

PIEDS DE POTEAUX

Définition: éléments verticaux qui transmettent aux fondations les efforts extérieurs qui sont appliqués aux bâtiments:

- efforts verticaux
- poussées horizontales
- moments fléchissant résultants des efforts horizontaux et des charges verticales appliquées à des consoles ou à des systèmes hyperstatiques

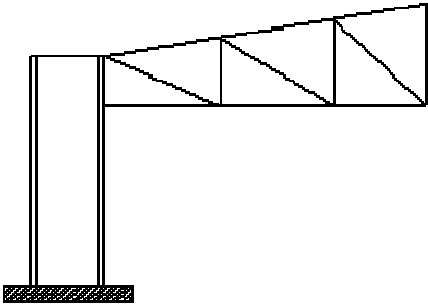
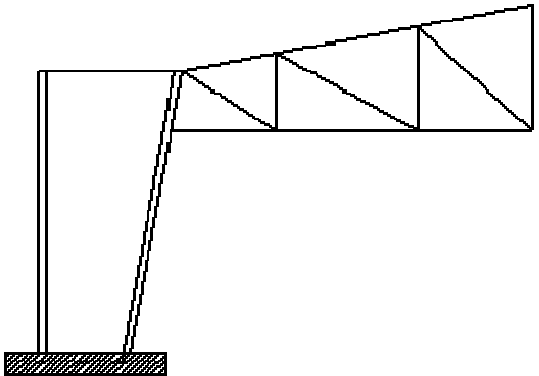
Types de poteaux:

- encastrés au pied et articulés en tête
- articulés au pied et encastrés en tête (le plus courant)
- encastrés aux deux extrémités

nota: pour le calcul du moment ne pas oublier d'ajouter l'effet du moment des charges verticales par rapport à l'axe du poteau, les calculs étant toujours effectués par rapport à celui-ci.

sols de fondations: on doit en tenir compte dans le choix du type d'articulation; certains sols ne permettent pas de reprendre de façon économique les moments de flexions, et dans certains cas des efforts horizontaux importants. Un tirant, placé en sommet ou en pied de montant, peut permettre de reprendre les efforts horizontaux dus aux charges verticales, mais ne peut évidemment pas équilibrer une charge horizontale extérieure.

Formes des poteaux:

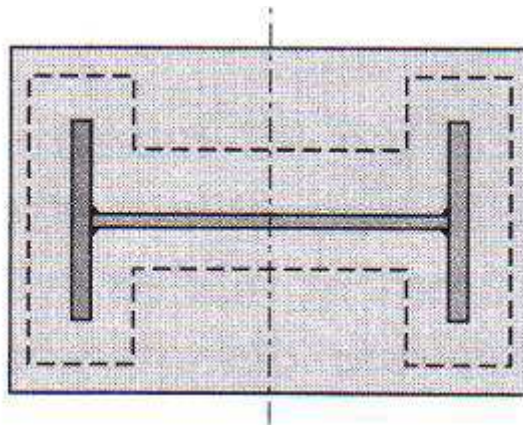
À section constante	À section variable (galbée ou queue de billard)	À section variable (queue de billard)
		

Profilés utilisés:

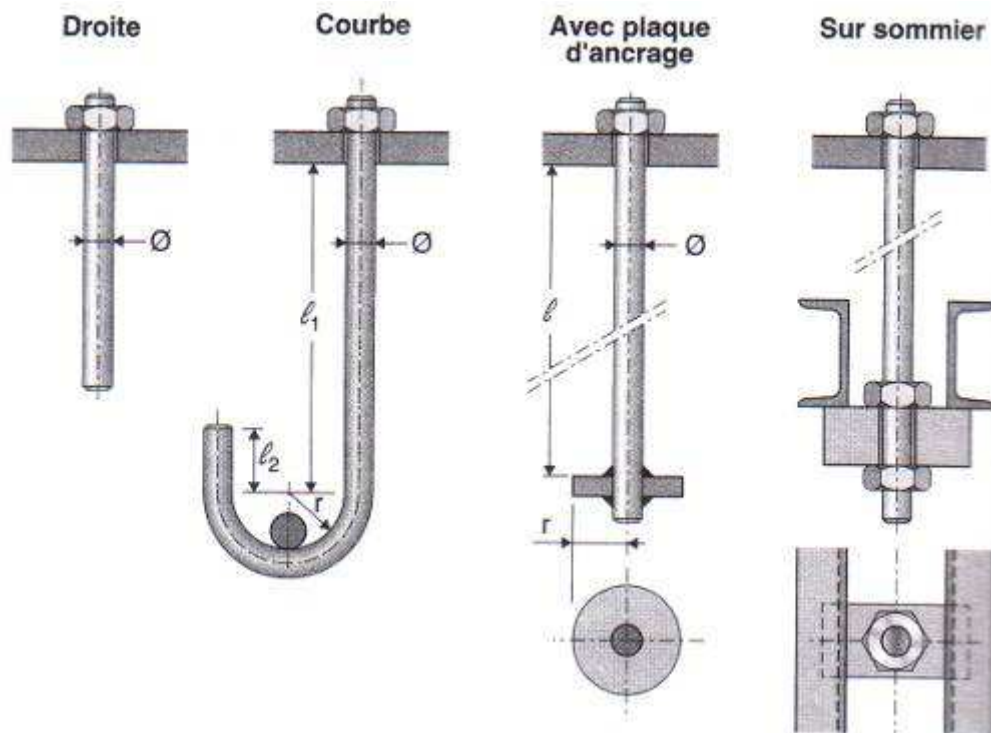
- IPE pour les faibles efforts
 - HE pour les efforts moyens
 - PRS, HE renforcés ou profilés caissonnés pour les très gros efforts
 - Eventuellement poteaux de section pleine, en acier forgés, pour des efforts très conséquents (ils sont livrés en longueurs de 11m et peuvent être livrés pour des diamètres de 150 à 1000)
 - Eventuellement poteaux mixtes acier/béton, le béton étant coulé dans ou autour du profilé (résistance mécanique et résistance au feu très bonnes)
-

