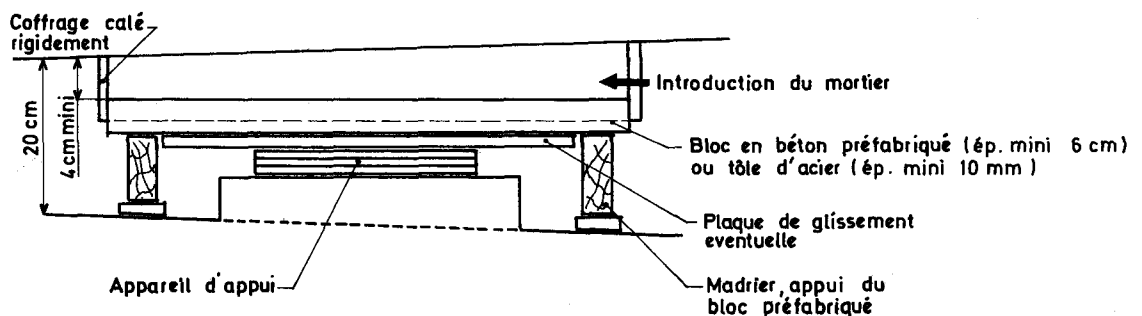
L'ouvrage est placé sur cales, les points de vérinage permettant les réglages et un soulèvement ultérieur étant évidemment prévus. Les réglages ne permettant plus d'assurer un parfait contact au niveau des appareils d'appui, un rattrapage doit être effectué. Ce rattrapage est réalisé par un matage.

##### b) Description du matage :

Quand les réglages sont terminés, on pose l'appareil d'appui sur le bossage inférieur.

Sur l'appareil d'appui, est calée une tôle d'acier de 10 mm d'épaisseur minimale, ou une dalle de béton préfabriquée dont la face en contact avec l'appareil d'appui est parfaitement plane. Les dimensions en plan de la dalle ou de la tôle sont supérieures d'au moins 10 cm à celles de l'appareil d'appui.

On coffre ensuite sur trois faces l'espace restant entre la tôle (ou la dalle) et le tablier. Ce coffrage est solidement lié à l'appui ou au tablier.



Par la face non coffrée, on introduit le mortier qui est compacté par une petite dame mise au bout d'un marteau pneumatique léger.

c) Conditions de matage :

L'épaisseur optimale d'un mortier maté est de l'ordre de 5 cm, l'épaisseur minimale réaliste étant de 4 cm. Ceci implique de ménager entre appui et tablier l'espace suffisant pour le bossage inférieur, l'appareil d'appui, la tôle ou la dalle, et l'épaisseur du mortier maté.

Le mortier maté n'est valable que pour des bossages de plus petite dimension en plan inférieure à 60 cm.

d) Composition d'un mortier maté :

Ce mortier doit être gaché très sec et être très riche en ciment. Nous donnons ci-après, à titre indicatif, un exemple de composition pour 1 m<sup>3</sup> de mortier :

- 900 kg de CPA 400,
- 1150 kg de sable sec,
- 233 l d'eau.

e) Points particuliers à vérifier :

- la stabilité du coffrage est impérative,
- comme il s'agit d'une opération délicate, elle doit être réalisée par une équipe très qualifiée et en présence d'un représentant du Maître d'Oeuvre,
- le décoffrage se fera sitôt le matage terminé, ce qui permettra de rattraper les défauts ou, même, de démolir sans trop de difficultés un matage manqué.

f) Essai de convenance.

L'opération de matage est une opération importante pour assurer les bonnes conditions d'appui de la structure. Elle est délicate. Aussi nous conseillons de faire procéder à un essai de convenance, qui portera autant sur la qualification de la personne exécutant le matage que sur la validité de la formule de composition du mortier (cf. § 1.3.2.9).

### 2.3.3.2 - Ouvrages à voussoirs coulés en place.

Dans ce cas, différentes possibilités sont offertes.

