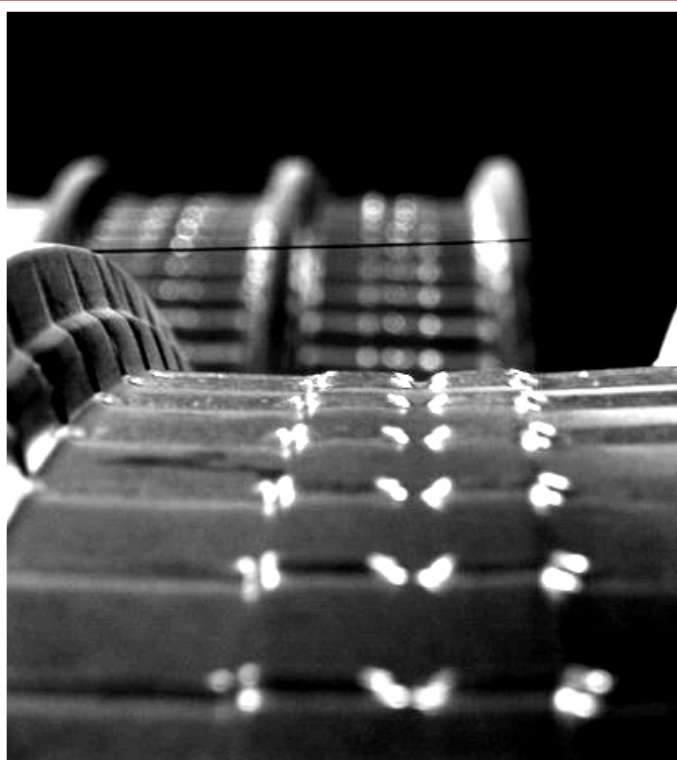


Dossier Technique

Couvertures Cintrées Autoportantes

Révision 2007

Parce que l'important se doit garantir



Introduction

1

1. Introduction	2
1.1. Reconnaissance Historique de l'Arc	3
1.2. La courbe directrice	4
1.3. Abaissement de l'arc	4
1.4. Conception de l'Arc	5
1.5. Formulation Arcs	5
1.6. Poussées sur Étriers	6
2. Critères de Calcul	8
3. Actions dans la Construction	9
3.1. Actions dans la Construction	9
3.2. Combinaison d'actions	10
4. Toitures courbées autoportantes	11
4.1. Essais Réalisés	11
4.2. Mise en Chantier	12
4.2.1. Montage et Fixations	12
4.2.2. Étapes de Montage de la Toiture Sandwich	15
4.3. Lanterneaux sur Arc	17
4.4. Couronnement	20
4.5. Fiches Techniques	24
5. Toitures courbées autoportantes de grandes portées	30
5.1. Essais Réalisés	31
5.2. La structure ou Poutres d'Appui	34
5.3. Tirants Métalliques	35
5.4. Mise en Chantier	37
5.4.1. Transport sur Chantier	37
5.4.2. Déchargement sur Chantier	38
5.4.3. Élévation du matériel sur toiture	38
5.4.4. Montage et Fixations	38
5.5. Lanterneaux sur Arc	40
5.6. Limitations dans la Fabrication	52
5.7. Fiches Techniques	54

Introduction

1

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A., en collaboration avec le **Département de Mécanique des Milieux continus de Structures de l'Université Polytechnique de Valencia**, Section Pédagogique de la **E.T.S.I. Industriels**, a calculé les caractéristiques efficaces des sections des profils **INCO 44.4 Courbés**.



Departamento de Mecánica de los
Medios Continuos y Teoría de Estructuras

Nous avons d'abord commencé par les profils **INCO 44.4** et **INCO 44.6 ondulés**, fabriqués avec des épaisseurs de 0.60 à 1.00 mm et nous avons obtenu de meilleurs résultats que ceux espérés. Ensuite, divers études nous ont mené au projet **INCO 70.4 Courbé** de Grandes Portées, pour des épaisseurs de 0.80 à 1.20 mm et qui nous ont permis d'obtenir des portées supérieures à 13.00 m.

Tout cela, grâce à un programme de recherche constitué de techniciens et de l'Université Polytechnique de Valencia. Cette étude a permis de conjuguer l'aspect théorique avec les tests expérimentaux, tout en analysant et vérifiant la relation entre eux.

Les résultats obtenus ont permis d'optimiser l'évaluation des données et de valider les décisions prises.



Image 1. Usine dont la toiture est fabriquée avec le profil INCO 44.4 Courbé

Introduction

1

1.1. Reconnaissance Historique de l'Arc

"Ars ubi materia vincitura ipsa sua / Dans l'arc la matière est vaincue par elle-même"

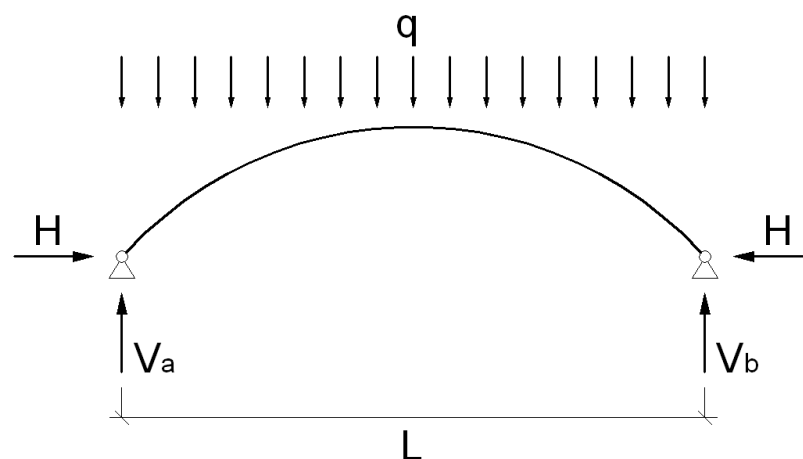
Cette définition de l'arc, donnée par Cayo Julio Lacer, l'ingénieur romain qui projeta le pont d'Alcantara en l'an 106, gravée sur la pierre du temple funéraire, résume d'une façon simple le mécanisme de ces structures.