Pieds de poteaux: ils sont composés des éléments suivants:

Platine: plaque soudée en bout de poteau dont le rôle essentiel est de répartir au maximum la pression sur le béton, engendrée par la compression du poteau. Il est de fait que la pression sur la platine n'est pas uniforme; en réalité on observe une concentration de pression sur une zone limitée, homothétique de l'impact du profil du poteau. Le contour de la surface à partir de laquelle on calcule la pression sur le béton, obtenue par épanouissement à 45° dans l'épaisseur de la platine du contour de la section du poteau ou du grain). En règle générale le béton accepte bien cette surpression locale.



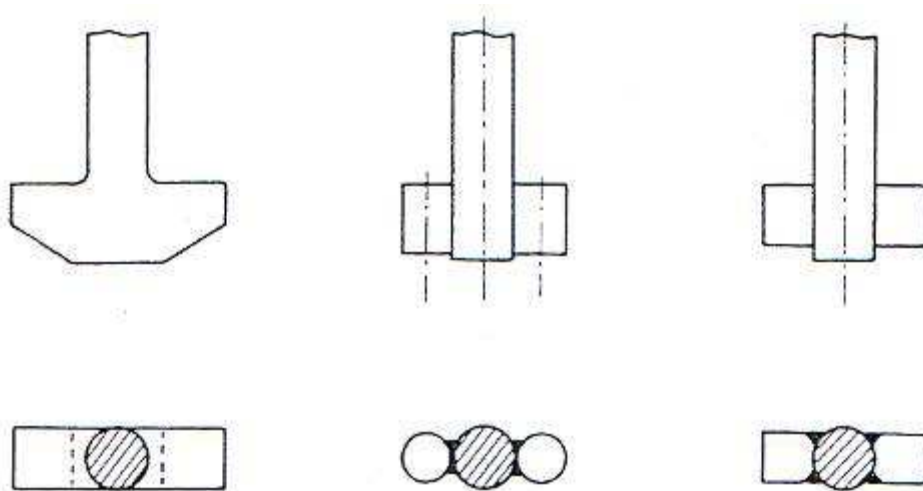
Tiges d'ancrages: On les place pour prévenir tout décollement de la platine (force de soulèvement, moment d'encastrement); leur serrage peut d'ailleurs parfois engendrer des efforts dimensionnants pour la platine. Suivant les efforts on peut concevoir des tiges droites, courbes, avec plaques d'ancrages ou sur sommiers, le type plus courant étant les tiges avec courbures :



à noter qu'elles ne doivent jamais reprendre l'effort tranchant, on utilise pour cela le frottement platine/béton ou une bêche (le béton éclaterait sous l'effet de la pression diamétrale).

La partie droite de la tige reprend les efforts de traction par adhérence (sorte de collage entre les deux matériaux, acier et béton). Les parties courbes reprennent des efforts par frottement (du à la compression des tiges sur le béton). La profondeur d'ancrage des clés varie de 40 à 80cm, au delà il n'est plus possible de nettoyer correctement les cheminées d'ancrage avant coulage du béton. Dans ce cas les clés d'ancrages ne jouent qu'un rôle de montage.

