

GUIDE DE MISE EN ŒUVRE
POUR LES ÉLÉMENTS
LINÉAIRES DE STRUCTURE
PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON

Avant-propos

Les éléments linéaires de structures visés dans ce guide sont des composants industriels conçus et fabriqués en référence à l'Avis Technique du procédé. Préfabriqués en usines fixes, ils sont assemblés sur chantier pour constituer tout ou partie de l'ossature des bâtiments. Ils peuvent être associés à d'autres éléments porteurs coulés en place, comme c'est généralement le cas pour les poutres de plancher.

Actuellement sous certification CSTBat [1], ces éléments feront prochainement l'objet du marquage CE [2] et d'une marque NF volontaire. Les contrôles de fabrication sont réalisés suivant les critères définis dans le règlement technique correspondant.

Pour leur mise en œuvre, l'entreprise dispose des plans d'exécution établis par le bureau d'études de structures en charge du chantier ainsi que des plans de préconisation de pose et les fiches de fabrication des produits.

Les « Recommandations professionnelles pour les assemblages entre éléments d'ossature » [3] fournissent les informations sur la conception et les principes de fonctionnement des différents assemblages.

Le présent guide termine cet ensemble de documents par des prescriptions de mise en œuvre, complétant celles figurant dans l'Avis Technique du procédé. Il définit, pour chaque composant et mode de liaison, des vérifications susceptibles d'améliorer la qualité d'exécution des assemblages, contribuant ainsi à la sécurité dans les phases de pose et à la réduction de la pathologie des ouvrages.

© CERIB – 28 Épernon

33.E – juin 2005 - ISBN 2-85755-151-7

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous
procédés réservés pour tous pays

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Sommaire

Chapitre A : Préliminaires.....	5
A.1 Documents nécessaires.....	5
A.2 Tolérances	5
A.2.1 Tolérances relatives aux composants préfabriqués	6
A.2.1.1 Tolérances du règlement de certification CSTBat	6
A.2.1.2 Tolérances définies dans la norme NF EN 13225.....	7
A.2.2 Tolérances relatives à l'ouvrage	10
A.3 Manutention et stockage.....	10
A.4 Réception des ouvrages supports	10
A.4.1 Fondations	11
A.4.1.1 Dispositions communes.....	11
A.4.1.2 Fondations à encuvement	11
A.4.1.3 Fondations avec réservations pour brochage	11
A.4.1.4 Fondations avec broches en attente	12
A.4.2 Poteaux.....	12
A.4.2.1 Poteaux avec broches en attente	12
A.4.2.2 Poteaux pour liaison clavetée.....	13
A.4.2.3 Poteaux avec coupleurs	13
A.4.2.4 Poteaux avec réservations	13
A.4.3 Voiles	13
A.4.4 Poutres	13
A.5 Vérification de la stabilité en phases provisoires.....	14
A.5.1 Stabilité	14
A.5.1.1 Stabilité des poteaux	14
A.5.1.2 Stabilité des poutres et pannes	14
A.5.2 Appuis des poutres et pannes en phases provisoires	14
A.5.2.1 Cas des poutres et pannes brochées.....	14
A.5.2.2 Cas des poutres et pannes clavetées	15
Chapitre B : Charpentes.....	17
B.1 Poteaux.....	17
B.1.1 Réception.....	17

B.1.2	Pose des poteaux	17
B.1.2.1	Manutention et stockage	17
B.1.2.2	Mise en œuvre.....	17
B.1.2.2.1	<i>Assemblage poteau-fondation par plot à encuvement</i>	<i>17</i>
B.1.2.2.2	<i>Assemblage poteau-fondation par brochage.....</i>	<i>18</i>
B.2	Poutres principales.....	19
B.2.1	Réception des poutres.....	19
B.2.1.1	Poutres brochées	19
B.2.1.2	Poutres clavetées	20
B.2.2	Pose des poutres.....	20
B.2.2.1	Manutention et stockage	20
B.2.2.2	Mise en œuvre.....	20
B.2.2.2.1	<i>Appui sans déplacement relatif</i>	<i>21</i>
B.2.2.2.2	<i>Appui avec déplacement relatif</i>	<i>21</i>
B.2.2.2.3	<i>Appui glissant</i>	<i>22</i>
B.2.2.2.4	<i>Cas des poutres clavetées</i>	<i>22</i>
B.3	Pannes	22
B.3.1	Réception des pannes	22
B.3.1.1	Pannes brochées.....	22
B.3.1.2	Pannes clavetées	22
B.3.2	Pose des pannes	23
B.3.2.1	Manutention et stockage	23
B.3.2.2	Mise en œuvre.....	23
Chapitre C	: Poutres support de planchers.....	25
C.1	Poutres de plancher	25
C.1.1	Réception des poutres.....	25
C.1.2	Pose des poutres.....	25
C.1.2.1	Manutention et stockage	25
C.1.2.2	Mise en œuvre.....	25
C.1.2.2.1	<i>Cas des poutres brochées</i>	<i>25</i>
C.1.2.2.2	<i>Cas des poutres clavetées</i>	<i>25</i>
Bibliographie		27
ANNEXE 1	: Tolérances relatives à l'ouvrage	29
ANNEXE 2	: Actions en phases provisoires.....	33

Chapitre A : Préliminaires

A.1 Documents nécessaires

Le dossier réalisé par le bureau d'études de structure en charge du chantier fournit :

- la configuration précise de l'ouvrage à partir de vues en plan, coupes, détails permettant la définition des éléments : portées, entraxes, section transversale, côtes de niveau, ... ;
- le repérage des composants ;
- les hypothèses à prendre en compte pour le dimensionnement: charges appliquées, tenue au feu, sollicitations sismiques, ... ;
- les détails de ferrailage des éléments coulés en place pouvant interférer sur la pose des composants (attentes d'un poteau, broches dans l'élément porteur, espace d'appui sur les poutres ou les voiles).

La qualité de ce document conditionne la bonne exécution en aval. La conception de l'ouvrage doit obligatoirement intégrer la notion de préfabrication, prenant en compte notamment les tolérances dimensionnelles des éléments et les tolérances d'implantation des inserts. Ainsi , un poteau dont les dimensions transversales sont insuffisantes pour la pose des poutres, génèrera inévitablement des problèmes de mise en œuvre et augmentera significativement le risque de désordres ultérieurs.

Le dossier réalisé par le bureau d'études de structures doit être validé par l'entreprise avant d'être transmis au fournisseur (le fabricant) pour la définition des composants, car il conditionne la bonne réalisation de l'ouvrage.

A partir de ces documents, le fournisseur établit les calepins de fabrication et les détails d'assemblage, puis les adresse à l'entreprise. Les calepins de fabrication contiennent les informations relatives aux dimensions des pièces et à leur ferrailage. Les détails d'assemblage définissent :

- les dispositions d'étalement pour la mise en œuvre (étais intermédiaires et/ou lisses de rive) ;
- les ferrailages complémentaires (armatures en chapeaux, armatures de couture, armatures de recouvrement dans les nœuds de clavetage) ;
- la classe de résistance du béton à mettre en œuvre.

Après examen par le bureau d'études de structures, ces documents seront transmis au bureau de contrôle du chantier pour validation. S'étant assuré de l'adéquation des produits à ses besoins, l'entreprise transmet au fournisseur son accord pour mise en production.

A.2 Tolérances

Les tolérances d'exécution doivent être prises en compte dans la conception des éléments porteurs coulés en place comme dans celle des éléments préfabriqués. Sauf indications contraires mentionnées dans les pièces écrites du marché, les tolérances suivantes s'appliquent.

