



**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**

**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

***RÉSUMÉ DE THÉORIE***

***&***

***GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES***

<b>MODULE</b> <b>N°: 17</b>	<b>CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES PIEDS DE POTEUX ET FONDATIONS</b>
--------------------------------	--

***SECTEUR : CONSTRUCTION METALLIQUE***

***SPECIALITE : TSBECEM***

***NIVEAU : TS***

**CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT DES PIEDS DE POTEUX ET FONDATIONS**

**Document élaboré par :**

**L'ÉQUIPE DU CDC GM – PÔLE CM**

**Révision linguistique**

- 
- 
- 

**Validation**

- 
- 
-

# MODULE 17 : CONCEPTION ET DIMENSION DES PIEDS DE POTEAUX ET FONDATIONS

Code :	Théorie :	45 %	18 h
Durée : 40 heures	Travaux pratiques :	50 %	20 h
Responsabilité : D'établissement	Évaluation :	5 %	2 h

## *OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU*

### **DE COMPORTEMENT**

#### **COMPÉTENCE**

- **Concevoir et dimensionner les pieds de poteaux et fondations**

#### **PRÉSENTATION**

Le module «concevoir et dimensionner les pieds de poteaux et fondations» est étudié au cours de la première année de formation.

#### **DESCRIPTION**

L'objectif de ce module est de rendre le stagiaire capable de choisir les dispositions constructives des pieds de poteaux articulés, encastres et de leurs massifs de fondations et de justifier son choix.

#### **CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT**

- L'évaluation sera individuelle.
- Respect des règles, codes et normes;
- Respect du cahier de charges;
- Choix justifié des dispositions constructives en fonction des critères économique et technique.

#### **CONDITIONS D'ÉVALUATION**

- **Travail individuel.**
- **À partir de :**
  - Plan, de croquis ou de directives;
  - Cahier de charges ;
  - Questions et problèmes posés par le formateur ;
  - De la CAO/DAO
- **À l'aide :**
  - De règles et normes;
  - De formulaires, abaques, diagrammes, ...
  - De logiciels de calcul

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>1. Connaître les différents types d'ancrage de poteaux articulés</p> <p>2. Connaître les différents types d'accessoires de fixation des pieds de poteaux articulés</p> <p>3. Vérifier la résistance des pieds de poteaux articulés</p> <p><b>A. Concevoir et dimensionner les pieds de poteaux articulés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réserve</li> <li>- Pré-scellement</li> <li>- Barre d'ancrage</li> <li>- Boulons d'ancrage ou crosses: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tige : Droite</li> <li style="padding-left: 40px;">Recourbée</li> <li style="padding-left: 40px;">Avec contre courbure</li> <li style="padding-left: 40px;">Avec plaque</li> <li style="padding-left: 40px;">A tête de marteau ....</li> </ul> </li> <li>- Détermination de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diamètre des boulons d'ancrage</li> <li>- Longueur des boulons d'ancrage</li> <li>- Dimensions de la platine:</li> <li>- Pression moyenne admissible sur le béton</li> <li>- Surface minimale de la platine</li> <li>- Vérification des conditions d'articulation</li> <li>- Epaisseur minimale de la platine</li> </ul> </li> <li>- Choix en fonction : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des charges appliquées</li> <li>- Des profils</li> <li>- Emplacement et orientation</li> </ul> </li> </ul>

<p>4. Connaître les différents types d'ancrage de poteaux encastrés</p> <p>5. Connaître les différents types d'accessoires de fixation des pieds de poteaux encastrés</p> <p>6. Vérifier la résistance des pieds de poteaux</p> <p><b>B. concevoir et dimensionner les pieds de poteaux encastrés</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réserve</li> <li>- Pré-scellement</li> <li>- Barre d'ancrage</li> <li>- Boulons d'ancrage ou crosses: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tige : <ul style="list-style-type: none"> <li>Droite</li> <li>Recourbée</li> <li>Avec contre courbure</li> <li>Avec plaque</li> <li>A tête de marteau</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>- Détermination de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diamètre des boulons d'ancrage</li> <li>- Longueur des boulons d'ancrage</li> <li>- Pressions sur le béton</li> <li>- Dimensions de la platine</li> </ul> </li> <li>- Choix en fonction : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des charges appliquées</li> <li>- Des profils</li> <li>- Emplacement et orientation</li> </ul> </li> </ul>
---	---

OBJECTIFS	ÉLÉMENTS DE CONTENU
<p>7. Connaître les différents types de massifs de fondation des pieds de poteaux</p> <p>8. Vérifier la résistance des massifs de fondation des pieds de poteaux</p> <p><b>C. Concevoir et dimensionner les massifs de fondations des pieds de poteaux articulés et encastres.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fondations superficielles</li> <li>- Fondations isolées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Semelles carrées</li> <li>- Semelles homothétiques</li> <li>- Semelles à débords constants</li> </ul> </li> <li>- Vérification : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Réaction au sol</li> <li>- Actions et sollicitations</li> </ul> </li> <li>- Justification des ouvrages de fondation</li> <li>- Choix en fonction : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Des charges appliquées</li> <li>- Des profils</li> </ul> </li> <li>- Emplacement et orientation</li> </ul>

