

L'étalement pour le bâtiment

Ce document a reçu l'avis technique favorable de la Commission Etalement de l'AFNOR.

OBJET : Conditions techniques nécessaires pour assurer la sécurité tant à la conception qu'à la réalisation des étalements de planchers de bâtiment exécutés en place.

Ces principaux types de planchers sont :

- les planchers à dalle pleine bétonnée en place,
- les planchers à poutrelles et entrevous,
- les planchers à prédalles.

L'étalement transmet des charges depuis la partie haute (le plancher étagé) jusqu'au sol. Ceci suppose que cette chaîne de transmission des efforts se fasse dans de bonnes conditions et sans point faible. Il faut également noter que le coffrage participe à l'étalement, qu'il soit récupérable ou perdu (prédalle, poutrelle, entrevous). Ainsi, tous ces éléments doivent résister aux charges auxquelles ils sont soumis d'où la nécessité de les connaître avec exactitude.

1. - ÉNONCÉ DES RISQUES PRINCIPAUX

1.1. - Chute de personnes

- lors de la mise en place de l'étalement,
- lors des travaux sur la surface étagée, notamment par défaut de protections ou garde-corps.

1.2. - Chute ou/et écrasement de personnes lors de l'effondrement d'un plancher dont l'origine est :

1.2.1. - Coffrage

- Rupture du contreplaqué, des bois, des entrevous ou poutrelles préfabriquées, prédalles, etc...
- Décoffrage prématuré.

1.2.2. - Support du coffrage

- renversement ou basculement des éléments raidisseurs sous le coffrage (filière) ou plus généralement d'un lit d'étalement (mauvais calage),
- rupture des filières,
- mauvaise conception des éléments raidisseurs (par exemple absence de filières sur étais),
- transmission de la charge d'une manière excentrée sur le dispositif d'étalement.

1.2.3. - Dispositif d'étalement

- non respect des normes et des règles de l'art,
- mauvaise conception de l'étalement, notamment erreurs dans la détermination des charges par appui (charges transitoires, effets de continuité, etc...),
- oubli ou méconnaissance des charges de chantier tant en directions qu'en intensités,

- déversement des tiges filetées des vérins de tête ou de pied, en raison notamment d'un « tirage » excessif ou d'un excentrement des charges,
- fixation défectueuse, notamment des appuis de rive fixés dans les murs,
- flambage du dispositif d'étalement,
- contreventement inexistant ou insuffisant, superposition d'étais ...,
- rupture d'une pièce dans les étais ou montants,
- décintrément prématuré.

1.2.4. - Transmission au sol

- mauvais appui du dispositif d'étalement (mauvaise répartition, matériaux inaptes : parpaings, etc...),
- mauvaise qualité du sol d'appui qui ne peut opposer une réaction suffisante à la charge transmise : tassement du sol insuffisamment compact ou excavation non reconnue en sous-sol ...,
- modification du sol d'appui au voisinage de l'étalement en oeuvre, (terrassements de tranchées ; ramolissement du sol par l'eau de pluie, l'arrosage des coffrages, le ravinement ...).

2. - LE MATÉRIEL D'ÉTALEMENT

2.1. - Le matériel d'étalement pour le bâtiment :

- les éléments horizontaux :
 - panneaux de coffrage, en bois ou en métal,
 - les lisses ou filières
 - en bois : bastaings, madriers, poutrelles bois, ...
 - en métal : poutrelles acier à treillis, poutrelles alu, ...
- les éléments verticaux :
 - les étais métalliques simples,
 - les tours d'étalement ou sapines.
- les pièces d'assemblage et de liaison :
 - fourches et platines,
 - vérins à vis.
- les pièces pour le montage et/ou le déplacement :
 - trépieds,
 - chevalets à roulettes.

2.2. - Spécifications et réglementation technique

- pour le bois : règles CB71, Normes NF B 52.001,
- pour l'acier : règles CM66,
- pour les étais métalliques simples : Norme NF, P 93-321, Mai 1987,
- pour les tours d'étalement : Norme NF P 93-550, Décembre 1987.

3. - LES CHARGES À ÉTAYER

3.1. - Les charges permanentes

- le poids de l'étalement,
- le poids des coffrages, des filières ou lisses, des poutrelles et des entrevous, des prédalles, selon le type de plancher à construire,
- le poids du béton armé fini à la cote prévue.