A.2.1 Tolérances relatives aux composants préfabriqués

A.2.1.1 Tolérances du règlement de certification CSTBat

Tableau 1 – Tolérances sur le coffrage (CSTBat)

Coffrage - Mesures sur le produit fini	Tolérances (la plus exigeante lorsqu'il y a 2 possibilités)	
Longueur « L » en face inférieure sur un côté	L < 10 m	± 15 mm
	L ≥ 10 m et ≤ 20 m	± 25 mm
	L > 20 m	± 30 mm
Largeur sur un about	± 10 mm	
Hauteur sur about :		
- about courant	± 10 mm	
- about avec grugeage des poutres de structure ou des pannes	- 10 mm ; + 20 mm	
Courbure horizontale (cintre)	L / 400	
Contre-flèche des éléments précontraints	Suivant prescriptions du bureau d'étude (si nécessaire).	
Désaffleurements (aux joints de coffrage) en faces inférieures	± 5 mm	
Position des inserts filants dans les sens horizontal et vertical	± 20 mm	
Position des inserts filants dans le sens longitudinal	± 20 mm	
Position des inserts ponctuels et trémies	± 20 mm	
Position des inserts ponctuels et trémies dans le sens longitudinal	± (20 mm et h/10) *	
Contrôles spécifiques pour corbeaux, diabolos, etc.	Suivant prescriptions du bureau d'étude.	
Fourreaux d'assemblage :		
- position longitudinale	± 25 mm	
- position transversale	± 10 mm	
Broches d'assemblage :		
- position longitudinale	± 15 mm	
- position transversale	± 10 mm	

Inserts = crochets, fourreaux, platines, réservations, engravures, rails, attentes, etc.

* h = hauteur de la membrure affectée

Tableau 2 – Tolérances sur le ferrailage (CSTBat)

Ferrailage - Mesures sur le produit fini	Tolérances <i>(la plus exigeante lorsqu'il y a 2 possibilités)</i>
Armatures de précontrainte	
- verticalement sur chaque armature	± 10 mm et vérification du centre de gravité en cas de doute
- dépassements d'ancrage	± 20 mm ± 15 % du dépassement sans être inférieure à 10 mm ni supérieure à 20 mm
Armatures pour béton armé ou armatures passives pour béton précontraint	
Armatures longitudinales	
- longitudinalement	± 50 mm
- transversalement	± 20 mm
- altimétrie	BP : ± 15 mm BA : ± H/40 ou ± 5 mm
dépassements d'ancrage horizontaux ou verticaux	-20 + 30 mm
Armatures transversales	
- longitudinalement	+ 20 mm au droit des appuis ± 0,2 x pas au-delà
- transversalement *	± 15 mm
- altimétrie	± 15 mm
Autres armatures d'assemblage poutre/poutre ou poteau/poutre	± 20 mm dans toutes les directions
Dispositifs de manutention (crochets de levage et autres)	± 10 cm dans le sens longitudinal et ± 20 mm dans le sens transversal

La position de certaines armatures est particulièrement sensible, c'est en particulier le cas :

- des armatures de fretage en tête de poteaux ;
- des cages d'armatures en about de pannes grugées.

Un dispositif, solidaire de ces armatures et visible sur le produit fini, doit permettre de vérifier leur bon positionnement.

A.2.1.2 Tolérances définies dans la norme NF EN 13225

La norme NF EN 13225 [2] définit des valeurs de tolérances maximales rappelées ci-dessous. Des valeurs inférieures, garanties par le fournisseur, peuvent être prises en compte lorsque les produits sont certifiés NF ou équivalent.

Tableau 3 – Tolérances sur le coffrage (NF EN 13225)

Coffrage - Mesures sur le produit fini	Tolérances <i>(la plus exigeante lorsqu'il y a 2 possibilités)</i>	
Tolérances communes à l'ensemble des produits		
Dimensions principales « L » <i>(autres que transversales)</i>	$\pm (10 + L/1000)$ mm ± 40 mm	
Dimensions transversales « h » <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	$h \leq 150$ mm	- 5 mm ; + 10 mm
	$h = 400$ mm	± 15 mm
	$h \geq 2500$ mm	± 30 mm
Ecart angulaire « δ » des sections d'extrémité ou des sections transversales de hauteur h	$\pm h/100$ ± 5 mm	
Défaut de planéité « ε » dans un plan principal quelconque, mesuré sur la longueur « L »		
- pour les éléments en béton armé	$\pm L/700$	
- pour les éléments en béton précontraint	$\pm 1,5*(L/700)$	
Tolérances particulières pour les poutres de longueur « L »		
Inclinaison « θ » du plan vertical de symétrie	$\pm L/700$	
Flèche ou contre-flèche « v » dans le plan vertical		
- pour les éléments en béton armé	$\pm L/700$	
- pour les éléments en béton précontraint	$\pm 1,5*(L/700)$	
Tolérances relatives aux réservations et ouvertures		
- position longitudinale	$\pm (15 + 1,5*L/1000)$ mm ± 60 mm	
- position transversale en fonction de la dimension « h » des éléments <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	≤ 150 mm	-7,5 mm ; +15 mm
	$= 400$ mm	$\pm 22,5$ mm
	≥ 2500 mm	± 45 mm
- dimension transversale « b » de la réservation <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	≤ 150 mm	-7,5 mm ; +15 mm
	$= 400$ mm	$\pm 22,5$ mm
	≥ 2500 mm	± 45 mm
- écart angulaire « δ » sur la dimension de la réservation	$\pm 1,5*(b/100)$ $\pm 7,5$ mm	
Tolérances relatives aux inserts		
- position longitudinale	$\pm (15 + 1,5*L/1000)$ mm ± 60 mm	
- position transversale en fonction de la dimension « h » des éléments <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	≤ 150 mm	-7,5 mm ; +15 mm
	$= 400$ mm	$\pm 22,5$ mm
	≥ 2500 mm	± 45 mm

Inserts = crochets, fourreaux, platines, réservations, engravures, rails, attentes, etc.

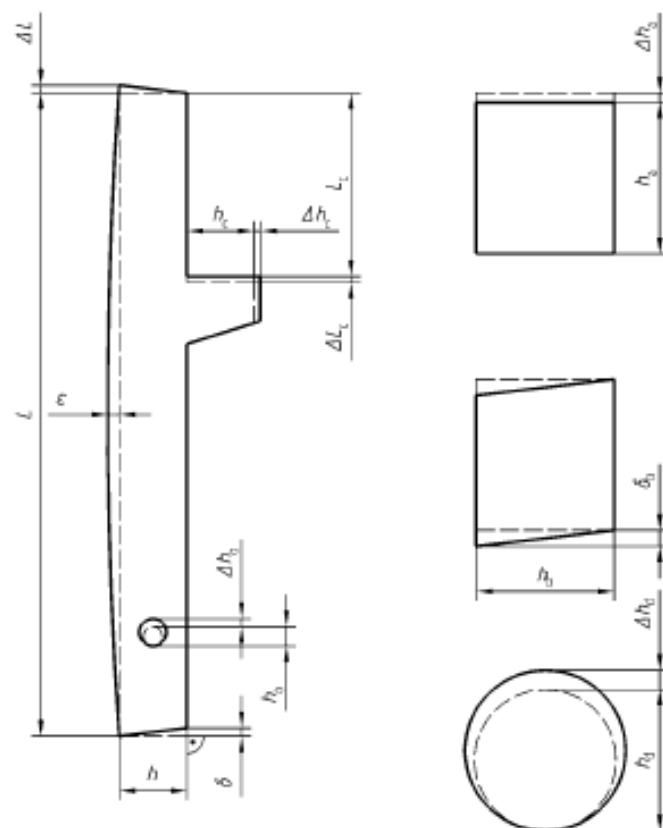


Figure 1 – Tolérances pour les poteaux (NF EN 13225)

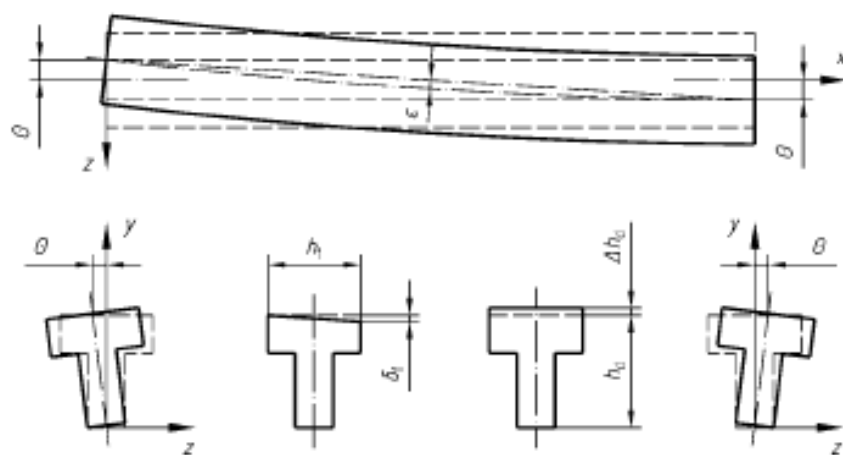


Figure 2 – Tolérances pour les poutres (NF EN 13225)

