

Dossier Technique

Plancher Collaborant INCO 70.4

Révision 2016

Fondé Sur Sols Fermes



Dossier technique

Plancher collaborant INCO 70.4

Fondés sur sols fermes

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.

**Carrer Nou, nº 16-27 • Pol. Industrial Mas del Polio
46469 Beniparrell • Valence**
Tél : +34 96 121 1778 • Fax : +34 96 121 1504

www.incoperfil.com

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. Tous droits réservés.



INCOPERFIL
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DEL PERFI

Index

1. Introduction	
1.1. Antécédents	1
1.2. Description du système	1
2. Domaine d'application	2
3. Avantages par rapport au plancher conventionnel	3
4. Fonctions	4
5. Normes	5
6. –Caractéristiques de ses composants	6
6.1. Caractéristiques du profil INCO 70.4. Collaborant	6
6.2. Réparation du béton	8
6.3. Caractéristiques de l'armature	11
6.4. Caractéristiques des connecteurs	13
6.5. Caractéristiques de la dalle	14
7. Propos de l'étaisage	16
8. Situations pris en compte pour le calcul	18
8.1. Phase d'exécution	18
8.2. Phase mixte	19
8.3. Calcul de protection contre le feu	21
9. Actions dans la construction	34
9.1. Actions Permanentes	34
9.2. Surcharge d'usage	34
9.3. Exemple de calcul	37
10. Tableaux de résistances	39
11. Mise en œuvre du plancher collaborant	42
11.1. Emballage, Transport, Réception et Déchargement	42
11.2. Entreposage et protection	43
11.3. Manipulation et levage	43
11.4. Montage sur le chantier	44
11.5. Coffrage	44
11.6. Étançons	46
11.7. Fixations	48
11.8. Connecteurs	48
11.9. Points singuliers	49
11.10. Armatures	53
11.11. Bétonnage	

Index

12. Isolation acoustique	58
12.1. Bruit aérien	58
12.2. Bruit d'impact	59
12.3. Comparaison avec d'autres solutions de construction	60
13. Calculs et Essais	62
13.1. Profil INCO 70.4 Collaborant	62
13.2. Essais des dalles	64
14. Service de Calcul Personnalisé	67
Annexes	

Introduction

1

1.1. Antécédents

Le premier brevet de ce type de plancher a été déposé en 1950 aux États-Unis, où la jonction entre les deux matériaux était réalisée au moyen de platines d'acier disposées transversalement et soudées sur l'arête de la tôle grecquée ; ces platines ont été ensuite remplacées par un treillis, soudé lui aussi sur la partie supérieure de la tôle. Des recherches ultérieures ont permis de développer de nouvelles formes garantissant une jonction parfaite entre les deux matériaux (contrebalançant l'effort rasant), par emboutissage ou indentation sur les faces latérales.

En Europe, l'introduction du plancher collaborant se situe à la fin des années soixante. Les recherches pour résoudre le principal problème du plancher collaborant, c'est-à-dire l'effort rasant, se sont poursuivies et c'est au milieu des années quatre-vingt que l'American Society of Civil Engineers a publié la norme « Specifications for the Design and Construction of Composite Slabs ». La Norme Britannique BS-5950-82 est également publiée. Ces deux spécifications ont été et restent une référence pour ce type de système.

Les planchers collaborants étant considérés comme des constructions non traditionnelles, les chercheurs français ont effectué une analyse en service, en plus de l'analyse en rupture correspondante, dans le cadre de la publication de leurs directives « Avis techniques ». Ces directives constituent la première référence des Eurocodes actuels qui, aujourd'hui encore, sont en cours de modification.

1.2. Description du système:

Le plancher mixte à tôle collaborante est constitué du profil **INCO 70.4 Collaborant** à tôle grecquée avec de l'acier sur lequel nous versons le béton et la maille de distribution pour empêcher la fissuration due aux effets de rétraction et de la température.

Le profil **INCO 70.4 Collaborant** est capable de supporter le béton versé, l'armature métallique et les charges d'exécution. Une fois le béton pris, les deux matériaux restent interconnectés de façon à absorber les efforts rasants. Pour cette interconnexion, l'indentation ou l'emboutissage du profil **INCO 70.4 Collaborant** joue un rôle prépondérant.

Domaine d'application

2

Le plancher collaborant est classé comme plancher unidirectionnel, où les nervures du profil **INCO 70.4 Collaborant** sont soumises à flexion dans la direction de la portée calculée. Ce type de plancher supporte des charges statiques comme les charges mobiles, répétitives ou appliquées brusquement, tant qu'elles n'excèdent pas les charges indiquées dans la réglementation en vigueur relatives aux actions dans la construction.

Ce plancher est spécialement conçu pour être installé sur des structures métalliques. Cependant, il est possible de l'utiliser également sur des structures en béton, en bois ou en maçonnerie, tant que les conditions requises de fixation et de recouvrement sont respectées (voir la *section 12.7. Fixations*).

Ce type de plancher permet une grande variété d'applications :

- Logements
- Bâtiments industriels
- Parkings
- Bureaux
- Bâtiments publics
- Centres commerciaux et de loisirs
- Entrepôts
- Palais omnisports

Avantages par rapport au plancher conventionnel 3

Fonction : adaptation à de nombreux cas pratiques et multitude de solutions en usine. Résistance structurelle avec moins de poids et, par conséquent, très bon rapport résistance/poids : moindres coûts de transport, de montage et utilisation de la tôle comme coffrage.

Esthétique : attractive. Pour certaines structures, possibilité d'être visible. Maintenance facile et durable.

Économie : ce système combine des coûts faibles avec un comportement optimal. Il utilise un moindre volume de béton et, par conséquent, entraîne une diminution du poids de la structure et une réduction des déperditions.

Facilité de construction :

- Faible poids, ce qui le rend très maniable.
- Entreposage optimal sur le chantier.
- Installation rapide.
- Rend plus facile la mise en place d'installations.
- Ne contamine pas les autres matériaux
- Peut être utilisé aussi bien pour des bâtiments en béton que pour des bâtiments métalliques.
- Peut éviter les étalements.
- Entretoise la structure en phase d'exécution.
- Facile à stocker et à nettoyer.
- Pas besoin de coffrer le plancher lors du versement du béton.
- Peut servir de plateforme de travail.
- Remplace le coffrage perdu.
- Facilite la circulation entre les étages puisque l'échafaudage est inutile.

Fonctions

4

- **Coffrage** : lors de phase d'exécution, le profil **INCO 70.4 Collaborant** en acier nervuré est capable de supporter les charges du béton versé, les charges d'exécution et les armatures.

- **Plate-forme de travail** : la tôle étendue et correctement fixée se transforme en une plate-forme de travail sûre, facilitant le passage des personnes et l'approvisionnement des matériaux (voir les recommandations de la *section 12. Mise en œuvre du plancher collaborant*).

- **Soutènement de la structure** : pour les bâtiments en hauteur, il est possible d'avancer rapidement dans le montage de la structure sans avoir besoin de bétonner les planchers : il suffit de fixer simplement le profil aux poutres. Le profil absorbe une partie importante du soutènement de la structure, pendant la phase de montage comme en mixte.

- **Plancher mixte** : la dalle formée par le profil **INCO 70.4 Collaborant** s'appuie normalement sur un maillage de poutres, de façon à être capable de supporter les surcharges d'usage auxquelles elle sera soumise, ainsi que son propre poids, et le transmettre à la structure portante.

- **Plancher mixte collaborant en tôle avec poutres mixtes en acier-béton** : les avantages de l'intégration du plancher dans le mécanisme résistant des poutres sont bien connus, car ce procédé bénéficie des caractéristiques de chaque matériau mis en œuvre. Cette jonction s'effectue par le biais de connecteurs qui, en plus, empêchent les glissements provoqués par les efforts rasants. Le calcul de cette solution sera effectué par l'auteur du projet. Les tableaux de résistance, avec les connecteurs de type HILTI qui sont mentionnés dans ce document, ne se réfèrent pas à ce type de comportement, car ceux-ci améliorent uniquement la résistance aux efforts rasants du plancher collaborant.

- **Passage d'équipements** : grâce à la forme du profil **INCO 70.4 Collaborant**, il est possible d'insérer des équipements entre ses grecques, tout en acceptant dans certaines occasions l'installation de faux plafonds à hauteur réduite.

- **Isolation acoustique et thermique** : la dalle mixte dispose d'une bonne capacité d'isolation acoustique et thermique.

- **Escaliers** : il existe une application pour la composition de marches, de paliers et d'escaliers.

Normes

5

Les calculs réalisés pour l'obtention des tableaux de résistance qui figurent dans ce dossier ont été effectués en se basant sur les normes suivantes :

Eurocode 2 : UNE-ENV 1992-1-1: 1993. Calcul des structures en béton.

Partie 1-1 : règles générales et règles pour la construction.

Eurocode 2 : UNE-ENV 1992-1-2: 1996. Calcul des structures en béton.

Partie 1-2 : règles générales. Projet de structures face au feu.

Eurocode 3 : UNE-ENV 1993-1-3 Calcul des structures en acier.

Partie 1-3 : règles générales pour les éléments conformés à froid, s'appliquent.

Eurocode 4 : ENV 1994-1-1. Projet de structures mixtes acier-béton.

Partie 1-1 : règles générales et règles pour la construction.

Eurocode 4 : ENV 1994-1-2. Projet de structures mixtes acier-béton.

Partie 1-2 : règles générales du projet des structures soumises à incendie.

Beguin Ph et Sokol L. « Application de l'Eurocode 4 et de l'Eurocode 3, partie 1.3, dimensionnement des dalles mixtes, première partie : dimensionnement de la tôle profilée utilisée comme coffrage », Revue de la construction métallique N°1-1995.

Beguin Ph et Sokol L. « Application de l'Eurocode 4, dimensionnement des dalles mixtes, deuxième partie : dimensionnement des dalles mixtes en phase définitive mixte », Revue de la construction métallique N°2-1995.

Bitar D. « Application de l'Eurocode 4-1.1 Calcul des déformations des poutres mixtes », Revue de la construction métallique N°3-1998.

Caractéristiques de ses composants

6

6.1. Caractéristiques du profil INCO 70.4. Collaborant

Ce profil présente un ensemble de tôles embouties et de raidisseurs, qui empêchent l'application simple des modèles analytiques permettant d'évaluer les effets du bossellement sur ses faces. Pour cette raison, Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. a recours à des essais expérimentaux pour évaluer ses caractéristiques mécaniques avec fiabilité et sécurité.

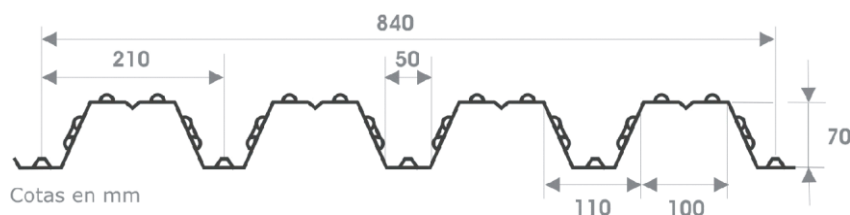


Figure 1. Profil INCO 70.4 Collaborant

Les caractéristiques suivantes sont le résultat des essais réalisés par le Laboratoire d'élasticité et de résistance des matériaux (LERMA) de l'École technique supérieure d'ingénierie industrielle de l'Université polytechnique de Catalogne. L'impact de l'emboutissage, et du bossellement local des parties planes du profil, a été pris en compte.

Les valeurs ont été contrôlées grâce à des essais expérimentaux sur les trois épaisseurs, conformément à l'Eurocode 3, partie 1-3, dans les conditions de support limite définies pour un appui sur des profils métalliques (uniquement 50 mm pour l'appui extrême et 100 mm pour les appuis intermédiaires). Le tout défini par l'Eurocode 4 EN 1994-1-1: 2004.

		Valeurs Efficaces du Profil				
Épaisseur (mm)		Poids (kg/m ²)	Élan Inertie + (mm ⁴ / m)	Élan Inertie (-) (mm ⁴ / m)	Module Résistant + (mm ³ / m)	Module Résistant- (mm ³ / m)
	0,75	8,71	780.682	648.009	12.627	15.672
	1,00	11,61	1.038.647	861.720	23.588	26.593
	1,20	13,93	1.316.341	1.040.382	33.280	33.400

Tableau 1. Valeurs efficaces du profil INCO 70.4 Collaborant

Caractéristiques de ses composants

6

Les saillies ou bosselages ont été spécialement conçus par notre département R&D, en collaboration avec les Universités polytechniques de Valence et de Catalogne. Leur conception garantit l'adhérence et la collaboration du profil métallique avec le béton. Il convient de souligner l'effet favorable induit par l'emboutissage latéral, fournissant un effet raidisseur à l'âme du profil par rapport au bossellement (aucun défaut sur les bosselages) et à la réaction localisée sur l'appui.

	Épaisseur (mm)					
	0,75		1,00		1,20	
	Rond	Diagonale	Rond	Diagonale	Rond	Diagonale
Profondeur maximale	3,60		3,80		4,00	
Profondeur minimale	2,80	2,00	3,00	3,15	3,20	2,30

Tableau 2. Profondeur maximale et minimale des indentations du profil INCO 70.4 Collaborant

6.1.1. Types et degrés d'acier / Propriétés mécaniques

Les essais réalisés par le Laboratoire d'élasticité et de résistance des matériaux (LERMA) de l'École technique supérieure d'ingénierie industrielle de Barcelone (ETSEIB) de l'Université polytechnique de Catalogne indiquent qu'il est nécessaire d'utiliser des aciers de tension, avec une limite élastique supérieure à :

$$f_y > 0,8 f_{ym} = 0,8 \times 342 = 274 \text{ N/mm}^2$$

C'est-à-dire un acier de qualité S280GD ou supérieur. Le tableau suivant détaille les caractéristiques de chaque type d'acier :

Classe d'acier		Symbole Couverture	Limite élastique	Résistance Traction	Allongement Rupture
Symbolique	Numérique		R_{eH}	R_m	A_{80}
			N/mm ² min	N/mm ² min	% min
S280GD	10244	+Z	280	360	17
S320GD	10250	+Z	320	390	18

Tableau 3. Types d'acier avec leur propriétés mécaniques

Dans le cas d'une utilisation du profil **INCO 70.4 Collaborant** avec un acier d'une plus grande limite élastique que celle exprimée dans le projet exécutif des travaux, les valeurs caractéristiques m et k continueront d'être valables, permettant de rester toujours du côté de la sécurité.

Caractéristiques de ses composants

6

6.2. Réparation du béton :

Selon les essais réalisés par l'ETSEIB de l'Université polytechnique de Catalogne, il est nécessaire d'utiliser pour les dalles mixtes des bétons avec une résistance caractéristique supérieure à :

$$f_{ck} > 0,8 f_{cm} = 0,8 \times 33,64 = 26,9 \text{ N/mm}^2$$

à 43 jours, c'est-à-dire environ un béton au minimum C25/30 (Eurocode 4) et HA25 (norme nationale EHE) ou supérieur.

Dans le cas d'une utilisation du profil **INCO 70.4 Collaborant** avec un béton d'une plus grande résistance caractéristique, les valeurs m et k resteront valables en faveur de la sécurité.

6.2.1. Ductilité

La ductilité du béton requise est celle qui permet au béton, avec les méthodes prévues de mise en œuvre et de compactage, d'enrober les armatures tout en évitant la production de cavités.

La ductilité du béton sera évaluée en déterminant sa consistance (mesure en cm de l'assise d'un cône Abrams). Le type de consistance recommandée pour ce type de plancher est Molle (soit une assise comprise entre 6 et 9 cm). Il n'est pas recommandé que l'assise soit inférieure à 6 cm.

6.2.2. Densité

La densité ou la masse spécifique du béton durci dépend de nombreux facteurs, notamment de la nature des granulats, de sa granulométrie et de la méthode de compactage employée. Elle est directement proportionnelle à la densité des granulats utilisés et à la quantité des gros granulats présents dans le mélange, ainsi qu'au compactage réalisé.

De toute façon, les variations de densité du béton sont faibles, et il est possible d'utiliser dans les calculs la valeur de 2 300 kg/m³ pour les bétons non armés et de 2 500 kg/m³ pour les bétons armés.

Il convient de mentionner à part le béton structurel léger, fabriqué avec des granulats à base d'argiles ou de scories dilatées, dont la densité est de l'ordre de 1 800 kg/m³. Ce type de béton est principalement utilisé aux États-Unis pour des plaques de plancher massives, entraînant ainsi une réduction de son propre poids jusqu'à 30 % et des résistances de l'ordre de 28 N/mm².

Caractéristiques de ses composants

6

6.2.2. Résistance caractéristique du béton

La résistance à la compression simple est la caractéristique la plus importante du béton (f_{ck}), et elle se mesure en éprouvette cylindrique à 28 jours d'âge.

Classes de béton, résistance caractéristique à la compression et résistance caractéristique à la traction f_{ct} (en N/mm ²)									
	EHE		HA-20	HA-25	HA-30	HA-35	HA-40	HA-45	HA-50
			C20/25	C25/30 ¹	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
f_{ck}	12,0	16,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
f_{ctm}	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1
$f_{ctm} 0,05$	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9
$f_{ctk} 0,95$	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3

Tableau 4. Classes de béton, résistance caractéristique à la compression et la traction (EC2)²

6.2.3. Composants du béton

a) Granulats

Il faut utiliser des graviers naturels qui réunissent des caractéristiques égales ou supérieures, en résistance et en durabilité, à celles exigées par le béton. Il convient de préférer les granulats de type silice et caillou rond (graviers de rivière), alors que les autres devront faire l'objet d'analyse préalable.

La taille nominale du granulat dépend de la dimension la plus petite de l'élément structural dans lequel est versé le béton, et elle ne doit dépasser la plus grande des valeurs suivantes :

- I. 0,40 h_c
- II. $b_o/3 = 26,66$ mm (b_o étant la largeur moyenne des nervures)
- III. 31,5 mm. (tamis C31.5)

¹ Valeurs recommandées pour les structures construites en béton armé. L'utilisation de résistances inférieures est limitée aux bétons non armés. Les résistances supérieures sont utilisées pour les travaux civils, les ouvrages en béton précontraint et la fabrication.