3.2. - Les charges de chantier : détermination réelle des charges

- les charges verticales

- la surépaisseur de béton par rapport à la cote finie au moment du bétonnage par benne, pompe, ...
- le poids des hommes exécutant le bétonnage,
- le poids des matériels : pervibrateurs, tuyau plein de la pompe à béton, ...

- les charges horizontales

- mouvements du personnel, notamment efforts de guidage du matériel de bétonnage,
- coulée du béton, déplacements de matériels, vibration du béton, secousses de la pompe à béton,
- les efforts parasites apportés notamment par :
 - la pente du plancher,
 - l'excentricité des étais (jeu coulisse-fût),
 - l'excentricité des lisses sur les étais,
 - l'excentricité des points de contact lisses-fourches d'étais, platine d'étais et sol d'appui, etc...
 - le défaut de verticalité des étais,
 - la pose d'éléments préfabriqués de planchers.

Tous ces efforts horizontaux ne peuvent être repris que par un contreventement efficace du dispositif d'étalement : filières et étais.

- Les effets dynamiques

- personnel en mouvement,
- matériels en action ou en déplacement,
- coulée du béton dont l'effet est d'autant plus sévère que la commande de vidage de la benne est difficile à contrôler,
- ébranlements de la pompe à béton et vibrations dues aux pervibrateurs.

- Les surcharges diverses

- stockage de matériels ou de matériaux : coffrages, armatures, palettes de matériaux,
- heurts ou pose de la benne à béton.

- Les charges climatiques

- vent : force horizontale et verticale ascendante (soulèvement),
- neige : en général non prise en compte.

3.3. - Comment limiter les charges de chantier

- Étaler le béton au fur et à mesure de son déversement.
- Choisir une benne à béton dont :
 - le volume est adapté à l'épaisseur bétonnée,
 - le débit de vidage est facilement contrôlable : réduction des surcharges et du travail de répartition,
 - le recul au vidage est faible ou nul.
- Réduire ou supprimer les efforts parasites :
 - buter le plancher en pente et contre-buter l'étalement,
 - choisir un matériel d'étalement qui permette le centrage des charges, le calage efficace des filières,

(non déversement) et qui assure la verticalité des montants et le contreventement réel de tous les éléments.

3.4. - Charges de chantier : valeurs forfaitaires

Si le concepteur préfère prendre une valeur forfaitaire des charges, il se référera à l'une des prescriptions suivantes :

3.4.1. - L'INRS (note n° 230.22.61) préconise une valeur forfaitaire de :

200 daN/m²

3.4.2. - La norme NF P 93-550 relative aux tours d'étalement, prévoit une charge répartie comprise entre 180 et 350 daN/m², à laquelle s'ajoutent des charges ponctuelles.

La norme P 06-001 relative aux bases de calcul des constructions, prévoit une charge répartie de 150 daN/m² sur les passerelles qui permettent le passage de front d'une seule personne.

3.4.3. - Le Cahier des Prescriptions Techniques « Planchers » publié par le CSTB prescrit pour :

• les planchers à poutrelles et entrevous :

Une charge verticale concentrée P est placée sur les poutrelles, en milieu de portées partielles d'étalement.

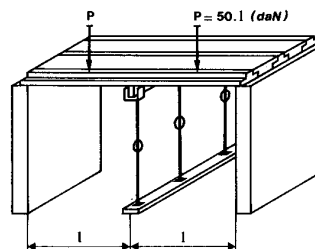
On désigne la portée partielle par « l »,

On fixe la charge de chantier à une valeur forfaitaire unitaire de :

$$q = 50 \text{ daN/ml}$$

La charge de chantier par travée de chaque poutrelle sera :

$$P = q \times l \text{ ou } P = 50 \times l \text{ (daN) avec } P \geq 100 \text{ daN}$$



VÉRIFICATION DE SÉCURITÉ

- majoration des charges :
- permanentes : $K_1 = 1,5$
 - de chantier : $K_2 = 2$

(CPT IA 104,11 ; 204,1 ; 204,2)

• les planchers à prédalles :

Une charge « couteau » est uniformément répartie sur la largeur de la prédalle, à mi-portée d'étalement, que l'on désigne par « P ».

soit : « l » la portée partielle d'étalement,

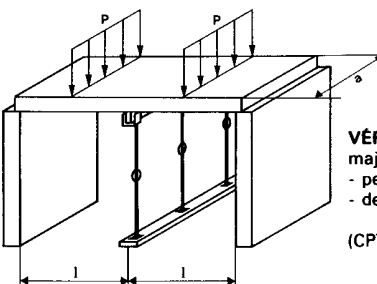
« a » la largeur de la prédalle,

$q = 50 \text{ daN/m}^2$ une valeur forfaitaire.