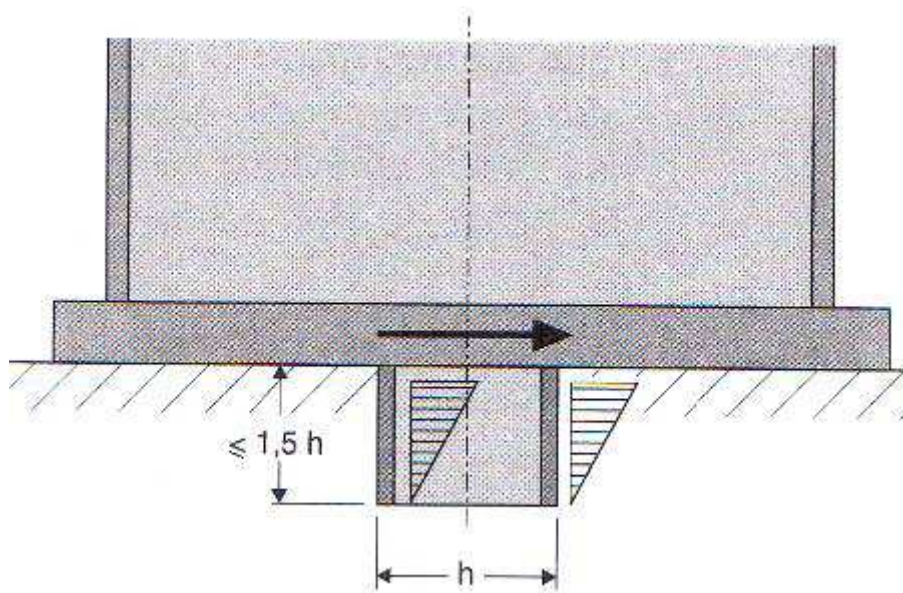
Pour reprendre des efforts très importants on utilise des tiges sommier ou à tête marteau, qui reportent les efforts de traction sur les clés d'ancrages, lesquelles les reportent sur le béton où elles sont ancrées. Le béton coulé par la suite n'est plus ainsi supposé reprendre une part quelconque de la traction des tiges.



nota: si les écrous ne sont pas noyés par la suite dans le béton on doit assurer leur blocage: contre écrou, coup de pointeau sur les filets, points de soudures...

Soudure poteau/platine: celle-ci doit équilibrer l'effort de compression d'une part, les efforts de traction dans les tiges d'ancrage d'autre part. Dans ce dernier cas il faut prêter attention au fait que ces efforts peuvent n'intéresser de manière efficace qu'une partie de ces cordons de soudure.

bêche d'ancrage: assure la reprise de l'effort tranchant en cas de frottement insuffisants, et éventuellement les moments de torsion d'encastrement. Elle est constituée par une chute en I ou en H de faible hauteur soudée sur la platine.



Afin de garantir un comportement en bloc rigide on doit avoir la largeur de la bêche comprise entre 6cm et 1.5h-profil

On décompte de la hauteur une garde de 3cm inefficaces pour faire face aux aléas que représente le bourrage du béton sous la platine. Pour les efforts on retient en général une répartition triangulaire de la pression exercée par les ailes de la bêche sur le béton. Les ailes de la bêche doivent également présenter une rigidité importante afin d'assurer une bonne répartition de la pression sur le béton ; on admet qu'il en est ainsi lorsque: $b \leq 20 \cdot t_f$

Vérification de la bêche:

- flexion à l'encastrement sous la platine
- soudure bêche/platine
- cisaillement du à l'effort tranchant

Eventuellement raidisseurs de platine: ils doivent être rigidement encastres sur le poteau; pour que leur bord libre soit à l'abri du voilement local, leur épaisseur doit être supérieure à $1/25^{\circ}$ de la longueur de ce bord libre.

Bases des calculs: On admet que les platines, soumises aux réactions des fondations, risquent de se plier suivant des lignes tangentes au contour du poteau. Les portions de tôles situées à l'extérieur de ces lignes sont alors à calculer comme des poutres en porte à faux, et il faut vérifier que la section de tôle située au droit de la ligne de pliage est capable de résister au moment des réactions exercées par le massif de fondations entre cette section et le bord libre de la platine.

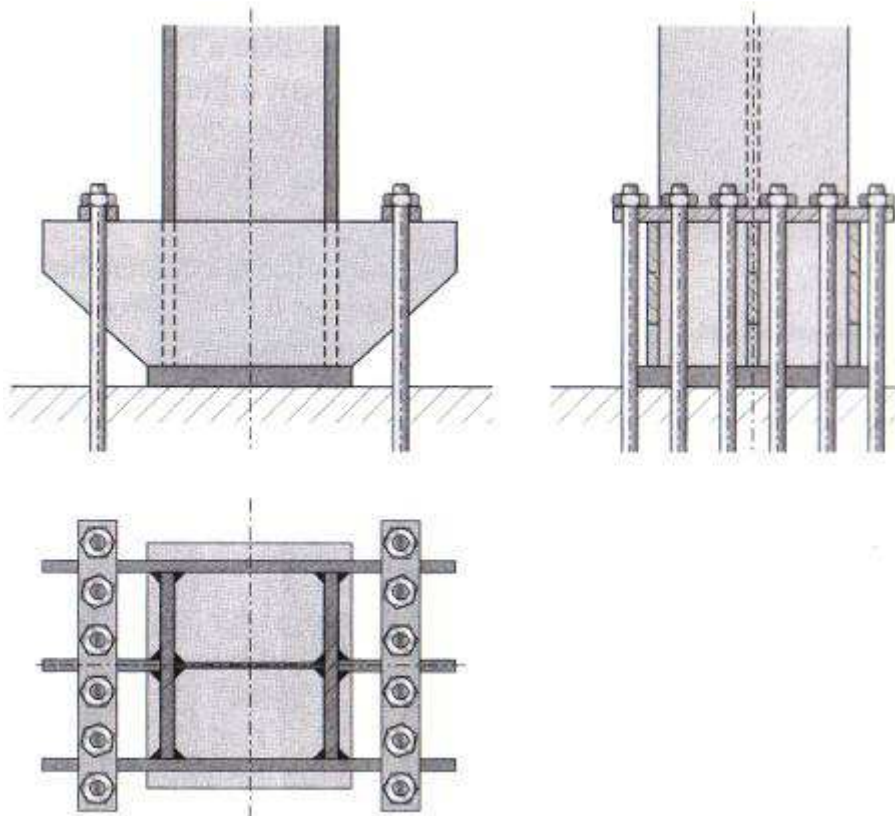
Les calculs vont donc consister:

- à déterminer la surface de la platine, en fonction de la contrainte admissible de compression du béton du massif de fondation
- déterminer l'épaisseur de la platine, en fonction de la contrainte de flexion calculé au droit de chaque ligne de pliage
- déterminer les boulons d'ancrage, en fonction des efforts de traction engendrés soit par un moment au pied (encastrement), soit par un soulèvement au vent

Cas de charges dimensionnants - pieds de poteaux encastres:

- effort normal maxi de compression avec moment significatif correspondant (vérification béton et platine)
- effort normal maxi de traction avec moment significatif correspondant (vérification tiges d'ancrages)
- effort de cisaillement maxi avec effort normal correspondant (vérification de la bêche)

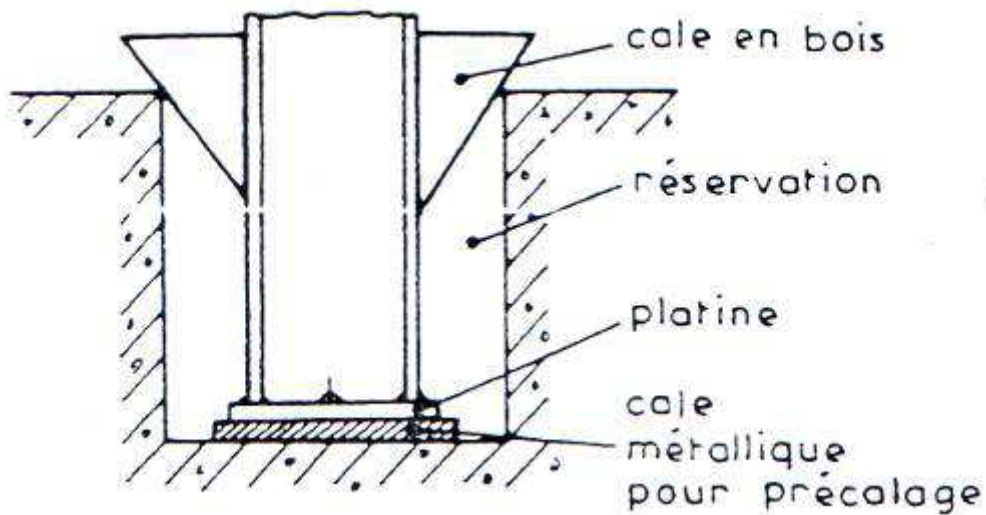
Dispositions constructives - Poteau encastré: quand le cas est retenu cela permet de réduire au minimum le poids des ossatures; toutefois les fondations sont nettement plus importantes, surtout pour de mauvais sols. L'appui est réalisé par une base étalée dans le sens perpendiculaire à l'axe du moment. Afin d'avoir des épaisseurs de platine raisonnables on place généralement des raidisseurs. Pour des moments très importants la solution de plaques raidies ou non devient inadaptée et on adopte la solution de tiges d'ancrages prolongées largement au dessus de l'arase de pose du béton pour venir s'appuyer par l'intermédiaires de barrettes épaisses sur des voiles verticaux soudés sur le poteau. on peut aussi, suivant un principe similaire, remplacer ces voiles par de véritables poutres horizontales de section en U, I, H et qui constituent alors le sommier d'appui.