Depuis toujours, l'arc et sa grande résistance ont fait l'objet de curiosité. Cependant, ce n'est qu'à partir du XIX^{ème} siècle que furent appliqués les concepts élémentaires de la statique graphique, l'équilibre et l'antifunicularité. Antonio Gaudi (1852 – 1926) fut un des premiers architectes à étudier et à utiliser la caténaire et d'autres arcs antifuniculaires. La caténaire est la forme que prend une corde ou une chaîne lorsqu'elle pend de deux points et ne supporte que son propre poids.

L'étude de la statique de l'arc caténaire inversé nous indique que c'est cet arc qui tient par lui-même. C'est donc la forme optimale pour construire des arcs qui sont superposés par leurs propres poids.

« Si la colonne est de l'art, l'arc c'est la technique » (*Razón y Ser de los Tipos Estructurales*, Eduardo Torroja)

« L'arc, en tant qu'antichambre de la voûte, représente la structure la plus brillante qui puisse être construite" (Regalado, 1999)

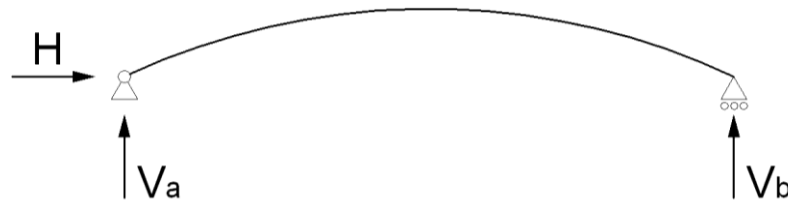


Graphique 1. Modélisation de l'arc soumis à une charge uniformément répartie $q(\text{daN/m})$ $L(\text{m})$

" L'arc provoque des poussées horizontales sur les appuis. Les poussées sont dues à l'impossibilité de déplacement des appuis, et non pas à la forme courbée de la pièce, car les poussées sous des charges verticales qui n'apparaissent que s'il manque les étriers qui empêchent l'ouverture de l'arc" (Argüelles, 1996)

Introduction

1



Graphique 2. Modélisation de l'arc avec un appui qui permet le déplacement horizontal

1.2. La courbe directrice

Pour chaque ensemble de charges, il existe une forme funiculaire où l'arc travaille sous compression simple. Les arcs funiculaires occupent une extrémité de l'échelle de tensions, sans flexion. Même si un arc est funiculaire pour un système particulier de charges, il ne peut pas l'être pour tous les systèmes de charges.

« Dans un arc, il existe toujours une combinaison de compression et flexion » (Salvador et Héller, 1998)

Les structures doivent supporter les charges fixes mais également des charges variables et/ou mobiles. C'est pour cela qu'il faut faire correspondre l'axe de l'arc avec le funiculaire d'une position déterminée de la charge extérieure. Il est impossible d'éviter des moments fléchisseurs lorsque l'hypothèse de charge est modifiée.

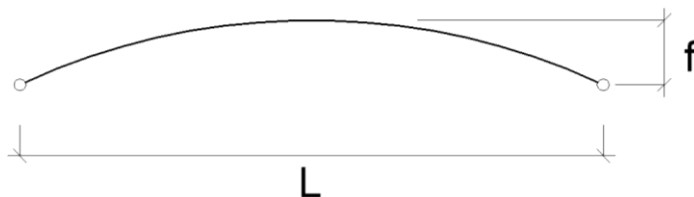
Sur les arcs de toiture, l'action du vent représente la situation la plus défavorable pour les conditions de funicularité de la courbe directrice car il y a alors une distribution continue des charges avec des pressions et des suctions et cela provoque des moments importants.

1.3. Abaissement de l'arc

Sur un arc, on appelle ligne de démarrage la ligne qui relie les points d'appui de l'arc, portée (L), à la distance horizontale entre les appuis et la flèche (f) à la distance maximale verticale de la ligne de démarrage à la courbe directrice.

L'abaissement de l'arc détermine la relation entre la flèche de l'arc et sa portée. Cette relation détermine la valeur de la pousée sur les étriers.

$$\text{Rebajamiento} = \frac{f}{L}$$



Graphique 3. Modélisation de l'arc avec les paramètres Portée L(m) et Flèche f(m)

Introduction

1

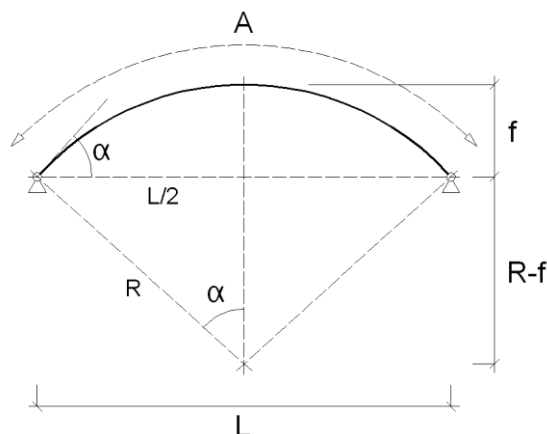
1.4. Conception de l'arc

Pour déterminer une relation entre la flèche et la portée des arcs, Eduardo Torroja considéra un intervalle compris entre 1/5 et 1/7 (Regalado (1999) estime cette dernière valeur à 1/8, relation plus satisfaisante visuellement et considère la valeur 1/5 comme étant la plus efficace).

Un abaissement en dessous d'1/10 augmente les poussées horizontales et provoquerait un phénomène de flexion excessive et même un phénomène de flambement en raison du raccourcissement de la courbe directrice.

Cependant, en diminuant le rabaissement au-delà de 1/4, la poussée va diminuer plus lentement et il provoquera un phénomène de flambement latéral.