# TABLE DES MATIERES

## Les pieds de poteaux articulés

### DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

1. Platine d'extrémité seule
2. Platine d'extrémité et plaque d'assise
3. Cornières et plaque d'assise
4. Platine d'extrémité et intermédiaire et plaque d'assise
5. Bêche
6. Tiges d'ancrage

### METHODES DE CALCUL

1. Le béton
  - Détermination des sollicitations
  - Résistance à la compression
  - Pressions localisées
  - Vérification de pression
2. La platine d'extrémité et ses raidisseurs éventuels
  - Zones non raidies de la platine
  - Zone raidies de la platine
  - Dimensionnement des raidisseurs
  - Soulèvement
  - Les soudures

## Les pieds de poteaux encastrés

### DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

1. Disposition 1 : poteau en double té noyé dans le béton
2. Disposition 2 : poteau en double té fixé par une platine non raidie
3. Disposition 3 : poteau en double té fixé par une platine raidie
4. Disposition 4 : poteau en double té fixé par un châssis
5. Disposition 5 : poteau tubulaire à section carrée ou rectangulaire
6. Disposition 6 : poteau tubulaire à section circulaire
7. Disposition 7 : poteau composé
8. La bêche

## **METHODES DE CALCUL**

1. Poteau en double té noyé dans le béton
  - Hypothèses de calcul et règle de conception
  - Détermination des largeurs efficaces des semelles
  - Détermination de profondeur minimale d'encastrement du poteau
  - Vérification de l'âme au cisaillement
  - Examen du voilement de l'âme
  - Reprise de l'effort normal
  - Résumé de la méthode
  - Exemple n° 1
  - Exemple n° 2
2. Poteau en double té fixé par une platine non raidie
  - Hypothèses de calcul
  - Détermination des contraintes dans les éléments, en flexion mon-axiale
  - Vérification de la résistance du béton
  - Vérification des tiges
  - Vérification de la résistance de la platine
  - Vérification de la rigidité de la platine
  - Dimensionnement des cordons de soudure
  - Poteau soumis à la flexion biaxiale et effort normal
  - Résumé de la méthode
  - Exemple de calcul : poteau en flexion monoaxiale
  - Exemple de calcul : poteau en flexion biaxiale avec deux tiges tendues
  - Exemple de calcul : poteau en flexion biaxiale avec une tige tendue
3. Poteau en double té fixe par une platine raidie
  - Raidisseurs dans le prolongement de l'âme
  - Raidisseurs joignant les extrémités des semelles
  - Raidisseurs de grande longueur joignant les extrémités des semelles
  - Raidisseur dans les deux directions
  - Résumé de la méthode
  - Exemple de calcul
4. EXERCICES



### PREMIERE PARTIE : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

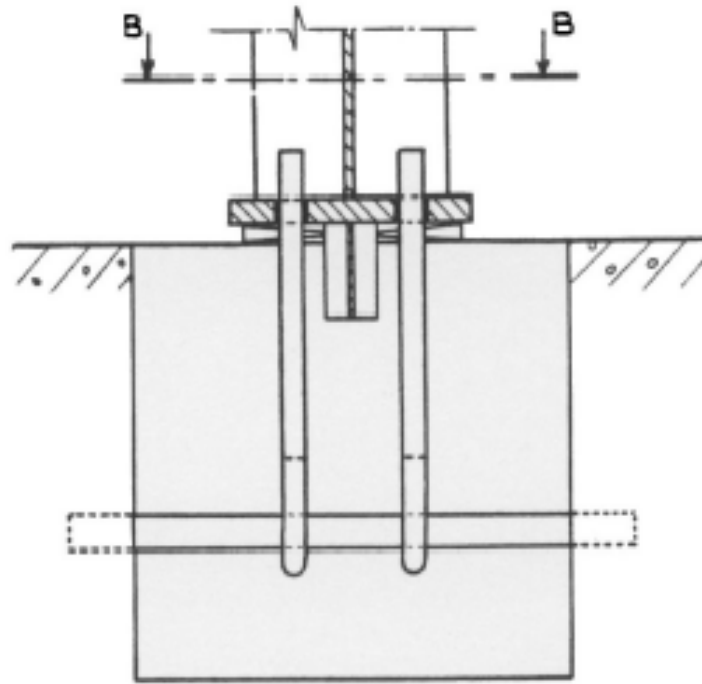
Nous allons étudier les dispositions constructives suivantes, qui sont les plus courantes :

