

Chap. Les dalles mixtes

Objet

- Le chapitre concerne les dalles de plancher mixtes dont la portée est disposée dans le **sens des nervures uniquement**.
- Il s'applique aux calculs de structures de bâtiment où les charges **d'exploitation** sont à **prédominance statique**, y compris de bâtiments industriels dont les planchers sont soumis à des charges mobiles.
- Dans le cas de structures où les charges d'exploitation sont largement répétitives ou appliquées brusquement de telle sorte qu'elles produisent des effets dynamiques, les dalles mixtes sont autorisées, mais un soin tout particulier doit être apporté aux dispositions constructives afin de s'assurer que **l'action collaborante ne se dégrade pas en exploitation**.
- Les dalles soumises aux actions sismiques ne sont pas exclues à condition qu'une méthode de calcul appropriée aux conditions sismiques soit définie pour le projet particulier.

Introduction

Une dalle mixte est l'association d'une tôle en acier profilée surélevée d'une couche de béton arme. Il s'agit, à terme, d'un élément acier-béton collaborant.

La tôle profilée joue plusieurs rôles :

- lors de la construction, elle sert de plate-forme de travail aux ouvriers ;
- lors du bétonnage, elle sert de coffrage pour le béton frais ;
- après durcissement du béton, en comportement mixte, elle joue le rôle d'armature inférieure de la dalle. (traction)

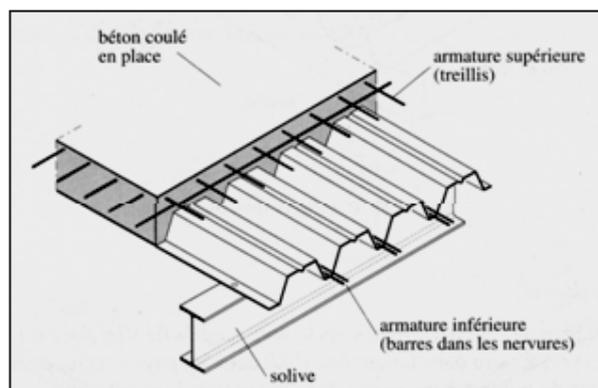


Fig. Plancher mixte

Le comportement mixte est celui qui apparaît après qu'une dalle en béton durci comprenant des tôles profilées en acier, plus des armatures supplémentaires forment un élément monolithe.

La liaison entre tôles profilées et béton est assurée par un ou plusieurs des moyens suivants (**voir fig a),b), c) et d)**)

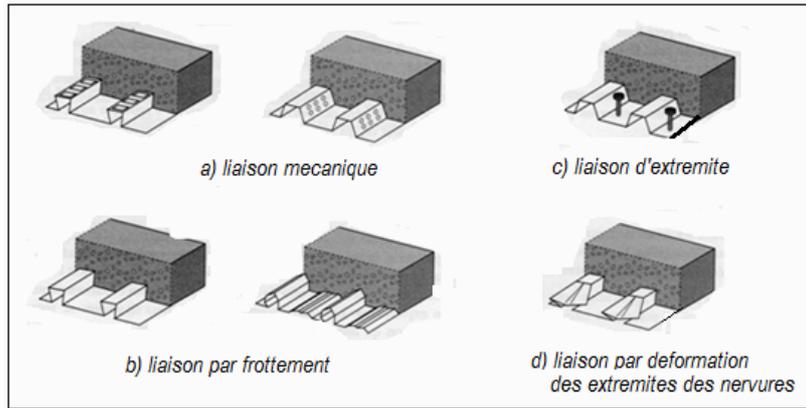


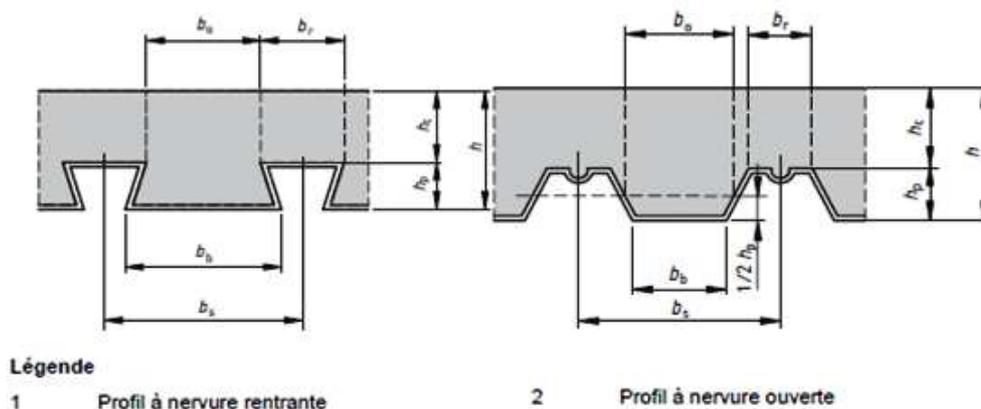
Fig : Formes typiques de liaisons dalles-profiles