² UNE-ENV 1992-1-3-1995. Eurocode 2 : calcul des structures en béton. Partie 1-3 : règles générales. Éléments et structures préfabriqués en béton.

Caractéristiques de ses composants

6

b) Ciment

En général, les conglomerats hydrauliques sont des produits qui, mélangés à de l'eau, prennent et durcissent lorsqu'ils sont exposés à l'air ou immergés dans l'eau, et dont les composants résultants de leur hydratation sont stables dans de telles conditions. Les ciments en Espagne sont régis par la réglementation RC-97 « Instruction pour la réception de ciment » et les normes respectives UNE 80301:96 et UNE 80307:96. La sélection du ciment s'effectue conformément à l'Instruction du béton structural (EHE), en fonction des éléments suivants :

- L'application : béton armé.
- Circonstances du bétonnage : environnement sec et soumis au vent, à la chaleur, au froid, etc.
- Classe d'exposition : non agressive, type d'environnement, etc.

c) Eau

L'eau utilisée, pour le mélange comme pour le séchage du béton sur le chantier, ne doit contenir aucun ingrédient dommageable en quantités telles qu'il pourrait affecter les propriétés du béton, ou la protection des armatures contre la corrosion. En général, il est possible d'utiliser toutes les eaux acceptées en pratique.

Lorsqu'il n'existe aucun antécédent d'utilisation, ou en cas de doute, il faudra analyser les eaux et, sauf justification spéciale, vérifier qu'elles n'entraînent aucun préjudice pour les propriétés requises du béton.

Toutes les conditions mentionnées dans les normes UNE et EHE devront être remplies.

Caractéristiques de ses composants

6

6.3. Caractéristiques de l'armature

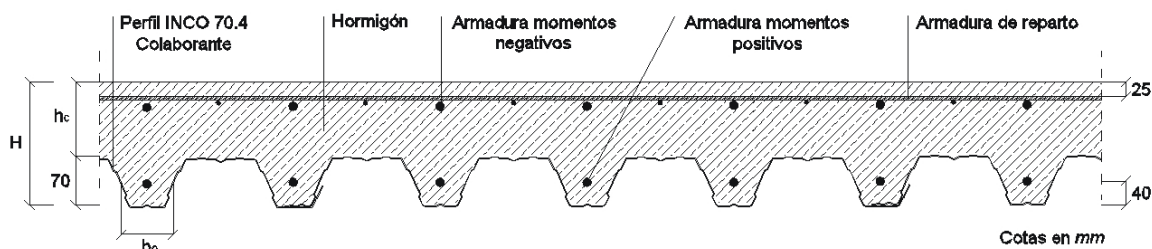


Figure 2. Profil INCO 70.4 Collaborant

La fonction principale du profil **INCO 70.4 Collaborant** est de constituer l'armature positive, ou de traction, de la dalle mixte. Les autres armatures composant le plancher sont les suivantes :

- Treillis anti-fissuration (treillis électrosoudé), placé sur la couche de compression pour éviter la contraction du béton pendant sa phase de prise. Les caractéristiques du treillis, utilisé pour la fabrication des tables de résistance de ce dossier, sont détaillées dans le tableau suivant :

Armature de distribution (mm)										
Carre du plancher (cm)										
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
150x150x5			150x150x6			100x100x6				

Tableau 5. Armature de distribution recommandée pour chacune des carres de dalle et des épaisseurs de tôle

- Armatures négatives (barres nervurées) : elles sont situées sur les appuis intermédiaires des dalles de plus d'une travée, et leur fonction est d'absorber les moments de flexion négative. Les diamètres à utiliser sont fournis par le *Tableau 6* et il existe un diamètre par creux.

Diamètre des Armatures de Négatifs (mm)										
Épaisseur	Hauteur de la dalle (cm)									
	12	13	14	15	16	17	18	18	20	21
0,75	8	8	10	10	12	12	12	12	12	12
1	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12
1,2	10	10	12	12	12	12	12	12	12	12

Tableau 6. Diamètre des armatures recommandées pour les différentes carres de dalle et épaisseurs de tôle

Caractéristiques de ses composants

6

- Armatures positives (barres nervurées) : elles sont placées dans chaque creux conformément à la *Figure 2*. Il s'agit d'une armature complémentaire, dans le cas où la tôle ne serait pas suffisante pour absorber les moments de flexion positive.
- Armatures de résistance au feu (barres nervurées) : ce sont des armatures supplémentaires servant à augmenter la résistance au feu du plancher (durée d'exposition). Elles sont installées dans chaque creux et dans la même position que les armatures positives. La résistance au feu d'un plancher mixte, sur une tôle nervurée sans armature supplémentaire, est d'au moins 30 minutes (R30 conformément au DB-SI du Code technique de la construction).

6.3.1. Caractéristiques des armatures.

Conformément à la réglementation EHE, les armatures utilisées pour le béton armé peuvent être des barres nervurées en acier soudable, ou des treillis électrosoudés. Les barres lisses ne sont pas admises.

a) Caractéristiques des barres nervurées.

Les barres nervurées doivent être ajustées à la série des diamètres suivants, exprimés en millimètres : 6/8/10/12/14/16/20/25/32/40. Cette série a pour avantage de se différencier facilement les unes de autres, ce qui évite les confusions sur le chantier.

Mesures nominales des barres nervurées		
Diamètre Nominal $\varnothing$ (mm)	Masse nominale m (kg/m)	Section nominale A (mm ²)
6	0,222	28,3
8	0,395	50,3
10	0,617	78,5
12	0,888	113,0
14	1,210	154,0
16	1,580	201,0
20	2,470	314,0
25	3,850	491,0
32	6,310	804,0
40	9,800	1260,0

Tableau 7. Mesures nominales des barres nervurées
 $\text{Surface (mm}^2\text{)} = \text{Poids (kg/m)} / 7,85 \times 10^{-3}$

Caractéristiques de ses composants

6

Les caractéristiques mécaniques les plus importantes sont les suivantes :

- La résistance, f_s (N/mm²)
- La limite élastique, f_y (N/mm²)
- La relation, f_s / f_y

Caractéristiques mécaniques des barres nervurées					
Désignation	Classe d'acier	f_{et}	f_s	% d'allongement	f_s/f_{et}
B 400S	Soudable	400	440	14	1,05
B 500S	Soudable	500	550	12	1,05

Tableau 8. Caractéristiques mécaniques des barres nervurées

Dans la désignation de la barre, le numéro indique la limite élastique garantie et exprimée en N/mm², la lettre B indique qu'il s'agit d'acier à béton et la lettre S indique qu'il est soudable.

b) Treillis électrosoudés (régis par la norme UNE 36.092:96)

Ils sont d'une grande importance pour l'armature des éléments de surface (planchers). Ils sont composés de deux systèmes de barres ou de fils parallèles, formant une trame orthogonale jointe par soudure électrique. Ils sont généralement fabriqués en acier tréfilé avec une limite élastique de 500 N/mm² (acier B500S) et des diamètres nominaux standard ($\emptyset$) : 5 / 6 / 8 / 10 / 12 mm.

Les mailles peuvent être rectangulaires (15x30 cm, 20x30 cm, etc.) ou carrées (15x15 cm, 20x20 cm, etc.). Le premier nombre indique la distance entre les fils longitudinaux et le second la distance entre les fils transversaux. De la même façon pour le diamètre des fils, le premier nombre indique le $\emptyset$ des fils longitudinaux et le second celui des fils transversaux (exemples 6 et 8) . Il est conseillé d'utiliser des mailles carrées avec des fils de même $\emptyset$, afin d'éviter des erreurs de montage dans le cas où le maillage aurait une double fonction de treillis anti-fissuration et d'armature négative.

Pour des charges ponctuelles inférieures à 7,5 kN, anti-contraction, etc., la quantité minimale recommandée pour le treillis est de 0,2 % de la surface bétonnée au-dessus du profil **INCO 70.4 Collaborant**.

6.4. Caractéristiques des connecteurs

Voir le « Manuel technique des connecteurs » sur le site web (www.incoperfil.com).

Caractéristiques de ses composants

6

6.5. Caractéristiques de la dalle

Une fois le béton pris, la dalle se comporte comme un élément résistant unique. Le poids de la dalle dépend de la carre totale du plancher, ainsi que de l'épaisseur de la tôle, comme indiqué dans le tableau suivant :

Poids propre du Plancher (daN/m ²)										
Epaisseur (mm)	Carre du Plancher (cm)									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0,75	193	217	241	265	289	313	337	361	385	409
1	196	220	244	268	292	316	340	364	388	412
1,2	198	222	246	270	294	318	342	366	390	414

Tableau 9. Poids en propre du plancher en fonction des carres et de l'épaisseur de la tôle

Le volume de béton nécessaire par m² de dalle, ainsi que l'inertie de celle-ci, sont détaillés dans le tableau suivant :

Volume et Inertie Dalle		
Carre Plancher (cm)	Volumen Béton (m ³ /m ² de Dalle)	Inertie Brute (cm ⁴ /m)
12	0,077	6.917
14	0,097	11.042
16	0,117	16.313
18	0,137	22.981
20	0,157	31.256
21	0,167	36.064

Tableau 10. Volume et inertie des dalles en fonction de la carre du plancher

Ces deux variables définissent respectivement le propre poids du plancher et ses caractéristiques résistantes.

Caractéristiques de ses composants

6

Les valeurs des surcharges admissibles pour chacune des dalles, en fonction de la carre du plancher et de l'épaisseur de la tôle, sont détaillées dans la *section 10. Tableaux de résistance* de ce dossier.

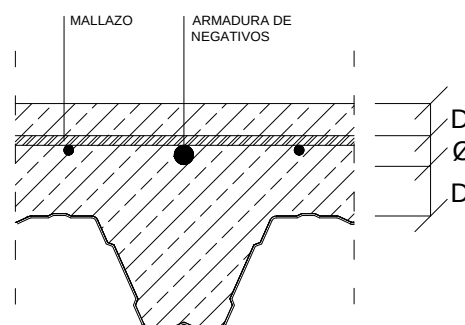


Image 1. Bétonnage du plancher collaborant INCO 70.4

La réglementation (EFHE, article 17, paragraphe a) exige que l'épaisseur minimale de la couche de compression soit de 5 cm pour les planchers traditionnels. Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. recommande que ladite épaisseur soit égale à : $e = 2D + \varnothing + 10 \text{ mm}$.

Où :

D = taille maximale du granulat
 $\varnothing$ = diamètre somme des armatures
10 mm = tolérance



Dans les cas où cela ne serait pas possible, contactez notre Département technique.

Propos l'étaiage

7

Les efforts produits dans un plancher dépendent directement de sa condition d'étayage pendant la phase d'exécution. C'est-à-dire s'il existe ou non un étayage. Nous analysons ci-dessous les deux possibilités :

a) Sans étayage pendant la phase d'exécution

Lorsque le béton est versé sur la tôle, celle-ci résiste au poids de celui-ci et se déforme en conséquence. Une fois le béton pris, les efforts rasants, coupants et fléchissants commenceront à agir lorsque le plancher entrera en charge. C'est pour cette raison que le calcul de la surcharge d'usage admissible du plancher pourrait être théoriquement valable, sans tenir compte du propre poids de la dalle.

$$\text{Surcharge Utilisation Admissible} = \frac{\text{Charge Maximale Admissible}}{1,5}$$

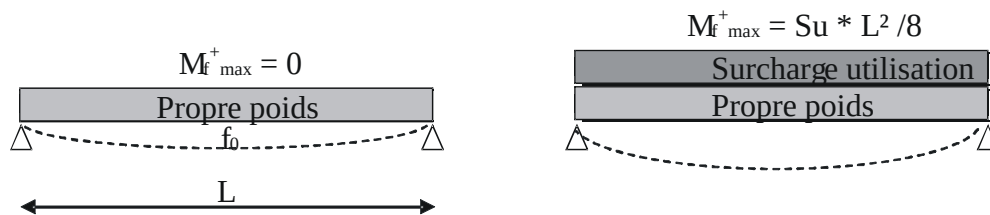


Figure 3. Moments de flexion dus au propre poids et à la surcharge d'un plancher sans étayage

Cela implique un risque car, si le plancher est étayé, il se produirait dans ce cas (a) une diminution de la surcharge d'usage admissible de ledit plancher approximativement égale au poids en propre de celui-ci (et, par conséquent, nous serions dans le cas (b)).

Propos l'étaiage

7

b) Étayage pendant la phase d'exécution

Lorsque le plancher est étagé pendant la phase d'exécution et postérieurement, une fois le béton pris et les étais retirés, les efforts rasants, coupants et fléchissants commencent à agir à cause du propre poids de la dalle. Dans ce cas, la surcharge d'usage admissible diminue d'une valeur environ égale au propre poids de la dalle :

$$\text{Surcharge Utilisation Admissible} = \frac{\text{Maximale Admissible} - 1,35 \times \text{Poids Propre}}{1,5}$$

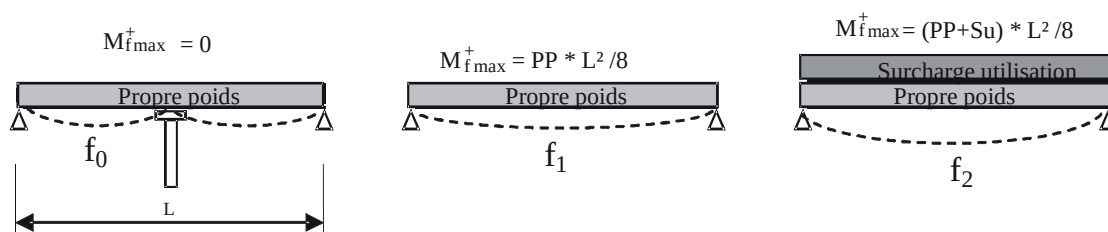


Figure 4. Moments de flexion dus au propre poids et à la surcharge d'un plancher étagé

Face à l'impossibilité d'Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. de contrôler la phase d'exécution pour le calcul de la surcharge d'usage admissible, c'est l'hypothèse la plus prudente des deux précédentes qui est prise en compte, c'est-à-dire la (b) (étayage pendant la phase d'exécution). La raison en est qu'il s'agit d'éviter le risque mentionné précédemment au point (a) et de garantir les surcharges d'usage indiquées dans nos tableaux.

Cela implique que les valeurs des surcharges d'usage admissibles d'Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. ne sont pas comparables avec celles des tableaux de résistance de produits similaires. Cependant, à condition qu'il existe un engagement de la direction exécutive de supervision pour certifier le non-étayage pendant l'exécution du plancher collaborant, le Département technique d'Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. fournira les valeurs et les augmentations de la surcharge admissible pour le cas (a).

En résumé, les tableaux du plancher **INCO 70.4 Collaborant** intègrent toujours l'action du propre poids de la dalle dans n'importe quelle circonstance.

³Si vous observez dans les autres tableaux une diminution de la surcharge d'usage admissible, avec l'augmentation de la carre de la dalle (pour une portée de travée donnée) lors du passage de la zone de non-étayage à la zone d'étayage, c'est dû à cet effet mentionné

Situations pris en compte en le calcul 8

8.1. Phase d'exécution

Dans cette phase, la tôle agit comme un coffrage, dont les propriétés sont utilisées comme élément résistant, et les dispositions prescrites dans l'Eurocode 3 : UNE-ENV 1993-1-3 Calcul des structures en acier. Partie 1-3 : règles générales pour les éléments conformés à froid, s'appliquent. Les charges agissantes sont les suivantes :

a) États limites ultimes (ELU) :

- 1- Propre poids de la tôle et du béton versé en daN/m^2 .
- 2- Charge supplémentaire de construction de 75 daN/m^2
- 3- Les charges d'exécution de 75 daN/m^2 , comme indiqué dans l'Eurocode 4, article 7.3.2, que nous représentons sur la Figure 5 et qui varient si la portée de la travée est inférieure ou supérieure à 3 m, représentent le poids des opérateurs.

Les coefficients de combinaison de charges sont ceux indiqués par l'Eurocode 1.

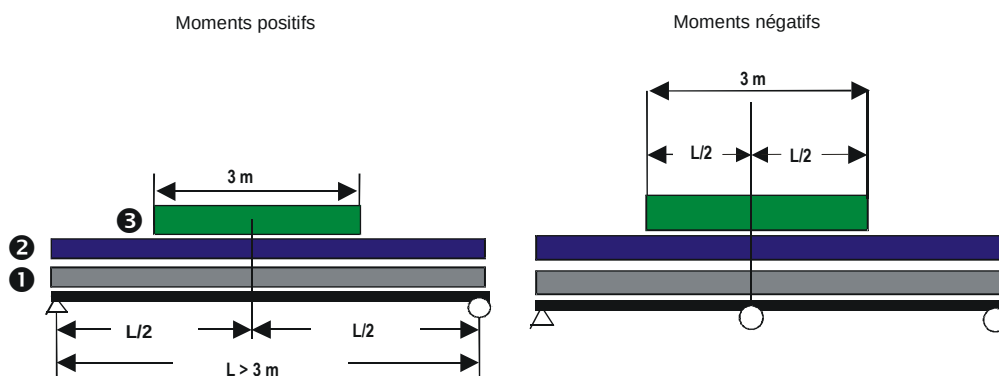


Figure 5. Combinaison de charges pour la vérification des ELU

b) États limites de service (ELS) :

La vérification pour ledit état sera réalisée sur la charge du poids en propre du béton et de la tôle, sans tenir compte des surcharges de construction et d'exécution, puisque la flèche est inférieure à $L/180$ et 20 mm.