La charge de chantier P est :

$$P = q \cdot l \cdot a \text{ ou } P = 50 \cdot l \cdot a \text{ (daN)}$$

Dans le cas de prédalles intercalaires de grande largeur, la largeur d'application est limitée à 2 m.



VÉRIFICATION DE SÉCURITÉ

- majoration des charges :
- permanentes : $K_1 = 1,5$
 - de chantier : $K_2 = 2$

(CPT IIA 111,4)

3.4.4. - Les efforts horizontaux

A défaut d'un calcul des différentes charges horizontales, il doit être pris une valeur globale forfaitaire égale à 20 % des efforts verticaux, pour l'étalement d'un plancher horizontal au-dessus d'un sol d'appui horizontal.

4. - RÉPARTITION DES CHARGES SUR LES APPUIS D'ÉTAIEMENT

4.1. - La charge totale est la somme des charges permanentes et des charges de chantier.

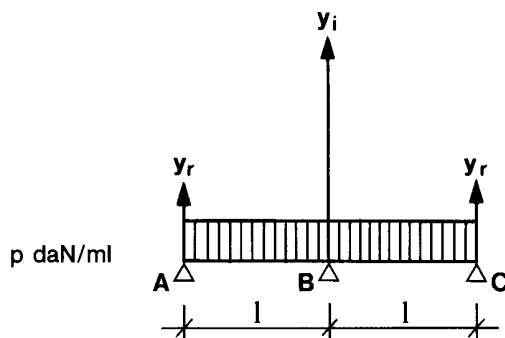
4.2. - La charge enveloppe sur un appui est la charge maximale que recevra cet appui à un moment donné au cours de sa fonction d'étalement.

4.3. - Effet de continuité et double continuité

La continuité d'un élément tel qu'une prédalle, une filière, etc ... a pour conséquence une répartition des charges sur les appuis différente de la simple répartition géométrique.

Lorsqu'une poutre (ou une filière) continue repose sur 3 appuis*, et supporte une charge uniformément répartie « p » par mètre, la charge transmise entraîne une réaction sur :

- l'appui central de : $y_i = 1,25 pl$
 - chaque appui de rive de : $y_r = 0,375 pl$
- « l » désigne chaque portée partielle



4.3.1. - Appui intermédiaire

Si l'étalement est constitué de 2 systèmes de raidissement orthogonaux (poutrelles béton et filières, prédalle armée et filières, ...), les effets de continuité orthogonaux se conjuguent.

La charge uniformément répartie est de q daN/m².

Le rectangle de plancher supporté par un étai intermédiaire a une longueur l et une largeur a .

La charge supportée par cet étai intermédiaire est :

$$N_i = 1,25 \times 1,25 qla \text{ ou } N_i = 1,56 qla$$

Le CPT « Planchers » demande une majoration minimale de 20 % pour prendre l'effet de simple continuité, soit $N = 1,44 qla$ en double continuité :

Il est donc raisonnable de prendre :

$$N_i = 1,5 qla$$

sur un appui intermédiaire

4.3.2. - Appui de rive

Lorsque le bétonnage en cours n'est réalisé que sur une travée, l'appui de rive et l'appui intermédiaire reçoivent chacun une charge voisine de :

$$y_i = y_r = 0,5.q.a$$

* Lorsque le nombre d'appuis est supérieur à 3 et croît, les inégalités de répartition des charges sont moins sévères. Mais dans la mesure où les filières peuvent être constituées de plusieurs éléments (bastaings, poutrelles, etc ...) il est prudent de s'en tenir aux résultats de la poutre sur 3 appuis.