Tableau 4 – Tolérances sur le ferrailage (NF EN 13225)

Ferrailage – Mesures sur le produit fini	Tolérances <i>(la plus exigeante lorsqu'il y a 2 possibilités)</i>	
Position transversale et enrobage des armatures en fonction de la dimension « h » de l'élément dans la direction de la vérification <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	$h \leq 150 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$
	$h = 400 \text{ mm}$	$-10 \text{ mm} ; +15 \text{ mm}$
	$h \geq 2500 \text{ mm}$	$-10 \text{ mm} ; +30 \text{ mm}$
Position longitudinale		
- en partie courante	$\pm 30 \text{ mm}$	
- en limite de zone d'enrobage ⁽¹⁾	$-10 \text{ mm} ; +30 \text{ mm}$	
Armatures en attente, dispositifs de manutention		
- position longitudinale des armatures en attente	$\pm (15 + 1,5 \cdot L/1000) \text{ mm}$	
	$\pm 60 \text{ mm}$	
- position transversale des armatures en attente en fonction de la dimension « h » des éléments <i>(avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires)</i>	$\leq 150 \text{ mm}$	$-7,5 \text{ mm} ; +15 \text{ mm}$
	$= 400 \text{ mm}$	$\pm 22,5 \text{ mm}$
	$\geq 2500 \text{ mm}$	$\pm 45 \text{ mm}$

⁽¹⁾ La valeur de tolérance en moins a pour seul objet de vérifier l'enrobage de l'armature par rapport aux parements.

A.2.2 Tolérances relatives à l'ouvrage

Sauf indications contraires mentionnées dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) les tolérances définies dans le DTU 21 « Exécution des ouvrages en béton » [4] s'appliquent, les ouvrages étant considérés comme ouvrages à parements soignés (voir annexe 1).

De plus, la tolérance sur la distance libre entre les éléments supports est prise égale à $\pm 20 \text{ mm}$.

A.3 Manutention et stockage

Le stockage et la manutention ne doivent ni endommager les éléments, ni altérer leurs parements.

Le stockage sur le chantier doit être fait sur une aire spécialement aménagée, dégagée et facile d'accès de telle sorte que les opérations de manutention puissent s'effectuer dans les meilleures conditions de sécurité et dans les délais de déchargement prévus.

Les éléments doivent être stockés sur une aire plane et horizontale, conformément aux préconisations du fournisseur. En cas d'empilage, les éléments de calage (chevrons par exemple) doivent être adaptés à cet usage et respecter un alignement vertical. La stabilité de l'ensemble doit être assurée.

Le levage doit être réalisé à l'aide d'un matériel de manutention approprié et respecter les recommandations du fournisseur. Il doit être lent et progressif de façon à minimiser les effets dynamiques sur les produits et les points de préhension.

NOTE Le poids total théorique est précisé pour chaque élément.

A.4 Réception des ouvrages supports

Le responsable de la pose doit impérativement réceptionner les ouvrages supports des éléments préfabriqués avant de débiter la pose.

La réception des supports concernent les éléments préfabriqués et les éléments coulés en place.

Dans le cas où une non conformité est constatée, il procédera aux corrections nécessaires, après concertation avec le bureau d'études de structures et le fournisseur des éléments.

NOTE Dans le cas de pose à sec, ainsi que dans le cas d'appui en élastomère, l'état de surface de la zone d'appui doit correspondre à un « parement soigné » au sens du DTU 21 [4].

A.4.1 Fondations

A.4.1.1 Dispositions communes

Vérifier les points suivants :

- la conformité avec les plans d'exécution ;
- l'implantation générale ;
- l'altimétrie en partie supérieure et au niveau de la surface d'appui du pied de poteau ;
- la résistance du béton de la fondation compte tenu du mode de mise en œuvre retenu.

A.4.1.2 Fondations à encuvement

En complément des vérifications ci-dessus, il sera nécessaire d'examiner :

- la position et la dimension transversale de l'encuvement permettant de vérifier après pose l'existence d'un jeu latéral final au moins égal à 50 mm, sans dépasser 150 mm, et tenant compte des écarts d'implantation et de la dimension effective du poteau ;
- l'état de surface des parois verticales de la réservation, qui doit être rugueux ;
- la profondeur de l'encuvement ;
- la planéité de la surface d'appui en partie inférieure ;

Le poseur doit par ailleurs s'assurer qu'il dispose d'un système de réglage (jeu de cales métalliques par exemple) permettant d'ajuster le poteau à niveau.

A.4.1.3 Fondations avec réservations pour brochage

Les réservations sont ménagées dans la fondation pour recevoir les broches sortant en pied des poteaux.

Les vérifications particulières portent sur :

- la position et la dimension des réservations destinées à recevoir les broches en attente en pied de poteau, compte tenu de la position effective de ces dernières ;
- la propreté des réservations qui doit être compatible avec les conditions d'emploi du mortier de scellement ;
- la planéité de la surface d'appui du poteau.

Le poseur doit par ailleurs s'assurer qu'il dispose du mortier de scellement sans retrait compatible avec l'emploi prévu et des systèmes de réglage permettant d'ajuster le poteau à niveau.

A.4.1.4 Fondations avec broches en attente

Dans ce cas, les poteaux comportent des fourreaux dans lesquels viendront se loger les broches en attente.

Les vérifications particulières portent sur :

- le diamètre et la nature des broches en attente ;
- leur position et dépassement compte tenu des dispositions effectives dans le poteau ;
- la rectitude et la propreté des broches ;
- la planéité de la surface d'appui du poteau.

Le poseur doit par ailleurs s'assurer qu'il dispose du mortier de scellement sans retrait compatible avec l'emploi prévu et des systèmes de réglage permettant d'ajuster le poteau à niveau.

A.4.2 Poteaux

A.4.2.1 Poteaux avec broches en attente

Les vérifications suivantes doivent être effectuées en référence aux plans d'exécution :

- les dimensions transversales et longitudinales du poteau et chanfreins éventuels ;
- les diamètres, le nombre, les longueurs, la position et la rectitude des broches, compatibles avec les fourreaux de la poutre ;
- la présence du repère visuel garantissant la bonne implantation des armatures de frettage en tête du poteau. Dans le cas de frettage par des armatures transversales, le premier cadre dans le poteau doit être situé à moins de 3 cm de l'arase supérieure ;

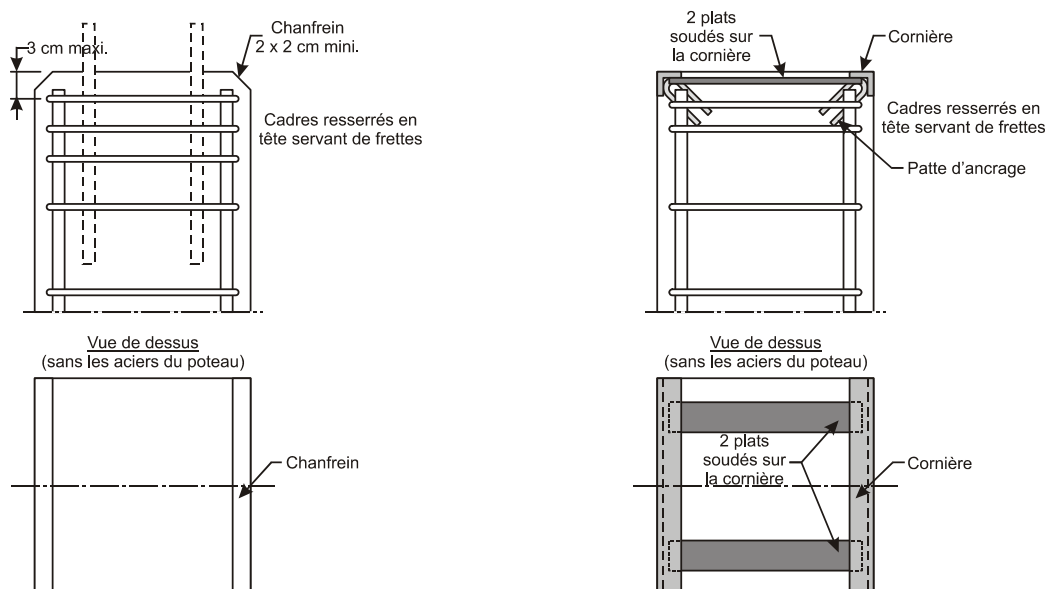


Figure 3 – Exemples de dispositions en tête de poteau

NOTE Les poteaux recevant des poutres de plancher ne nécessitent généralement pas la réalisation de chanfrein ou la mise en place de cornières.