Situations pris en compte en le calcul **8**

8.2. Phase mixte

8.2.1. Charges à prendre en compte

Les charges à prendre en compte pendant cette phase sont les suivantes, en fonction du type de plancher (intermédiaire ou de couverture) :

- Propre poids de la tôle et du béton.
- Propre poids du revêtement.
- Propre poids des faux plafonds le cas échéant.
- Propre poids des équipements de climatisation, etc.
- Surcharge de cloisonnement.
- Surcharge d'usage.
- Surcharge de neige, vent, etc.
- Surcharge de maintenance, etc.

8.2.2. Combinaison d'actions

Toutes les combinaisons possibles de charges sont présentes, avec leurs coefficients correspondants de combinaison pour les ELU, conformément à l'Eurocode 1 « Bases de calcul et actions sur les structures ». Hypothèse de calcul :

ELU : Charge maximale = $1,35 \cdot \text{Poids propre} + 1,50 \cdot \text{Surcharge d'utilisation}$

ELS : Charge maximale = $1,00 \cdot \text{Poids propre} + 1,00 \cdot \text{Surcharge d'utilisation}$

Portées < 3,5 m ----- Flèche maximale < L/350

Portées > 3,5 m ----- Flèche maximale < (L/700) + 5 mm

Situations pris en compte en le calcul 8

8.2.3. Méthode d'analyse

La méthode d'analyse employée est la suivante, appropriée pour les états limites de service comme pour les états limites ultimes :

Analyses linéaires avec ou sans redistribution, appropriées pour les états limites de services et les états limites ultimes. Si les effets de la fissuration du béton sont négligés pour l'analyse, les moments fléchissants sur les appuis intermédiaires peuvent être réduits optionnellement jusqu'à 30 %, en effectuant les augmentations correspondantes du moment fléchissant positif dans les travées adjacentes.

a) *États limites ultimes*. Les états de sollicitation suivants sont pris en compte :

- *État limite ultime de flexion*
- *État limite ultime coupant*
- *État limite ultime rasant*
- *État limite ultime de poinçonnement*

b) *États limites de service*. Les vérifications correspondant à ledit état limite sont celles de fissuration et de flèches, conformément aux dispositions de l'Eurocode 4, article 7.6.2.

- *États limites de fissuration*

La valeur de largeur de la fissure, pour les dalles continues dans les zones de moments négatifs, est vérifiée conformément à l'Eurocode 2 « Calcul des structures en béton », partie 1-1 : règles générales et règles pour la construction, Art. 4.4.2.

- *États limites de déformation*

Vérification conformément à l'instruction EFH-99 pour ce qui concerne la valeur des flèches admissibles.

Situations pris en compte en le calcul

8

8.3. Calcul de protection contre le feu

8.3.1. Critères et conception des planchers collaborants anti-incendie

Par le seul fait d'exposer la tôle à l'action du feu, celle-ci augmente sa température et, par conséquent, ses propriétés mécaniques diminuent pour ce qui concerne sa limite élastique et son module d'élasticité.

À une température supérieure à 350 °C, en fonction du niveau de charge et du système statique, la tôle d'acier n'est pas suffisamment résistante face au feu et entraîne l'effondrement du plancher. En outre, selon l'épaisseur de la dalle, l'effondrement peut être précédé d'une défaillance de l'isolation.

Dans les différentes réglementations analysant la résistance de ce type de plancher face au feu, par multiple de 30 minutes, il est adapté à des situations de feu supérieures à 30 minutes. Dans ces cas-la, il conviendra d'adopter des mesures supplémentaires de protection contre l'incendie.

8.3.2. Mesures supplémentaires de protection contre le feu

L'Eurocode 4, partie 1.2, détaille les différentes mesures suivantes de protection contre l'action du feu :

8.3.2.1. Renforts supplémentaires :

L'armature pour contrôler les effets de contraction et de rétraction, conjointement le cas échéant avec l'armature de renfort pour les moments négatifs sur les appuis intermédiaires et les extrémités avec encorbellement, joue un rôle lors de l'évaluation de la résistance au feu d'un plancher collaborant en tôle.

Lorsque l'exposition est supérieure à 30 minutes, des renforts supplémentaires sont disposés au centre des creux et des nervures, afin de résister aux moments positifs produits par ladite action. Le recouvrement minimal du béton devra garantir que l'armature positive ne dépasse pas la température critique de 500 °C, sur une courte période de temps.

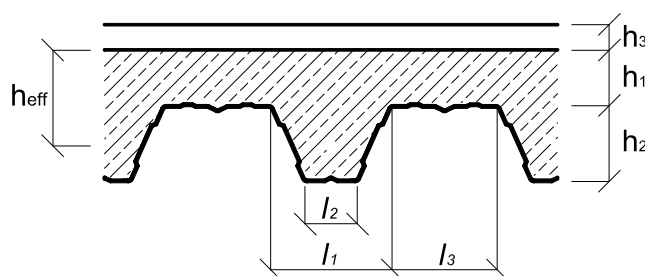


Figure 6a. Valeurs pour déterminer l'épaisseur efficace minimale du plancher

Situations pris en compte en le calcul 8

L'épaisseur efficace minimale, voir le *Tableau 11*, comme l'épaisseur efficace du plancher, sont obtenues grâce aux règles de calcul suivantes, basées sur des données expérimentales :

$$h_{\text{eff}} = h_1 + 0.5 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \quad \forall \frac{h_2}{h_1} \in [0.0, 1.5[> 40\text{mm}$$

$$h_{\text{eff}} = h_1 \cdot \left[1.00 + 0.75 \cdot \left(\frac{l_1 + l_2}{l_1 + l_3} \right) \right] \quad \forall \frac{h_2}{h_1} > 1.50 > 40\text{mm}$$

$$l_3 > 2 \cdot l_1 \quad h_{\text{eff}} = h_1$$

Figure 6b. Valeurs pour déterminer l'épaisseur efficace minimale du plancher

Résistance au feu normalisé (min.)	Minimum épaisseur efficace heff min (mm)
R30	60 - h ₃
R60	80 - h ₃
R90	100 - h ₃
R120	120 - h ₃
R180	150 - h ₃
R240	175 - h ₃

Tableau 11. Épaisseurs efficaces minimales en fonction de la résistance au feu normalisé, avec une épaisseur de pavement h₃ ≤ 20mm.

8.3.2.2. Vêtures:

Ils sont utilisés lorsque les exigences contre le feu sont élevées et/ou lorsque les exigences contre le fléchissement les nécessitent. Les revêtements utilisés sont composés de fibres minérales ou vermiculées, appliquées directement sur la surface de la tôle, comme les plaques de protection contre le feu adhérentes ou fixées à la tôle d'acier.

8.3.2.2. Faux plafonds

Ils fonctionnent comme un écran protecteur, pour tous les éléments structurels situés au-dessus. Cette section est hors-sujet du présent document.

Situations pris en compte en le calcul

8

8.3.3. Détermination des armatures de renfort

Le Tableau 12 nous montre la capacité de résistance selon la théorie élémentaire plastique, en fonction des systèmes statiques appropriés.

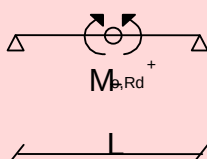
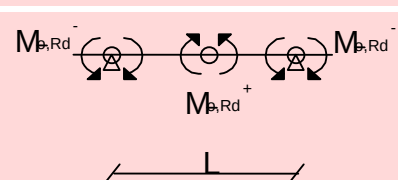
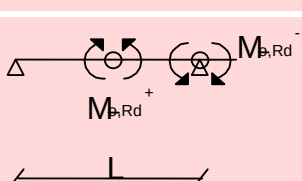
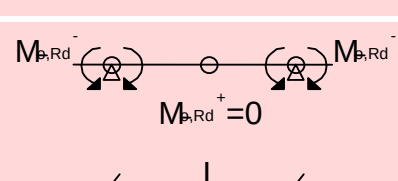
SYSTÈME STATIQUE	CAPACITÉ PORTANT
Sans renfort des négatifs 	$\frac{8 \cdot M_{p,Rd}^+}{L^2}$
Avec renforts pour négatifs comme pour positifs 	$\frac{8 \cdot (M_{p,Rd}^+ + M_{p,Rd}^-)}{L^2}$
	$\frac{8 M_{p,Rd}^+ + 4 M_{p,Rd}^-}{L^2}$
Sans renfort des positifs 	$\frac{8 \cdot M_{p,Rd}^-}{L^2}$

Tableau 12. Conditions de défaillance des dalles

Où :

- $M_{\theta,Rd}^+$ Valeur absolue du moment fléchissant résistant positif
- $M_{\theta,Rd}^-$ Valeur absolue du moment fléchissant résistant négatif
- q Charge qui doit être considérée comme agissant sur le plancher
- L Portée de la travée

Situations pris en compte en le calcul 8

8.3.4. Vérification du critère de résistance

8.3.4.1. Réponse thermomécanique des matériaux

8.3.4.1.1. Acier de l'armature supplémentaire

La température de l'armature de traction dépend de sa position et de la configuration géométrique du profil **INCO 70.4 Collaborant**. Ces facteurs sont représentés par le coefficient z , obtenu grâce à l'équation suivante :

$$\frac{1}{z} = \frac{1}{\sqrt{u_1}} + \frac{1}{\sqrt{u_2}} + \frac{1}{\sqrt{u_3}}$$

Les paramètres u_1 , u_2 et u_3 sont les distances en mm entre l'armature et la tôle d'acier, comme spécifié sur la *Figure 7*. Le *Tableau 13* nous indique la température de renfort sous la forme d'une équation linéaire.

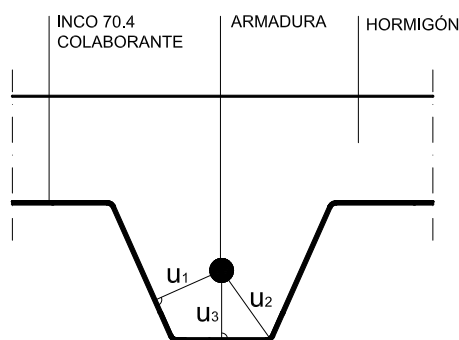


Figure 7. Position géométrique de l'armature supplémentaire dans le plancher

TEMPS D'EXPOSITION AU FEU NORMALISÉ	TEMPÉRATURE DE L'ARMATURE (°C)	
60	$\theta_s = 1175 - 350 \cdot z$	110 °C (2,3)
90	$\theta_s = 1285 - 350 \cdot z$	180 °C (2,6)
120	$\theta_s = 1370 - 350 \cdot z$	230 °C (2,8)
180	$\theta_s = 1490 - 350 \cdot z$	300 °C (2,0)
240	$\theta_s = 1575 - 350 \cdot z$	350 °C (2,2)

Tableau 13. Variation de la température en fonction du type d'exposition

Situations pris en compte en le calcul 8

En plus des limites indiquées dans le *Tableau 13*, l'utilisation d'une armature supplémentaire est réduit à :

$$u_1, u_2 \geq 50 \text{ mm} ; \quad u_3 \geq 35 \text{ mm}$$

La limite maximale de l'acier en situation d'incendie $f_{s\text{m}\acute{a}x,\theta}$ est fournie par l'équation suivante :

$$f_{s\text{m}\acute{a}x,\theta} = k_{\text{m}\acute{a}x,\theta} \cdot \frac{f_{sy,20^{\circ}\text{C}}}{\gamma_{M,\theta,s}} = k_{\text{m}\acute{a}x,\theta} \cdot f_{sy,20^{\circ}\text{C}}$$

Où :

$f_{sy,20^{\circ}\text{C}}$: valeur caractéristique de la limite élastique de l'acier d'armature à 20 °C

$k_{\text{m}\acute{a}x,\theta}$: facteur de réduction de la limite élastique de l'acier avec la température

$\gamma_{M,\theta,s}$: facteur de sécurité partielle de l'acier d'armature dans le calcul du feu

$$(\gamma_{M,\theta,s}=1,00)$$

La *Figure 8* illustre l'évolution du facteur $k_{\text{m}\acute{a}x,\theta}$ en fonction de la température θ_s pour les aciers d'armature d'une dureté naturelle :

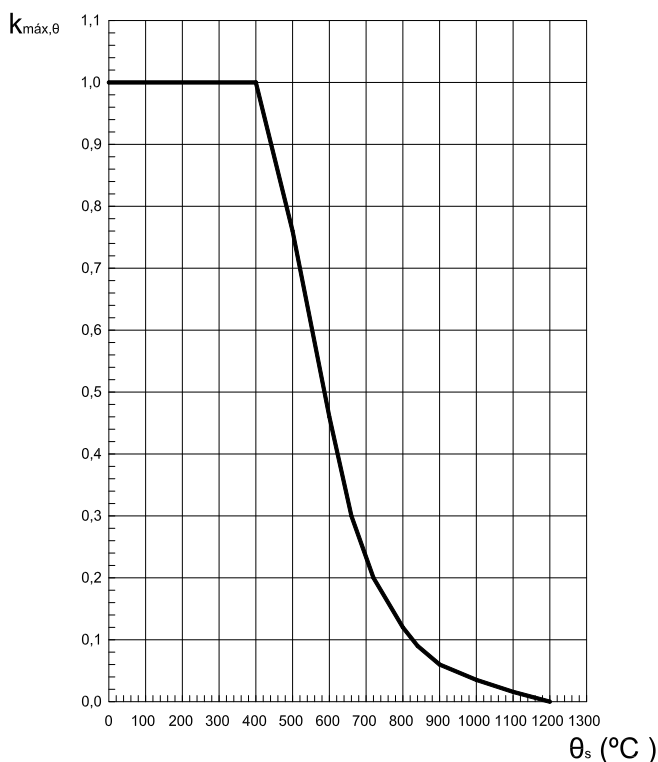


Figure 8. Facteur de réduction de la limite élastique de l'acier en fonction de la température

Situations pris en compte en le calcul 8

8.3.4.2. Béton

La distribution de la température à l'intérieur du béton est considérée comme indépendante de l'épaisseur efficace du plancher. Elle est détaillée dans le *Tableau 14* pour différentes durée d'exposition au feu.

PROFONDEUR X (mm)	TEMPÉRATURE θ_c (°C) APRÈS UNE CERTAINE DURÉE DU FEU					
	30 min	60 min	90 min	120 min	180 min	240 min
5	535	705	--	--	--	--
10	470	642	738	--	--	--
15	415	581	681	754	--	--
20	350	525	627	697	--	--
25	300	469	571	642	738	--
30	250	421	519	591	689	740
35	210	374	473	542	635	700
40	180	327	428	493	590	670
45	160	289	387	454	549	645
50	140	250	345	415	508	550
55	125	200	294	369	469	520
60	110	175	271	342	430	495
80	80	140	220	270	330	395
100	60	100	160	210	260	305

Tableau 14. Distribution des températures à l'intérieur d'une dalle massive de 100 mm d'épaisseur, avec un béton de poids normal et sans isolation, sous l'action d'un incendie normalisé

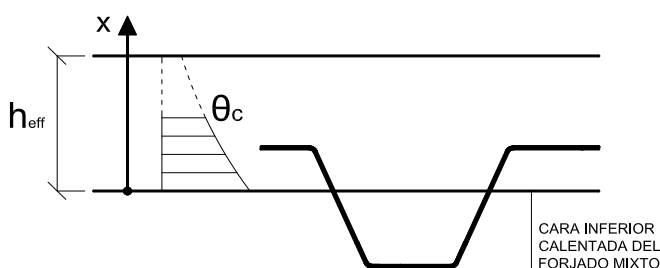


Figure 9. Identification du paramètre de profondeur « x » pour une dalle massive

Lors de l'utilisation de bétons allégés, il est possible de réduire de 90 % les paramètres des températures indiquées dans le *Tableau 14*.

La résistance à la compression du béton en situation d'incendie $f_{c,\theta}$ est fournie par l'équation suivante :

Situations pris en compte en le calcul 8

$$f_{c,\theta} = k_{c,\theta} \frac{0,85 \cdot f_{c,20^{\circ}\text{C}}}{\gamma_{M,\theta,c}} = k_{c,\theta} \cdot 0,85 \cdot f_{c,20^{\circ}\text{C}}$$

Où :

$f_{c,20^{\circ}\text{C}}$: valeur caractéristique de la résistance à la compression du béton à 28 jours

$k_{c,\theta}$: facteur de réduction de la résistance à la compression du béton avec la température

$\gamma_{M,\theta,s}$: facteur de sécurité partielle du béton dans le calcul du feu ($\gamma_{M,\theta,s}=1,00$)

Le coefficient 0,85 qui multiplie $f_{c,20^{\circ}\text{C}}$ sert à prendre en compte le phénomène de fatigue du béton, provoquée par une éventuelle application des charges pendant des périodes prolongées.

8.3.4.3. Charges à prendre en compte

La charge uniformément distribuée « q », qui agirait sur le plancher pendant l'incendie, comprend le propre poids de la dalle G et la surcharge d'usage Q, pour laquelle a été conçu le plancher à température ambiante. Par conséquent, la valeur de calcul est fournie par l'équation suivante, où les coefficients de sécurité des deux charges sont considérés comme égaux à la valeur de l'unité :

$$q = Q + G$$

Nous avons constaté que ladite méthodologie de calcul offre des résultats plus conservateurs que ceux obtenus expérimentalement. Pour ce faire, afin de réduire ces différences et en nous appuyant sur la méthodologie proposée par l'Eurocode 1, qui permet la diminution du coefficient de majoration de la surcharge d'usage Q à des valeurs inférieures à l'unité, la charge à prendre en compte dans les calculs sera celle obtenue par l'équation suivante :

$$q = k \cdot (Q + G) = 0,85 \cdot (Q + G)$$

La valeur du facteur de charge k dépend du rapport entre la surcharge d'usage et la charge permanente et du système statique. Comme les informations sont limitées dans le cas des planchers mixtes, nous utilisons $k = 0,85$ c'est-à-dire une valeur obtenue à partir des calculs comparatifs.