Si l'appui de rive n'est pas dans un angle du plancher*, dans la direction orthogonale il supporte l'effet de continuité. La charge reçue est donc de :

$$N_r = 0,5 \times 1,25 q.a.l = 0,625 q.a.l$$

Les appuis de rive sont constitués :

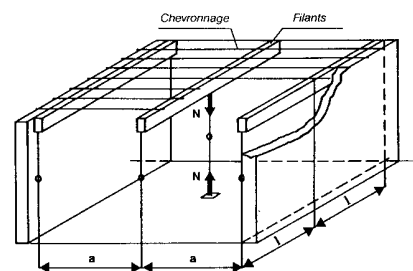
- soit par des étais qui supporteront une filière de manière excentrée, ce qui réduit la capacité portante des étais d'au moins 20 %,
- soit par un dispositif d'étalement placé à une petite distance de l'ossature porteuse (mur ou poutre), ce qui entraîne une majoration des charges transmises sur ce dispositif, de l'ordre de 20 %,

$$\text{d'où } N_r = (0,625 q.l.a) \times 1,2$$

$$N_r = 0,75 q.l.a$$

EFFORT SUR L'ÉTAI INTERMÉDIAIRE

$$N = 1,56 \times q \times a \times l$$



5. - CALCUL DE L'ÉTAIEMENT**

5.1. - Déterminer la charge totale à étayer (C.T.)

Les charges permanentes verticales et horizontales CPV et CPH. Les charges de chantier verticales et horizontales CCV et CCH

$$CTV = CPV + CCV$$

$$CTV = CPV + 200 \text{ daN/m}^2 \text{ (INRS)}$$

$$CTH = CPH + CCH$$

$$CTH = 0,20 (CPV + 200 \text{ daN/m}^2)$$

5.2. - Déterminer les charges enveloppes verticales (CEV) transmises sur les appuis d'étalement en tenant compte de la continuité et des phases de travaux les plus défavorables.

Faire une répartition proportionnelle aux surfaces supportées et multiplier le résultat par 1,5 (effet de continuité).

Ceci permet la détermination de l'écartement maximum des points d'appui en fonction du matériel d'étalement choisi.

Pour les hauteurs supérieures à 3 m, choisir des sapines plutôt que des étais. ***

* Dans la pratique, on prendra la même valeur de charge sur les appuis de rives et les appuis d'angle.

** Pour plus de détails, se référer au guide de l'étalement.

*** L'étai normalisé équipé d'une coulisse de 48 mm de diamètre extérieur, permet un étalement convenable jusqu'à 3,40 m.

5.3. - Calculer les charges transmises au sol sous les appuis (voir risques au § 1.2.4.) et définir le dispositif de transmission et de répartition des charges au sol.

5.4. - Calculer les coffrages et les raidisseurs ou filières en fonction des portées calculées au § 5.2. S'il y a lieu, rapprocher les points d'appui.

Les charges à prendre en compte correspondent à la C.T. (charge totale), hors effet de continuité.

Dans la mesure où l'on ne dessine pas un plan détaillé d'exécution des coffrages et des étalements avec le calepinage des éléments, il est prudent de calculer les sections en travée comme si les raidisseurs étaient sur appuis simples.

Vérifier les efforts tranchants et les sections sur appui avec les moments négatifs maximaux. Vérifier les surfaces d'appuis de sorte que la pression maximale sur les éléments en bois soit voisine de 15 bars, sans jamais dépasser 20 bars.

5.5. - Définir le plan de bétonnage et vérifier les zones de soulèvement possible. Si des soulèvements peuvent être dangereux, définir les dispositions à prendre.

5.6. - Etablir un plan complet d'étalement, y compris les accès et les protections au cours des différentes phases d'exécution de l'étalement, du plancher et du décentrement (modes opératoires).

L'UTILISATION DE MATÉRIELS NORMALISÉS
DONNE À L'ENTREPRISE
L'ASSURANCE DES CHARGES D'UTILISATION

6. - MISE EN OEUVRE DE L'ÉTAIEMENT*

6.1. - La note de calcul et le plan d'étalement doivent être disponibles sur le chantier afin de garantir une exécution conforme au projet.

6.2. - Vérifier la portance de la surface d'appui et adapter le dispositif d'appui aux résultats constatés.