#### 1 - Platine d'extrémité seule (Figure 1)

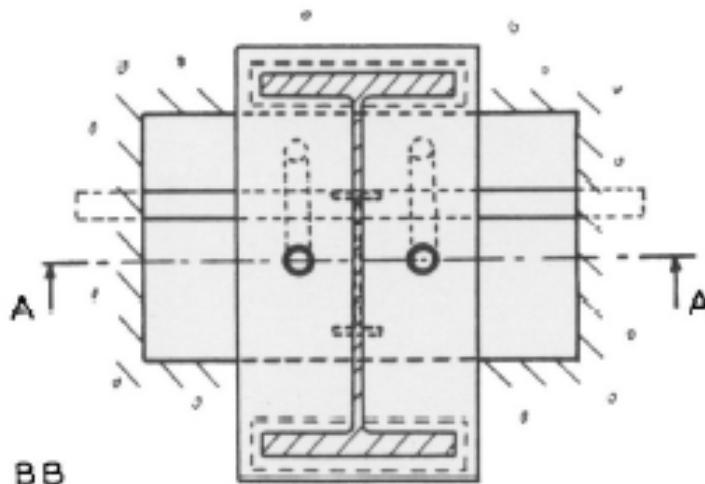
Une platine est fixée à l'extrémité du poteau par des soudures d'angle disposées en général sur tout le périmètre de la section. Cette platine, qui est traversée par deux tiges d'ancrage, repose sur la fondation en béton. Si nécessaire, pour transmettre l'effort horizontal au massif en béton, une bêche est soudée sous la platine.

Lorsque la fondation en béton est coulée, une alvéole, encore appelée "réservation" ou "cheminée d'ancrage", est réalisée à l'aide d'un gabarit à l'emplacement de chaque poteau. En général, une barre métallique horizontale appelée "clé d'ancrage" est encastrée dans la partie inférieure de l'alvéole. Lors du montage de la structure métallique, le pied de poteau est positionné. Des cales de 1 à 4 cm de hauteur sont placées sous la platine, dans le prolongement des semelles du poteau (figure 2). L'extrémité recourbée des tiges d'ancrage est accrochée dans l'alvéole à la barre horizontale. L'autre extrémité est bloquée par les écrous contre la platine qui repose sur les cales au bord de l'alvéole (figure 2). L'ensemble étant ainsi maintenu fermement, le béton d'apport est coulé dans l'alvéole et bourré sous la platine. Cette mise en oeuvre permet le réglage de la structure.

Pour les platines dont la longueur dans la direction de l'effort tranchant ne dépasse pas 30 centimètres, on peut considérer qu'un tel pied de poteau constitue une articulation. Pour des longueurs plus importantes, jusqu'à 60 cm par exemple, on ne pourra admettre qu'on est en présence d'une articulation que si la rotation théorique du pied de poteau est faible et si le moment parasite dû à l'imperfection de l'articulation reste limité, afin de ne pas endommager la fondation en béton.

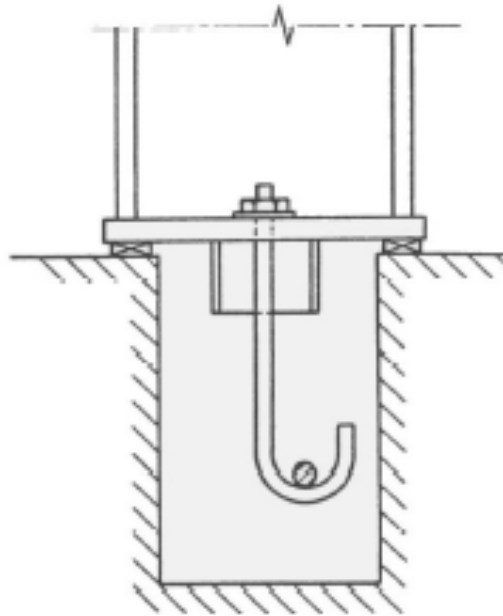


COUPE AA



COUPE BB

FIGURE 1 : Pied de poteau avec platine seule, avant remplissage de l'alvéole.



**FIGURE 2 : Accrochage avant remplissage de béton**

Pour les portiques, la rotation globale  $\theta_G$  des poteaux peut atteindre 1/150ème radian, sous charges de service. La rotation  $\theta_L$  du pied du poteau (figure 3) est de l'ordre de 1,5 fois la rotation globale (valeur exacte si la rigidité de la poutre est très grande par rapport à celle du poteau) et peut donc s'élever à 0,01 radian.

Pour une platine très rigide de 30 cm de longueur, cette rotation de 0,01 radian entraîne un soulèvement au niveau des tiges d'ancrage de 1,5 mm par rapport au bord appuyé de la platine (figure 4). On admettra forfaitairement, pour les poteaux plus importants, qu'il faut que le soulèvement au niveau des boulons d'ancrage ne dépasse pas cette valeur de 1,5 mm pour que le poteau puisse être considéré comme articulé.

$$\text{Soit } \theta_L \times h_p \leq 3 \text{ mm}$$

avec  $\theta_L$  = rotation du pied du poteau, sous charges non pondérées, en admettant que l'articulation est parfaite.