On peut reprendre les méthodes relatives aux structures coulées en place (décrites dans le paragraphe 2.3.1) ou utiliser le mortier maté. Cette dernière méthode sera en particulier employée quand le voussoir sur pile est coulé sur des appareils provisoires. En général, vu les dimensions en plan de la pile, on augmente la distance entre appui et intrados du tablier. Ceci facilite les opérations de coffrage autour de l'appareil d'appui et peut permettre d'envisager l'appui du coffrage du bossage supérieur et de l'intrados par des madriers et des vérins ou autre moyen de calage mécanique.

Quand l'ouvrage est coulé directement sur les appareils d'appui définitifs, la vérification de l'état des appareils d'appui et de leurs conditions de fonctionnement est d'autant plus impérative.

### 3 - VISITE , ENTRETIEN ET RÉPARATION

#### 3.1 - Visite des appareils d'appuis et de leur environnement.

Avant la réception de l'ouvrage et lors des visites ultérieures, un contrôle attentif des appareils d'appui et de leur environnement devra être effectué par le Maître d'Oeuvre ou son représentant qualifié.

Les points à vérifier sont :

- la conformité de la mise en place avec le plan de pose (cf. § 1.3.1, dessins d'exécution),
- l'enlèvement effectif de tous les éléments du coffrage autour des appareils d'appui,
- l'écrasement relativement uniforme des appareils d'appui et l'absence d'espaces vides entre appareil d'appui et bossages,
- l'absence de :
  - . cheminements,
  - . encastrement (total ou partiel) de l'appareil d'appui dans le béton,
  - . distorsion excessive\* (en comparaison à la distorsion prévue pour une même température et un retrait-fluage équivalent),
  - . dégradation de l'élastomère et des frettes (désadhérisation, fissures ou éclatement de l'élastomère, etc...),
  - . graisses, huiles, essence, dépôts de boue, eaux de ruissellement, etc..,
  - . mouvements entre différents ensembles empilés qui sont parfois utilisés pour former un même appareil d'appui.

Dans le cas d'emploi d'appareils d'appui glissants, le Maître d'Oeuvre ou son représentant vérifiera en outre :

- le fonctionnement normal de l'ensemble (traces de glissement sur la plaque de glissement),
- la bonne position relative entre l'élastomère fretté et la plaque de glissement eu égard à la température ambiante et aux déformations différées.

En particulier, si l'élastomère fretté est sorti partiellement de la plaque de glissement, une intervention est à envisager rapidement.

- l'absence de . souillures sur l'acier inoxydable,
  - . cintrage de la plaque de glissement,
  - . baillement entre élastomère et plaque de glissement,
  - . décollement entre l'acier inoxydable et l'acier de la plaque de glissement.

---

\* La définition précise des défauts courants sur les appareils d'appui avec une indication sur la gravité est donné dans le document "Défauts apparents des ouvrages d'art en béton", diffusé par le SETRA et le LCPC.



Matériel de soulèvement

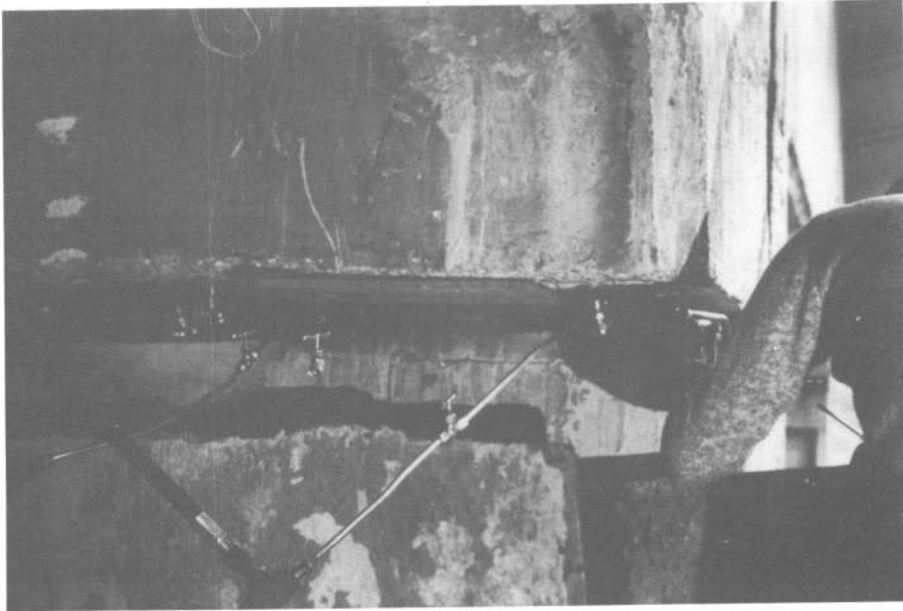


Photo n° 20 : Flexibles , raccords , robinets de fermeture à chaque vérins , comparateurs .