Situations pris en compte en le calcul

8

8.3.4.4. Calcul du moment résistant négatif $M_{\theta,Rd}^-$

Pour le calcul du moment résistant négatif $M_{\theta,Rd}^-$ les hypothèses suivantes sont admises :

- La dalle nervurée est considérée comme d'une épaisseur uniforme à l'épaisseur efficace h_{eff} pour vérifier l'exécution de l'isolation thermique.
- La résistance du béton $f_{c,\theta}$ dans la zone comprimée de la partie inférieure du plancher dépend de la température θ_c . Le rapport $f_{c,\theta}$ et θ_c est fourni à la section 8.3.4.2. *Béton*.
- La limite élastique de l'armature située dans la partie supérieure du plancher n'est pas affectée par la température et, par conséquent, il est possible d'utiliser la valeur à température ambiante.

La Figure 10 illustre la distribution des tensions avec celles utilisées pour le calcul de $M_{\theta,Rd}^-$.

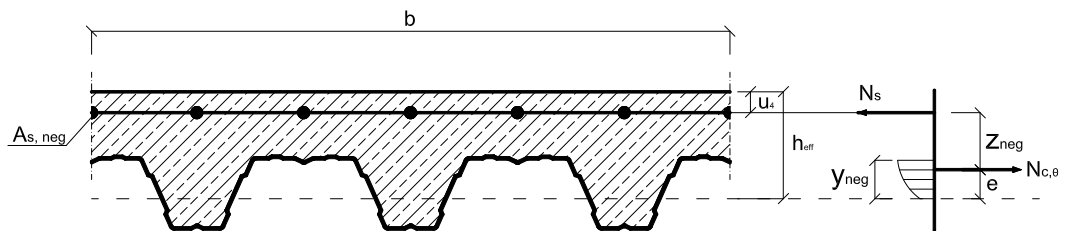


Figure 10. Distribution des tensions prises en compte dans le calcul du moment résistant négatif $M_{\theta,Rd}^-$

Pour l'équilibre des forces et des moments, les expressions de calcul suivantes sont obtenues de la valeur $M_{\theta,Rd}^-$:

$$\begin{aligned}
 N_s &= N_{c,\theta} \\
 M_{\theta,Rd}^- &= N_s \cdot Z_{neg} = N_{c,\theta} \cdot Z_{neg} \\
 N_s &= f_{sy,20^\circ C} \cdot A_{s,neg} \\
 N_{c,\theta} &= 0,85 \cdot f_{c,20^\circ C} \cdot A_{c,r} \\
 Z_{neg} &= h_{eff} - u_4 - e
 \end{aligned}$$

Situations pris en compte en le calcul 8

Où :

- $M_{\theta,Rd}$: valeur de calcul du moment résistant négatif après l'exposition à l'incendie normalisé.
- $A_{s,neg}$: zone de l'armature négative calculée lors de la conception à température ambiante
- N_s : effort axial de traction de l'armature concernée à température ambiante
- $N_{c,\theta}$: résultante du bloc de compression du béton qui reçoit l'influence de la température
- Z_{neg} : bras de levier du moment $M_{\theta,Rd}$, distance entre N_s et $N_{c,\theta}$
- $A_{c,r}$: zone réduite de la zone comprimée du béton à cause de l'effet de la température
- e : position de la température de la zone comprimée du béton à température élevée
- h_{eff} : épaisseur efficace du plancher
- b : largeur de la dalle prise en compte dans le calcul
- u_4 : revêtement de l'armature supérieure
- y_{neg} : profondeur de la zone du béton comprimé dans la partie inférieure du plancher

Dans ce cas, le diagramme rectangulaire utilisé pour représenter les tensions dans le béton est modifié par l'effet de la température. La Figure 11 illustre la distribution des tensions dans le béton en situation d'incendie (par rapport à ce qui se passerait à température ambiante), avec laquelle est calculée la valeur de $N_{c,\theta}$.

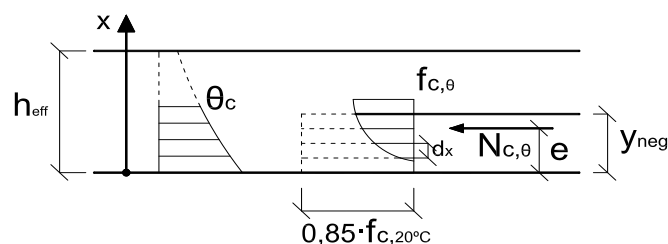


Figure 11. Force résultante de la zone comprimée du béton, exposée à l'action directe du feu normalisé

Situations pris en compte en le calcul 8

À cause de la complexité du calcul des paramètres $A_{c,r}$ et e , le *Tableau 15* récapitule les valeurs pour chacun des temps de résistance au feu, calculés pour une dalle d'un mètre de large ($b = 1\,000\text{ mm}$) et un béton de poids normal. Dans le cas de l'utilisation d'un béton léger, le *Tableau 15* fournit des résultats situés du côté de la sécurité.

Pour obtenir le paramètre e , la valeur $A_{s,neg}$ est calculée, puis la valeur $A_{c,r}$ grâce aux expressions :

$$A_{s,neg} = \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4 \cdot s} \quad A_{c,r} = \frac{A_{s,neg} \cdot f_{sy,20^\circ C}}{0,85 \cdot f_{c,20^\circ C}}$$

Où s est la distance longitudinale entre les armatures négatives.

En entrant dans le *Tableau 15*, dans la colonne correspondant à la résistance au feu normalisé et avec la valeur $A_{c,r}$, la valeur e est obtenue par interpolation linéaire.

Profondeur X (mm)	Température θ_c (°C) après une certaine durée du feu											
	30 min		60 min		90 min		120 min		180 min		240 min	
	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]	$A_{c,r}$ [mm ² /m]	e [mm ² /m]
5	2.268,75	2,7	1.027,50	2,9	452,50	2,7	315,00	2,7	147,50	2,8	82,50	2,9
10	5.250,00	5,5	2.726,25	5,8	1.347,50	6,1	810,00	5,7	412,50	5,9	255,00	6,2
15	8.681,25	8,3	4.890,00	8,8	2.776,25	9,5	1.662,50	9,3	821,25	9,3	535,00	9,6
20	12.500,00	11,1	7.492,50	11,9	4.621,25	12,7	2.971,25	13,0	1.413,75	12,8	948,75	13,1
25	16.625,00	13,9	10.515,00	14,9	6.878,75	15,9	4.700,00	16,5	2.370,00	16,8	1.523,75	16,7
30	20.937,50	16,7	13.927,50	18,0	9.541,25	19,2	6.826,25	20,0	3.768,75	20,8	2.455,00	20,9
35	25.362,50	19,5	17.663,75	21,1	12.571,25	22,4	9.327,50	23,3	5.553,75	24,6	3.805,00	25,0
40	29.875,00	22,2	21.661,25	24,1	15.942,50	25,6	12.196,25	26,7	7.710,00	28,2	5.417,50	28,8
45	34.450,00	24,9	25.857,50	27,1	19.620,00	28,8	15.395,00	30,0	10.188,75	31,7	7.236,25	32,2
50	39.075,00	27,6	30.183,75	30,0	23.540,00	31,9	18.886,25	33,2	12.975,00	35,1	9.505,00	35,9
55	43.743,75	30,2	34.621,25	32,9	27.685,00	35,0	22.657,50	36,4	16.061,25	38,5	12.242,50	39,6
60	48.450,00	32,9	39.152,50	35,8	31.978,75	38,0	26.630,00	39,6	19.440,00	41,8	15.186,25	43,1
80	67.525,00	43,4	57.577,50	46,7	49.523,75	49,4	43.360,00	51,4	34.690,00	54,3	28.811,25	56,0
100	86.900,00	53,8	76.377,50	57,4	67.623,75	60,3	60.960,00	62,5	51.590,00	66,0	44.811,25	68,2

Tableau 15. Valeurs de $A_{c,r}$ et pour chacun des temps de résistance au feu pour la largeur $b = 1\,000\text{ mm}$ et pour un béton de poids spécial

Enfin, l'équation qui fournit la valeur du moment résistant négatif, en situation d'incendie, en fonction du reste des paramètres, est la suivante :

$$M_{\theta,Rd} = 0,85 \cdot f_{c,20^\circ C} \cdot A_{c,r} \cdot (h_{eff} - u_4 - e) = A_{s,neg} \cdot f_{sy,20^\circ C} \cdot (h_{eff} - u_4 - e)$$

Situations pris en compte en le calcul

8

8.3.4.5. Calcul du moment résistant positif $M_{\theta,Rd}^+$

Pour le calcul du moment résistant négatif $M_{\theta,Rd}^+$ les hypothèses suivantes sont admises :

- La température n'influence pas la résistance à la compression de la face supérieure du plancher. Puisqu'il faut respecter le critère d'isolation thermique sur la face non exposée au feu, il est possible de considérer que la résistance à la compression est la même qu'à température ambiante.
- La limite élastique de l'armature supplémentaire en situation d'incendie $f_{smáx,\theta}$ dépend de la température θ_s . Le rapport entre $f_{smáx,\theta}$ et θ_s est fourni à la section 8.3.4.1.1. *Acier de l'armature supplémentaire.*

La Figure 12 illustre la distribution des tensions pour le calcul de la valeur $M_{\theta,Rd}^+$. Comme illustré sur la figure, l'existence de l'armature de distribution n'est pas prise en compte dans le calcul.

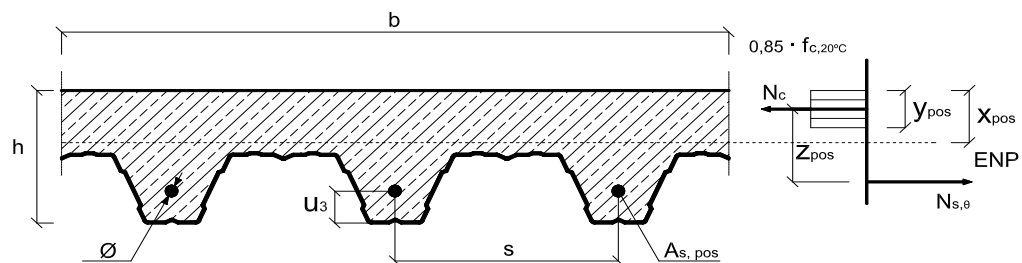


Figure 12. Distribution des tensions dans le calcul du moment résistant positif $M_{\theta,Rd}^+$.

Pour l'équilibre des forces et des moments, les expressions de calcul suivantes sont obtenues de la valeur $M_{\theta,Rd}^+$:

$$\begin{aligned}
 N_{s,\theta} &= N_c \\
 M_{\theta,Rd}^+ &= N_{s,\theta} \cdot z_{pos} = N_c \cdot z_{pos} \\
 N_{s,\theta} &= f_{smáx,\theta} \cdot A_{s,pos} = k_{máx,\theta} \cdot f_{sy,20^\circ C} \cdot A_{s,pos} \\
 N_c &= 0,85 \cdot f_{c,20^\circ C} \cdot y_{pos} \cdot b \\
 z_{pos} &= h - u_3 - 0,5 \cdot y_{pos}
 \end{aligned}$$

Situations pris en compte en le calcul 8

Où :

- $M_{\theta,Rd}^+$: valeur de calcul du moment résistant positif après l'exposition à l'incendie normalisé.
- $A_{s,pos}$: zone de l'armature supplémentaire dans la largeur de la dalle concernée
- $N_{s,\theta}$: effort axial de traction de l'armature supplémentaire à température élevée
- N_c : résultante du bloc de compression du béton non influencé par la température
- z_{pos} : bras de levier du moment $M_{\theta,Rd}^+$, distance entre $N_{s,\theta}$ et N_c
- y_{pos} : profondeur de la zone du béton comprimé dans la partie inférieure du plancher
- b : largeur de la dalle prise en compte dans le calcul
- h : épaisseur totale de la dalle
- u_3 : revêtement de l'armature supplémentaire

Si nous utilisons les expressions de calcul de $M_{\theta,Rd}$, nous obtenons l'équation suivante, permettant de calculer la valeur de l'armature supplémentaire $A_{s,pos}$ nécessaire pour garantir la résistance au feu requise, en considérant le résultat le plus défavorable de l'équation :

$$A_{s,pos} = \frac{0,85 \cdot f_{c,20^\circ C} \cdot b}{k_{m\acute{a}x,\theta} \cdot f_{sy,20^\circ C}} \cdot \left[(h - u_3) \pm \sqrt{(h - u_3)^2 - \frac{2 \cdot M_{\theta,Rd}^+}{0,85 \cdot f_{c,20^\circ C} \cdot b}} \right]$$

En premier lieu, le coefficient z est calculé d'après la section 8.3.4.1.1. *Acier de l'armature supplémentaire*. Ensuite, le Tableau 13 nous permet d'obtenir pour la durée d'exposition au feu normalisé la température θ_s de l'armature supplémentaire (l'utilisation du Tableau 13 reste subordonnée au respect de ses restrictions), puis en saisissant cette valeur θ_s dans la Figure 8 nous obtenons $K_{m\acute{a}x,\theta}$. Par conséquent, le diamètre ($\emptyset$) de l'armature positive est le suivant :

$$\emptyset = \sqrt{\frac{A_{s,pos} \cdot 4 \cdot s}{\pi}}$$

Situations pris en compte en le calcul 8

Le diagramme de tension déformation du béton est considéré comme rectangulaire dans les calculs, conformément à la Figure 13.

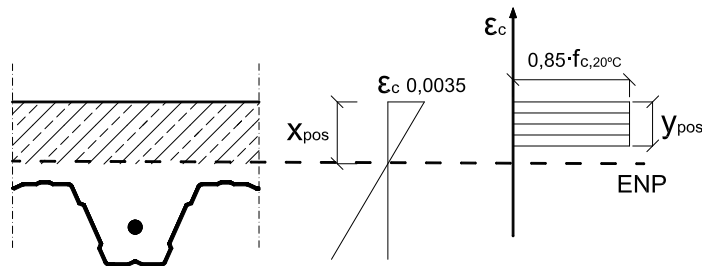


Figure 13. Diagramme rectangulaire

Où :

ϵ_c : déformation du béton

x_{pos} : profondeur de l'axe neutre plastique (ENP)

y_{pos} : $0,8 \cdot x_{pos}$

Actions dans la construction

9

Le calcul des actions est basé sur le *Code technique de la construction, document de base de la sécurité structurelle des actions dans la construction (DB SE-AE)*. Lors du calcul, il est nécessaire de prendre en compte deux types d'actions.

9.1. Actions permanentes

Les actions permanentes à prendre en compte lors de l'utilisation des tableaux de calcul de la *section 10. Tableaux de résistance* sont les suivantes :

- Fermetures et cloisons
- Revêtements, pavements, enduits, etc.
- Faux plafonds

et toute autre charge à caractère permanent.

Pour les logements, il suffit de prendre en compte une surcharge de cloisonnement de 100 kp pour chaque m² de surface construite. Pour les cas particuliers, consultez notre Département Technique.

Attention : lorsque les tableaux de calcul de la *section 10. Tableaux de résistance* sont utilisés, en aucun cas il ne faut inclure le poids du plancher (béton + acier + tôle), puisque celui-ci a déjà été pris en compte lors de l'élaboration des tableaux. Pour prendre en compte le reste des actions permanentes (fermetures, cloisons, revêtements, etc.), elles devront être ajoutées à la surcharge en les multipliant au préalable par le coefficient 0,944.

9.2. Surcharge d'usage

La surcharge d'usage se définit comme le poids de tout ce qui peut peser sur le plancher en raison de son usage.

En général, les effets de la surcharge d'usage peuvent être simulés par l'application d'une charge uniformément distribuée. Les valeurs de cette charge distribuée incluent tous les effets dérivés de l'usage normal, personnes, mobiliers, marchandises habituelles, matériels, contenu des conduits, machinerie et, le cas échéant, véhicules.

⁴ Résultat de la division du coefficient de majoration des charges permanentes entre le coefficient de majoration des surcharges : 1,35 / 1,5

Actions dans la construction

9

Pour les vérifications locales de capacité portante, il convient de prendre en compte une charge concentrée agissant en n'importe quel endroit de la zone. Ladite charge sera considérée comme **agissant simultanément** avec la charge uniformément répartie sur les zones de trafic et de stationnement des véhicules légers, et de façon indépendante et **non simultanée** dans le reste des cas. (Consultez le Département technique d'Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.)

Les valeurs caractéristiques des surcharges d'usage sont ajoutées ci-dessous :

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tableau 16. Valeurs caractéristiques des surcharges d'usage, conformément au Document de base SA-AE du Code technique de la construction

1) Alternativement dans le cas des zones de trafic ou de stationnement, la charge concentrée pourra être remplacée par une surcharge distribuée de 200 kp/m², agissant de façon simultanée et uniformément.

Actions dans la construction

9

9.3. Exemple de calcul utilisant les tableaux de surcharges admissibles

9.3.1 Sur le calcul des surcharges spécifiques dans les tableaux

Considérant que la charge maximale a été calculée théoriquement, pour obtenir la surcharge qu'un plancher est capable de supporter, il faut appliquer la formule suivante correspondant à la *section 8.2.2. Combinaison d'actions* :

$$Q_{m\acute{a}x} = 1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot S_{uso\ tablas} \quad [\text{Form. 1}]$$

où:

$Q_{m\acute{a}x}$	est la charge maximale du plancher
PP	est le propre poids de la dalle
$S_{uso\ tablas}$	est la surcharge d'usage indiquée dans les tableaux

C'est en déterminant $S_{uso\ tablas}$ que nous obtiendrons la surcharge d'usage que le plancher peut supporter :

$$S_{uso\ tablas} = \frac{Q_{m\acute{a}x} - 1,35 \cdot PP}{1,5} \quad [\text{Form. 2}]$$

Les résultats pour chacune des différentes configurations de plancher (en variant l'épaisseur de la tôle, la carre de la dalle, les travées et la portée libre) sont détaillés dans les tableaux de la *section 10. Tableaux de résistance*. Les valeurs des tableaux indiquent la surcharge d'usage que peut supporter le plancher.