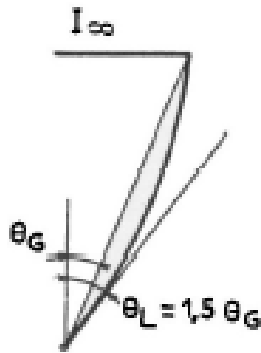


FIGURE 3 : Rotations globale  $\theta_G$  et locale  $\theta_L$

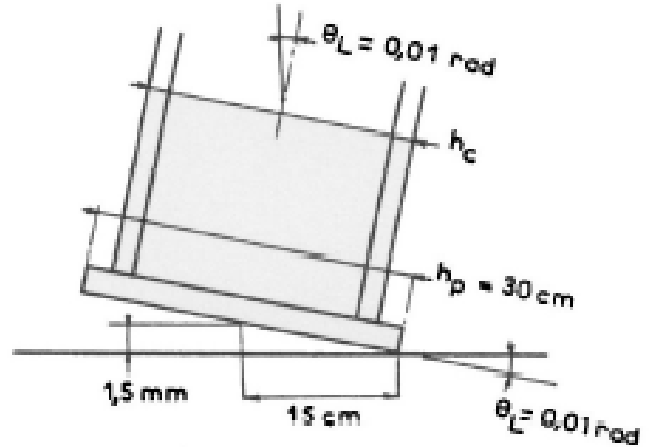


FIGURE 4 : Déplacements pour une platine de longueur 30 cm.

D'autre part, le moment parasite dû à l'imperfection de l'articulation, qui entraîne un excentrement de l'effort normal dans le poteau, sera sensiblement proportionnel à cet effort normal, à la hauteur de la section et à la rotation  $\theta_L$ . On admettra forfaitairement que, pour que le poteau puisse être considéré comme articulé, il faut que :  $N \cdot h_c \cdot \theta_L < 1500 \text{ N.m}$  où  $N$  est l'effort normal dans le poteau, sous les charges non pondérées qui produisent  $\theta_L$ .

Donc, pour avoir une articulation, on doit s'assurer que :

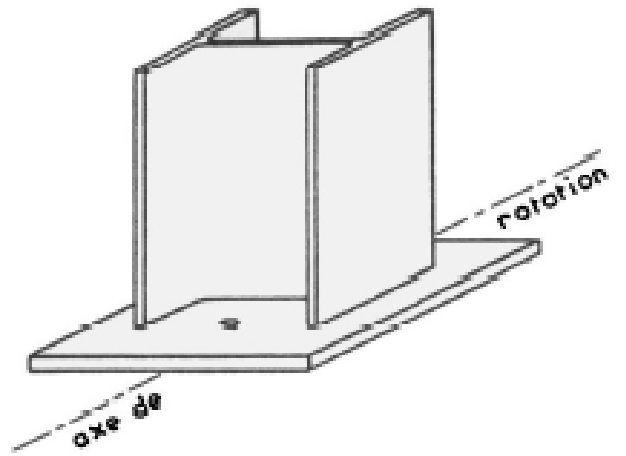
soit  $h_p \leq 30 \text{ cm}$

soit  $\left\{ \begin{array}{l} 30 \text{ cm} < h_p \leq 60 \text{ cm} \\ \text{et } \theta_L \cdot h_p \leq 3 \text{ mm} \\ \text{et } N \cdot h_c \cdot \theta_L < 1500 \text{ N.m} \end{array} \right.$

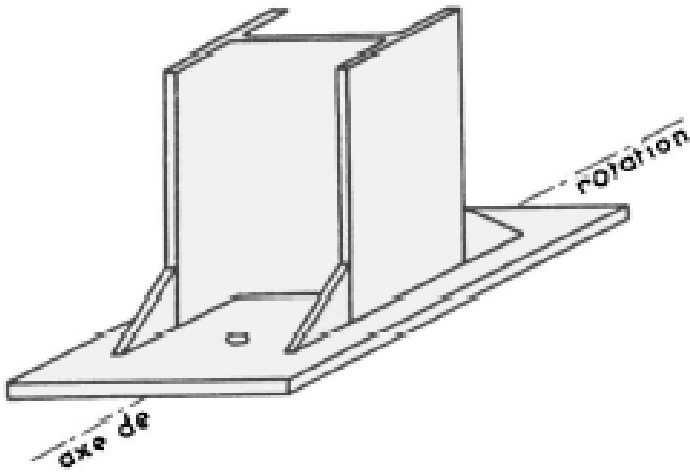
avec :  $\theta_L$  = rotation du pied de poteau } sous charges  
 $N$  = effort normal dans le poteau } non pondérées

Dans les cas courants, on ne place pas de raidisseurs car ils sont coûteux, mais lorsque les calculs conduisent à une épaisseur de platine grande par rapport aux épaisseurs de l'âme ou des semelles du poteau, on ne peut plus réaliser un soudage convenable de ces éléments. On utilise alors une platine d'épaisseur moindre et on la raidit suivant la disposition indiquée à la figure 5-b ou exceptionnellement, sous très fortes charges suivant 5-c.