- la distance entre broches des poteaux en vis-à-vis, supports de la même poutre ;
- la conformité des appuis néoprène avec le mode de fonctionnement attendu (appui glissant ou non) ;
- la disponibilité des outils nécessaires à la pose (boulonnerie, rondelles, clés de serrage, mortier de scellement, etc.).

A.4.2.2 Poteaux pour liaison clavetée

Dans ce cas, il y a lieu en plus de vérifier :

- la conformité des armatures en attente avec les plans (nature, diamètre et dépassement..) et leur position dans la section transversale du poteau ;
- la possibilité de mise en place des poutres sans altération des armatures en dépassement, avec croisement éventuel des armatures des poutres en vis-à-vis ;
- la disponibilité des cages d'armatures de fretage qui seront mises en place après pose des poutres ;
- la distance entre le poteau considéré et les autres éléments supports des mêmes poutres.

A.4.2.3 Poteaux avec coupleurs

Dans le cas d'utilisation de coupleurs, les points supplémentaires suivants doivent être validés :

- la conformité des coupleurs avec les plans du bureau d'études d'exécution ;
- leur position dans le poteau et leur perpendicularité à la face du poteau ;
- la disponibilité des armatures filetées compatibles avec la partie femelle incorporée dans le poteau ;
- la compatibilité avec les dispositions de ferrailage de la poutre.

A.4.2.4 Poteaux avec réservations

Dans certains cas, les poteaux comportent des trous traversants pour le passage d'armatures, pour lesquels il faut en plus vérifier :

- la dimension et la position de ces réservations ;
- la suppression des résidus de coffrage (polystyrène, bois...).

A.4.3 Voiles

En fonction du type d'assemblage, les dispositions relatives aux voiles sont similaires à celles décrites ci-dessus pour les poteaux.

A.4.4 Poutres

En fonction du type d'assemblage, les dispositions relatives aux poutres sont similaires à celles décrites ci-dessus pour les poteaux.

A.5 Vérification de la stabilité en phases provisoires

A.5.1 Stabilité

Le responsable en charge de la pose doit prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer la stabilité de l'ouvrage pendant la construction. La stabilité doit être assurée en tenant compte des imperfections liées à l'exécution (inclinaison sur la verticale, excentricité des réactions d'appuis, ...) et des tolérances sur les produits préfabriqués.

Les dispositifs de stabilité utilisés pour l'étalement, le contreventement, leur fixation aux supports et les supports eux mêmes doivent être adaptés aux efforts agissant en phases provisoires. Ils doivent ainsi être dimensionnés pour résister, en plus des charges gravitaires, aux actions à considérer pendant les phases de montage :

- le vent ;
- les charges de chantier fixées dans les DPM ou à défaut les valeurs définies en annexe 2 ;
- les chocs accidentels (impact d'un véhicule en pied de poteau, choc d'une poutre en cours de pose), dont les valeurs conventionnelles sont définies en annexe 2.

A.5.1.1 Stabilité des poteaux

La stabilité des poteaux en phases provisoires est réalisée par un dispositif de calage temporaire.

En cas de poteaux encastrés dans des fûts (encuvements), les élingues de manutention ne sont enlevées qu'après réglage final du poteau et mise en place de tous les dispositifs de calage provisoire.

En cas de liaison avec une fondation par barres d'attente (brochage), les élingues de manutention ne sont enlevées qu'après mise en place du dispositif de maintien en phase provisoire.

Lors des différentes phases de mise en place, les éléments supportés par le poteau doivent faire l'objet d'un dispositif de stabilité approprié, respectant les consignes du plan de préconisation de pose.

A.5.1.2 Stabilité des poutres et pannes

La tenue au renversement des éléments devra être assurée dès la pose, éventuellement par des équipements annexes.

Immédiatement après la pose, les éléments brochés doivent être solidarisés avec le support pour éviter tout risque de renversement sous les effets du vent ou d'un choc accidentel.

Dans le cas d'éléments clavetés, la stabilité au renversement en cours de pose doit être assurée, tant que le béton de clavetage n'a pas atteint une résistance suffisante.

A.5.2 Appuis des poutres et pannes en phases provisoires

A.5.2.1 Cas des poutres et pannes brochées

Dans ce type d'assemblage, la profondeur d'appui est calculée pour l'ouvrage en service. Elle est de ce fait généralement satisfaite en phase provisoire.

A.5.2.2 Cas des poutres et pannes clavetées

Dans cette configuration d'assemblage, le repos sur appui des poutres en phases provisoires peut nécessiter un dispositif d'étalement par lisse au voisinage de l'about.

La pose sans lisse de rive ne peut être envisagée que sur des supports en béton armé ou métalliques, et nécessite un sommier d'appui en béton armé pour la pose sur maçonnerie.

Pour se dispenser de l'étalement au niveau de l'appui, le repos sur appui doit être au moins égal à « a », avec :

$$a = \begin{cases} \text{MIN} [(a_1 + a_2 + a_3); a_4] \\ \text{sans être inférieur à 50 mm} \end{cases}$$

expression dans laquelle :

$$a_1 = \frac{F_{Ed}}{b_1 \times f_{Rd}}$$

F_{Ed} est la valeur de calcul de la réaction d'appui à l'état limite ultime ;

b_1 est la largeur d'appui nette, limitée à 600 mm ;

f_{Rd} est la valeur de calcul de la résistance de l'appui déterminée comme suit :

$$f_{Rd} = 0,40 f_{cd} \text{ dans le cas de pose à sec}$$

$$f_{Rd} = f_{bed} \leq 0,85 f_{cd} \text{ dans les autres cas}$$

f_{cd} est la résistance de calcul de l'élément supporté ou celle du support si celle-ci est inférieure ;

f_{bed} est la résistance de calcul du matériau de liaison ;

a_2 est la distance considérée inefficace depuis le nu de l'élément porteur et définie dans le tableau 10.3 de l'EN 1992-1-1 [5] ;

a_3 est la distance considérée inefficace depuis le nu de l'élément supporté et prise égale à 15 mm (armatures en attente) ;

$$a_4 = \frac{3}{4} \times \frac{F_{Ed}}{b_1 \times f_{ctd}}$$

f_{ctd} est la résistance de calcul en traction de l'élément support ou celle du supporté si celle-ci est inférieure.

Dans le calcul du repos sur appui :

- l'expression $(a_1 + a_2 + a_3)$ correspond à un mécanisme de stabilité de type béton armé, négligeant les parties de béton inefficaces. Ce mécanisme suppose que les armatures de l'élément supporté comme celles du support sont ancrées au droit des appuis sur l_a ;

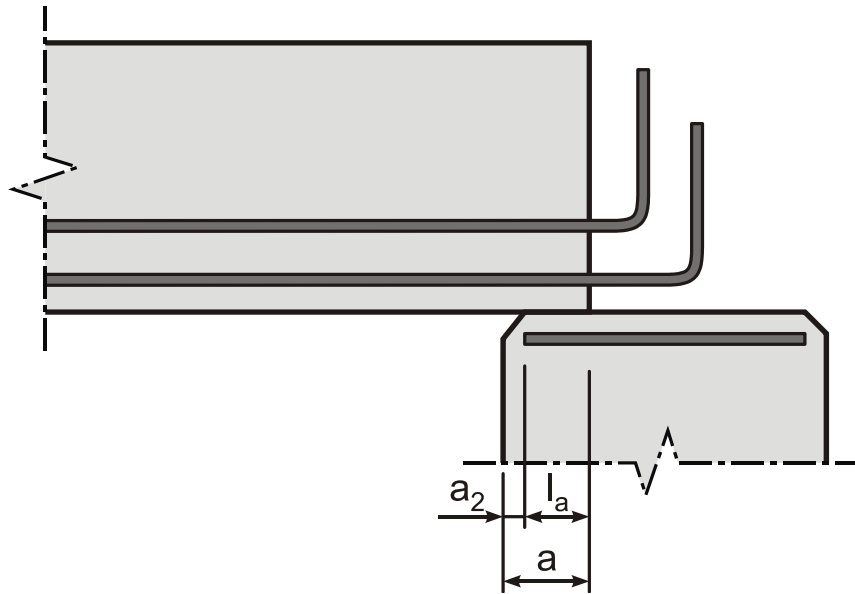


Figure 4 – Ancrage des armatures dépassantes sur appui

- la valeur a_4 est relative à la tenue du coin béton non armé. L'hypothèse retenue est celle d'une rupture du coin suivant une ligne de rupture de pente 3/2 sur l'horizontale.