9.3.2. Calcul des caractéristiques du plancher nécessaire pour un projet

a) Projets avec uniquement des surcharges d'usage

1. En fonction de l'usage ultime du plancher, nous obtiendrons la surcharge d'usage du projet, $S_{uso\ proyecto}$, dans le *Tableau 16. Valeurs caractéristiques des surcharges d'usage, conformément au Document de base SA-AE du Code technique de la construction*.

2. En utilisant les tableaux de la *section 10. Tableaux de résistance* et en fonction de nos exigences de projet (portées, travées, etc.), nous localiserons les configurations possibles du plancher requis (en variant l'épaisseur du profil et la carre de la dalle). Toutes les configurations valides seront celles dont la surcharge spécifiée dans les tableaux sera supérieure à celle que nous avons obtenue pour le projet dans la section précédente.

$$S_{usage\ tableaux} \geq S_{equivalent} \quad [\text{Form. 3}]$$

Actions dans la construction

9

b) Projets avec des surcharges d'usage et des charges permanentes

1. De la même façon que dans le cas précédent, En fonction de l'usage ultime du plancher, nous obtiendrons la surcharge d'usage du projet, $S_{uso \text{ proyecto}}$, dans le *Tableau 16. Valeurs caractéristiques des surcharges d'usage, conformément au Document de base SA-AE du Code technique de la construction.*

2. Puisqu'il existe des charges permanentes dans le projet, $C_p \text{ proyecto}$, il faudra calculer une surcharge équivalente avant d'entrer dans les tableaux. Elle est calculée de la façon suivante :

$$Q_{max} \geq 1,35 \cdot PP + 1,35 \cdot C_p \text{ proyecto} + 1,5 \cdot S_{uso \text{ proyecto}} \quad [\text{Form. 4}]$$

En utilisant cette dernière formule et la [Form. 2] obtenue à la page précédente :

$$S_{uso \text{ tablas}} = \frac{Q_{max} - 1,35 \cdot PP}{1,5} \geq S_{uso \text{ proyecto}} + \frac{1,35 \cdot C_p \text{ proyecto}}{1,5} \quad [\text{Form. 5}]$$

$$S_{uso \text{ tablas}} \geq S_{uso \text{ proyecto}} + 0,9 \cdot C_p \text{ proyecto} \quad [\text{Form. 6}]$$

Finalement, la surcharge équivalente pour l'utilisation des tableaux sera de :

$$S_{equivalente} \geq S_{uso \text{ proyecto}} + 0,9 \cdot C_p \text{ proyecto} \quad [\text{Form. 7}]$$

3. En utilisant les tableaux de la *section 10. Tableaux de résistance* pour le plancher *collaborant INCO 70.4* et en fonction de nos exigences de projet (portées, travées, etc.), nous localiserons les configurations possibles du plancher requis (en variant l'épaisseur du profil et la carre de la dalle). Toutes les configurations valides seront celles dont la surcharge spécifiée dans les tableaux sera supérieure à celle que nous avons obtenue pour le projet dans la section précédente.

$$S_{usagetableaux} \geq S_{equivalent} \quad [\text{Form. 8}]$$

Actions dans la construction

9

9.3.3. Exemple pratique de calcul

a) Typologie du plancher requis

Plancher pour logements

Portée = 3,4 m

Nbre travées = 2 / Sans étayage

b) Charges à prendre en compte dans le projet

Surcharges (voir le Tableau 16) :

$$S_{uso} = 200 \text{ kp/m}^2$$

Charges permanentes, C_p :

$$\text{Revêtement} = 80 \text{ kp/m}^2$$

$$\text{Cloisonnement} = 100 \text{ kp/m}^2$$

$$\text{Totale } C_p = 180 \text{ kp/m}^2$$

c) Sélection du plancher nécessaire grâce aux tableaux

En utilisant la formule [7] obtenue précédemment, nous pouvons calculer la surcharge équivalente :

$$S_{equivalente} = S_{uso \text{ proyecto}} + 0,9 \times C_p \text{ proyecto} \quad [\text{Form. 7}]$$

$$S_{equivalente} = 200 + 0,9 \times 180 \rightarrow S_{equivalente} = 362 \text{ kp/m}^2$$

Si nous consultons les tableaux des surcharges admissibles pour l'épaisseur 0,75 mm, nous voyons que toutes les options exigent un étayage pour 3,4 m. Par conséquent, nous cherchons dans le tableau de l'épaisseur 1 mm, pour 2 travées et une portée de 3,4 m. Comme nous pouvons l'observer pour une **carre de plancher de 12 cm**, la surcharge admissible est de 700 kp/m² et l'étayage n'est pas nécessaire. Comme cette surcharge est plus importante que la surcharge équivalente (362 kp/m²), celle-ci sera la carre dont nous avons besoin.

Pour obtenir le treillis nécessaire, nous consultons le *Tableau 5*. Armature de distribution recommandée pour chacune des carres et des épaisseurs de dalle (page 11), où nous constatons que le treillis anti-fissuration doit être de **150x150x5 mm**. Pour l'armature négative, nous consultons le *Tableau 6. Diamètre des armatures négatives* recommandées pour les différentes carres de dalle et épaisseurs de tôle. (page 11), où nous constatons que l'armature négative nécessaire sera de **Ø10 mm par creux**.

d) Résultats du calcul :

Épaisseur du profil **INCO 70.4 Collaborant** = 1 mm ; carre de dalle = 120 mm

Treillis 150x150x5 mm ; armature négative = 1 Ø10 mm par creux

Remarque : pour les portées non incluses dans les tableaux ou pour des travées de portée variable, contactez notre Département technique. (Voir la section 14. Service personnalisé de calcul.)

Tableaux de résistance

10

TABLEAUX DE SURCHARGES ADMISSIBLES MAJORÉES (kg/m ²)												
		 Carre du plancher (cm)									0,75 mm	
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Portée libre entre les supports (m)	2,0	1107	1247	1382	1526	1660	1806	1939	2085	2217	2352	
	2,2	905	1019	1129	1248	1356	1476	1584	1705	1812	1921	
	2,4	750	844	934	1034	1123	1223	1312	1413	1500	1589	
	2,6	628	707	782	866	939	1024	1097	1183	1255	1329	
	2,8	530	597	659	731	792	865	925	999	1058	1120	
	3,0	450	507	559	621	672	735	785	849	898	950	
	3,2	384	433	477	530	573	628	670	725	766	809	
	3,4	329	371	408	454	490	538	573	621	655	691	
	3,6	262	318	349	390	420	461	491	533	561	592	
	3,8	187	264	299	335	360	396	421	458	481	506	
Portée libre entre les supports (m)	4,0	128	189	256	287	308	340	360	393	412	433	
	4,2		130	185	246	263	292	308	337	352	369	
	4,4			125	183	224	249	262	288	300	313	
	4,6				123	173	211	221	244	253	264	
	4,8					114	170	185	206	212	221	
	5,0						111	154	172	176	182	
			 Carre du plancher (cm)									0,75 mm
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Portée libre entre les supports (m)	2,0	1313	1397	1669	1754	1990	2165	2232	2310	2373	2437
		2,2	1134	1253	1415	1563	1700	1849	1986	2071	2125	2180
2,4		946	1065	1180	1304	1417	1543	1655	1781	1893	1967	
2,6		798	898	994	1100	1195	1301	1396	1503	1596	1691	
2,8		679	765	846	936	1017	1108	1187	1280	1358	1438	
3,0		583	656	725	803	871	950	1018	1098	1164	1232	
3,2		503	566	625	693	751	820	877	947	1003	1061	
3,4		436	491	541	601	650	711	760	821	869	919	
3,6		379	427	470	523	565	619	660	715	755	798	
3,8		331	373	410	456	492	540	575	624	658	695	
Portée libre entre les supports (m)	4,0	289	326	357	399	430	472	502	545	574	606	
	4,2	253	285	312	349	375	413	439	477	502	528	
	4,4	221	249	272	305	328	361	383	417	438	461	
	4,6	193	218	237	267	286	316	334	365	382	401	
	4,8	169	190	206	233	248	276	290	318	332	348	
	5,0	147	165	179	202	215	240	252	277	288	301	
			 Carre du plancher (cm)									0,75 mm
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	Portée libre entre les supports (m)	2,0	1359	1446	1727	1815	2059	2240	2310	2391	2457	2523
		2,2	1191	1297	1487	1628	1787	1943	2072	2144	2201	2259
2,4		993	1118	1239	1369	1489	1620	1739	1871	1988	2039	
2,6		837	943	1044	1155	1255	1366	1465	1578	1676	1776	
2,8		713	803	888	983	1067	1163	1246	1343	1425	1510	
3,0		611	688	761	843	914	997	1068	1152	1222	1293	
3,2		527	594	656	727	788	861	921	994	1053	1114	
3,4		457	515	568	631	683	746	798	862	912	965	
3,6		398	448	494	549	594	650	693	750	793	838	
3,8		347	391	430	479	517	567	604	655	691	730	
Portée libre entre les supports (m)	4,0	304	342	376	419	452	496	528	573	604	637	
	4,2	266	299	328	367	395	434	461	502	528	556	
	4,4	233	262	287	321	345	380	403	439	461	485	
	4,6	204	229	250	281	301	333	352	384	403	423	
	4,8	178	200	218	246	262	291	307	336	351	368	
	5,0	155	174	189	214	228	253	266	293	305	319	
	Contacter le Département technique					Étayage au centre de la travée						

Tableaux de résistance

10

TABLEAU DE SURCHARGES ADMISSIBLES (kg/m ²)											
Portée libre entre supports (m)	Carre du plancher (cm) 1,00 mm										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	2,0	1655	1851	2038	2233	2413	2603	2776	2960	3127	3293
	2,2	1441	1623	1801	1988	2164	2340	2496	2662	2811	2959
	2,4	1198	1350	1496	1653	1798	1956	2100	2258	2402	2548
	2,6	997	1135	1258	1390	1512	1645	1766	1900	2020	2142
	2,8	764	965	1068	1181	1284	1398	1499	1614	1715	1818
	3,0	589	776	914	1011	1098	1197	1283	1382	1468	1555
	3,2	454	605	780	872	946	1032	1105	1191	1264	1338
	3,4	350	472	614	755	819	894	956	1032	1094	1158
3,6	262	359	472	606	712	778	831	898	951	1006	
3,8	187	264	353	461	583	679	725	784	829	876	
4,0	128	189	260	347	445	564	633	686	725	765	
4,2		130	185	256	335	433	536	601	634	669	
4,4			125	183	246	327	410	519	555	585	
4,6				123	173	241	308	400	486	512	
4,8					114	170	225	302	373	447	
5,0						111	155	220	278	348	
Portée libre entre supports (m)	Carre du plancher (cm) 1,00 mm										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	2,0	1503	1586	1885	1968	2039	2213	2279	2356	2419	2481
	2,2	1351	1424	1694	1768	1830	1986	2043	2113	2167	2221
	2,4	1224	1289	1534	1601	1655	1797	1847	1910	1957	2004
	2,6	1117	1175	1399	1459	1507	1637	1681	1738	1779	1821
	2,8	1025	1077	1284	1338	1381	1500	1539	1591	1627	1664
	3,0	925	992	1154	1233	1271	1381	1416	1463	1495	1527
	3,2	803	904	1001	1107	1175	1277	1308	1351	1379	1408
	3,4	700	789	872	966	1049	1143	1213	1253	1277	1303
3,6	614	691	764	847	919	1002	1073	1158	1187	1209	
3,8	540	609	672	745	808	882	944	1019	1080	1126	
4,0	477	538	593	659	713	779	833	900	953	1008	
4,2	423	476	525	583	631	690	737	798	844	892	
4,4	349	423	465	518	560	613	654	708	748	790	
4,6	275	376	413	460	497	545	581	629	664	701	
4,8	214	299	367	409	441	485	516	560	590	622	
5,0	164	235	316	364	392	431	458	499	525	553	
Portée libre entre supports (m)	Carre du plancher (cm) 1,00 mm										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	2,0	1555	1641	1950	2036	2110	2289	2358	2439	2504	2569
	2,2	1398	1474	1753	1829	1894	2055	2116	2188	2244	2301
	2,4	1267	1335	1588	1657	1714	1861	1914	1978	2028	2077
	2,6	1156	1217	1449	1511	1562	1696	1743	1801	1844	1888
	2,8	1024	1116	1278	1386	1431	1555	1596	1649	1687	1726
	3,0	881	992	1099	1215	1318	1432	1469	1518	1551	1586
	3,2	763	859	951	1052	1143	1245	1335	1403	1432	1463
	3,4	665	749	828	917	995	1085	1162	1253	1327	1355
3,6	582	655	724	803	871	950	1017	1097	1163	1231	
3,8	507	576	636	705	765	835	893	964	1022	1081	
4,0	396	508	560	622	673	736	787	851	900	952	
4,2	307	417	495	550	595	651	695	752	795	840	
4,4	236	327	432	487	526	576	615	666	703	742	
4,6	178	253	339	432	466	511	544	591	623	657	
4,8	131	192	263	351	413	454	482	524	552	582	
5,0		142	200	275	357	402	427	465	489	515	
Contacter le Département technique							Étayage au centre de la travée				

Tableaux de résistance

10

TABLEAUX DE SURCHARGES ADMISSIBLES (KG/M²)

		Carre du plancher (cm)									1,20 mm
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Portée libre entre les supports (m)	2,0	1654	1849	2037	2231	2412	2601	2775	2959	3126	3292
	2,2	1488	1663	1832	2007	2169	2339	2495	2660	2810	2958
	2,4	1314	1508	1661	1820	1966	2121	2261	2412	2546	2680
	2,6	997	1296	1516	1661	1794	1936	2063	2201	2323	2444
	2,8	764	999	1274	1526	1647	1778	1894	2021	2132	2242
	3,0	589	776	994	1241	1450	1578	1694	1823	1937	2054
	3,2	454	605	780	981	1214	1365	1464	1576	1675	1775
	3,4	350	472	614	778	968	1187	1273	1372	1456	1543
	3,6	262	359	472	606	759	939	1112	1199	1272	1347
	3,8	187	264	353	461	583	729	886	1053	1116	1181
	4,0	128	189	260	347	445	564	691	848	982	1039
	4,2		130	185	256	335	433	536	666	796	916
	4,4			125	183	246	327	410	519	626	749
	4,6				123	173	241	308	400	487	589
	4,8					114	170	225	302	373	457
	5,0						111	155	220	278	348
		Carre du plancher (cm)									1,20 mm
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Portée libre entre les supports (m)	2,0	1503	1586	1885	1968	2039	2213	2279	2356	2419	2481
	2,2	1351	1424	1694	1768	1830	1986	2043	2113	2167	2221
	2,4	1224	1289	1534	1601	1655	1797	1847	1910	1957	2004
	2,6	1117	1175	1399	1459	1507	1637	1681	1738	1779	1821
	2,8	1025	1077	1284	1338	1381	1500	1539	1591	1627	1664
	3,0	945	992	1183	1233	1271	1381	1416	1463	1495	1527
	3,2	875	918	1095	1141	1175	1277	1308	1351	1379	1408
	3,4	813	853	1018	1060	1090	1186	1213	1253	1277	1303
	3,6	758	795	949	988	1015	1104	1128	1165	1187	1209
	3,8	694	742	888	923	948	1031	1053	1087	1106	1126
	4,0	553	696	788	865	887	966	985	1016	1033	1050
	4,2	440	586	700	776	832	906	923	952	967	982
	4,4	349	471	612	693	751	820	867	894	907	920
	4,6	275	376	494	619	671	733	784	841	852	864
	4,8	214	299	397	514	600	657	701	759	802	812
	5,0	164	235	316	416	529	589	629	681	719	759
		Carre du plancher (cm)									1,20 mm
		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Portée libre entre les supports (m)	2,0	1555	1641	1950	2036	2110	2289	2358	2439	2504	2569
	2,2	1398	1474	1753	1829	1894	2055	2116	2188	2244	2301
	2,4	1267	1335	1588	1657	1714	1861	1914	1978	2028	2077
	2,6	1156	1217	1449	1511	1562	1696	1743	1801	1844	1888
	2,8	1061	1116	1330	1386	1431	1555	1596	1649	1687	1726
	3,0	979	1029	1226	1278	1318	1432	1469	1518	1551	1586
	3,2	907	952	1136	1183	1219	1325	1358	1403	1432	1463
	3,4	815	885	1056	1100	1132	1231	1260	1301	1327	1355
	3,6	647	825	957	1025	1054	1147	1173	1211	1234	1258
	3,8	507	671	843	934	985	1072	1095	1130	1150	1172
	4,0	396	530	686	827	898	979	1024	1057	1075	1094
	4,2	307	417	545	695	797	870	931	991	1007	1024
	4,4	236	327	432	557	699	775	829	895	945	960
	4,6	178	253	339	444	563	692	739	799	846	894
	4,8	131	192	263	351	450	571	660	715	755	798
	5,0	91	142	200	275	357	460	568	640	676	713

$$S_{\text{uso admissible}} = \frac{Q_{\text{m} \times \text{r}} - 1,35 PP}{1,5}$$

La surcharge admissible spécifique dans les tableaux a été calculée selon l'hypothèse suivante (page 36):

Voir l'hypothèse de calcul dans la section 8.2.2. *Combinaison d'actions*.

Mise en œuvre

11

11.1. Emballage, transport, réception et déchargement

Les paquets s'adapteront aux besoins du chantier, sous la forme généralement de paquets de 20 tôles d'une longueur maximale de 14 m.

Poids x m² de profil **INCO 70.4 Collaborant** :

- 0,75 mm d'épaisseur 8,76 kp/m²
- 1,00 mm d'épaisseur 12,69 kp/m²
- 1,20 mm d'épaisseur 14,02 kp/m²

Limitations en fonction de :

- Longueur de transport
- Accès au chantier
- Poids x paquet lors du déchargement et du levage
- Manipulation pendant l'installation

Chaque paquet possède une étiquette d'identification indiquant les éléments suivants :

- Nom du fabricant
- N° de commande et destination
- Nom du client et du chantier
- Description du produit
- Nbre de tôles et longueur du paquet
- Poids du paquet

La marchandise doit être transportée protégée avec une bâche.