- a) liaison mécanique assurée par des déformations du profil (embossage ou bossage) ;
- b) liaison par frottement pour les profils à formes rentrantes ;
- c) ancrage d'extrémité assuré par des goujons soudés ou autre type de connexion locale entre le béton et la tôle en acier, uniquement en combinaison avec (a) et (b)
- d) ancrage d'extrémité par déformation des nervures à l'extrémité de la tôle, uniquement en combinaison avec (b).

Exigences et Dispositions constructives (voir fig.)

i) Armature et épaisseur de dalle

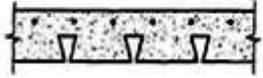
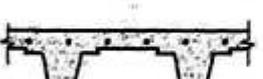
- L'épaisseur hors-tout de la dalle mixte $h \geq 80$ mm.
- L'épaisseur de béton h_c au-dessus de la surface plane principale du sommet des nervures de la tôle ≥ 40 mm.
- Si la dalle a une action mixte avec la poutre ou si elle est utilisée comme diaphragme, l'épaisseur totale doit être ≥ 90 mm et h_c doit être ≥ 50 mm.
- Il y a lieu de prévoir une armature transversale et longitudinale dans la hauteur h , du béton. La quantité d'armature minimale est de $0,6 \text{ cm}^2/\text{ml}$ dans chaque sens.



ii) Tôles profilées

Il y'a une variété de tôle avec des formes et des épaisseurs variant de **(0.75-1.5) mm**.

Chaque constructeur fournit les **caractéristiques** du profilé ; et le catalogue suivant sert de guide d'**illustration**.

gammes dimensionnelles des dalles mixtes			
	profondeur des nervures mm	épaisseur de la dalle mm	gammes de portées (m)
(a) 	35-50	100-150	2 - 3.5 nervures rentrantes
(b) 	45-80	120-180	2.5 - 4.5 nervures ouvertes
(c) 	200-225	270-350	4.5 - 8.5 nervures profondes

Remarque : plus les portées sont grandes et plus les nervures sont profondes pour augmentation de l'inertie de la tôle (réduction de flèche).

catalogue modele des toles nervurées pour dalles mixtes

Tôle	t (mm)	h _p (mm)	A _σ (mm ² /m)	I _{cg} (cm ⁴ /m)	e (mm) CG	b ₀ (mm)	b (mm)	m (N/mm ²)	k (N/mm ²)	t _{act} (N/mm ²)	f _y (N/mm ²)
SUPER-FL.OOR (r=0.75)	0.75	77	1216	100.24	42.3	82	192	138.3	0.0095	0	320
HAIRCOL60S (r=0.88)	0.88	60	1213	76.08	29.7	151	300	130.8	0.0459	0	320
HAIRCOL60S (r=1.00)	1	60	1387	85.91	29.4	151	300	130.8	0.0459	0	320
HAIRCOL60S (r=1.25)	1.25	60	1748	106.34	29	151	300	130.8	0.0469	0	320
COFRASTRA 40 (r=0.75)	0.75	40	1202	15.64	14.2	103.5	150	276.0	0.128		330
COFRASTRA 40 (r=0.85)	0.85	40	1359	20.77	14.2	103.5	150	276.0	0.128		330
COFRASTRA 70 (r=0.75)	0.75	73	1195	64.07	31.4	113	183	332.0	0.085	0	330
COFRASTRA 70 (r=1.00)	1	73	1622	91.32	31.4	113	183	332.0	0.085		330
COFRAPLUS60 (r=0.75)	0.75	58	1029	52.38	33.6	125.5	207	323.8	0.01286	0	330
COFRAPLUS60 (r=1.00)	1	58	1391	69.35	33.8	125.5	207	323.8	0.01286	0	330

note: les valeurs données ne sont qu'a titre illustratif

iii) Granulats

La taille nominale des granulats dépend de la plus petite dimension de la tôle dans lequel le béton est coulé, et ne doit dépasser la **plus petite** des valeurs ci-après :