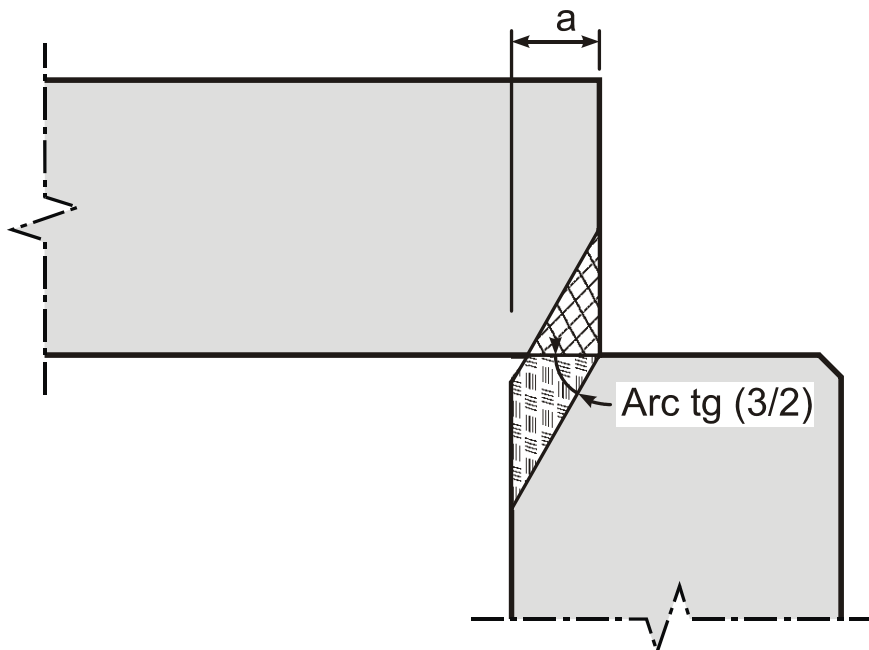


Figure 5 – Schéma de rupture du coin de béton non armé

Chapitre B : Charpentes

B.1 Poteaux

B.1.1 Réception

Les poteaux doivent être réceptionnés à la livraison. Chaque poteau doit être identifié suivant le plan servant au repérage.

Les vérifications suivantes doivent être effectuées en référence aux plans d'exécution :

- présence des dispositifs de manutention ;
- les dimensions transversales et longitudinales du poteau et chanfreins éventuels ;
- l'implantation des corbeaux dans le poteau ;
- dans le cas des armatures en attente : les diamètres, le nombre, les longueurs et les positions ;
- la présence, le type et la position des inserts prévus conformément aux plans d'exécution ;
- dans le cas d'assemblage par brochage : les diamètres, le nombre, les longueurs, la position et la rectitude des broches, compatibles avec les fourreaux de la fondation ou de la poutre ;
- la présence du repère visuel garantissant la bonne implantation des armatures de fretage en tête du poteau ;
- dans le cas d'assemblage poteau-fondation par plot à encuvement : l'état de surface du poteau sur la hauteur de l'encastrement conformément aux plans d'exécution.

B.1.2 Pose des poteaux

B.1.2.1 Manutention et stockage

Le levage du poteau doit être réalisé sur un sol propre et stable.

Le délai de stockage sur le chantier doit être limité à 2 semaines. Au-delà, l'entreprise prendra contact avec son fournisseur.

B.1.2.2 Mise en œuvre

En phase de position verticale, le poteau doit être disposé et vérifié conformément à la position définitive prévue sur les plans d'exécution.

La liaison définitive avec le support doit être effective avant la pose des poutres.

B.1.2.2.1 Assemblage poteau-fondation par plot à encuvement

En l'absence de prescriptions particulières, l'espace libre horizontal, E, entre le poteau et le plot doit être au moins égal à 50 mm, sans dépasser 150 mm.

L'altimétrie du poteau doit être ajustée en tenant compte des relevés dimensionnels réalisés à la livraison (hauteur, position des corbeaux et des inserts). L'espace libre vertical, F, entre le poteau et le plot doit être au moins égal à 10 mm.

Le béton d'assise doit être mis en œuvre avant la pose du poteau dans l'encuvement. Si l'espace libre vertical, F, entre le poteau et le plot est supérieur ou égal au quinzième de la plus petite dimension transversale du poteau, sans être inférieure à 40 mm, le coulage peut être réalisé en une seule fois.

La classe de résistance du béton de clavetage doit être conforme au plan d'exécution, sans être inférieure à C25/30. La granulométrie et la consistance du béton doivent être adaptées en fonction de l'espace libre effectif entre le fût et le poteau. L'évolution de sa résistance au jeune âge satisfait aux contraintes supportées en phase de montage.

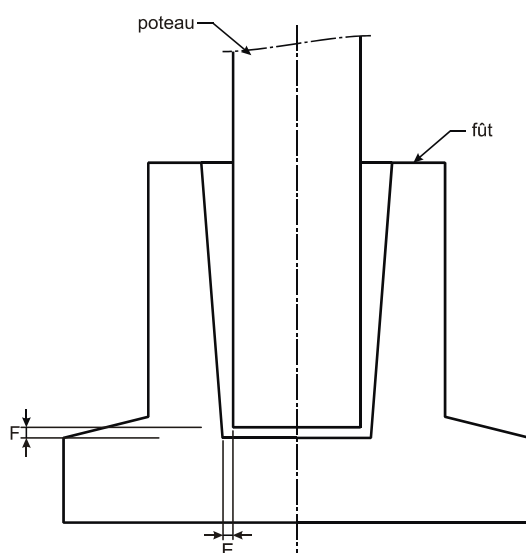


Figure 6 – Assemblage poteau-fondation par plot à encuvement

Dans le cas où les faces du poteau sur la hauteur de l'encuvement sont très lisses, au sens du paragraphe 6.2.5 de l'EN 1992-1-1, des dispositions particulières doivent être adoptées telles que la réalisation d'un traitement de surface, l'utilisation de mortier sans retrait, etc.

B.1.2.2.2 Assemblage poteau-fondation par brochage

L'espace libre vertical, F, entre le poteau et le dessus du plot doit être au moins égal à 10 mm.

L'altimétrie du poteau doit être ajustée en tenant compte des relevés dimensionnels réalisés à la livraison (hauteur, position des corbeaux et des inserts).

Lorsque le dispositif de réglage est ajusté, un mortier à retrait compensé (produit de scellement) vient remplir les réservations et le vide de calage. Le poteau est alors mis en place, les armatures en attente venant se loger dans le mortier frais.

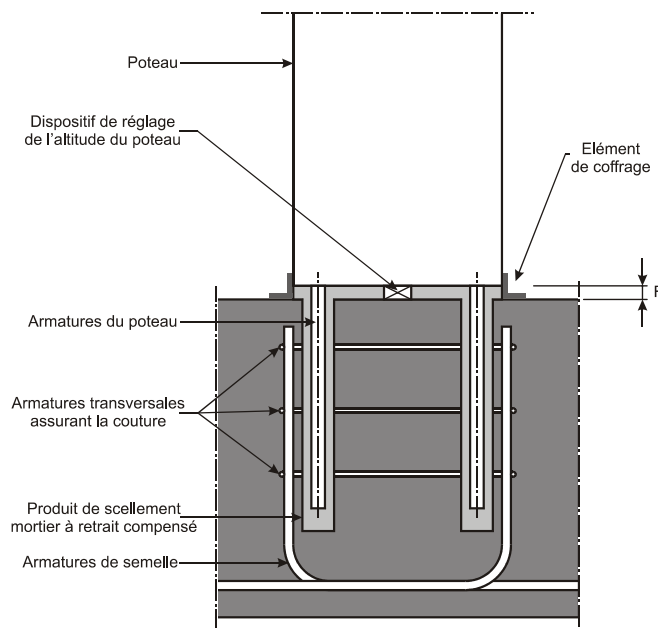


Figure 7 – Assemblage poteau-fondation par brochage

B.2 Poutres principales

B.2.1 Réception des poutres

Les poutres doivent être réceptionnées à la livraison. Chaque poutre doit être identifiée suivant le plan servant au repérage.