Mise en œuvre

11

11.2. Entreposage et protection

Il convient de prendre en compte les mesures suivantes :

- Protection des paquets contre l'humidité par condensation de surface ou pluie, en les déposant dans une zone couverte ou en les protégeant avec des bâches ventilées.
- Les paquets ne doivent pas être en contact direct avec le sol et ils devront être déposés sur des cales en bois, avec une inclinaison suffisante pour l'évacuation de l'eau le cas échéant.

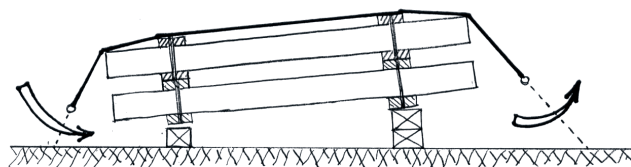


Figure 14. Protection et disposition des paquets

11.3. Manipulation et levage

Pour le levage, il convient d'utiliser des élingues en toile avec protection anticoupe, des balancelles, des coins, etc. pour éviter d'endommager la tôle pendant son déchargement ou son levage, tout en s'assurant que les paquets restent fermement serrés pour éviter un glissement des élingues ou du paquet lui-même.

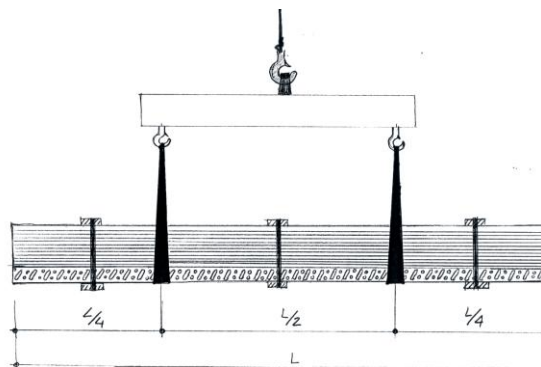


Figure 15. Manipulation et levage des paquets

Les paquets sont déposés sur les poutres principales de la structure, en les orientant dans le sens de leur montage et toujours selon les instructions de la direction du chantier.

11.4. Montage sur le chantier

Mise en œuvre

11

L'Ordonnance générale de sécurité et d'hygiène au travail sera respectée.

Il faut placer une protection totale à base de filets (obligatoire à partir de 2 m) sous la structure et des barrières périmétrales contre le risque de chute des personnes.

Sécurité personnelle : des ceinturons de sécurité seront utilisés et des équipements de protection individuelle en fonction des risques encourus (bottes, gants, casque, lunettes de protection et vêtement approprié).

Pendant la pose, aucun travail ne sera réalisé en simultané aux étages inférieur et supérieur.

Avant de verser le béton, les étages seront nettoyés, ainsi que la surface de contact entre les tôles et la structure, celle-ci devant être protégée contre l'oxydation.

Les paquets de tôle devront être empilés sur les poutres principales de la structure, appuyés sur des planches en bois et à proximité des supports principaux. Tenez compte du fait qu'un paquet de 20 tôles pèse environ 300 kg/m².

Découpe sur le chantier : pendant les opérations de coupe, la zone devra rester protégée des limailles et des bavures, et le revêtement de protection devra rester protégé par l'application d'une peinture riche en zinc.

11.5. Coffrage

Avant le versement du béton, la tôle devra respecter les conditions requises suivantes :

- Alignement parfait des plaques.
- Les recouvrements longitudinaux seront parfaitement joints (il est conseillé de les relier par une vis tous les 75 cm).
- Utilisation des couronnements périmétraux ou de pâte.
- Aucune ouverture ne sera laissée béante et par où pourrait s'échapper le béton lors du versement (des joints spécialement conçus pour ce faire seront utilisés, visibles sur la *Figure 16*).

Mise en œuvre

11

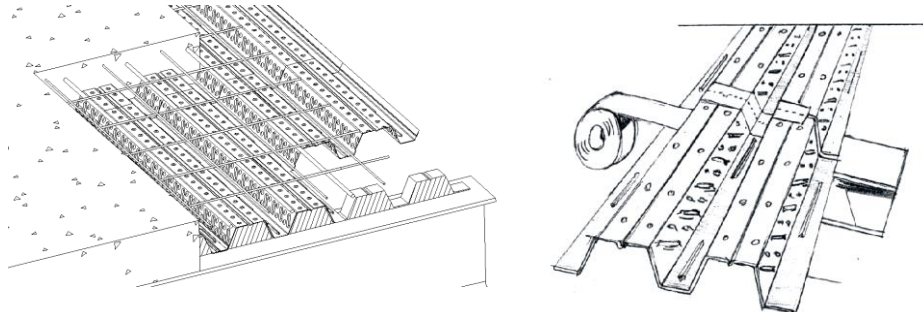


Figure 16. Schéma de composition du plancher INCO 70.4 Collaborant

- Le profil, dans la phase de versement du béton, supporte son propre poids + le poids du béton + le poids des armatures, ainsi que les charges d'exécution définies par l'Eurocode 4.
- Il conviendra d'éviter les charges ponctuelles dues à :
 - Regroupement de personnes sur une même zone (Figure 17).
 - Versement du béton d'une hauteur supérieure à 30 cm.

INCORRECT



INCORRECT



CORRECT

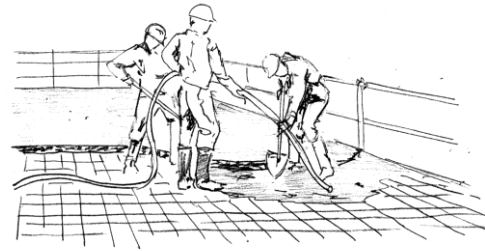


Figure 17. Regroupement de personnes

- Il faudra éviter qu'une quelconque charge repose directement sur la tôle, en plaçant dessus des tasseaux d'une épaisseur suffisante.
- Accumulation de matériels

Mise en œuvre

11

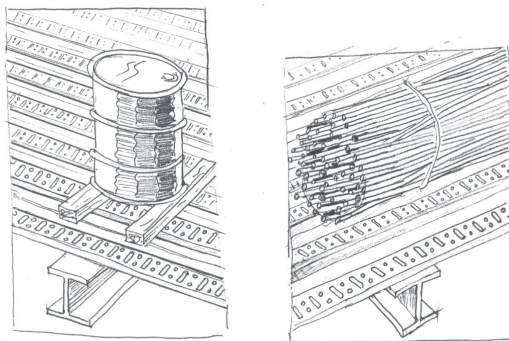


Figure 18. Accumulation de charges

1.6. Étançons

Le critère défini dans les tableaux du plancher, ou dans le rapport de calcul, sera respecté. Les étais seront placés après l'installation et la fixation des tôles.

Le critère d'étagage par étage suivra l'ordre d'exécution, de l'étage inférieur à l'étage supérieur, et sans jamais laisser un étage intermédiaire sans étagage. Lors du retrait des étais, il conviendra de suivre l'ordre inverse, et toujours dans le respect des instructions de la direction exécutive du chantier. En règle générale, les étais sont placés à un $\frac{1}{2}$ de la portée de la travée dans le cas d'un étai, à $\frac{1}{3}$ et $\frac{2}{3}$ de la portée de la travée dans le cas de deux étais par travée.

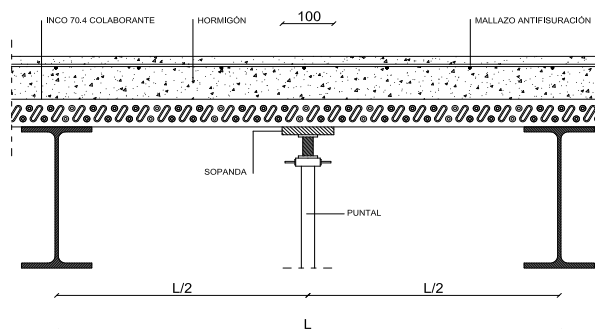


Figure 19a. Distance entre les étais

Mise en œuvre

11

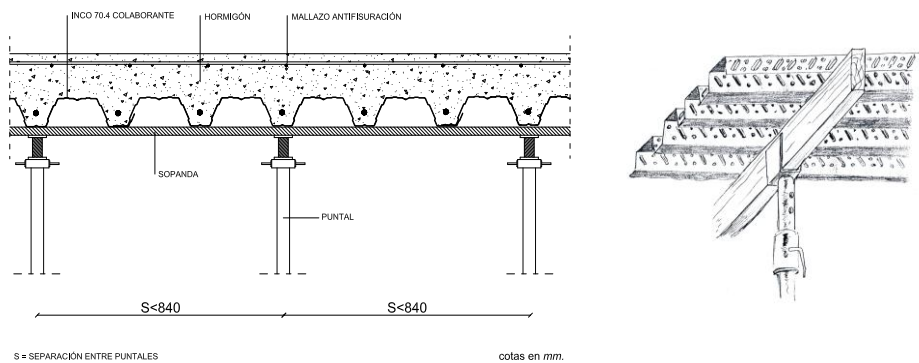


Figure 19b. Distance entre les étais

La distance entre les étais d'une même travée ne sera pas supérieure à 0,84 m et la tôle s'appuiera sur ceux-ci par l'intermédiaire d'une planche de bois d'une largeur minimale de 100 mm et d'une épaisseur suffisante. Les étais resteront en place pendant au moins 28 jours.

Le délai pour le retrait des étais dépend de l'évolution du durcissement du béton et, par conséquent, du type de ciment, de la température ambiante, etc. Le tableau suivant fournit quelques chiffres indicatifs, valables pour le ciment Portland ordinaire et des conditions moyennes d'évolution du durcissement, conformément à l'Instruction espagnole.

Temperature Superficielle du Béton (°C)	≥ 24 °C	16 °C	8 °C	2°C
Dalles. Pontuel	7 Jours	9 Jours	13 Jours	20 Jours
Poutres. Pontuel	10 Jours	13 Jours	18 Jours	28 Jours

Tableau 17. Caractéristiques mécaniques des barres nervurées

Lorsqu'il n'existe aucune expérience de cas analogues, il convient de procéder à des essais d'information pour définir les délais de décoffrage, ou d'adopter la durée la plus longue.

Mise en œuvre

11

11.7. Fixations

Types de fixations :

- Vis à tarauder (diamètre ≥ 6 mm).
- Clous insérés par percussion.

Une fois placée la tôle, il faudra procéder à sa fixation.

Les appuis extrêmes et intermédiaires de la tôle seront fixés par une vis dans le creux de chaque onde (distance 210 mm).

Les fixations⁵ sur les recouvrements longitudinaux seront effectuées de la façon suivante :

- Tôles à une travée : une fixation tous les 750 mm (500 mm pour les dalles d'une carre supérieure à 180 mm).
- Tôles à deux travées ou plus : une fixation tous les mètres.

11.8. Connecteurs

Il existe sur le marché différents types de connecteurs. Chacun d'eux possède ses propres caractéristiques décrites par le fabricant.

- Connecteur soudé directement à la poutre : à l'atelier, il est conseillé lorsqu'il s'agit de boulons de grand diamètre, mais il présente l'inconvénient que la tôle doit être montée par tronçons simples.
- Connecteurs de type HILTI ou similaire : la fixation s'effectue grâce à des clous tirés au pistolet (respecter dans ce cas les recommandations du fabricant).
- Boulons soudés à travers la tôle sur le chantier, grâce à des groupes de soudure appropriés. La surface de la tôle devra être propre et la face supérieure de la poutre sans peinture ni copeau.

La distance minimale à respecter entre la fixation et l'extrémité de la tôle devra être de 30 mm.

Il faudra utiliser des équipements de protection individuelle (lunettes de sécurité et bouchons auditifs).

⁵ Dans le calcul du plancher, elles sont considérées comme appui et les fixations ne sont pas prises en compte.

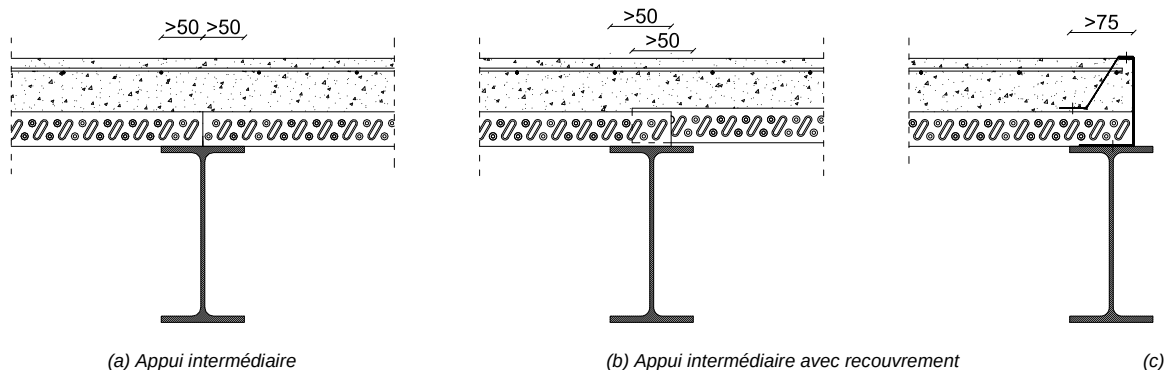
Mise en œuvre

11

11.9. Points singuliers

11.9.1. Appuis

Les dalles mixtes qui reposent sur l'acier ou le béton doivent avoir un appui minimal de 75 mm dans le cas des tôles extrêmes ou superposées (b) et (c). Pour l'appui intermédiaire et pour les tôles placées de front, l'appui minimal sera de 100 mm (a).



Appui extrême

Figure 20. Appui sur une structure métallique (cotes en mm)

Pour les dalles mixtes qui reposent sur d'autres matériaux, ces valeurs doivent être augmentées avec un appui minimal de 100 mm dans le cas des tôles extrêmes ou superposées (b) et (c). Pour l'appui intermédiaire et pour les tôles placées de front, l'appui minimal sera respectivement de 150 mm.

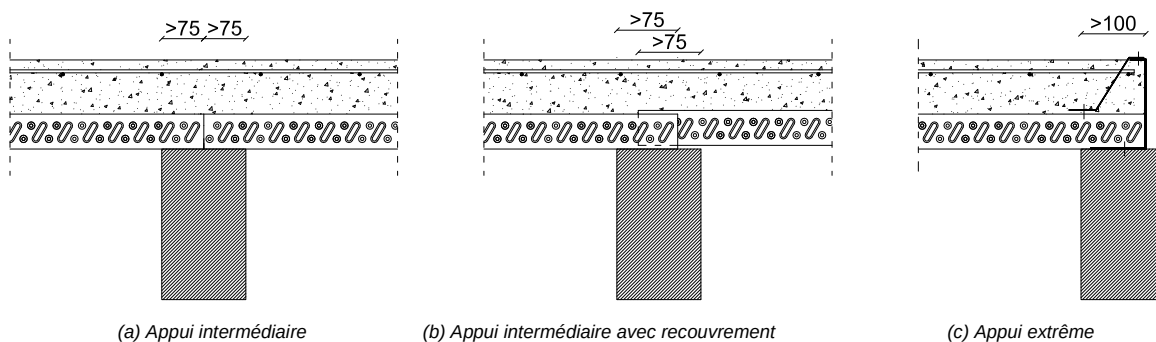


Figure 21. Appui sur une structure en béton (cotes en mm)

Mise en œuvre

11

Il est possible de réduire les appuis minimaux mentionnés précédemment, si c'est spécifié dans le projet et si la conception prend en compte des facteurs importants comme les tolérances, les charges, la portée, la hauteur de l'appui et l'armature de continuité nécessaire. Si des appuis réduits sont utilisés, il faudra prendre des précautions de façon à ce que *la tôle puisse quand même être fixée sans endommager les appuis et pour qu'une défaillance ne puisse pas se produire à la suite de déplacements accidentels pendant le montage.*

11.9.2. Encoberlement

Il convient de différencier deux phases :

a) Construction

La tôle en encoberlement dans la direction des nervures est capable de supporter un surplomb maximal de 500 mm sans étayage, avec le couronnement périmétral fixé aux nervures.

Pendant la phase d'exécution, il faudra user de précaution pour ne pas circuler sur les encoberlements.

Pour la tôle en encoberlement dans la direction perpendiculaire aux nervures, les couronnements périmétraux devront être fixés sur les prolongations des poutres principales.

b) Phase mixte

Dans cette phase, la tôle n'agit pas pour l'absorption des efforts de l'encoberlement et l'élément qui agit est l'armature négative, résultat du calcul du plancher.

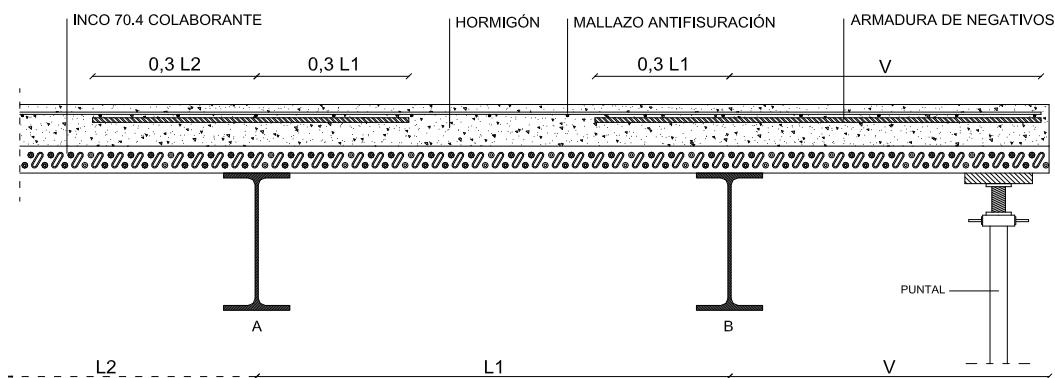


Figure 22. Placement des étais d'encoberlement

Mise en œuvre

11

11.9.3. Couronnements périmétraux du plancher

Ces couronnements sont fabriqués à partir de tôle galvanisée et leur épaisseur minimale conseillée est de 1 mm (voir le Catalogue du couronnement).