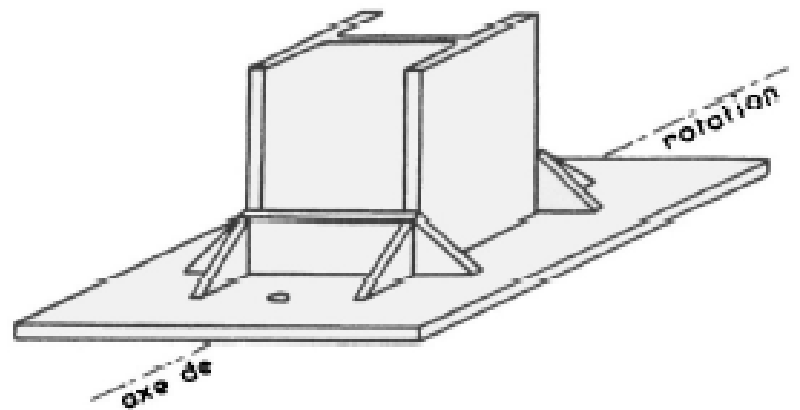
(a)



(b)



(c)



**FIGURE 5** : Platinas non raidie et raidies.

## 2 - Platine d'extrémité et plaque d'assise (Figure 6)

La platine d'extrémité est soudée au poteau. Les tiges d'ancrage et la plaque d'assise, sous laquelle est fixée éventuellement une bêche, sont mises en place lors du coulage de la fondation en béton (figure 7). La charpente métallique est montée et boulonnée aux tiges d'ancrage après durcissement du béton. Cette technique de "pré-scellement" présente l'avantage de ne pas nécessiter de coulage de béton lors du montage de la charpente, d'où une grande rapidité de montage, mais l'inconvénient qu'il n'y a aucune possibilité de réglage des appuis. La plaque d'assise parfois appelée "contre-platine" ou "plaque préscellée" doit être soigneusement positionnée lors du coulage du béton. L'emploi d'une lunette de visée est conseillé.

Afin de permettre un certain réglage de la structure, une variante de ce procédé est parfois utilisée : les trous dans la platine sont percés à un diamètre égal au double de celui des boulons. Après positionnement du pied de poteau, deux plats percés sont soudés sur le chantier à la platine (figure 8). Ces plats doivent avoir une épaisseur suffisante (0,6 à 0,7 fois celle de la platine). Les tiges subissent parfois une flexion.

Là encore, pour pouvoir considérer qu'on est en présence d'une articulation, il faut que les conditions énoncées au chapitre précédent soient satisfaites.

Le préscellement est surtout utilisé pour les structures importantes.