1.5. Formulation arcs



Graphique 4. Modélisation de l'arc en indiquant tous les paramètres

$$R = \frac{L^2}{8 \cdot f} + \frac{f}{2} \quad [\text{Form.1}]$$

soient :

$$f = R - \frac{\sqrt{4R^2 - L^2}}{2} \quad [\text{Form.2}]$$

$$L = 2\sqrt{2fR - f^2} \quad [\text{Form.3}]$$

R : Rayon

L : Portée

f : flèche

A : Arc

Introduction

1

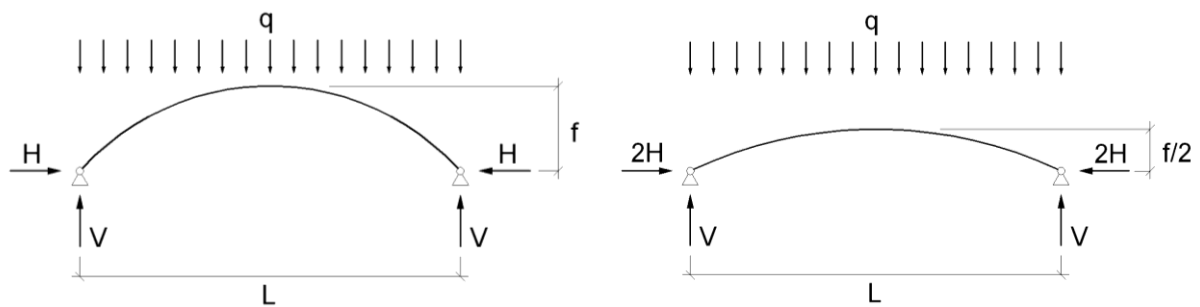
$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \alpha}{180} \quad [\text{Form.4}]$$

α : Angle

1.6. Poussée sur étriers en arcs circulaires

La poussée est proportionnelle à la charge de la portée et inversement proportionnelle à la hauteur de l'arc. Pour faire un calcul approximatif, nous pouvons obtenir un ordre de grandeur de la poussée horizontale : la valeur de la charge verticale totale de l'arc multiplié par le huitième de l'inverse de l'abaissement.

Pour réduire la flèche à la moitié (en conservant toutes les autres conditions), il faut multiplier par 2 la poussée horizontale sur les étriers (voir figure ci-dessous).



Graphique 5. Modélisation de l'arc avec différentes flèches (f et f/2)

$$Q_t = q \cdot L$$

$$V = 0,5 \cdot q \cdot L$$

$$H = \frac{Q_t \cdot L}{8 \cdot f}$$

$$Q_t = q \cdot L$$

$$V = 0,5 \cdot q \cdot L$$

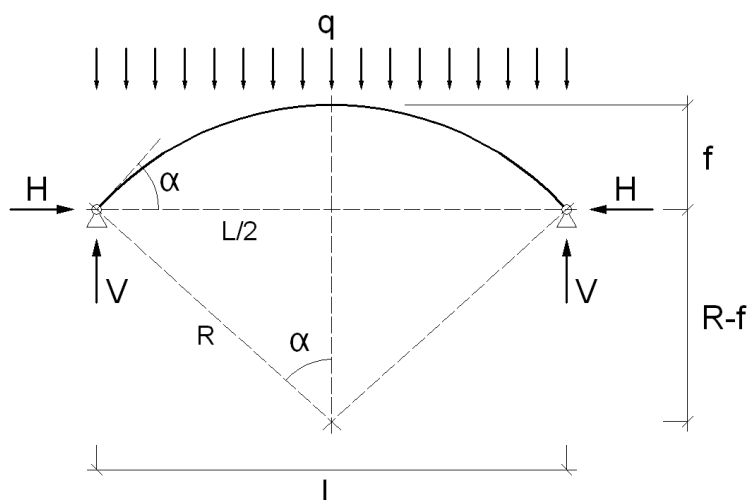
$$H = \frac{Q_t \cdot L}{8 \cdot \frac{f}{2}} = \frac{Q_t \cdot L}{4 \cdot f}$$

soient :

- V : Réaction Verticale (daN)
- H : Réaction horizontale sur les appuis (daN)
- Q_t : Charge Totale (daN)
- q : Charge linéaire uniformément distribuée (daN/m)
- L : Bow-string (m)
- f : Flèche de l'arc (m)

Introduction

1



Graphique 6. Modélisation de l'arc, en spécifiant ses paramètres, soumis à une charge uniformément répartie $q(\text{daN/m})$ $L(\text{m})$

Pour obtenir les réactions horizontales (poussée sur les étriers) d'une toiture courbée circulaire soumise à une charge uniformément distribuée (q) et connaissant la portée (L) et l'angle de démarrage (α), nous avons :

$$f = \frac{L}{2 \cdot \sin \alpha} \cdot (1 - \cos \alpha) \quad [\text{Form.5}]$$

$$H = \frac{Q_t \cdot L}{8 \cdot f} \quad [\text{Form.6}]$$

L'équation [6] fait référence à des arcs paraboliques, cependant , nous pouvons l'utiliser pour obtenir un calcul approximatif pour nos essais. En remplaçant [Fórm.5] dans l'équation [Fórm.6] Nous obtenons que la réaction horizontale [Fórm.7] correspond à :

$$H = \frac{q \cdot L \cdot \sin \alpha}{4 \cdot (1 - \cos \alpha)} \quad [\text{Form.7}]$$

Ces poussées impliquent le redimensionnement ou le renforcement des supports ou des poutres de démarrage des arcs en raison des effets importants transmis. Pour obtenir le même effet, nous pourrions entretoiser l'arc.

Il n'y a pas de raisons suffisantes pour compliquer inutilement l'exécution matériel de l'arc avec des courbes à rayon variable. La courbe directrice est donc clairement recommandée lors de la conception des arcs.