Les couronnements périmétraux se placent sur les bords du plancher et des ouvertures intérieures, et ils agissent comme des moules de contention pour le béton.

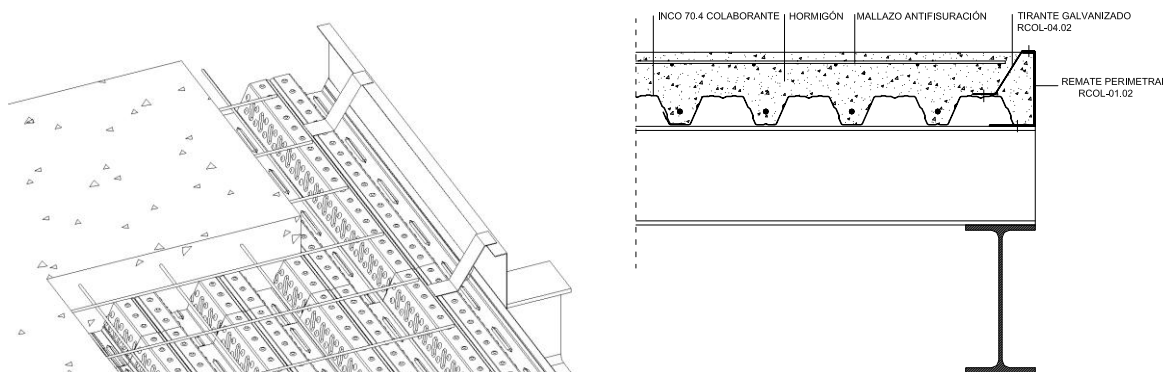


Figure 23. Couronnements périmétraux du plancher collaborant

Ils doivent être fixés directement à la structure, en même temps que la fixation de la tôle. Ils doivent être entrecroisés avec des plaques galvanisées de 40 mm de large et séparées entre elles de 0,5 à 1 m, en fonction de la carre du plancher.

De préférence, la forme du couronnement doit être un angle de la même hauteur que le plancher, rigidifié au niveau du bord supérieur. Il convient d'éviter que la poussée lors du versement du béton ne déforme pas l'angle.

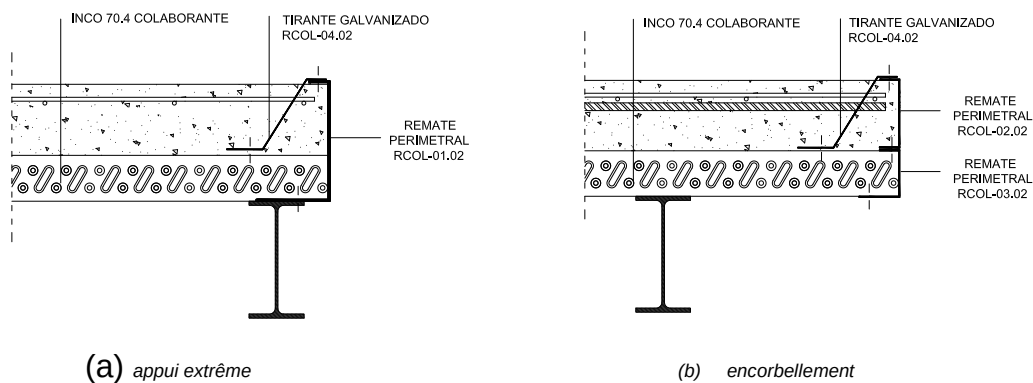


Figure 24. Variété de couronnements périmétraux en fonction du type d'appui

Mise en œuvre

11

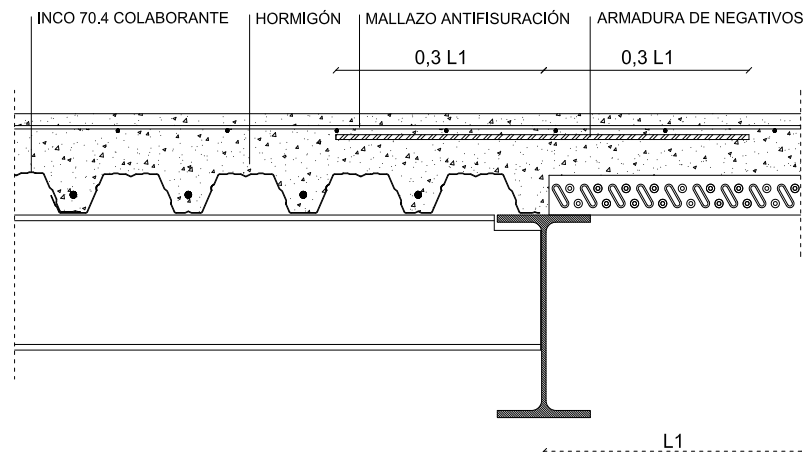


Figure 25. Changement de sens du profil **INCO 70.4 Collaborant**

11.9.4. Ouvertures

Il est conseillé de savoir avant l'exécution du plancher la dimension et le nombre d'ouvertures, évitant ainsi une démolition après le durcissement du béton, qui pourrait entraîner une perte de liaison entre la tôle et le béton. En aucun cas, il ne faut démolir avec des outils à percussion.

Les petites ouvertures peuvent être réalisées en utilisant des coffrages intérieurs avec une plaque de polystyrène dotée de la forme grecquée du profil puis, après le durcissement du béton ou une fois que celui-ci a acquis une résistance suffisante, ces coffrages sont retirés et la tôle est découpée, en protégeant les bords avec de la peinture riche en zinc.

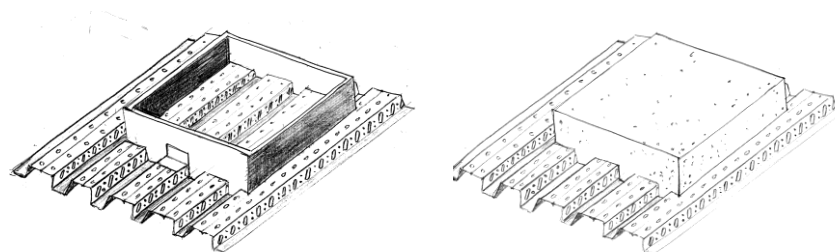


Figure 26. Ouvertures de dimensions réduites dans le plancher

Ce système présente l'avantage que la tôle supporte les charges pendant le bétonnage, sans avoir à étayer. Les ouvertures supérieures à 200x200 mm nécessitent des armatures de renfort supplémentaires dans la dalle, et les plus grandes ouvertures de 600x600 mm nécessitent une structure additionnelle.

Mise en œuvre

11

11.10. Armatures

Les armatures des planchers collaborants sont formées de treillis et d'armatures de renfort.

Les armatures de la dalle de faible épaisseur seront placées à une distance de 20 mm de la partie supérieure. Toutes les armatures supplémentaires, le cas échéant, seront placées selon le projet. Elles seront disposées correctement, de façon à éviter les déplacements ou les affaissements supérieurs à 10 mm pendant le bétonnage. Il est recommandé d'utiliser des appuis ponctuels, des boucles d'acier, de béton, etc., mais aucun élément courant qui favoriserait l'apparition de fissure dans le plancher.

Types d'armature :

- Treillis anti-fissuration
- Armatures négatives
- Armature de positifs

11.10.1. Treillis anti-fissuration

Il est conseillé de conserver la même distance du treillis anti-fissuration dans les deux directions, afin de garantir son placement correct sur le chantier. Dans certains cas, ces armatures seront capables d'absorber les efforts des moments négatifs si elles sont correctement dimensionnées. Le recouvrement minimal sera de 300 mm pour un $\varnothing < 8$ mm et de 400 mm pour un $\varnothing \geq 8$ mm. Ces armatures couvriront toute la surface du plancher.

11.10.2. Armatures négatives

Elles sont le produit du résultat du calcul et placées sur les appuis intermédiaires, ainsi que dans les zones d'encorbellement.

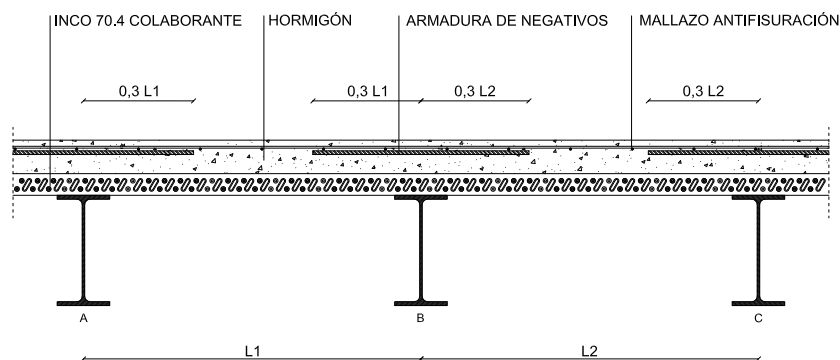


Figure 27. Placement des armatures négatives

Mise en œuvre

11

11.10.3. Armature de positifs

a) Résistance au feu

Il est possible d'installer des armatures supplémentaires pour améliorer la résistance au feu du plancher. Celles-ci seront placées dans les creux de chacune des ondes du profil, et sur toute la longueur (voir la section 8.3. *Calcul de protection contre le feu*).

La section de l'armature requise sera celle indiquée dans le calcul et dépendra de la résistance au feu souhaitée.

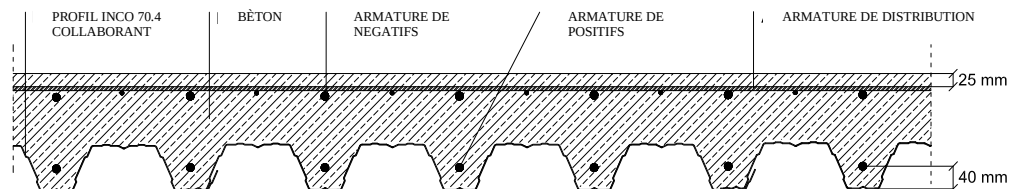


Figure 28. Placement des armatures et du treillis anti-fissuration

b) Résistance à la flexion (effort rasant)

Elles augmentent la résistance finale du plancher et sont placées de la même façon que les armatures supplémentaires de protection contre le feu.

11.11. Bétonnage

11.11.1. Fabrication du béton

Le béton fabriqué dans une centrale est le plus recommandé. Le transport du béton jusqu'au site de versement doit respecter les conditions suivantes :

- Pendant le transport, les granulats ne doivent pas être séparés, ce qui provoquerait des pertes d'homogénéité et de résistance dans le béton.
- Il faut éviter les vibrations et les chocs, ainsi que l'excès d'eau qui favorise la séparation.
- Il faut éviter, dans la mesure du possible, que le béton sèche pendant le transport.
- Si, à l'arrivée sur le site de versement, le béton présente un début de prise, il convient de le refuser et ne pas l'utiliser.

Mise en œuvre

11

11.11.2. Bétonnage:

- Il faut s'assurer que la tôle est propre et dégraissée, avant de procéder au versement du béton. Si la face exposée (supérieure) du béton reçoit directement les rayons du soleil, il faut protéger ou humidifier la surface pour éviter des fissures par contraction.
- Le **versement** s'effectue depuis une hauteur maximale de 30 cm. Le béton doit être dirigé pendant le versement via des goulottes, qui empêchent des chocs contre les armatures et le profil **INCO 70.4 Collaborant**. Dans la mesure du possible, le béton sera versé en même temps que les poutres ou les autres éléments résistants de la structure.
- Il sera distribué directement de façon uniforme et soignée, pour que le béton versé ne dépasse la hauteur totale de la dalle, et en l'empêchant de s'entasser.
- Ne pas jeter à distance le béton avec une pelle et ne pas le répartir avec des râteliers pour ne pas le désagréger. Il faudra éviter l'impact des charges sur la tôle et le déplacement des brouettes s'effectuera sur des planches épaisses.
- Lors du **bétonnage de surfaces inclinées**, le béton frais a tendance à glisser vers le bas, notamment sous l'effet de la vibration. Par conséquent, il convient de bétonner de bas en haut, par étape, dont le volume et la distance jusqu'à la partie compacte doivent être calculés de façon à ce que le béton occupe sa place définitive après une courte action du vibreur.
- La **méthode de compactage** utilisée habituellement est celle par vibrations (aiguille vibrante). L'aiguille doit être placée verticalement dans la masse du béton, en évitant soigneusement tout contact avec les armatures et le profil **INCO 70.4 Collaborant**, car la vibration pourrait les séparer de la masse de béton. L'aiguille ne doit pas être déplacée horizontalement et elle doit être entièrement sortie pour que les alentours puissent se refermer entièrement. La distance entre les points d'insertion du vibreur est comprise entre 40 et 60 cm. Il est préférable de vibrer en plusieurs points pendant peu de temps, qu'en peu d'endroits pendant longtemps.
- Si une **perte de coulis** du béton est détectée, il est conseillé de la nettoyer avant son durcissement, avec un jet d'eau sous pression.

Mise en œuvre

11

11.11.3. Bétonnage par temps froid

Il faut suspendre le bétonnage lorsqu'il est prévu que :

- dans les 48 heures suivantes, la température ambiante peut descendre en dessous de zéro degré centigrade.
- Lorsque la température de la masse de béton est inférieure à 10 °C dans les éléments de faible épaisseur.
- Lorsque la température de la tôle ou du coffrage est inférieure à 3 °C.
- D'un autre côté, il est nécessaire d'améliorer le dosage du béton, en adoptant le rapport A/C le plus faible possible.

Dans le cas où il sera indispensable de continuer le bétonnage, les recommandations suivantes seront mises en œuvre :

- Ajouter l'additif approprié.
- Chauffer l'eau du mélange à 40 °C.
- Chauffer les granulats.
- Protéger les surfaces bétonnées.
- Créer un environnement tiède.
- Prolonger le séchage.

11.11.4. Bétonnage par temps chaud

Il faut empêcher l'évaporation de l'eau du mélange car, dans le cas contraire, cela risquerait d'entraîner des pertes de résistance, des fissures ou une augmentation de la contraction.

Pour réduire la température de la masse de béton, il est possible d'utiliser de l'eau froide, avec des morceaux de glace placés dans la masse. Dans la mesure du possible, les granulats doivent être entreposés à l'abri du soleil.

Mise en œuvre

11

Une fois le bétonnage effectué, il faudra le protéger du soleil et du vent pour qu'il conserve son humidité. À cette fin, il est possible d'utiliser les méthodes suivantes :

- Feuilles de plastique placées directement sur le béton.
- Arrosage continu de la surface, une fois que le béton a suffisamment durci pour éviter de décoller la pâte de ciment.

En règle générale et malgré les protections, il ne faut pas bétonner sous une température supérieure à 35 °C. À proximité de cette température, il convient d'arroser continuellement les surfaces exposées du béton, pendant au moins 10 jours.

11.11.5. Séchage du béton

Il possède une influence décisive sur la résistance. Bien évidemment, la durée et l'intensité du séchage dépendent fondamentalement de la température et de l'humidité ambiante, ainsi que de l'action du vent et de l'ensoleillement direct.

De manière générale, la période minimale de séchage doit être de sept jours. Lorsque le bétonnage est effectué par temps sec ou si l'environnement est agressif, les périodes de séchage seront rallongées de 30 %.

Isolation acoustique

12

12.1. Bruit aérien

La norme de base de la construction NBE-CA-88 établit que, en l'absence d'essai en laboratoire de l'isolation acoustique, il est possible de déduire qu'elle dépend pratiquement exclusivement de sa masse, avec les équations suivantes déterminant l'isolation R exprimée en dBA, en fonction de la masse par unité de surface, exprimée en kg/m^2 .

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R = 16,6 \log m + 2 \quad (\text{dBA})$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R = 36,5 \log m - 41,5 \quad (\text{dBA})$$

ISOLATION AU BRUIT AÉRIEN (dBA) DU PLANCHER INCO 70.4 COLLABORANT						
CARRE	MASSE UNITAIRE	Sans finition	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux
		-	120 kg/m^2	80 kg/m^2	90 kg/m^2	50 kg/m^2
H (mm)	kg/m^2	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
110	172	40	48	46	47	44
120	196	42	50	48	48	46
130	220	44	51	49	49	47
140	244	46	52	50	51	49
150	268	47	53	51	52	50
160	292	48	54	52	53	51
170	316	50	55	53	54	52
180	340	51	56	54	55	53
190	364	52	56	55	55	54
200	388	53	57	56	56	55
210	412	54	58	57	57	56

Tableau 18. Isolation au bruit aérien du plancher INCO 70.4 Collaborant

Isolation acoustique

12

12.2. Bruit d'impact (Ln)

Le niveau du bruit d'impact normalisé Ln dans l'espace subadjacent, en considérant une isolation au bruit aérien R de l'élément séparateur horizontal, sera déterminé via l'équation suivante :

$$L_n = 135 - R \quad (\text{dBA})$$

Les solutions de construction qui respectent les dispositions de la norme NBE-CA-88, en ce qui concerne le bruit aérien, et qui ne respectent pas en revanche l'exigence relative au bruit d'impact, doivent être complétées avec un revêtement amortisseur ou flottant et/ou un faux plafond acoustique, dont l'amélioration sera déterminée conformément au tableau suivant :

NIVEAU MAXIMAL AU NIVEAU DE BRUIT D'IMPACT (Ln)						
CARRE	MASSE UNITAIRE	Sans finition	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux
		-	120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
110	172	95	87	89	88	91
120	196	93	85	87	87	89
130	220	91	84	86	86	88
140	244	89	83	85	84	86
150	268	88	82	84	83	85
160	292	87	81	83	82	84
170	316	85	80	82	81	83
180	340	84	79	81	80	82
190	364	83	79	80	80	81
200	388	82	78	79	79	80
210	412	81	77	78	78	79

Tableau 19. Niveau maximal au niveau du bruit d'impact Ln

Isolation acoustique

12

12.3. Comparaison avec d'autres solutions de construction

À titre comparatif, le tableau ci-dessous montre les valeurs d'isolation données pour certaines solutions de construction courantes, calculées en appliquant les équations précédentes.