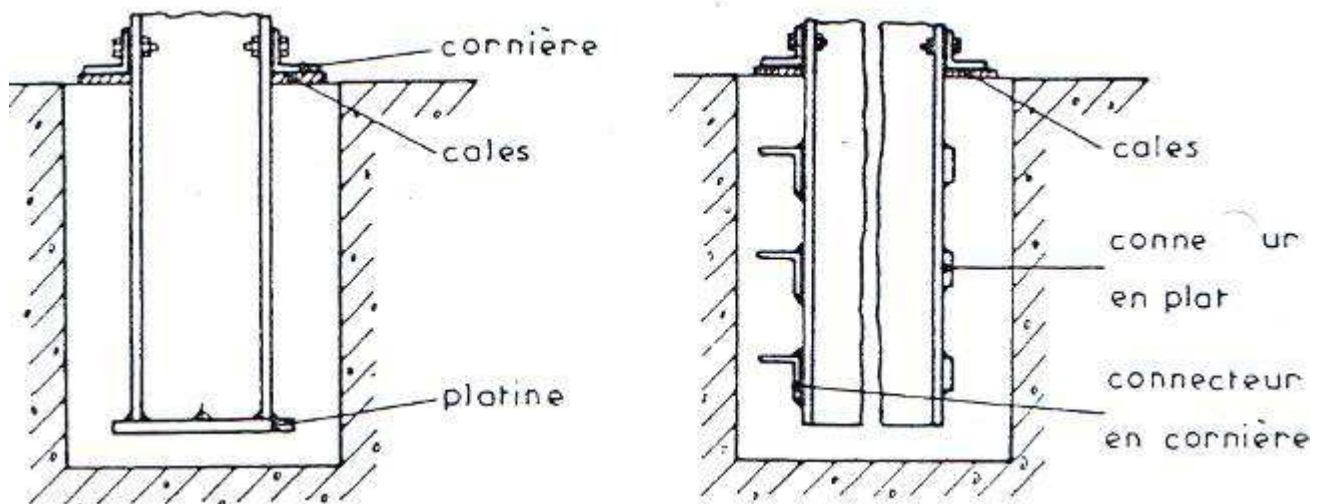
nota important: l'effort de cisaillement n'est jamais repris par les cannes d'ancrages ; il est soit repris par adhérence béton/acier, soit par une bêche

Poteau noyé dans le béton: le poteau est noyé dans une réservation

Réservation facilement accessible à la main: profondeur < 60cm; cela permet un nettoyage du fond et la mise en place de cales:

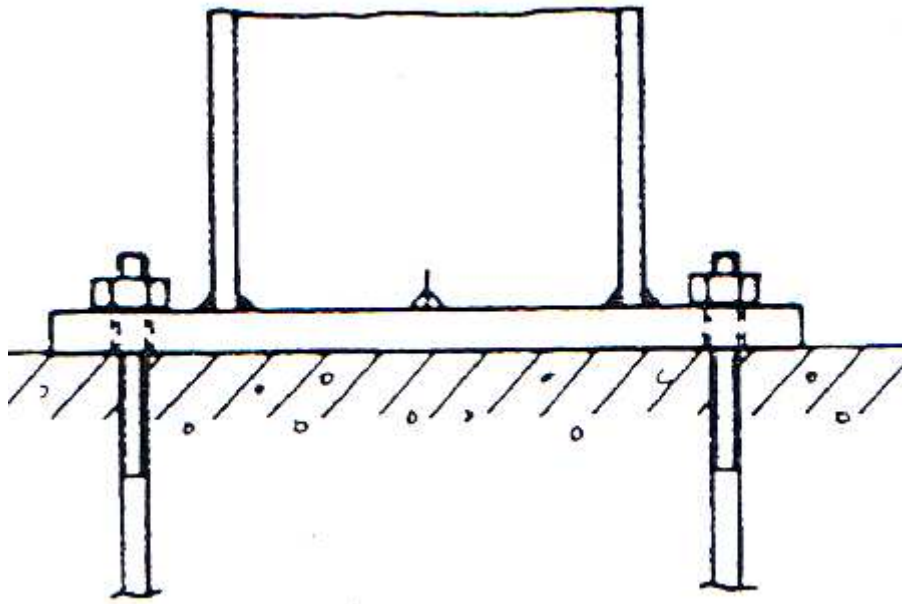


Réserve non accessibles à la main: le poteau est fixé à des profilés reposant à la surface de la réserve; des cales permettent le réglage de leur hauteur:

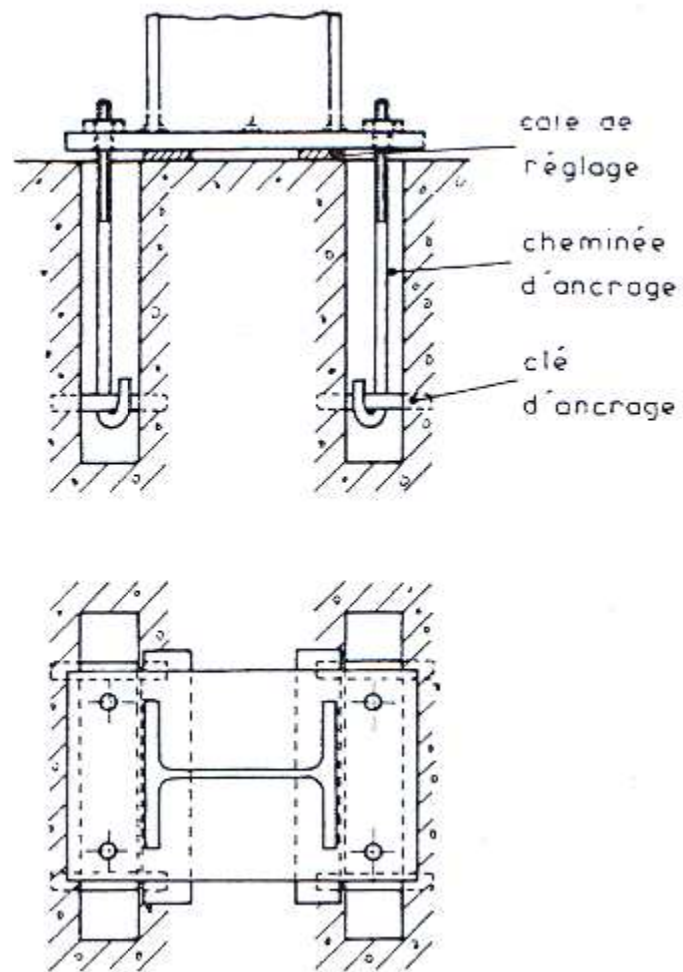


nota: l'encastrement n'est effectif que lorsque le béton a durci. Des dispositifs provisoires de stabilité doivent être prévus durant cette période.

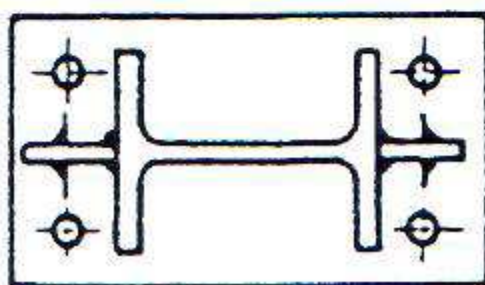
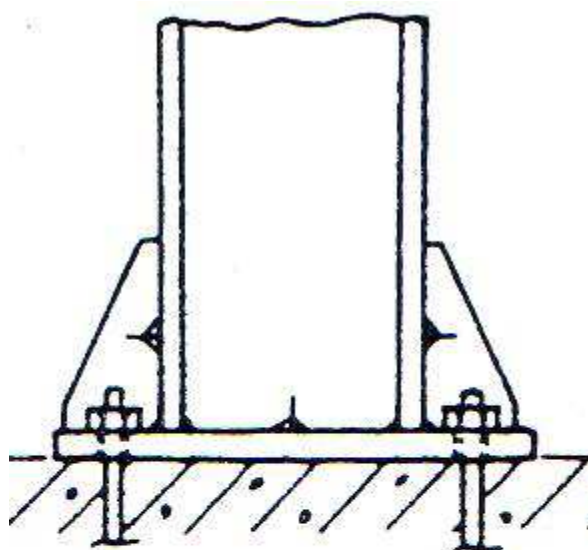
Poteau fixé sur une platine non raidie:



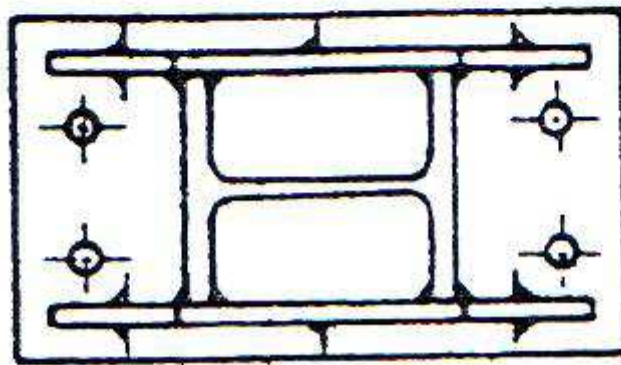
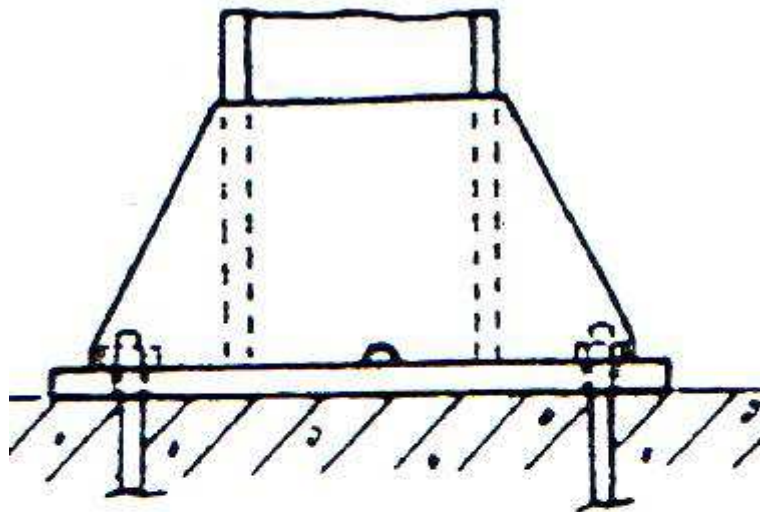
Le plus souvent les tiges ne sont pas pré-scellées; des réservations sont faites où des clés d'ancrages permettent aux tiges de se fixer. Cette solution évite des positionnements trop précis et facilite le réglage de la structure. En cas de tiges pré-scellées, on utilise des gabarits de positionnement. On pré-scelle parfois aussi une plaque d'assise avec une bêche. Dans ce cas l'effort tranchant passe d'une plaque d'assise à l'autre par cisaillement des canes d'ancrages. En fin d'opération on effectue un bourrage de mortier sous la platine. Le cas échéant on effectue aussi une réservation pour la bêche.