Les vérifications suivantes doivent être effectuées en référence aux plans d'exécution :

- le repère de la poutre et son orientation ;
- présence des dispositifs de manutention ;
- les dimensions transversales et longitudinales de la poutre et chanfreins éventuels ;
- la présence, le type et la position des inserts prévus conformément aux plans d'exécution ;
- dans le cas des armatures en attente : les diamètres, le nombre, les longueurs et les positions ;
- dans le cas d'assemblage par brochage : les diamètres, le nombre, les longueurs, la position et la rectitude des broches, compatibles avec les fourreaux des éléments portés.

B.2.1.1 Poutres brochées

En complément des points précédents, la dimension et la position des fourreaux ainsi que la compatibilité avec la position effective des broches des éléments porteurs doivent être vérifiées.

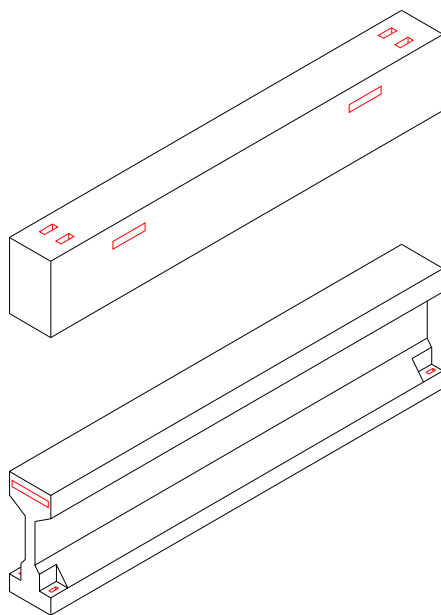


Figure 8 – Poutre brochée

B.2.1.2 Poutres clavetées

En complément des points listés au paragraphe B.2.1.1, les vérifications suivantes doivent être effectuées :

- la rugosité de la face d'about ou l'existence d'un crantage ;
- la compatibilité des armatures en attente dans le clavetage et la conformité avec les détails d'assemblage établis par le fournisseur des poutres ;
- l'encombrement des armatures en attente ménageant les jeux nécessaires à la pose des autres poutres ;
- l'implantation des armatures de béton armé permettant le croisement avec les attentes des autres poutres et les attentes dans le support.

B.2.2 Pose des poutres

B.2.2.1 Manutention et stockage

Sauf indication contraire, dans le cas des poutres précontraintes, les éléments de calage sont placés à proximité des extrémités. Lorsque les poutres présentent des dispositions particulières aux abouts, les éléments de calage sont disposés en retrait, au droit de la section courante.

Le délai de stockage sur le chantier doit être limité à 2 semaines. Au-delà, l'entreprise prendra contact avec son fournisseur.

B.2.2.2 Mise en œuvre

L'entreprise de pose doit définir la méthodologie appropriée (ferraillage, cinématique de pose) garantissant des conditions de mise en œuvre optimales.

NOTE C'est le cas notamment de la pose de plusieurs poutres à clavier sur un même support.

Dans le cas d'étaisements intermédiaires, les poutres sont posées sur leurs appuis puis les dispositifs d'étalement sont mis en place au contact de leur sous-face.

Pour les poutres brochées, la profondeur d'appui est calculée pour l'ouvrage en service. Elle est de ce fait généralement satisfaite en phases provisoires. La liaison définitive avec le support doit être effective avant la pose des éléments supportés. L'appareil d'appui doit être conforme à la documentation technique.

B.2.2.2.1 Appui sans déplacement relatif

La surface d'appui doit être plane, horizontale et sans aspérité. Un lit de mortier est nécessaire si la surface brute n'est pas apte à recevoir l'appareil d'appui. En cas d'appareil d'appui en élastomère fretté, le sens de pose, s'il existe, doit être respecté (la sous face au contact de l'élément porteur).

Le mortier de remplissage des réservations est conforme au plan de pose.

A la mise en place de la poutre, il faut vérifier sa verticalité et son implantation, l'existence du jeu fonctionnel entre les abouts des poutres en vis-à-vis, couler le mortier sans retrait dans les fourreaux et si les broches sont filetées, mettre les rondelles et visser les écrous.

Après réalisation de l'assemblage, les résidus de mortier ou de béton ayant pénétré entre la poutre et le support doivent être enlevés.

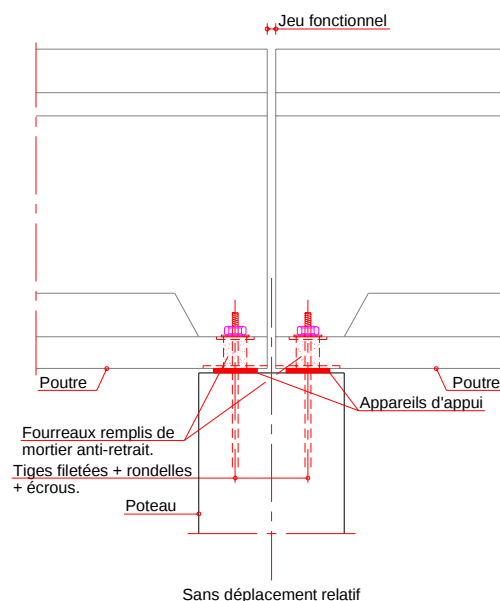


Figure 9 – Pose sur appuis sans déplacement relatif

B.2.2.2.2 Appui avec déplacement relatif

La surface d'appui et les broches font l'objet des mêmes contrôles que pour la pose sur appuis sans déplacement relatif. L'appareil d'appui en élastomère fretté est conforme à la documentation technique.

Après la pose des poutres, l'espace entre leurs abouts doit être conforme au plan de pose. Cet espace ne doit jamais être obstrué ultérieurement. La distance entre la broche et le fourreau ménage un jeu conforme au plan de pose.

Aucun produit de scellement n'est à couler dans les réservations excepté des produits souples ou anticorrosifs.

Les rondelles et les écrous sont immédiatement mis en place après la pose des poutres pour éviter tout déversement éventuel. Le serrage doit permettre un déplacement horizontal de la poutre sur son support.

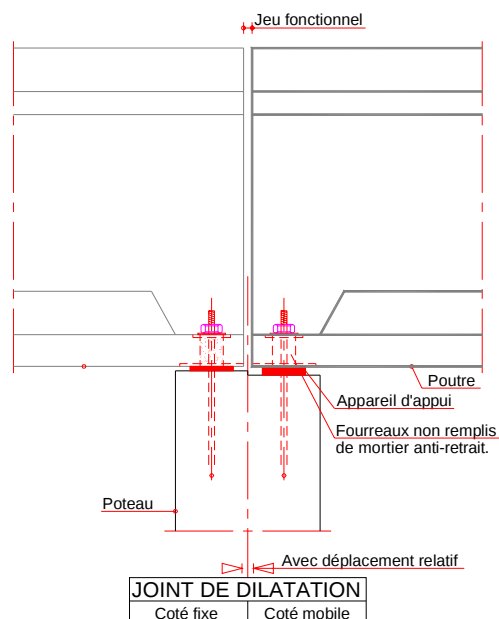


Figure 10 – Pose sur appuis avec déplacement relatif

B.2.2.2.3 Appui glissant

Les poutres sont maintenues transversalement pour éviter qu'elles échappent à leurs appuis. L'espacement latéral entre les pièces de maintien est contrôlé avant la pose de la poutre.

Après la pose des poutres, l'espace entre l'about des poutres et tout autre élément ainsi que la position de l'appareil d'appui doivent être conformes au plan de pose.

B.2.2.2.4 Cas des poutres clavetées

Les prescriptions sont données paragraphe C.1.2.2.

B.3 Pannes

B.3.1 Réception des pannes

Les pannes doivent être réceptionnées à la livraison. Chaque panne doit être identifiée suivant le plan servant au repérage.

On vérifiera la présence du repère visuel garantissant la bonne implantation de la cage d'armatures du becquet d'appui.

B.3.1.1 Pannes brochées

Les prescriptions données au paragraphe B.2.1.1 pour les poutres brochées sont applicables. Les dimensions principales des pannes doivent être mesurées ainsi que la position des broches ou des goujons des poutres porteuses afin de prévenir toute difficulté de mise en œuvre.