- 0,40 h_c
- b₀/3 ; Ou : b₀ : largeur moyenne des nervures (largeur minimale pour les profils a formes rentrantes) afin que le granulat pénètre bien dans les nervures.
- 31,5 mm (tamis C31, 5)

iv) Exigences sur les appuis

- il convient de prévoir l'appui des dalles mixtes sur de l'acier ou sur du béton avec une longueur minimale de 75 mm. La longueur minimale d'appui d'extrémité de la tôle en acier est de 50 mm

- Dans le cas de dalles mixtes posées sur d'autres matériaux (ex : maçonnerie), il convient de prendre des valeurs \geq (100 mm et 70 mm respectivement)
- Dans le cas de tôles profilées posées en continuité et dans le cas de tôles avec recouvrement transversal, prendre une longueur minimale de l'appui de 75 mm sur de l'acier ou sur du béton et de 100 mm sur d'autres matériaux ; ex : maçonnerie).

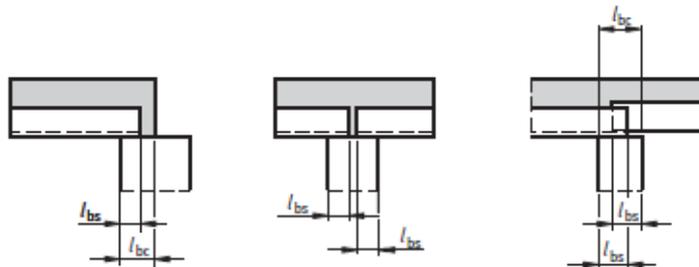


Fig : conditions aux appuis

- il est permis de réduire les longueurs minimales de l'appui indiquées à condition que le calcul tienne compte de paramètres adéquats, tolérances, charges, portée, hauteur de l'appui, et dispositions de renfort de continuité.
- Lorsque l'on utilise des appuis réduits, il convient de s'assurer que la fixation de la tôle puisse encore être réalisée sans détérioration des appuis, et qu'un effondrement dû à un déplacement accidentel en cours de montage ne puisse se produire.
- une valeur n'excédant pas quatre fois la hauteur de la tôle profilée sans dépasser 200 mm.
- Les interruptions de la tôle ne sont envisageables qu'au droit des appuis définitifs.
- Dans le cas de tôles se recouvrant à leurs extrémités, il convient de réaliser une longueur de la tôle inférieure reposant sur l'appui et qui n'est pas recouverte par la tôle supérieure, plus grande que 25 mm.

Procédure générale de vérification pour la dalle mixte

Les situations suivantes doivent être examinées :

- Plaques nervurées en acier utilisées comme coffrage :
une vérification est exigée pour le comportement des plaques dans leur fonction de coffrage pour le béton frais. Les effets des étais doivent être pris en compte, s'il y a lieu.
- Dalle mixte: une vérification est exigée pour la dalle après le début de l'action mixte et l'enlèvement éventuel des étais.

a) Actions pour les plaques nervurées en acier utilisées comme coffrage

- poids du béton et des plaques en acier ;
- charges de construction y compris l'accumulation locale du béton en cours de construction, conformément aux règles (poids du béton frais).
- charges de stockage, s'il y a lieu ;

▪ effet de « mare » (augmentation de l'épaisseur de béton due à la flèche des tôles). Si la flèche **centrale** δ de la tôle sous (propre poids + béton frais) est $>$ à $L/250$ ou à 20 mm, alors il convient d'inclure l'effet **de mare** dans le calcul de la tôle d'acier en supposant dans le calcul que l'épaisseur nominale du béton est augmentée de **0,7** δ sur la totalité de la portée.

Les charges de chantier sont le poids des ouvriers, du matériel de bétonnage et tient compte de tout impact ou vibration pouvant survenir en cours de construction. $1,5 \text{ kN/m}^2$ / zone quelconque de $(3 \text{ m} * 3 \text{ m})$ (ou de la portée si L est $\leq 3 \text{ m}$),

À l'intérieur de la zone restante, on ajoute une charge caractéristique de **0,75 kN/m²** au poids du béton. il convient de positionner ces charges de sorte à produire le moment fléchissant et ou l'effort tranchant maximal, (solllicitations maxi).