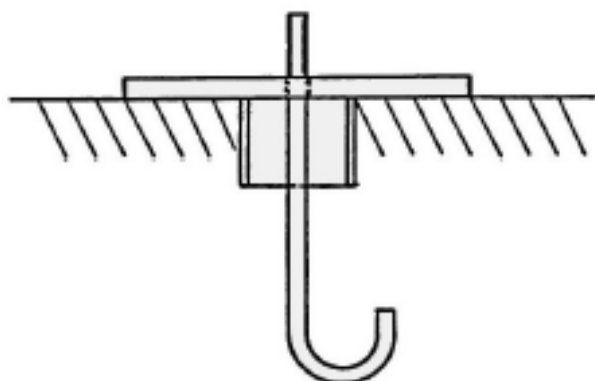


FIGURE 7 : Préscellement

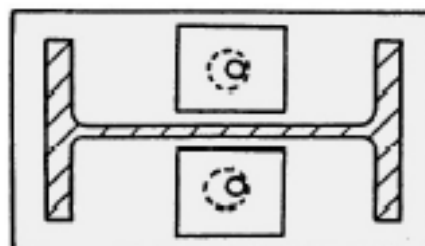
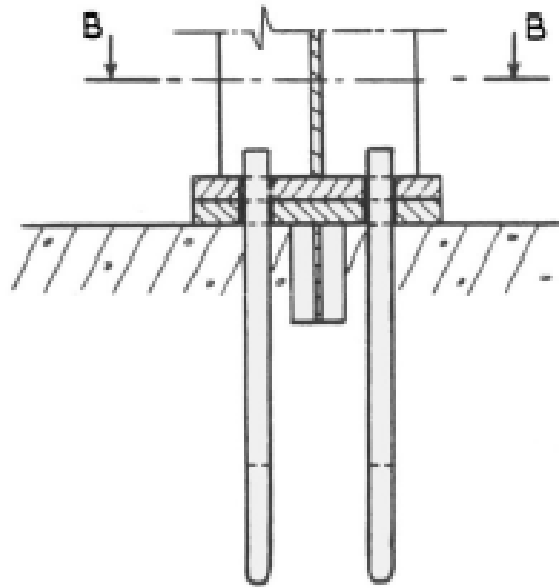
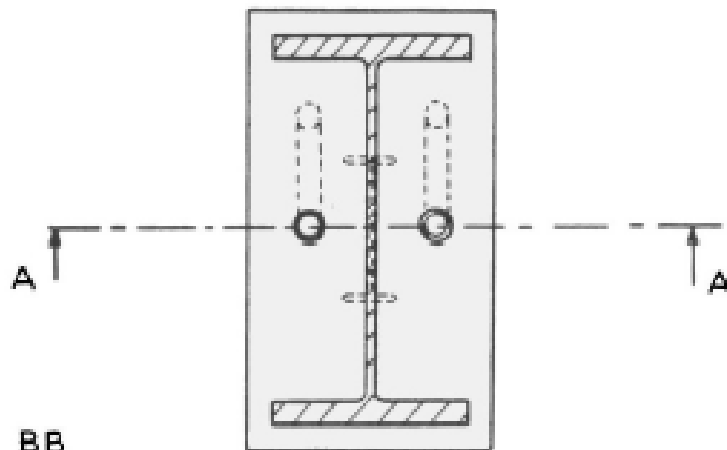


FIGURE 8 : Variante pour préscellement



COUPE AA



COUPE BB

FIGURE 6 : Platine d'extrémité et plaque d'assise.

### 3 - Cornières et plaque d'assise (figure 9)

Cette disposition peut être réalisée avec ou sans préscllement. Dans le premier cas, les tiges d'ancrage ainsi que généralement la plaque d'assise sont mises en place lors du coulage du béton. Après durcissement du béton, le poteau est fixé à cette plaque par l'intermédiaire des cornières et boulons d'ancrage. Dans le deuxième cas, une alvéole est prévue lors du coulage de la fondation et l'ensemble tiges d'ancrage, plaque d'assise, cornières et poteau est positionné, avant remplissage de l'alvéole par le béton d'apport.

On considère que l'effort de compression est transmis par contact direct entre la base du poteau et la plaque d'assise, aussi cette base doit être bien plane (usinage ou à la rigueur sciage précis avec respect de tolérances). D'autre part, pour qu'on soit en présence d'une articulation, il faut là encore que les conditions énoncées au chapitre 1 soient respectées.

Cet assemblage est surtout utilisé pour des petites sections.

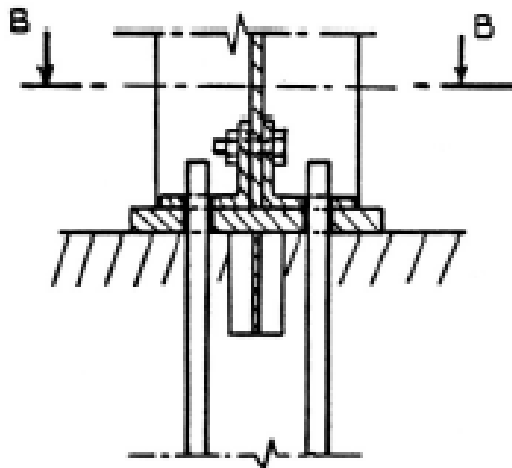
### 4 - Platine d'extrémité, plat intermédiaire et plaque d'assise (figure 10)

Cet appui, plus complexe et plus coûteux, permet de réaliser de bonnes articulations même si les sections sont de hauteur importante. La plaque d'assise et les tiges d'ancrage sont généralement préscellées simultanément, mais alors un grand soin doit être apporté au positionnement de la plaque d'assise.

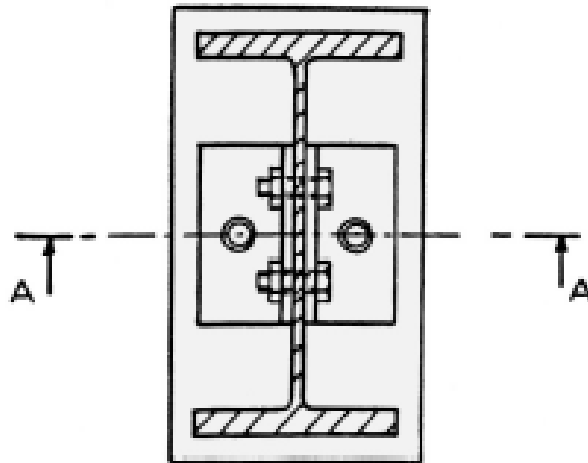
Le préscllement est parfois réalisé en deux phases : les tiges d'ancrage seules, maintenues à l'aide d'un gabarit, sont préscellées. Après durcissement du béton, la plaque d'assise est mise en place, et sa position est réglée à l'aide d'écrous et contre écrous disposés sur les tiges (figure 11). Le bourrage de béton sous la plaque est alors réalisé.