Critères de calcul

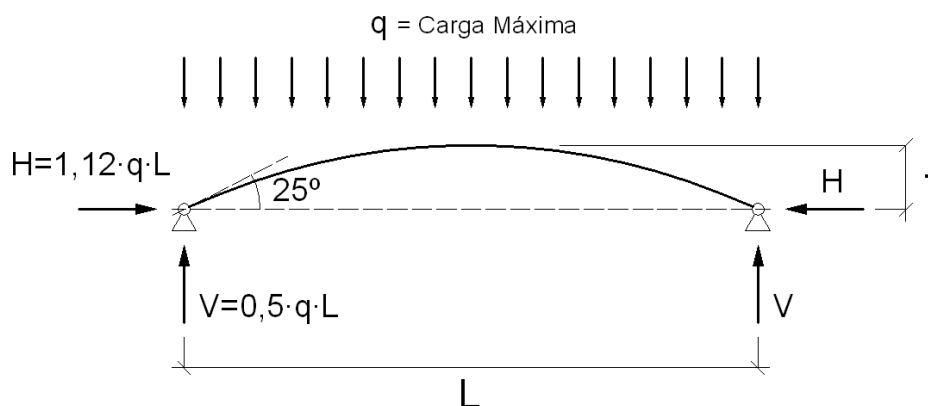
2

Les caractéristiques géométriques et, par conséquent, statiques de la section des différents profils courbés pour la position de montage sur toiture, ont été calculées en respectant la norme *Eurocode-3* et en considérant les données des caractéristiques du matériel :

- Limite Élastique : $\sigma_e = 280 \text{ N/mm}^2$
- Module d'Élasticité : $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

La vérification du phénomène de pandement de l'arc a été réalisée en suivant l'article de la norme DIN 18800.

La détermination des charges maximales correspond à la typologie structurelle d'une poutre courbée d'une seule portée. La pente de l'arc sur les appuis correspond à un angle de 25° .



Graphique 7. Modélisation de l'arc pour la détermination de la charge maximale $q(\text{daN/m})$ $L(\text{m})$

La bonne transmission de la composante horizontale des arcs est très importante et c'est pour cela que nous avons considéré l'appui articulé élastique, avec la possibilité de réaliser un déplacement horizontal proportionnel à la rigidité de l'appui, sur une extrémité de l'arc.

En général, les effets de la surcharge d'utilisation peuvent être simulés en appliquant une charge distribuée uniformément. Les valeurs de cette charge distribuée comprend tous les effets dérivés de l'entretien de la toiture.

Les actions à prendre en compte pour le calcul d'une toiture seront spécifiées dans le Code Technique de la Construction, Document de Base Sécurité Structurale (CTE DB-SE).

Actions dans la Construction

3

3.1. Actions dans la Construction

3.1.1. Actions permanentes.- Celles dues au propre poids de la fermeture.

3.1.2. Actions variables :

3.1.2.1. Surcharge d'utilisation

C'est le poids qui peut graviter sur la toiture en raison de son utilisation. Pour des toitures légères sur courroies (sans plancher) et accessibles uniquement pour sa conservation, la « Charge uniforme est de 0.40kN/m^2 ». La valeur indiquée correspond à la projection horizontale de la toiture. Une toiture légère correspond à une toiture dont la charge permanente uniquement due à sa fermeture ne dépasse pas 1kN/m^2 . Cette surcharge d'utilisation n'est pas associée aux autres actions variables.

3.1.2.2. Vent

L'action du vent représente la force perpendiculaire à la surface de chaque point exposé ou pression statique, q_e .

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

soient : q_b , pression dynamique du vent. Pour simplifier le calcul, nous pouvons prendre comme valeur sur tout le territoire espagnole, 0.50kN/m^2 .

C_e , correspond au coefficient d'exposition, variable avec la hauteur, en fonction du degré d'aspérité du terrain.

C_p , coefficient éolique ou de pression, en fonction de la forme et l'orientation de la surface par rapport au vent.

3.1.2.3. Neige

La distribution et l'intensité de la charge de neige sur la toiture d'un immeuble dépend du climat de l'endroit, du type de précipitation, du relief du terrain, de la forme du bâtiment ou de la toiture, des effets du vent, etc. Voici la détermination de la charge de neige par unité de surface en projection horizontale :

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

soient : μ correspond au coefficient de forme de la toiture, qui dépend du vent, de la forme et des pentes de la jupe (voir CTE-SE-AE Section 3.5.3).

S_k , correspond à la valeur caractéristique de la charge de neige sur un terrain horizontal.

Actions dans la Construction

3

3.2. Combinaison d'actions

Pour vérifier les tableaux fournies, la charge maximale totale q_t obtenue à partir des calculs pour chaque profil en fonction de sa typologie, épaisseur et distance entre les appuis, correspondant à une situation persistante ou transitoire, est déterminée à l'aide de la combinaison d'actions à partir de l'expression suivante :

$$\sum \gamma_{Gj} \cdot G_{kj} + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum \gamma_{Qi} \cdot \psi_{oi} \cdot Q_{ki}$$

soient :

- a) Actions permanentes ($\gamma_G \cdot G_k$)
- b) Toute action variable ($\gamma_Q \cdot Q_k$), en appliquant chacune d'entre elles dans des analyses différentes.
- c) Les autres actions variables, en valeur de calcul de combinaison ($\gamma_Q \cdot \psi_o \cdot Q_k$)

Voici les coefficients partiels de sécurité correspondant à la vérification de la résistance :

Propore poids : 1,35 Actions variables : 1,50

Los valeurs de ψ_o coefficient de simultanété figurent sur le Tableau 4.2 Coefficients de simultanété du Code Technique de Construction Docuemnt de Base Sécurité Structurale.