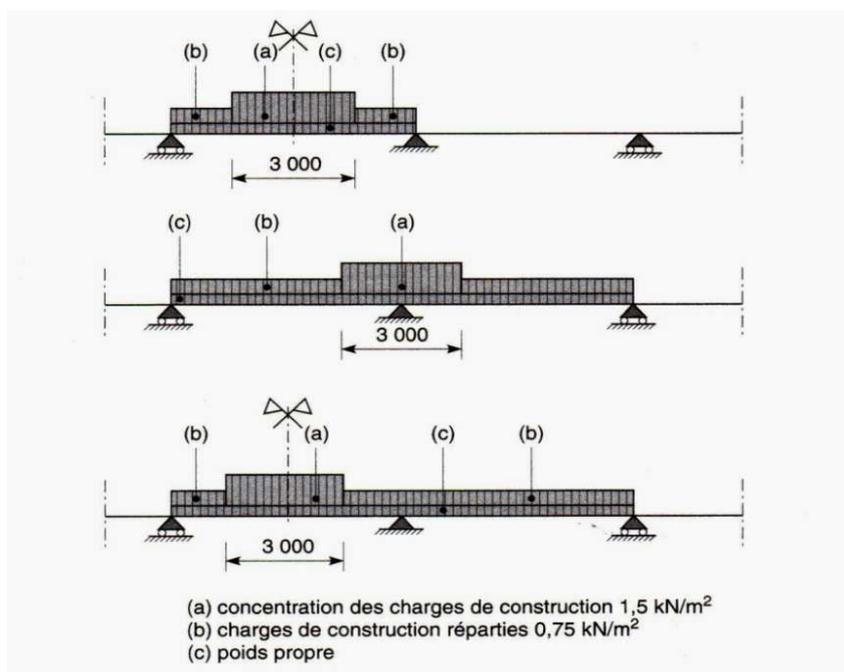


Fig. charges supportée par la tôle d'acier

- (a) Concentration des charges de construction $1,5 \text{ kN/m}^2$
- (b) Charges de construction réparties $0,75 \text{ kN/m}^2$
- (c) Poids propre

b) Justification des dalles mixtes

I) justification de la tôle profilée en phase de chantier.

1) ELU.

Après détermination des sollicitations maxi des charges en phases de réalisation, celui-ci doit être inférieur au moment résistant de la tôle donné par la formule

$$M_{rd} = f_{yd} \frac{w_{eff}}{\gamma_{ap}}$$

Ou w_{eff} : module de flexion efficace de la tôle.

γ_{ap} : coeff partiel de la tôle =

2) ELS.

Flèches

a **ELS**, on ne vérifie que la flèche de la tôle ; celle-ci sous (poids propre + poids du béton frais limitée) $< L/180$ ou **20 mm**, **L** représentant la portée utile entre les appuis. (les étais considérés comme appuis), les charges de construction sont exclues

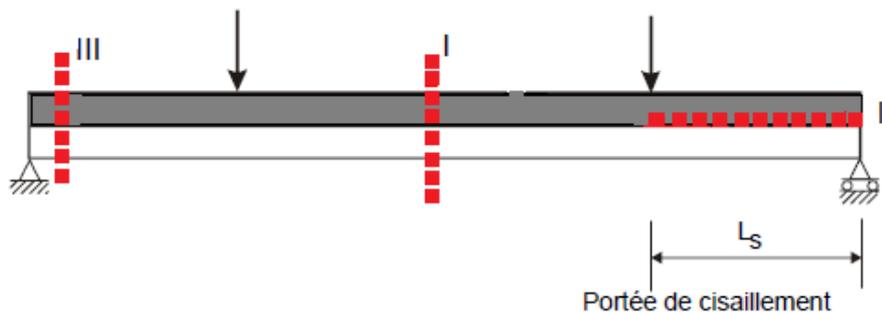
$$\text{La valeur de la flèche de la tôle est donnée par : } \delta = k \frac{5}{384} \frac{pl^4}{E I_{eff}}$$

II) Dalle mixte (après durcissement du béton)

1) ELU

Cette vérification correspond à la situation de la dalle fonctionnant de manière après retrait de tous les étais éventuels comme corps monolithe. D'où on se trouve avec 3 cas de ruines qui peuvent affecter la dalle mixte.