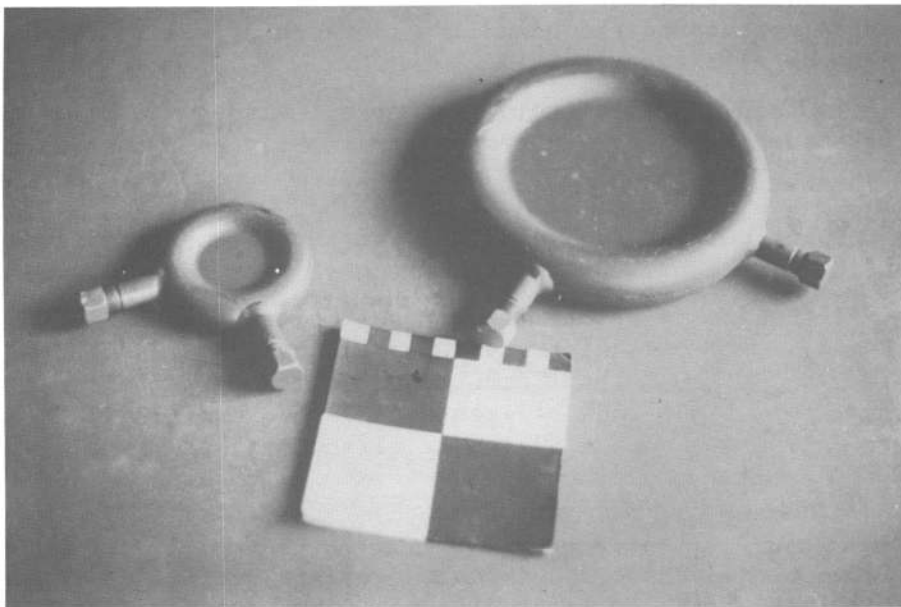


Photo n° 21 : Deux tailles de vérins plats

### 3.2 - Entretien des appareils d'appui et de leur environnement,

Cet entretien se limite à une éventuelle réfection de la couche de protection des faces latérales des appareils d'appui (voir le LCPC pour les produits utilisables) et au nettoyage des bossages et des appuis; en particulier, il faut veiller au bon fonctionnement des descentes d'eau disposées sur les appuis.

### 3.3 - Réparation de l'environnement des appareils d'appui et soulèvement d'un ouvrage.

Dans ce paragraphe, nous donnons des indications sur la conduite à tenir après constatation d'un désordre sur un appareil d'appui et sur les règles à observer lors d'une opération de soulèvement.

#### 3.3.1 - Analyse du désordre constaté.

Nous insistons sur cette étape car pour remédier avec efficacité au désordre, il faut en découvrir les causes; or, si les désordres apparaissent au niveau des appareils d'appui ou de leur environnement immédiat, la cause est quelquefois à rechercher ailleurs; et, si on ne fait que changer un appareil d'appui sans remédier aux causes de son mauvais fonctionnement, il y a de grandes chances que les mêmes désordres réapparaissent.

A titre d'exemple, une distorsion trop importante (dépassant les limites fixées dans le BT 4) peut avoir les origines suivantes :

- un mouvement des appuis, ce qui peut se remarquer s'il existe des repères de nivellement,
- une exécution ou un fonctionnement de la structure non conforme aux hypothèses de calcul (répartition des mouvements du tablier entre les différents appuis non conforme aux hypothèses de calcul, pose de l'appareil d'appui sous une température très différente de celle prise en compte dans les calculs, etc...).