B.3.1.2 Pannes clavetées

Les prescriptions données au paragraphe B.2.1.2 pour les poutres clavetées sont applicables.

B.3.2 Pose des pannes

B.3.2.1 Manutention et stockage

Les prescriptions données au paragraphe B.2.2.1 pour les poutres s'appliquent.

B.3.2.2 Mise en œuvre

Les prescriptions données au paragraphe B.2.2.2 pour les poutres s'appliquent.

La longueur libre du becquet (entre le flanc de la poutre et le raccordement becquet-panne) doit être vérifiée à la pose.

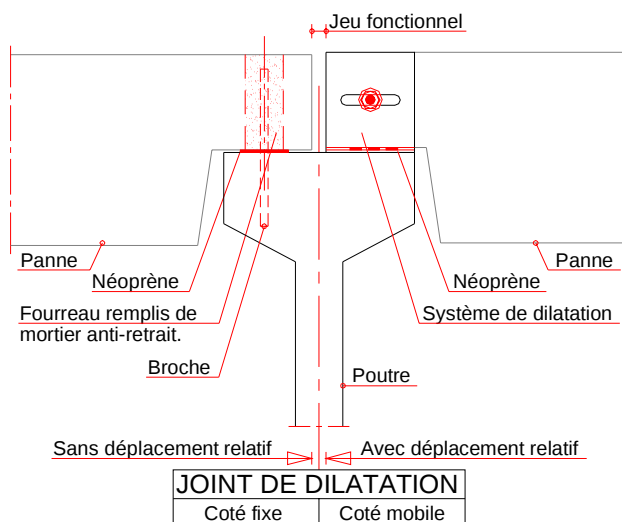


Figure 11 – Pannes brochées avec ou sans déplacement relatif

Chapitre C : Poutres support de planchers

C.1 Poutres de plancher

C.1.1 Réception des poutres

Les prescriptions données au paragraphe B.2.1 s'appliquent.

C.1.2 Pose des poutres

C.1.2.1 Manutention et stockage

Les prescriptions données au paragraphe B.2.2.1 s'appliquent.

C.1.2.2 Mise en œuvre

C.1.2.2.1 *Cas des poutres brochées*

Les prescriptions données aux paragraphes B.2.2.2.1, B.2.2.2.2 et B.2.2.2.3 s'appliquent.

C.1.2.2.2 *Cas des poutres clavetées*

La coupe d'armatures est formellement interdite. Il est également interdit de chauffer les armatures de précontrainte pour faciliter leur pliage.

La pose à sec ne peut être envisagée que lorsque la surface d'appui présente une planéité satisfaisante. Dans le cas contraire, la pose des poutres s'effectuera sur un bain de mortier.

Le repos sur appui en phase provisoire nécessite généralement un dispositif d'étaieement par lisse au voisinage de l'about. La position de ce support doit parfois être décalée lorsque la poutre comporte une réservation.

Le dispositif d'étaieement est dimensionné pour la réaction d'appui de la poutre, négligeant l'appui direct de celle-ci sur le poteau.

NOTE L'attention de l'entreprise est attirée sur l'intensité des réactions d'appuis, en particulier dans le cas de poutres porteuses de portée significative avec de grands entraxes et / ou des intercalaires non étayés. C'est le cas notamment des poutres associées à des dalles alvéolées.

La pose sans lisse de rive ne peut être envisagée que sur des supports en béton armé ou métalliques. Dans ce cas, la pose sur maçonnerie nécessite un sommier d'appui en béton armé.

Lorsque la poutre présente une pente supérieure à 1 % et que son extrémité n'est pas biseautée, la pose doit être réalisée sur un bain de mortier d'épaisseur moyenne 3 à 4 mm. Dans le cas de pose avec appareil d'appui, les coulures de mortier seront éliminées autour de ce dernier.

On vérifie tout d'abord la bonne disposition des armatures, ménageant des espaces suffisants pour réaliser le bétonnage, compte tenu des ferrillages complémentaires. Les cadres du poteau, les armatures de brelâge, les frettages horizontaux et verticaux sont ensuite disposés suivant le détail d'assemblage.

Le recouvrement des armatures en vis-à-vis sera vérifié avant réalisation du clavetage. Sauf mention particulière, ce recouvrement ne sera pas inférieur à 10 diamètres.

La granulométrie du béton sera définie en fonction des distances entre armatures. Le diamètre c_g du plus gros granulat ne doit pas dépasser l'espace disponible.

Sauf prescription particulière sur le plan de pose, la qualité du béton de clavetage est d'au moins 25 MPa. De plus, l'écart entre les résistances caractéristiques du béton de clavetage et du béton préfabriqué est limité à :

- 20 MPa lorsque la résistance du béton préfabriqué est inférieure ou égale à 50 MPa ;
- 25 MPa pour des résistances supérieures.

La plasticité du béton doit permettre une mise en œuvre correcte compte tenu des moyens de vibration. L'emploi de béton autoplaçant est recommandé.

Le bétonnage du nœud peut être réalisé jusqu'au niveau supérieur de la poutre avant la pose des intercalaires. Cette solution permet de confectionner un béton spécialement adapté à l'assemblage. Dans le cas de poutres posées sans étau ou de poutres relativement flexibles, cette disposition n'est envisageable que si la poutre comporte des armatures en partie supérieure, en recouvrement avec les armatures du poteau ou de la poutre en vis-à-vis.

Le béton de clavetage peut également être réalisé en même temps que celui de la dalle de compression. Les contraintes relatives au clavetage doivent donc être prises en compte pour la définition de ce béton.

Dans tous les cas, les étais et dispositifs de maintien des poutres doivent être laissés en place tant que la résistance du béton n'est pas atteinte.

Sauf indications contraires sur les plans :

- la pose des poutres secondaires sur la poutre principale nécessite la mise en place d'un dispositif d'étalement au droit des appuis ;
- l'utilisation de cales pour la mise en œuvre est interdite.

Bibliographie

[1] Règlement Technique CSTBat RT 02.02/03, *Éléments résistants de structure en béton précontraint*. Octobre 2002.

[2] NF EN 13225 (P19-812), *Produits préfabriqués en béton – Éléments de structure linéaires*. Février 2005.

[3] *Recommandations professionnelles pour les assemblages entre éléments d'ossature*. FIB - CERIB, DDE 09. Juin 2001.

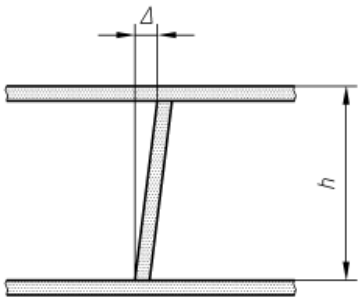
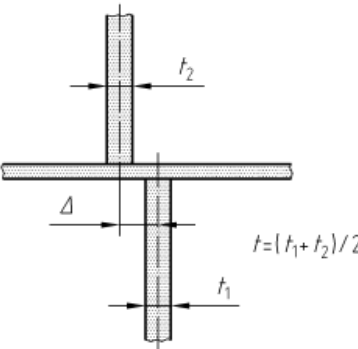
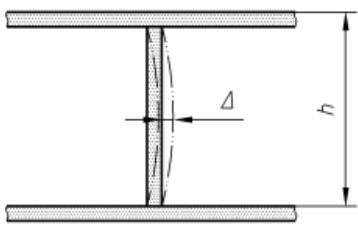
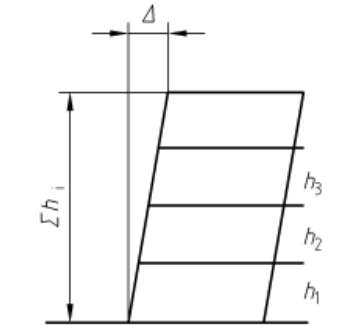
[4] DTU 21 (NF P18-201), *Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton*. Mars 2004.

[5] EN 1992-1-1, *Eurocode 2 : Calcul des structures en béton – Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments*. Avril 2004.

ANNEXE 1 : Tolérances relatives à l'ouvrage

Les tolérances données dans le DTU 21 sont rappelées ci-après.