6.3. - Vérifier que le matériel livré et/ou disponible sur chantier est conforme à celui prévu au projet : pièces d'origine, bon fonctionnement général, butées d'arrêt en état, tubes non affaiblis (déformations, corrosion externe ou interne, ...), état d'usure n'affectant pas la capacité portante (jeux, etc ...).

6.4. - Respecter le plan d'étalement, les calages, les contreventements (la simple butée sur les têtes de murs peut être illusoire).

Assurer la transmission verticale et axiale des charges verticales dans les fourches, dans les vérins (respecter les tirages maximaux préconisés par le fabricant).

6.5. - Dans le cas d'étalement de planchers inclinés, ou d'appui sur un sol incliné, ou les deux configurations réunies, respecter les dispositions particulières, destinées à reprendre les efforts parasites, définies par le concepteur.

* Pour plus de détails, se référer au :

- Guide d'étalement, édition OPPBTP E3 G 02

6.6. - Vérifier tout l'étalement avant de commencer le bétonnage du plancher (par une personne compétente désignée par le chef d'établissement). L'étalement désigne non seulement le matériel d'étalement, mais aussi son appui au sol, les poutrelles et pièces de répartition en tête, les coffrages, prédalles, éléments de plancher préfabriqués, ...

6.7. - Suivre le plan de bétonnage et s'assurer que les dispositions prévues contre les soulèvements éventuels sont mises en oeuvre.

6.8. - Suivre le mode opératoire de décentrement prévu au plan d'étalement notamment le contrôle de la résistance atteinte par le béton, l'ordre des opérations de décentrement et du démontage des étalements (opérations sous le contrôle d'une personne compétente désignée par le chef d'établissement).

7. - RÉGLEMENTATION ET TEXTES DE RÉFÉRENCE

7.1. - Décret du 8 janvier 1965, notamment les articles 1 à 5 relatifs à la stabilité des ouvrages et matériels ainsi qu'à la protection contre les chutes de hauteur, art. 10, 11, 144 pour les accès et plates-formes, 218 à 220 pour l'exécution des étalements et planchers.

- Le Cahier des Prescriptions Techniques « Planchers » titres I et II, publié par le CSTB.
- Annales de l'ITBTP n° 316, Avril 1974, série G.O. n° 20 « Recommandations pour la réalisation des étalements ».
- Note INRS n° 230-22-61 « L'étagage des poutrelles métalliques utilisées lors de la construction de dalles en béton ».
- Normes AFNOR :
 - NF P 93-321, mai 1987 « Etais réglables en acier travaillant à la compression »,
 - NF P 93-550, déc. 1987 « Tours d'étalement métalliques à éléments préfabriqués ».
 - NF P 06-001, juin 1986 « Base de calcul des constructions - Charges d'exploitation des bâtiments ».
 - NF B 52-001 nouvelle série 1987-1989, ...
- C.C.T.G. fascicule n° 65 « Exécution des ouvrages de génie civil en béton armé ou précontraint » notamment art. 31 - ouvrages provisoires - étalements.
- Règles NV 65 modifiées/Règles CB 71/Règles CM 66.

7.2. - Autres références utiles

- Guide-pratique : Etalement des planchers du bâtiment - OPPBTP - Réf. E3 G 02
- Les Cahiers des Comités de Prévention, notamment :
 - n° 1-1980 "Les étais métalliques" par C. BONETAT, Ingénieur au CATED.
 - n° 4 et 5-1980 "Détermination des charges de chantier réelles lors du bétonnage des planchers à poutrelles et entrevous" par A. ADENOT.
 - n° 6-1984 " L'étalement dans le bâtiment" par A. ADENOT.
 - n° 6-1986 " La connaissance des risques et les principales origines des défauts d'étalement" par A. ADENOT.
 - n° 1-1989 "Savoir déterminer la charge par étai" par A. ADENOT.
 - n° 4-1991 "Charges de chantier : réelles ou forfaitaires" par A. ADENOT.
- Le Bâtiment Bâti :
 - Janvier 1980 - Note technique que les étais métalliques par C. BONETAT, Ingénieur au CATED.
- Mémos-pratiques n° E3 M 05 (ex 50), Les étais simples métalliques (OPPBTP) et n° E3 M 06 (ex 66), Les étais tirant-poussant (OPPBTP)