#### 3.3.2 - Nécessité d'une réparation.

Pour un ouvrage en service une réparation sur un appareil d'appui en élastomère fretté n'est à effectuer que si on constate une évolution des désordres; ceci nécessite donc l'établissement d'un programme de visites.

Pour un appareil d'appui glissant, une absence de glissement amène à vérifier immédiatement :

- si le néoprène seul peut suffire à permettre normalement les mouvements de la structure,
- les efforts induits sur les appuis par rapport à ceux pris en compte dans le calcul des appuis, en conditions de service normales. Si l'une de ces conditions n'est pas respectée, la réparation est à envisager rapidement.

### 3.3.3 - Vérification à faire avant une opération de soulèvement.

Toute réparation au niveau des appareils d'appui nécessite quasi-systématiquement un soulèvement du tablier, de l'ordre de 1 à 2 cm dans le cas général.

- S'il est possible d'implanter les vérins entre appui et tablier, sans travaux de confortement, les différentes vérifications consistent en :

- la possibilité de reprise par les appuis et le tablier des efforts développés lors du vérinage,

- l'examen des possibilités de charges durant l'opération de soulèvement : soit à vide, soit sous trafic des seuls véhicules légers, soit sous trafic réglementaire, éventuellement à vitesse lente. Pour un ouvrage récent, ces différentes hypothèses de trafic ont été définies au C.C.T.P. et il suffit alors de le reprendre. Pour un ouvrage ancien, ceci implique une vérification de la structure,

- la détermination de la valeur du soulèvement maximal possible de la ligne d'appui considérée par rapport aux lignes d'appui adjacentes. (Il est bien entendu que, même pour intervenir au niveau d'un seul appareil d'appui, il est nécessaire de soulever toute la ligne d'appui correspondante). Pour une opération au niveau des appareils d'appui qui demande un soulèvement de l'ordre de 1 à 2 cm, cette condition est en général satisfaite, sauf pour les appuis intermédiaires des ponts à poutres avec dalle de continuité (il est alors nécessaire de soulever les deux lignes d'appui du même appui),

- la détermination de la dénivellation maximale admissible lors du soulèvement entre deux points d'une même ligne d'appui. En effet, si les réactions d'appui au niveau des vérins ne sont pas les mêmes d'un vérin à l'autre, le soulèvement peut, suivant le circuit hydraulique utilisé, ne pas être uniforme et la structure peut ne pas accepter ces déplacements relatifs imposés. C'est le cas des hourdis entre poutres ou entre 2 files de caissons, pour lesquels la dénivellation admissible entre deux points d'appui est de l'ordre de 1 à 2 mm.

Pour les structures plus rigides transversalement (dalles, 1 file de caissons), il s'agira de s'assurer d'efforts de soulèvement identiques d'un vérin à l'autre, pour ne pas créer d'efforts de flexion transversale ou de torsion, plutôt que de chercher à obtenir un soulèvement uniforme sur toute la ligne d'appui. Cette affirmation est cependant à nuancer pour les ouvrages très biais.

Ces vérifications peuvent être faites en liaison avec le gestionnaire du dossier-pilote de la structure considérée ou avec l'arrondissement G1 de la DOA du S.E.T.R.A qui peut également donner des indications sur le soulèvement d'ouvrages qui n'ont pas été conçus pour être soulevés.

### 3.3.4 - Travaux annexes à une opération de soulèvement.

Les travaux suivants (liste exhaustive) sont systématiquement induits par une opération de soulèvement :

- le desserrage des joints lourds éventuels, suivant la hauteur du soulèvement ou le sens de recouvrement des éléments mâles et femelles,

- le démanchonnage des lisses des barrières métalliques à lisses horizontales.

Reste à examiner également l'incidence du soulèvement sur les divers réseaux éventuels et sur les barrières BN 1 et BN 2.

Le soulèvement terminé, les opérations inverses sont à exécuter.

Le Maître d'Oeuvre ou son représentant s'assurera que tout le matériel de calage et de vérinage a été enlevé, même si certains vérins (les vérins plats) ne sont pas faciles à enlever.