3.2.1. Hypothèse de calcul sur les "toitures accessibles uniquement pour l'entretien".

Derniers états limites :

- a) Action permanente + Surcharge Utilisation

$$1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ SU}$$

- b) Action permanente + Neige + [Vent]

$$1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ Neige}$$

$$1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ Neige} + [(1,5 \cdot 0,6 \cdot \text{Vent})]$$

- c) Action permanente + [Neige] + Vent

$$1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ Vent}$$

$$\text{Altitude} \leq 1.000 \text{ m} \quad 1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ Vent} + [(1,5 \cdot 0,5 \cdot \text{Neige})]$$

$$\geq 1.000 \text{ m} \quad 1,35 \text{ p.p.} + 1,5 \text{ Vent} + [(1,5 \cdot 0,7 \cdot \text{Neige})]$$

Toitures Courbées Autoportantes

4

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. présente la série de profils courbés autoportants capables de répondre aux besoins du marché de portées intermédiaires (jusqu'à 8.00 m) avec des profils **INCO 44.4 courbés**, **INCO 44.6 Courbés** et **INCO 70.4 Courbé** avec des épaisseurs de 0.60 à 0.80 mm. En raison des différences entre ce système de toitures courbées et sa variante à grandes portées, une section pour chaque typologie de toitures a été réalisée, tout en détaillant les particularités de chacune.

La *Section 5 Toitures Courbées Autoportantes Grandes Portées* présente le profil **INCO 70.4 Courbé** avec des épaisseurs de 1.00 et 1.20 mm, et où les portées peuvent dépasser les 13.00 m.

4.1. Essais réalisés

Trois types d'essais différents ont été réalisés sur des pièces droites et courbées de différentes portées et de différentes épaisseurs de tôle. L'objectif de ces essais est d'obtenir des données expérimentales qui permettent de contraster les résultats avec les calculs théoriques.

- 1) Vérification des caractéristiques efficaces des sections obtenues selon Eurocode-3.
- 2) Pour déterminer la rigidité de l'appui élastique, **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** a réalisé de nombreux essais in situ qui ont permis d'obtenir la constante du ressort qui simule la rigidité finie de l'appui dans la modélisation réalisée par l'ordinateur.



Image 2 et 3. Essai de charge des profils INCO 44.4 et INCO 44.6 Ondulé Courbé et effondrement de l'arc pour la détermination de la charge maximale admise

- 3) La charge calculée correspond à la charge maximale admise qui provoque l'épuisement plastique et donc, l'écroulement de l'arc.

Toitures Courbées Autoportantes

4

4.2. Mise en Chantier

4.2.1. Montage et Fixations

D'après les conclusions tirées des essais et des résultats obtenus lors des simulations effectuées par ordinateur et du calcul analytique, et ce, en appliquant nos connaissances sur ce sujet, nous recommandons ce qui suit :

- 1) Utilisation d'épaisseurs de tôle supérieures à 0.80 mm, surtout pour des portées supérieures à 4 m.
- 2) Le positionnement sur la structure en béton doit s'effectuer sur une structure secondaire en acier protégée et résistante aux efforts demandés. Ces supports seront incorporés aux travaux de génie civil et correctement ancrés. Si l'appui de la tôle à la structure n'a pas une inclinaison de 25°, il est possible d'utiliser un couronnement de fixation d'une épaisseur minimale de 2 mm (voir graphique 8, RCUR).

Si le fabricant de la fixation fournit une garantie suffisante, la solution précédente n'est pas obligatoire.

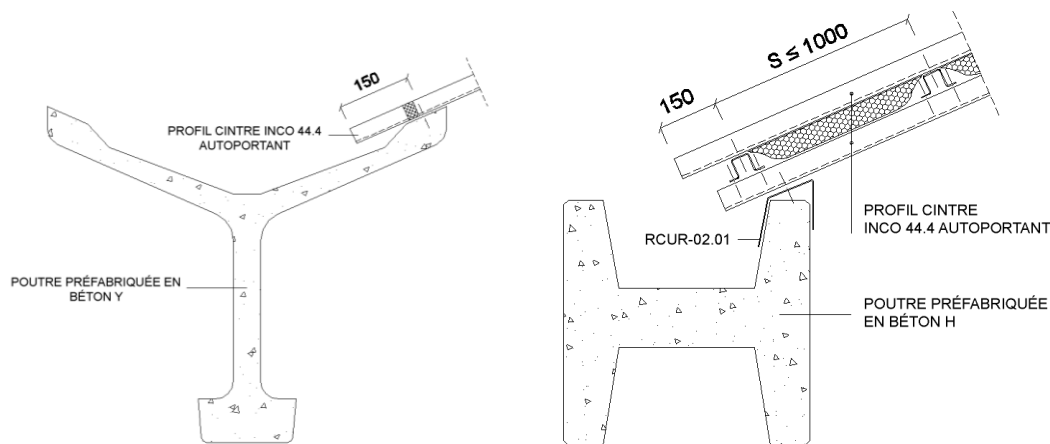
Il est conseillé de réaliser des essais sur chantier en raison des différentes qualités de béton. Dans ce cas, il faut l'indiquer à l'entreprise qui fabrique la structure du système de fixation, en demandant par écrit son approbation.

Indépendamment de la solution adoptée, il faudra fixer toutes les tôles avec deux vis, minimum M6, par vallée et appui.

Si la tôle est simple, l'appui minimum recommandé de la tôle sur la structure est supérieur à 150 mm et si la tôle est type sandwich, supérieur à 100 mm.

Toitures Courbées Autoportantes

4



Graphique 8. Conditions de montage des différentes typologies de toiture (cotes en mm)

- 3) Fixation recouvrement longitudinal entre tôle une vis M6, 3X18 chaque mètre.
- 4) Ne pas dépasser des portées supérieures à 6 m.
- 5) Pour le montage d'arcs de toiture type sandwich reliés à l'aide de profils oméga, nous recommandons une séparation entre ces profils supérieure à 1 mètre, pour que les charges transmises par l'arc extérieur à l'arc intérieur soit similaires à une charge uniformément distribuée, tout en respectant les hypothèses de calcul.