PLANCHER UNIDIRECTIONNEL EN BÉTON ARMÉ AVEC VOUTE EN CÉRAMIQUE									
Isolation au bruit aérien (dBA)						Isolation au bruit d'impact (Ln)			
CARRE	MASSE UNITAIRE	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux
		120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²	120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
150	170	48	46	47	43	87	89	88	91
180	190	49	47	48	45	86	88	87	90
200	210	50	48	40	47	85	87	86	88
230	240	52	50	50	48	83	85	85	87
250	250	52	50	51	49	83	85	84	86
280	270	53	51	52	50	82	84	83	85
300	290	54	52	53	51	81	83	82	84
330	310	55	53	54	52	80	82	81	83

PLANCHER UNIDIRECTIONNEL EN BÉTON ARMÉ AVEC VOUTE EN BÉTON									
Isolation au bruit aérien (dBA)						Isolation au bruit d'impact (Ln)			
CARRE	MASSE UNITAIRE	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux
		120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²	120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
150	190	49	48	86	87	86	88	87	90
180	220	51	49	84	86	84	86	86	88
200	240	52	50	83	85	83	85	85	87
230	280	53	52	82	83	82	83	83	85
250	300	54	53	81	82	81	82	82	84
280	330	55	54	80	81	80	81	81	82
300	350	56	55	79	80	79	80	80	82
330	380	57	56	78	79	78	79	79	80
350	400	58	57	77	78	77	79	78	80

PLANCHER UNIDIRECTIONNEL EN BÉTON ARMÉ SANS VOUTE									
Isolation au bruit aérien (dBA)						Isolation au bruit d'impact (Ln)			
CARRE	MASSE UNITAIRE	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux	Carrelage ou granito sur mortier	Moquette ou planche sur mortier	Parquet sur mortier	Estrade sur tasseaux
		120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²	120 kg/m ²	80 kg/m ²	90 kg/m ²	50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
150	150	47	45	88	90	88	90	90	92
180	170	48	47	87	88	87	89	88	91
200	190	49	48	86	87	86	88	87	90
230	210	50	49	85	86	85	87	86	88
250	220	51	49	84	86	84	86	86	88
280	240	52	50	83	85	83	85	85	87
300	250	52	51	83	84	83	85	84	86
330	270	53	52	82	83	82	84	83	85
350	290	54	53	81	82	81	83	82	84

Tableau 20a. Valeurs d'isolation acoustique des différents planchers conventionnels

Isolation acoustique

12

PLANCHER RÉTICULAIRE EN BÉTON ARMÉ									
Isolation au bruit aérien (dBA)						Isolation au bruit d'impact (Ln)			
CARRE	MASSE UNITAIRE	Carrelage ou granito sur mortier 120 kg/m ²	Moquette ou planche sur mortier 80 kg/m ²	Parquet sur mortier 90 kg/m ²	Estrade sur tasseaux 50 kg/m ²	Carrelage ou granito sur mortier 120 kg/m ²	Moquette ou planche sur mortier 80 kg/m ²	Parquet sur mortier 90 kg/m ²	Estrade sur tasseaux 50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
200	250	52	51	83	84	83	85	84	86
250	310	55	54	80	81	80	82	81	83
300	370	57	56	78	79	78	80	79	81
350	420	58	57	77	78	77	78	78	79
200	220	51	49	84	86	84	86	86	88
250	270	53	52	82	83	82	84	83	85
300	320	55	54	80	81	80	82	81	83
350	360	56	55	79	80	79	80	80	81

DALLE EN BÉTON ARMÉ									
Isolation au bruit aérien (dBA)						Isolation au bruit d'impact (Ln)			
CARRE	MASSE UNITAIRE	Carrelage ou granito sur mortier 120 kg/m ²	Moquette ou planche sur mortier 80 kg/m ²	Parquet sur mortier 90 kg/m ²	Estrade sur tasseaux 50 kg/m ²	Carrelage ou granito sur mortier 120 kg/m ²	Moquette ou planche sur mortier 80 kg/m ²	Parquet sur mortier 90 kg/m ²	Estrade sur tasseaux 50 kg/m ²
H (mm)	kg/m ²	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA	dBA
80	200	50	48	85	87	85	87	87	89
100	250	52	51	83	84	83	85	84	86
120	300	54	53	81	82	81	82	82	84
140	350	56	55	79	80	79	80	80	82
160	400	58	57	77	78	77	79	78	80
180	450	59	58	76	77	76	77	77	78
200	500	60	60	75	75	75	76	75	77
220	550	62	61	73	74	73	74	74	75
240	600	63	62	72	73	72	73	73	74
260	650	64	63	71	72	71	72	72	73
280	700	65	64	70	71	70	71	71	72
300	750	66	65	69	70	69	70	70	71

Tableau 20b. Valeurs d'isolation acoustique des différents planchers conventionnels

Solution de construction	Amélioration d'isolation au bruit d'impact
Pavements	
Plastique (PVC, amianto vinylique)	2
Flottant en béton sur feutre	6
Plastique sur caoutchouc	7
Plastique sur feutre	8
Parquet de caoutchouc	10
Plastique sur mousse	11
Flottant en béton sur fibre minérale	15
Flottant en béton sur planches élastifiées de polystyrène expansé	18
Moquette	16

Tableau 21. Amélioration de l'isolation au bruit d'impact

Calculs et essais

13

13.1. Profil INCO 70.4 collaborant

Les calculs techniques de résistance du profil "**INCO 70.4 Collaborant**" pour chaque épaisseur de tôle, ont été réalisés par le corps enseignant de l'École technique supérieure des ingénieurs industriels (ETSII) du Département de mécanique des milieux continus et de la Théorie des Structures (DMMCyTE) de l'Université polytechnique de Valence (UPV).



Escuela Técnica Superior
de Ingenieros Industriales



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE VALENCIA



Departamento de Mecánica de los
Medios Continuos y Teoría de Estructuras.

Ces calculs ont été vérifiés par des essais conformes à l'Eurocode 3, partie 1-3, dans le Laboratoire d'élasticité et de résistance des matériaux (LERMA) de l'École technique supérieure d'ingénierie industrielle de Barcelone (ETSEIB) de l'Université polytechnique de Catalogne (UPC).

LERMA

LABORATORIO DE ELASTICIDAD Y
RESISTENCIA DE MATERIALES



Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Industrial de Barcelona



Universidad
Politécnica de Cataluña

Ces essais ont été réalisés pour chaque épaisseur de tôle, pour une travée d'une longueur de 3 200 mm et pour deux travées d'une longueur de 3 100 mm chacune. Les calculs ont permis d'obtenir les moments d'inertie et les modules de résistance efficaces, positifs comme négatifs.

Ces valeurs mesurent l'impact de l'emboutissage et du bossellement local dans les parties plates du profil. Elles ont été calculées et testées grâce un essai expérimental des trois épaisseurs, conformément à l'Eurocode 3, partie 1-3, sous les conditions de support limite définies dans l'Eurocode 4 pour un appui sur des profils métalliques (uniquement 50 mm d'appui).



Images 2 et 3. Essais pour l'obtention des moments d'inertie et des modules résistants du profil

Calculs et essais

13

13.1.1. Disposition des essais

Dans le cas d'une travée, les essais ont respecté la recommandation de la section A.2.2 de l'Eurocode 3, EN 1993-1-2:2005, avec une distance de 3 200 mm entre les centres d'appui.

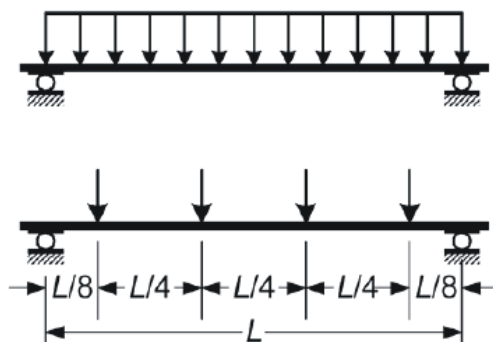


Figure 29. Disposition des charges pour l'essai avec 1 travée

Dans le cas de deux travées, les essais ont respecté la recommandation de la section A.2.3 de l'Eurocode 3, EN 1993-1-3:2005, avec une distance de 3 100 + 3 100 mm entre les centres d'appui.

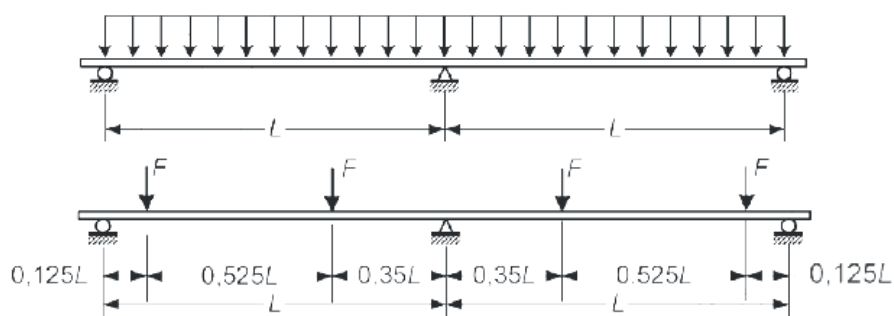


Figure 30. Disposition des charges pour l'essai avec 2 travées

Calculs et essais

13

13.2. Essais des dalles

Les essais pour l'obtention des caractéristiques résistantes du plancher **INCO 70.4 Collaborant** ont été réalisés au Laboratoire d'élasticité et de résistance des matériaux (LERMA) de l'École technique supérieure d'ingénierie industrielle de Barcelone (ETSEIB) de l'Université polytechnique de Catalogne (UPC).

Le mode de défaillance étudié est le glissement de la tôle métallique par rapport au béton, selon la méthodologie préconisée par la norme Eurocode 4, EN 1994-1-1 (2004), sections 9.73 et B.3.5. Cette méthode permet d'obtenir les paramètres m-k pour les différentes épaisseurs des tôles du profil **INCO 70.4 Collaborant**. En outre, des essais ont été réalisés sur des dalles avec des connecteurs de type Hilti.

Les résultats des essais sont valables pour :

- Aciers de tension de limite élastique égale ou supérieure à 280 N/mm² (acier S280GD)
- Béton de résistance caractéristique f_{ck} 25 N/mm², c'est-à-dire un béton C25/30 (Eurocode 4) ou HA-25 (Norme EHE) ou supérieur. (Voir la *section 6.2. Caractéristiques du béton.*)

Dans le cas d'une utilisation d'acier ou de béton de meilleure qualité, les résultats seront améliorés et resteront toujours du côté de la sécurité.



Images 4 et 5. Essais en éprouvette pour obtenir la résistance caractéristique du béton et la limite élastique de l'acier

Calculs et essais

13

13.2.1. Description de l'essai

La charge appliquée par un cylindre hydraulique est distribuée en partie égale sur les deux profils HEB-100. La rigidité de ces profils, conjointement avec une bande de néoprène placée sur un lit de sable pour améliorer la finition de surface, a pour objectif une répartition uniforme de la charge, selon les illustrations de la Figure 23⁶ et de l'Image 6.

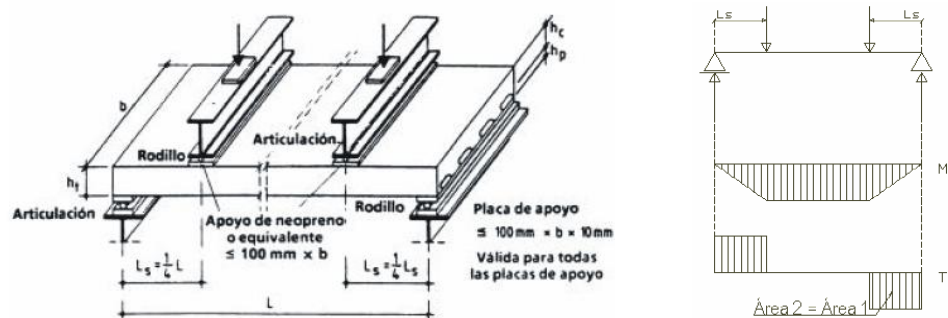


Figure 31. Disposition de l'essai



Image 6. Essai pour obtenir les paramètres m-k du plancher collaborant

⁶UNE ENV 1994-1-1: juin 1995 - EUROCODE 4 : calcul des structures mixtes acier-béton. Partie 1-1 : règles générales et règles pour la construction (version officielle ENV 1994-1-1:1992). Article 10.3. Essais des dalles mixtes de planchers.

Calculs et essais

13

Sur les résultats des essais, nous appliquons le modèle de calcul semi-empirique $m-k$ (voir la Figure 32⁷), basé sur la construction d'une droite de pente m et ordonnée à l'origine k , démontrant expérimentalement la validité du modèle en variant les portées et les épaisseurs de tôle. Les paramètres utilisés sur les axes de coordonnées dépendent de la réglementation.

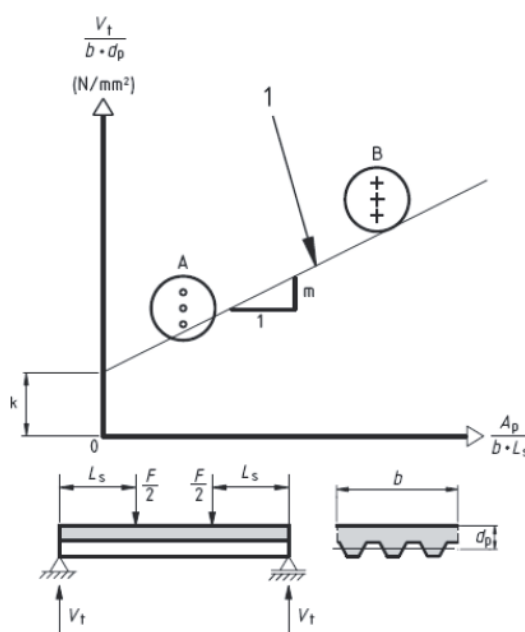


Figure 32. Représentation de la droite de régression $m-k$

Ces essais ont servi de référence dans la publication M-14 Monografía de Recomendaciones para el proyecto y construcción de forjados mixtos de chapa nervada (F.M.C.N.) de l'Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Voir la référence bibliographique [10.21].

⁷UNE ENV 1994-1-1: juin 1995 - EUROCODE 4 : calcul des structures mixtes acier-béton. Partie 1-1 : règles générales et règles pour la construction (version officielle ENV 1994-1-1:1992). Article 10.3. Essais des dalles mixtes de planchers.

Service de calcul personnalisé

14

Le Département technique d'**Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** est à votre disposition pour réaliser les calculs nécessaires afin d'obtenir les résultats les plus précis possibles, selon les paramètres de votre projet. Une fois les calculs réalisés, un rapport détaillant les informations suivantes vous sera remis :

- Épaisseur optimale du profil **INCO 70.4 Collaborant**
- Diamètre et disposition de l'armature négative
- Diamètre et disposition de l'armature positive
- Diamètre et disposition de l'armature de protection contre le feu (selon le projet)
- Diamètre et géométrie du treillis anti-fissuration
- Carre totale de la dalle
- Nécessité d'étaiyage pendant la phase d'exécution

Les calculs sont réalisés par le biais d'une application informatique développée par le personnel enseignant de l'École technique supérieure d'ingénierie industrielle (ETSII) du Département de mécanique des moyens continus et de la théorie des structures (DMMCyTE) de l'Université polytechnique de Valence (UPV). Cette application est conçue exclusivement pour le calcul des planchers collaborants réalisés avec le profil **INCO 70.4 Collaborant**. Grâce à cette application, il est possible de définir tout type de plancher indépendamment de sa configuration (nombre de travées, longueur des travées, encorbellement, charges ponctuelles, etc.). Voir l'*Annexe 01. Formulaire des spécifications du plancher collaborant*.



Service de commandes web

15

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. met à votre disposition un nouveau service web pour passer vos commandes. Sur notre site web, www.incoperfil.com, se trouve un lien d'accès direct à votre zone personnalisée de commandes web.

Si vous êtes un utilisateur enregistré pour passer vos commandes via le site web, il vous suffira de remplir une série de paramètres correspondants à votre commande qui, une fois validée et après avoir été examinée par notre Département technique, sera transmise à la production.

Ledit service présente de très nombreux avantages, notamment :

- Rapidité : en quelques minutes, vous avez configuré votre commande et, après vérification, elle peut passer en fabrication en quelques heures.
- Simplicité : il suffit d'avoir une connexion Internet et de remplir un formulaire convivial pour saisir votre commande dans notre base de données.
- Sécurité : l'application vérifiera que la commande a été réalisée correctement et, en outre, notre Département commercial l'examinera avant de l'intégrer à la production.
- Commodité : vous disposez d'un suivi des commandes que vous pouvez consulter à tout moment, en accédant à l'état de l'ensemble de vos commandes, et vous pouvez modifier celles qui n'ont pas encore été traitées.
- Réductions : compte-tenu des avantages fournis par ledit service, Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. offre à ses clients utilisateur de ce service des réductions supplémentaires.

La commande d'un profil **INCO 70.4 Collaborant** se réduit à sélectionner l'onglet des profils métalliques, puis à sélectionner le profil souhaité et à saisir les variables d'épaisseur, de matériau, de nombre de pièces et de longueur. En outre, vous pouvez noter vos commentaires et observations dans le même formulaire. En retour, Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. est à votre disposition pour tout renseignement sur l'utilisation de ledit service.

Anexo 01. Formulaire des spécifications du plancher collaborant.

Entrer dans notre web : www.incoperfil.com

SOLUTIONS >> PLANCHER COLLABORANT >> LES CALCULS ET LE DIMENSIONNEMENT

Merci de remplir le formulaire complètement et notre département technique et d'exportation se mettra en contact avec vous le plus vite possible.

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.

Carrer Nou, nº 16-27 • Pol. Industrial Mas del Polio
46469 Beniparrell • Valencia
Tel: 96 121 1778 • Fax: 96 121 1504

www.incoperfil.com

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. Todos los derechos reservados