### 3.3.5 - Conduite d'une opération de soulèvement.

Nous nous plaçons ici dans le cas où il est possible d'implanter les vérins entre appui et tablier, sans travaux de confortement. Le nombre de pompes et de vérins est fonction de l'ouvrage et du schéma hydraulique utilisé qui peut être :

- soit  $n$  vérins associés à  $n$  pompes, ce qui correspond à  $n$  circuits indépendants,  $n$  étant le nombre de vérins nécessaires pour soulever toute la ligne d'appui,
- soit  $n$  vérins associés à une même pompe; c'est le schéma classique.

Le premier schéma cité permet de ne pas avoir à se soucier des réactions d'appui différentes d'un vérin à l'autre; en effet, on peut régler les pressions des différentes pompes de manière à avoir un soulèvement uniforme (cas des poutres ou des caissons). Par contre, cette méthode peut être dangereuse en cas de défaillance de l'un des circuits si les calages de sécurité ne sont pas en place. (soit système de calage indépendant, soit blocage par sécurité dans les vérins).

Si on utilise le deuxième schéma, le soulèvement sera conduit de manière à ne pas dépasser les limites de déplacement différentiel définies par le bureau d'études.

En effet, dans ce cas, les pressions dans chaque vérin sont pratiquement identiques. Si les vérins ont la même section, les réactions d'appui variables d'un vérin à l'autre amènent des déplacements différents de la structure au droit des différents points de soulèvement.

En cas de réactions d'appui différentes, on peut limiter les déplacements différentiels en soulevant la structure "en escalier". Pour décrire cette méthode, nous prenons l'exemple d'un ouvrage à 3 poutres soulevées soit par trois vérins, soit par trois groupes de deux vérins prenant appui au niveau des amorces d'entretoise.

Les trois circuits sont ouverts, on soulève donc l'ouvrage avec la même force sous chaque poutre. Avec des comparateurs fixés au niveau de chaque talon de poutre, on suit les déplacements de chaque poutre. On monte ainsi tant que la différence de déplacements entre poutres adjacentes est inférieure à la limite fixée par la note de calcul (par exemple 1 mm). Ensuite, si, par exemple, le soulèvement ( $h_1$ ) en 1 est plus faible de 1 mm au soulèvement en 2 ( $h_2$ ), on ferme les circuits en 2 et 3. On monte en 1 de 1 mm. On ferme en 1; on diminue la pression jusqu'à la ramener à la pression pour soulever en 2; on soulève 2 et 3 de 1 mm et ainsi de suite jusqu'à obtenir la valeur du soulèvement nécessaire pour l'opération. Cette méthode est longue, demande beaucoup de manipulations mais c'est la seule à notre connaissance, avec les circuits indépendants, qui permette de s'affranchir de réactions d'appui différentes dans le cas d'ouvrages à faible rigidité transversale.

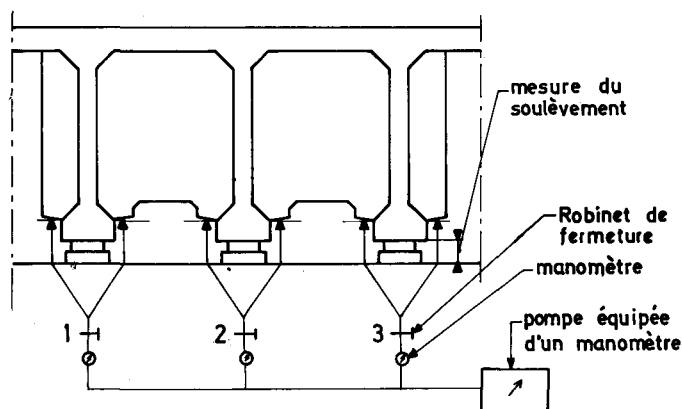


Schéma de principe  
d'un circuit hydraulique  
de vérinage

### 3.3.6 - Matériel nécessaire.

On prévoira systématiquement des vérins largement surdimensionnés par rapport aux charges estimées. En effet, les réactions d'appui peuvent être plus élevées que celles déterminées par la note de calcul (cisaillement des enrobés dans le cas de joints semi-lourds ou légers, matériaux laissés en place entre le tablier et le garde-grève. D'autre part, avec une section plus importante, à même débit, la vitesse de montée des vérins est plus faible, donc plus contrôlable.