Tableau A.1 – Tolérances d'exécution pour les poteaux et les murs coulés en place

N°	Types d'écart	Description	Écart admissible Δ
a		Inclinaison d'un poteau à tout niveau dans un bâtiment d'un ou de plusieurs étages	La plus grande des deux valeurs : $h/300$ ou 15 mm
b		Écart entre axes pour les poteaux et les murs	La plus grande des deux valeurs : $t/30$ ou 15 mm
c		Flèche d'un poteau entre deux niveaux consécutifs	La plus grande des deux valeurs : $h/300$ ou 15 mm
d		Position de l'axe d'un poteau ou d'un mur à tout niveau par rapport à la verticale de son centre au niveau bas d'une structure à plusieurs étages : n , nombre d'étages. avec : $n \geq 1$	La plus grande des deux valeurs : 50 mm ou $\sum h / (200 n^{1/2})$

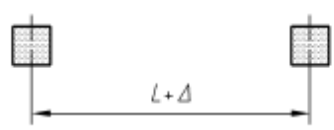
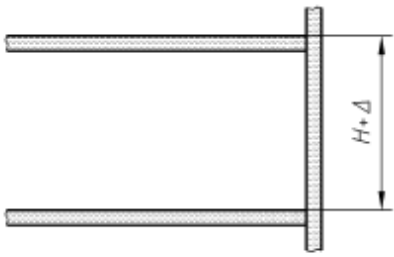
N°	Types d'écart	Description	Écart admissible Δ
a		Distance entre axes	La plus grande des deux valeurs : $\pm 20 \text{ mm}$ ou $\pm L/600$
b		Niveaux d'étages consécutifs au droit des appuis	$\pm 20 \text{ mm}$

Tableau A.2 – Tolérances d'exécution pour les poutres et les dalles coulées en place

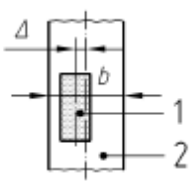
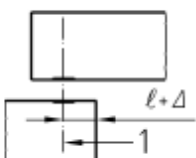
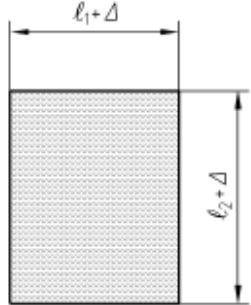
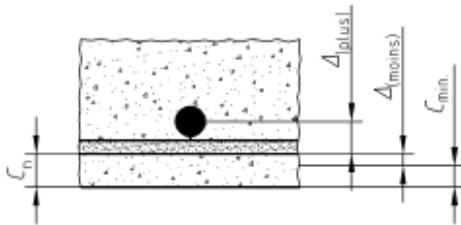
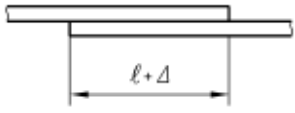
N°	Types d'écart	Description	Écart admissible Δ
a		Position d'une liaison poutre-poteau repérée par rapport au poteau. b = dimension du poteau suivant la direction de Δ . avec 1 = poutre et 2 = poteau	La plus grande des deux valeurs : $\pm b/30$ ou $\pm 20 \text{ mm}$
b		Position de l'axe d'un appui par rapport au support. ℓ = distance théorique à l'arête. 1 = Axe réel de l'appui.	La plus grande des deux valeurs : $\pm \ell/20$ ou $\pm 15 \text{ mm}$

Tableau A.3 – Tolérances d'exécution des sections pour les éléments coulés en place

N°	Types d'écart	Description	Écart admissible Δ
a	Dimension de la section 	ℓ_1 = dimension dans une section. Applicable aux poutres, dalles et poteaux Pour $\ell_1 < 150$ mm $\ell_1 = 400$ mm $\ell_1 = 2\,500$ mm avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires.	± 10 mm ± 15 mm ± 30 mm
b	Position de l'armature passive Section transversale  C_{min} = enrobage minimum requis C_n = enrobage nominal = $C_{min} + \Delta_{(moins)}$ C = enrobage réel Δ = écart admissible sur C_n h = hauteur de la section Exigence : $C_n + \Delta_{(plus)} > C > C_n - \Delta_{(moins)}$	Pour toute valeur de h : $\Delta_{(moins)}$ $h \leq 150$ mm, $\Delta_{(plus)}$ $h = 400$ mm, $\Delta_{(plus)}$ $h \geq 2\,500$ mm, $\Delta_{(plus)}$ avec interpolation linéaire pour les valeurs intermédiaires.	10 mm + 10 mm + 15 mm + 20 mm
NOTE Il est possible d'augmenter de 15 mm les écarts positifs admissibles pour les enrobages des armatures des fondations et des éléments de béton des fondations.			
c	Recouvrement 	ℓ = Longueur de recouvrement	0,06 ℓ
Les valeurs données s'appliquent en positions verticale et horizontale.			

ANNEXE 2 : Actions en phases provisoires

Les phases provisoires comprennent la mise en précontrainte, la manutention en usine, le stockage, le transport et la mise en œuvre sur chantier.

Durant les phases de construction, chaque élément de structure et le dispositif de stabilité associé doivent pouvoir résister à un choc accidentel. Sauf indication contraire dans les DPM, ce choc est traduit par un effort horizontal dont l'intensité est conventionnellement prise égale à 20 % du poids unitaire de l'élément directement supporté. L'effort est appliqué au niveau de la surface d'appui de l'élément supporté.

NOTE La poutre porteuse de charpente sera donc vérifiée en considérant un effort horizontal en tête égal à 20 % du poids de la panne.

Sauf dispositions particulières garantissant l'absence de chocs par des véhicules, les poteaux supports de poutres compte tenu de leur système d'étalement, doivent être conçus pour résister à une action accidentelle correspondant à une force horizontale d'intensité 60 kN située à 1,50 m au-dessus du sol. Des valeurs différentes peuvent être prescrites dans les DPM.

1. Charges de chantier

Sauf indication contraire définie dans les DPM, les charges de chantier sont définies comme suit.

1.1 Poutres supports de couverture

a) Couverture sans étanchéité

Les charges de chantier sont conventionnellement assimilées à deux charges concentrées.

L'intensité de chaque charge est prise égale à 1 kN plus le demi-poids d'un élément de couverture si ses dimensions et son poids permettent une manutention sans appareils.

Pour des portées supérieures à 3,00 m, les charges sont appliquées au 1/3 et aux 2/3 des portées. Lorsque les portées sont inférieures à 3,00 m, les deux charges sont placées à 1,00 m d'intervalle dans les conditions les plus défavorables en ne tenant pas compte, dans le cas de continuité, de la charge extérieure à la portée considérée.

NOTE Cela revient, pour les éléments de portée inférieure ou égale à 2,00 m à appliquer une charge concentrée au milieu de la portée.

b) Couverture recevant une étanchéité

Les charges de chantier sont conventionnellement assimilées à une surcharge uniformément répartie sur un rectangle de 10 m², s'ajoutant au poids propre de la couverture. L'intensité au mètre carré est égale à la plus grande des deux valeurs :

- $(P + 0,50)$ kN/m², où P représente le poids moyen au mètre carré des matériaux constituant l'étanchéité et de ceux placés au-dessus d'elle ;
- 1 kN/m².

Cette surface est placée dans les conditions les plus défavorables pour la vérification considérée.

1.2 Poutres de planchers

Les charges de chantier sont conventionnellement assimilées à une surcharge uniformément répartie sur un rectangle de 10 m², s'ajoutant au poids du plancher brut. L'intensité au mètre carré est égale à la plus grande des deux valeurs :

- 0,40 g₂ kN/m², où g₂ représente le poids moyen au mètre carré du béton coulé en œuvre ;
- 2 kN/m².

Cette surface est placée dans les conditions les plus défavorables pour la vérification considérée.

2. Effets du vent

Pour les combinaisons avec les charges de chantier ou les chocs (en vérification accidentelle), les effets du vent seront pris en compte en considérant la pression dynamique "q" correspondant à la vitesse maximale autorisée pour l'exécution des travaux.

$$q = \frac{V^2}{16,3}$$

avec V la vitesse du vent en m/s et q la pression dynamique en daN/m².

NOTE Pour une vitesse de vent de 60 km/h, q = 17 daN/m².

La stabilité de la structure et la résistance des éléments doivent toutefois être vérifiées à chaque étape de la construction en combinant les sollicitations dues aux charges permanentes et l'action du vent telle que définie dans les règles. Les dispositifs de stabilité et d'étalement devront être dimensionnés en conséquence.