Il est souvent nécessaire de raidir l'âme (figure 12). Les dispositions les plus courantes sont représentées en 12-a et 12-c. Il est conseillé, en particulier avec la disposition 12-d, d'interpénétrer les soudures d'âme ou de raidisseurs situées au-dessus du grain, pour éviter toute fissuration.



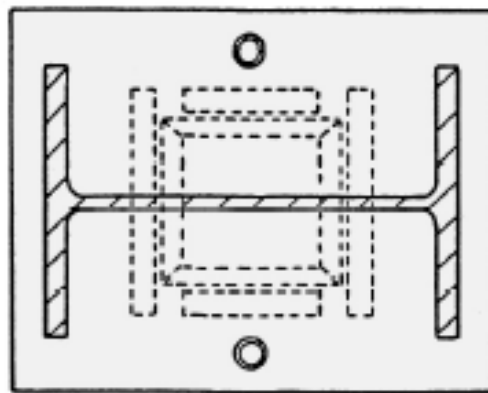
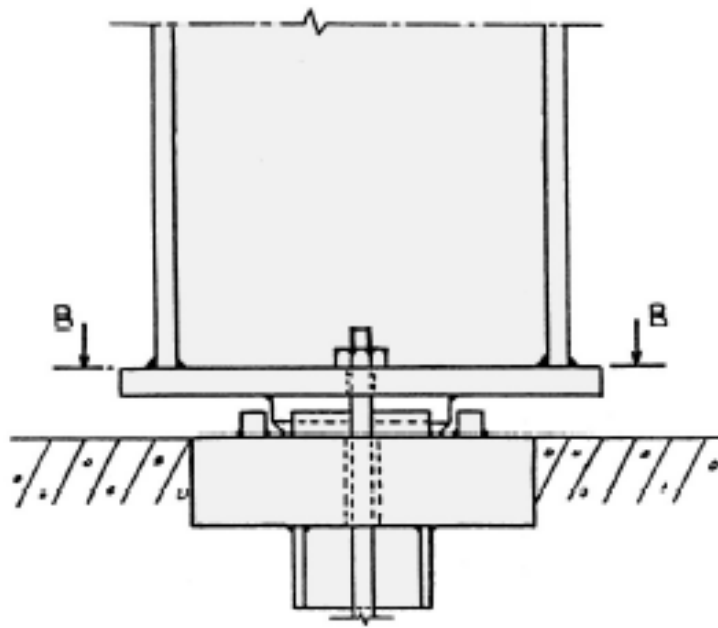


COUPE AA



COUPE BB

FIGURE 9 : Cornières et plaque d'assise.



COUPE BB

FIGURE 10 : Platine d'extrémité, plat intermédiaire et plaque d'assise.

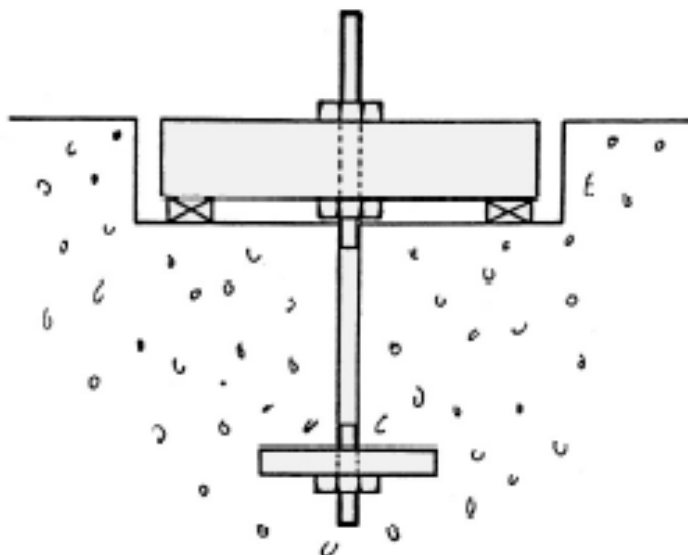
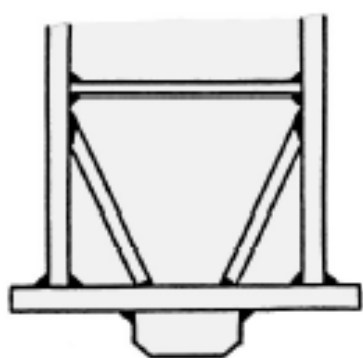
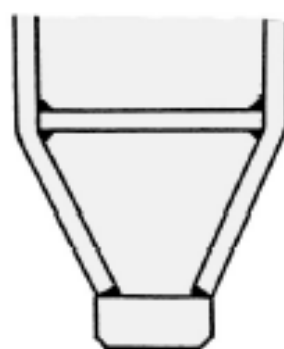


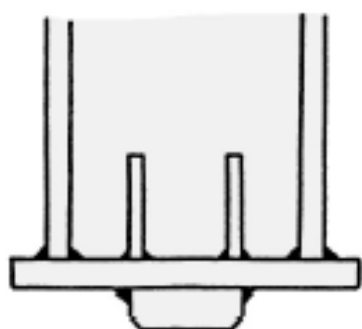
FIGURE 11 : Préscellement en deux phases.