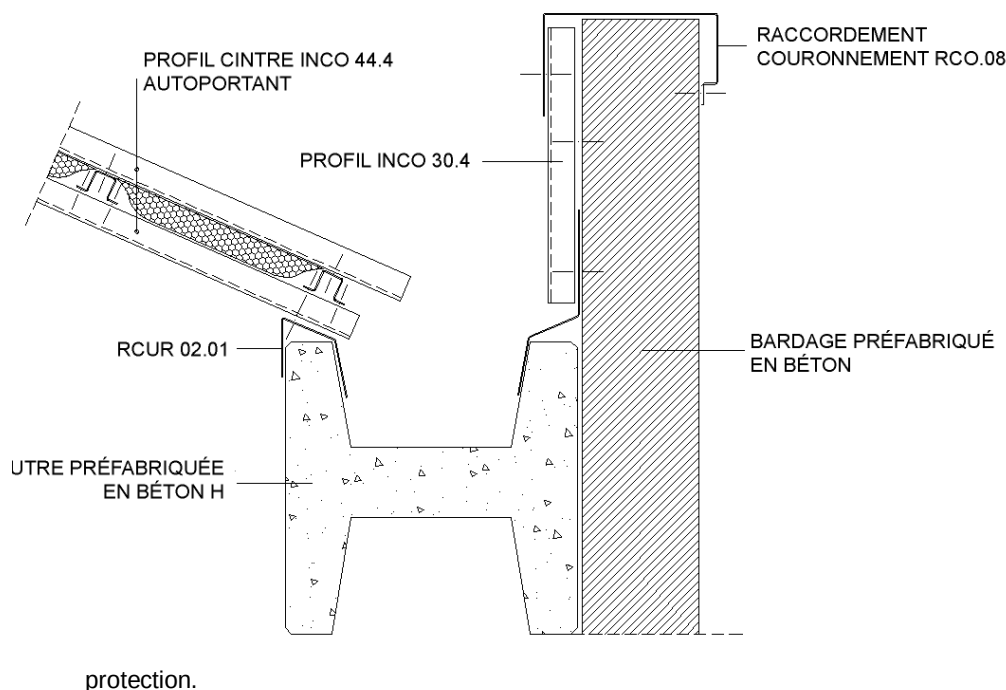


Image 4. Phase de montage de toiture courbée autoportante constituée du profil INCO 44.4 Courbé

Toitures Courbées Autoportantes

4

- 6) Montage de toitures courbées sur poutres en béton préfabriqué en H et son union avec la



protection.

Graphique 9. Toiture courbée autoportante type sandwich union avec fermeture

- 7) Les tolérances des profils courbés sont les suivantes :
- Les tolérances d'épaisseur seront les mêmes que celles du profil (voir *Dossier sur les Fermetures Métalliques*)
 - Les tolérances de longueur seront les suivantes :
 - a) Processus de fabrication :

Longueur ≤ 3 m	+10 mm / -5 mm
Longueur > 3 m	+20 mm / -5 mm
 - b) Processus de bombage :

En raison du processus de bombage, il faut raccourcir l'arc sur la partie inférieure du profil. Pour obtenir la longueur réelle une fois la pièce courbée, il faut appliquer la formulation suivante :

$$L_{PC} = L_A / (1 - h/R)$$

soient :

Toitures Courbées Autoportantes

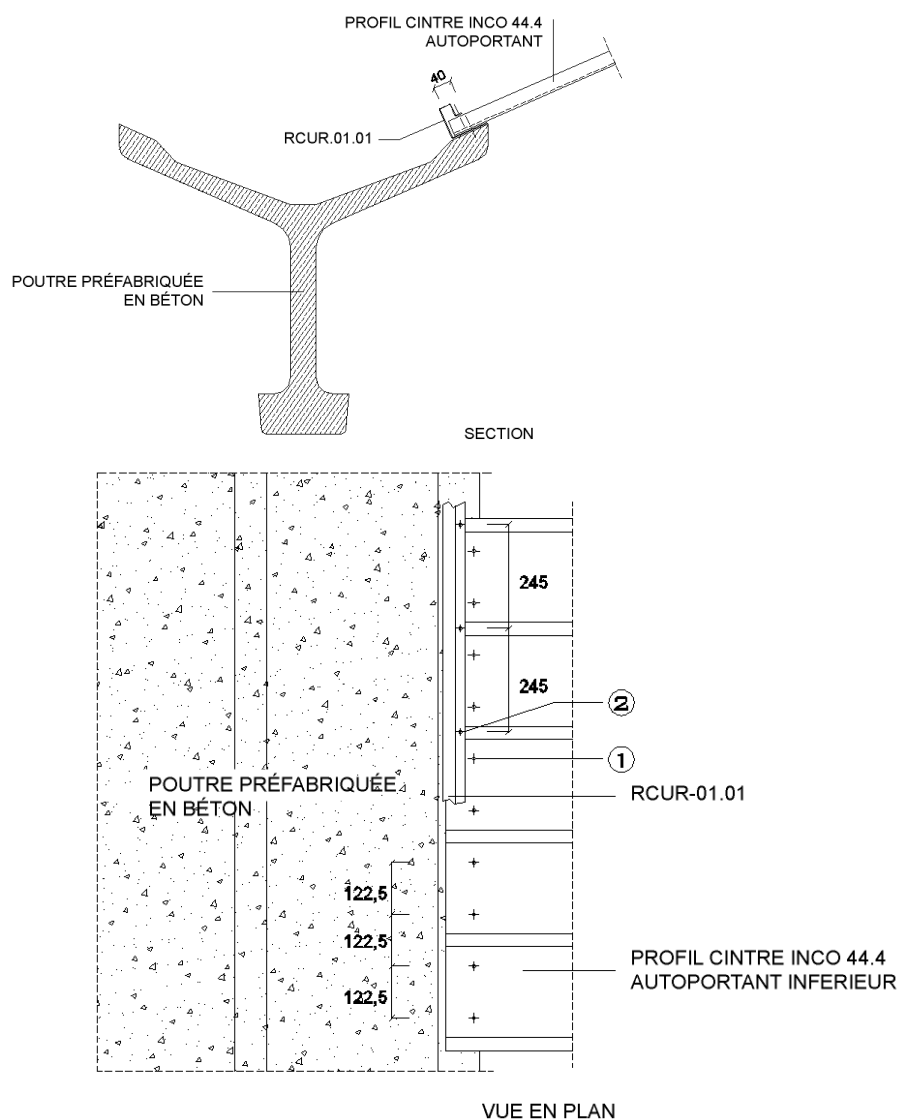
4

L_{PC} : Longueur pièce courbée
 L_A : Longueur de l'arc théorique
 h : Arête du profil
 R : Rayon de courbature