Types de ruine (schéma)



- **Type I** : excès de flexion en travée
- **Type II** : excès de cisaillement longitudinal
- **Type III** : excès d'effort tranchant près des appuis

Les actions à prendre en compte sont les suivantes :

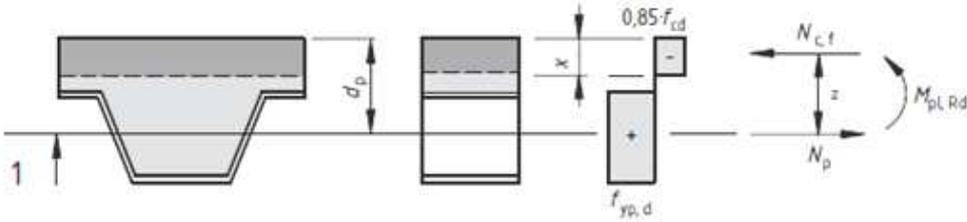
- poids propre (tôle, aciers d'armature, béton) ;
- autres charges permanentes de poids propre (éléments non porteurs) ;
- réactions dues au retrait des étais, s'ils existent lors du coulage du béton ;
- actions de fluage, de retrait, de déplacement d'appuis ;
- actions climatiques (température, vent...) suivant les cas ;
- actions dues aux charges d'exploitation.

Remarque, pour les **bâtiments d'usage courant**, les variations de température ne sont pas prises en compte. (En général).

1) verification de la résistance en flexion positive (ruine type I)

On est en présence de 2 cas :

Cas 1 : Axe neutre plastique dans le béton



avec : **1** : Position du centre de gravité de la plaque nervurée en acier

- effort de traction dans l'acier $N_p = A_{eff} \frac{f_{yp}}{\gamma_{ap}}$
- effort de compression dans le beton $N_{cf} = b \cdot x \cdot \frac{0,85 f_{ck}}{\gamma_c}$

En égalisant $N_p = N_{cf}$ on a :

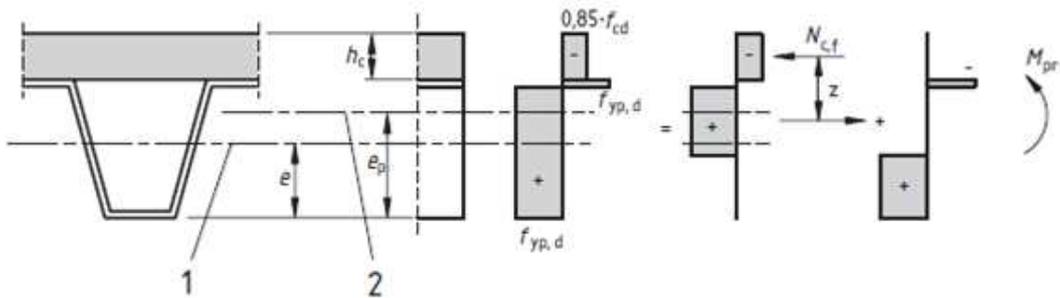
$$x = \frac{A_{eff} f_{yp}}{\gamma_{ap}} \bigg/ \frac{0,85 b f_{ck}}{\gamma_c}$$

Avec b = largeur de calcul de la dalle. On a

$z = d_p - x / 2$ et $M_{pl,rd} = N_p \cdot z$

et $M_{pl,rd} = A_{eff} \frac{f_{yp}}{\gamma_p} (d_p - x/2)$

Cas 2 : Axe neutre plastique dans la nervure (rare)



avec **1** : Position du centre de gravité de la plaque nervurée en acier

2 : Axe neutre plastique de la plaque nervurée en acier

Les règles **EC4** proposent une formule simplifiée basée sur l'hypothèse de négliger les betons tendu et comprimées dans la nervures.

$$z = h_t - h_c/2 - e_p + (e_p - e) \cdot (N_{cf} \cdot \gamma_{ap}) / A_p \cdot f_{yp}$$

et

$$M_{pr} = 1.25 M_{pa} \cdot (1 - (N_{cf} / A_p \cdot f_{yp}) / \gamma_{ap}) \leq M_{pa}$$