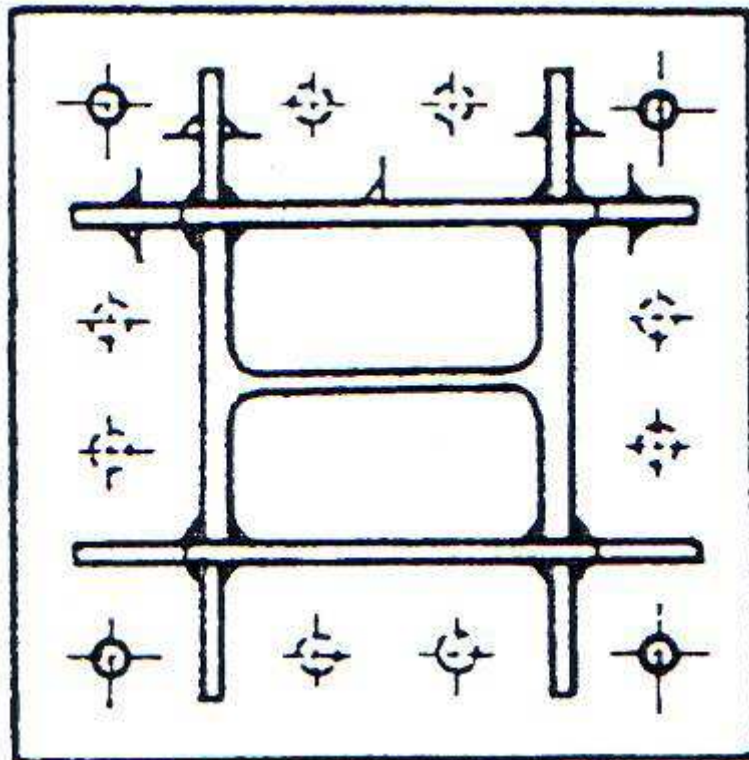
Poteau avec platine raidie: on adopte cette disposition lorsqu'on a des platines trop épaisses si elles n'étaient pas raidies. Raidisseurs simples dans le prolongement de l'âme:



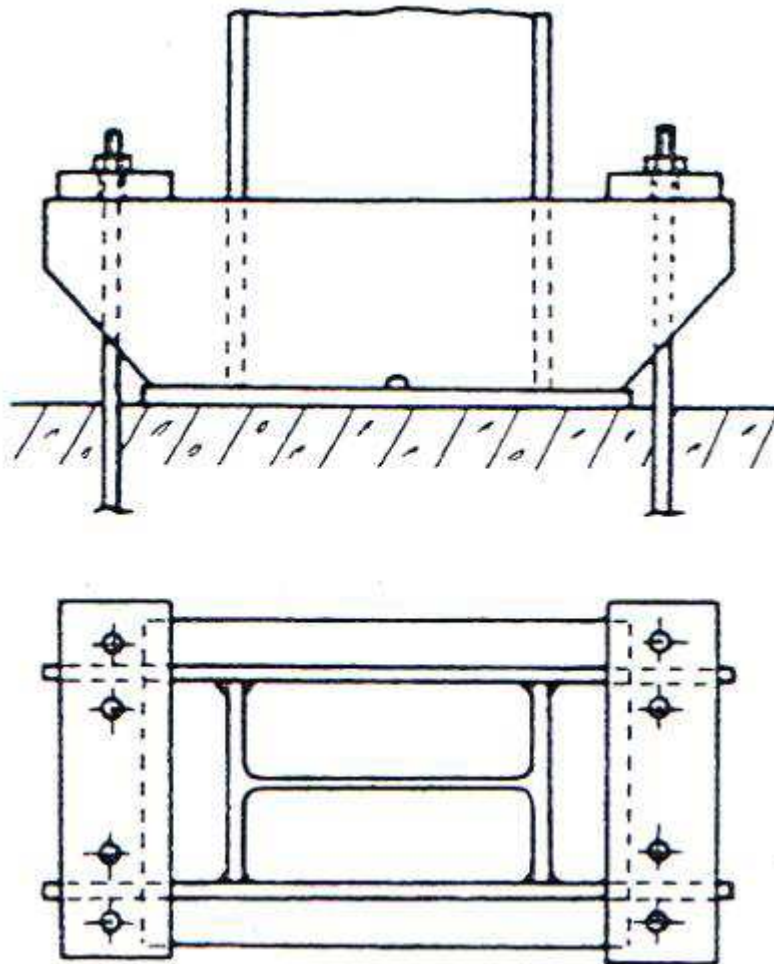
Raidisseurs doubles joignant les extrémités des semelles:



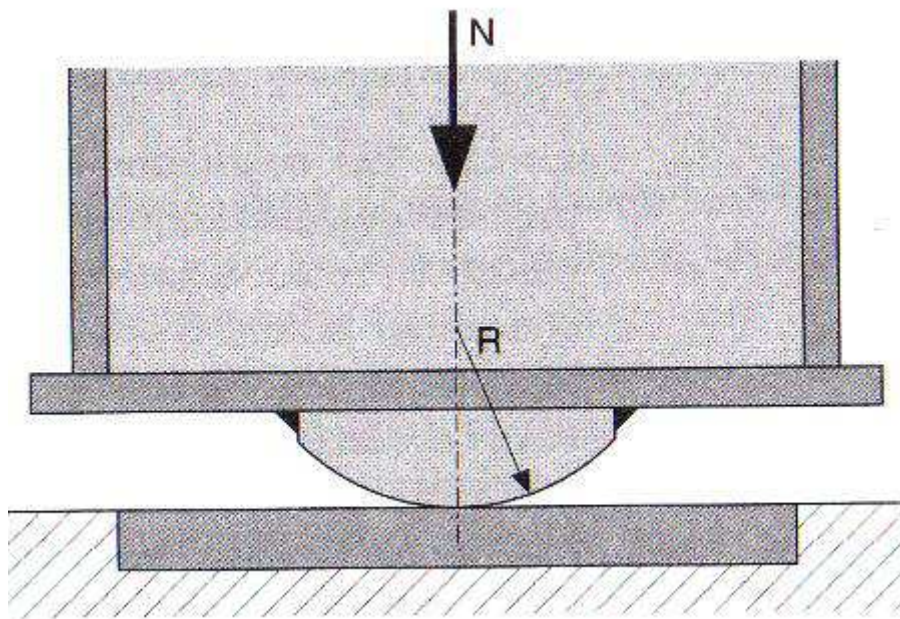
raidisseurs dans les deux directions, en cas de flexion bi-axiale:



poteau fixé par un châssis: les écrous s'appuient sur la plaque supérieure d'un système formant châssis; le châssis représente un système très rigide, ce qui fait que les tractions dans les tiges sont sensiblement identiques. De plus la longueur libre des tiges leur laisse une capacité de déformation importante avant rupture. Ce système est utilisé pour de forts moments de flexion.



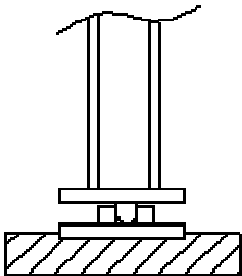
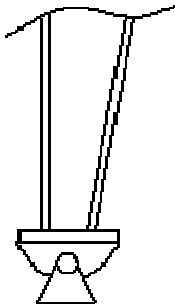
Dispositions constructives - Poteau articulé: le poteau est soudé en pied sur tout le pourtour sur une platine, ancrée sur le béton par deux tiges d'ancrage. Les tiges viennent s'accrocher sur une barre d'ancrage. la platine doit être suffisamment petite pour que l'hypothèse d'articulation reste valable. On plante les tiges d'ancrage dans un plan contenant l'axe théorique de rotation du poteau; l'axe réel est décalé d'une demi hauteur de profil, ce qui est une approximation assez lointaine d'une véritable articulation. L'expérience a néanmoins montré qu'il n'était pas nécessaire d'être plus précautionneux dans les cas courants, la vérification de l'hypothèse d'articulation se faisant à l'état limite de service.



Dans les cas courants on ne place pas de raidisseurs car ils sont coûteux; on peut être amené à en mettre lorsque la platine devient trop épaisse et que souder le poteau devient difficile.

Si les efforts sont très importants et de ce fait entraînent des dimensions de platines trop grandes il faut prévoir des appareils d'appuis. Dans ce cas une pièce de forte épaisseur chanfreinée et soudée permet d'obtenir la rotation souhaitée; il faut néanmoins dans ce cas prendre garde aux concentrations de contraintes excessives coté béton et coté poteau

Pour des structures très importantes on peut être amené à usiner le grain pour obtenir une surface d'appui cylindrique ; on vérifie alors les conditions de contact cylindre/plan grâce aux théories de Hertz. Le grain est immobilisé par des carrés soudés sur la platine et disposés sur son périmètre ; ces carrés forment une boîte à grains.

Boîte à grain	Broche
	

Prescellement: le coulage du béton est effectué avant la pose de la charpente. Cette technique a l'inconvénient de ne pas proposer de réglage. Il faut donc poser les tiges d'ancrages avec une grande précision. On peut aussi utiliser des trous oblongs dans les platines.

nota important: l'effort de cisaillement n'est jamais repris par les cannes d'ancrages ; il est soit repris par adhérence béton / acier, soit par une bêche ; Une bêche est nécessaire si $H/V > 0.36$