4.2.2. Étapes de montage de la Toiture Sandwich

4.2.2.1. Étape A

- ① Fixation simultanée de couronnement et profil inférieure à l'aide de deux vis par onde.
- ② Fixation du couronnement au profil inférieure à l'aide d'une vis par onde.



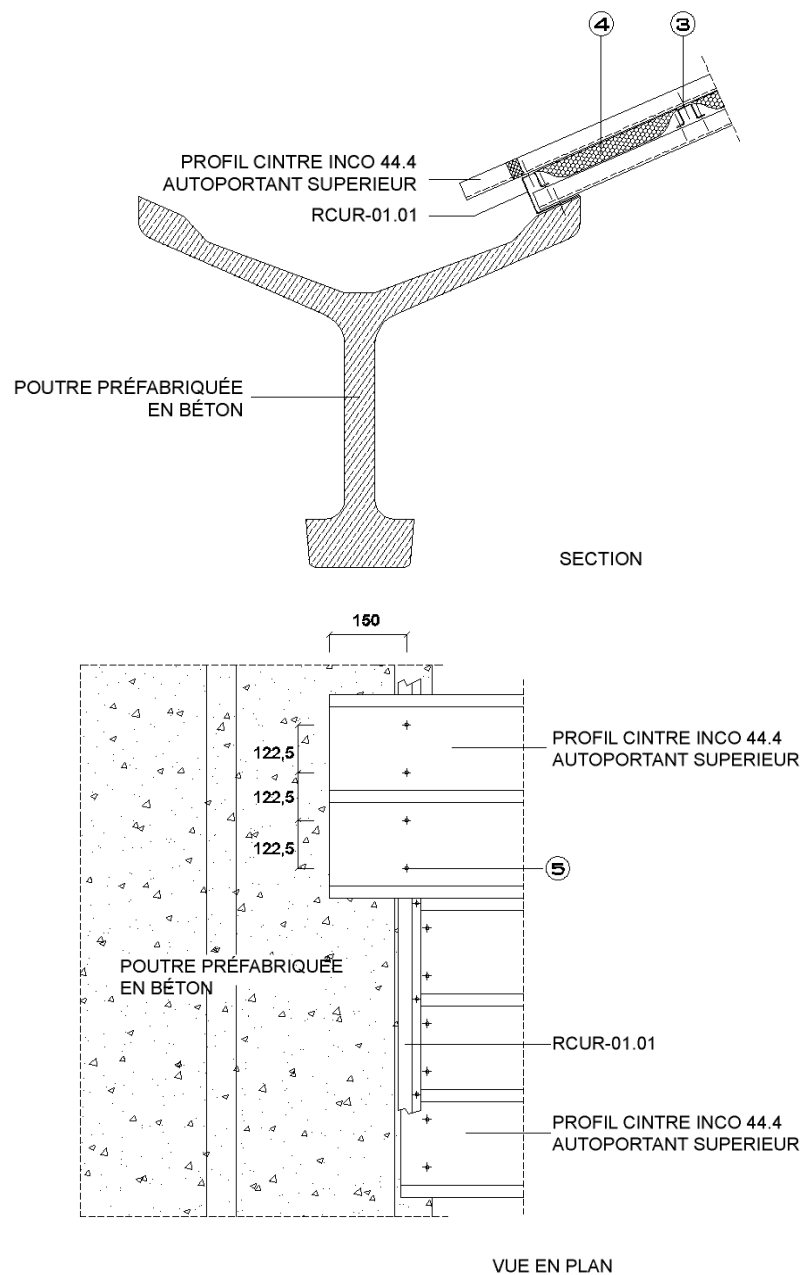
Graphique 10. Étape A du montage de toiture Courbée Autoportante Sandwich (cotes en mm)

Toitures Courbées Autoportantes

4

4.2.2.2. Étape B

- ③ Fixation des omégas intermédiaires sur toutes les ondes du profil inférieur.
- ④ Mise en place de l'isolement.
- ⑤ Fixation du profil extérieur au couronnement (RCUR-01.01), à l'aide de deux vis par onde.



Graphique 11. Étape B du montage de toiture Courbée Autoportante Sandwich (cotes en mm)

Toitures Courbées Autoportantes

4

4.3. Lanterneaux sur Arc

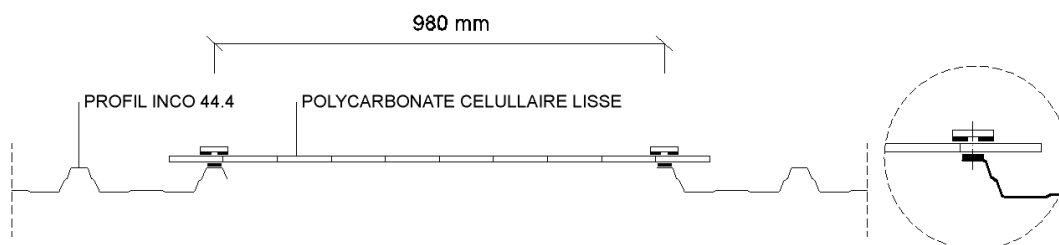
4.3.1. Polycarbonates

- La distance maximale entre omégas doit être de 1.50 m
- Le diamètre du perçage doit être d'environ 6 mm plus grand que celui de la vis. Les fixations doivent être réalisées à l'aide de trous allongés et de rondelles coniques permettant le mouvement du polycarbonate
- La longueur de volée doit être inférieure à 200 mm
- Les recouvrements doivent être opposés à la direction du vent.
- Ne pas marcher sur les plaques en polycarbonate.
- La pente minimale de la toiture doit être de 10%
- Les scellements, mastics et silicones doivent être de qualité neutre

Voir recommandations techniques du fabricant.