Le matériel comprendra également, outre les pompes, flexibles haute pression et dérivations :

- 1 manomètre précis et étalonné par pompe,
- 1 vanne à 2 positions (ouvert-fermé) à chaque sortie de vérins,
- des comparateurs en nombre suffisant,
- des cales d'épaisseur sur et/ou sous les vérins en fonction de l'espace libre entre appui et tablier et de la hauteur à vide des vérins,
- des calages de sécurité : ces cales doivent être prévues pour reprendre les réactions d'appui. Les matériels couramment utilisés sont :

- . des cales métalliques,
- . des cales en bois dur (chêne ou azobé, également appelé bois de fer),
- . des cales en résitex : il s'agit de trames de coton imprégnées de résines.

Les calages de sécurité sont à imposer dès que l'opération dépasse, en durée et en complication, un simple changement d'appareils d'appui.

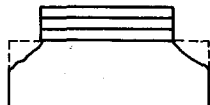
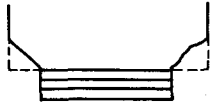
### 3.3.7 - Réparations des bossages.

Nous insistons sur ce paragraphe car les défauts sur les bossages sont les principales causes de mauvais fonctionnement d'appareils d'appui et il est nécessaire de remédier à ces défauts pour améliorer les conditions de travail des appareils d'appui et espérer ainsi une plus grande longévité de ceux-ci.

Les principes des réparations exposées ci-après visent à respecter trois conditions :

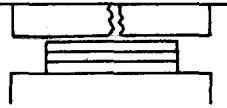
- toute réparation nécessite un soulèvement : on ne peut rétablir un fonctionnement correct de l'appareil d'appui sans le libérer,
- permettre un soulèvement ultérieur de l'ouvrage. En particulier, dans le cas d'injection de résine, il est nécessaire d'interposer entre l'appareil d'appui et la résine un matériau évitant le collage. Ce matériau pourra être une feuille de polyane (mais attention à ce qu'elle ne présente pas de plis), ou une tôle d'acier. Dans ce cas, on surélève l'ouvrage, ou si on préfère éviter ce surélévement, on remplace l'appareil d'appui par un autre, comportant un feuillet en moins. Ceci est en général possible car, au moment où s'effectue le soulèvement, l'ouvrage a fait une grande partie de son retrait-fluage. L'interposition d'une tôle permet également de matérialiser un bossage quand il n'en existait pas,
- enfin, on s'attachera à dégager tout le pourtour des appareils d'appui (élimination du polystyrène et du coffrage utilisé à la construction de l'ouvrage, gravats de béton, etc...) et éventuellement à nettoyer les culées et dégager les descentes d'eau.

Pour les ouvrages où le principe d'une réparation s'avère justifié (cf. § 3.3.2), nous donnons ci-après quelques méthodes de réparation pour les défauts les plus souvent rencontrés.

Défaut	Schéma	Réparations possibles
1) Bossage inférieur épaupré		Démolition du bossage jusqu'au niveau du chevêtre. Réfection du bossage à des dimensions plus importantes par repiquage du chevêtre, plan de collage aux résines époxy*, exécution du bossage par micro-béton, mortier ou béton, éventuellement fretté, suivant la hauteur du bossage. On peut également utiliser un bossage préfabriqué ou une plaque métallique.
2) Bossage supérieur épaupré		Démolition du bossage (au moins ce qui est possible d'éliminer); interposition entre l'appareil d'appui et le tablier d'une tôle métallique de dimensions supérieures d'au moins 10 cm à celles de l'appareil d'appui.  Mortier maté entre la tôle et la structure ou injection de résine (suivant la hauteur disponible) ou mise en place sur la tôle d'un mortier et descente de l'ouvrage sur le mortier non encore durci.

\* Pour l'utilisation des époxy ou autres produits de réparation se référer au "Guide pour le choix et l'application des produits de réparation des ouvrages en béton" publié par le L.C.P.C.