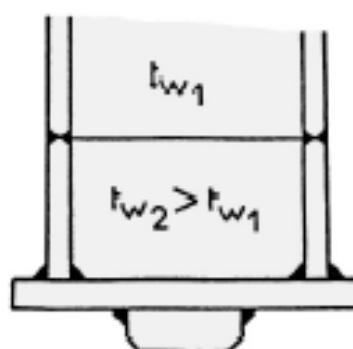
(a)



(b)



(c)



(d)

FIGURE 12 : Renforcement de l'âme du poteau.

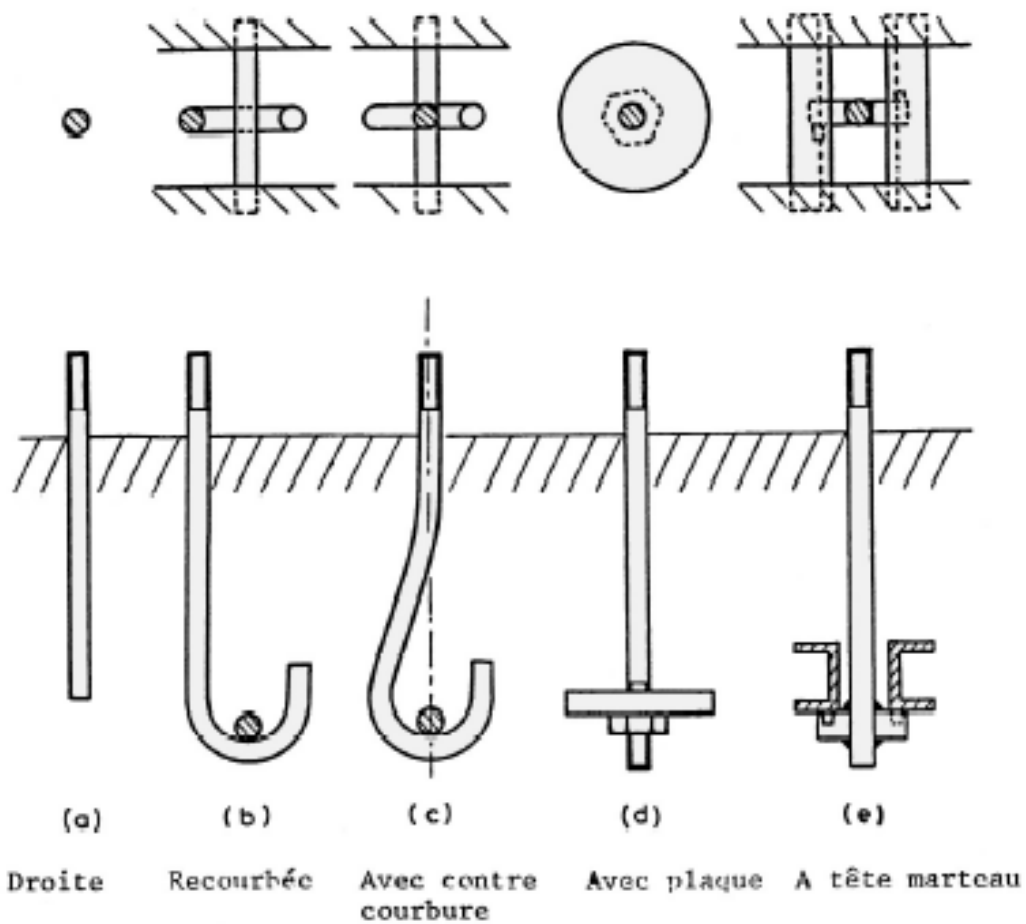


FIGURE 13 : Tiges d'ancrage

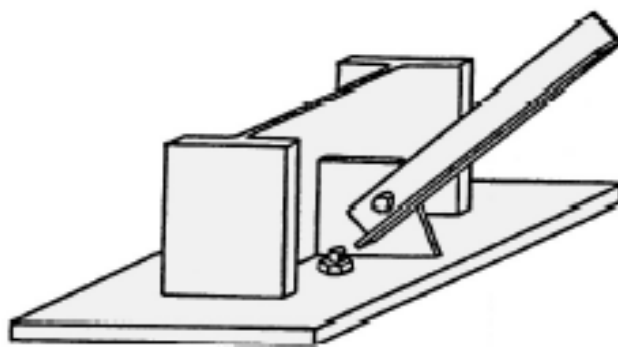


FIGURE 14 : Poteau avec stabilité.