3) Bossage préfabriqué cassé

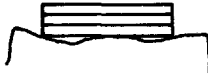


Un tel désordre se rencontre surtout avec les structures préfabriquées, où l'on a un contact par points entre deux parties préfabriquées, par suite de l'absence ou de la mauvaise mise en oeuvre du mortier ou de la colle époxy de liaison et/ou d'une trop faible hauteur et de l'absence de frettage du bossage. La réparation va consister d'abord en l'enlèvement du bossage cassé,

l'élimination éventuelle du mortier ou de la colle de liaison.

Ensuite, suivant la hauteur disponible, on peut se ramener au cas 2) ou reprendre un bossage préfabriqué de hauteur supérieure à 6 cm, en veillant à la bonne liaison du bossage supérieur avec la structure et au ferrailage de ce bossage.

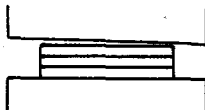
4) Défauts de planéité



- Pour un bossage inférieur, mortier de résine coulé sur le bossage. Ce mortier est soit taloché et on laisse durcir avant de reposer l'appareil d'appui, ou, mieux, on redescend l'ouvrage sur le mortier de résine encore fluide avec interposition d'une tôle métallique.

- Pour un bossage supérieur, injection de résine après soulèvement du tablier avec interposition d'un matériau évitant le collage de l'appareil d'appui.

5) Bossages non parallèles



- Si un bossage est horizontal, on rend l'autre également horizontal en reprenant les solutions indiquées en 4 (défauts de planéité).

- Si aucun bossage n'est horizontal, il faut examiner le risque de cheminement des appareils d'appui.

Si les appareils d'appui adjacents d'une même ligne d'appui sont horizontaux, on rétablit alors le parallélisme en reprenant les solutions de 4) pour le bossage s'écartant le plus de l'horizontale.

Si les appareils d'appui adjacents ne sont pas horizontaux, on rétablit alors l'horizontalité et le parallélisme en reprenant les solutions de 4) pour le bossage inférieur et le bossage supérieur.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
Introduction	1
1 Dispositions à prévoir au stade du projet et des pièces écrites du marché	3
1.1 - Définitions liminaires	3
1.2 - Conception de l'environnement des appareils d'appui	3
1.2.1 - Implantation des bossages	4
1.2.2 - Dimensions en plan des bossages	5
1.2.3 - Hauteur des bossages	6
1.2.4 - Disposition-type	7
1.2.5 - Dimensions en plan de la tête d'appui	8
1.2.6 - Cas particulier : appareils d'appui placés verticalement	8
1.3 - Compléments pouvant être insérés dans le C.C.T.P.	11
1.3.1 - Calculs justificatifs et dessins d'exécution	11
1.3.2 - Exécution	12
2 Méthodes d'exécution des bossages	16
2.1 - Exécution du bossage inférieur	16
2.1.1 - Bossage coulé en place, béton arasé au niveau du coffrage avec un règle	16
2.1.2 - Autres méthodes	19
2.2 - Pose de l'appareil d'appui	21
2.3 - Réalisation d'un bossage supérieur	21
2.3.1 - Méthodes relatives à une structure coulée en place sur étaie	21
2.3.2 - Description des méthodes relatives aux poutres préfabriquées	37
2.3.3 - Description des méthodes relatives aux ouvrages construits par encorbellements successifs	41
3 Visite, entretien et réparation	43
3.1 - Visite des appareils d'appui et de leur environnement	43
3.2 - Entretien des appareils d'appui et de leur environnement	45
3.3 - Réparation de l'environnement des appareils d'appui et soulèvement d'un ouvrage	45





Ce document présente les dispositions à ménager autour des appareils d'appui en élastomère fretté pour permettre un bon fonctionnement de l'appareil d'appui et de la structure. Il se décompose en trois parties : la première fournit les dispositions à prévoir au stade du projet ; la deuxième décrit des méthodes d'exécution des parties situées autour des appareils d'appui et la troisième donne des indications sur les opérations d'entretien ou de réparation liées aux appareils d'appui.

Le calcul des appareils d'appui relève d'un autre document du SETRA, à savoir le bulletin technique n° 4 (Réf. F 7410).