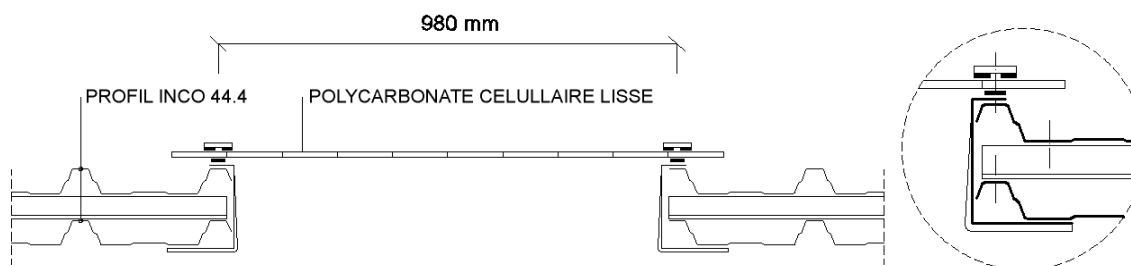
4.3.2. Solution avec polycarbonate cellulaire lisse

a) Arc simple



Graphique 12. Arc simple avec lanterneau simple

b) Double arc (sandwich) avec lanterneau simple.

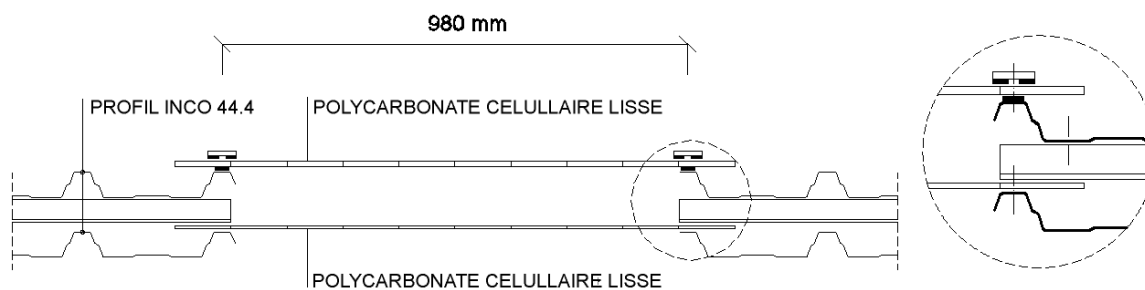


Graphique 13. Double arc avec lanterneau simple

Toitures Courbées Autoportantes

4

c) Double arc (sandwich) avec double lanterneau.



Graphique 14. Double arc avec double lanterneau



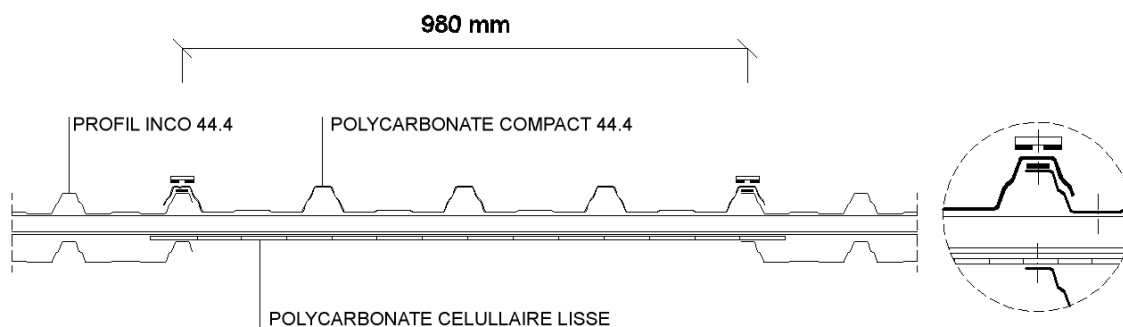
Image 5. Toiture courbée autoportante formée d'un double profil INCO 44.4 Courbé et double lanterneau

Toitures Courbées Autoportantes

4

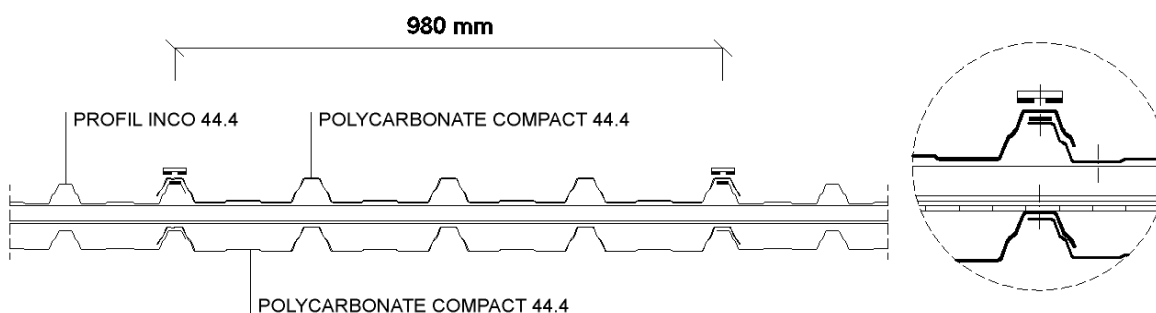
4.3.3. Solution avec polycarbonate compact grecqué

- a) Double arc (sandwich) formé d'une plaque en polycarbonate compact grecqué (extérieur) et d'une plaque en polycarbonate cellulaire lisse (intérieur).



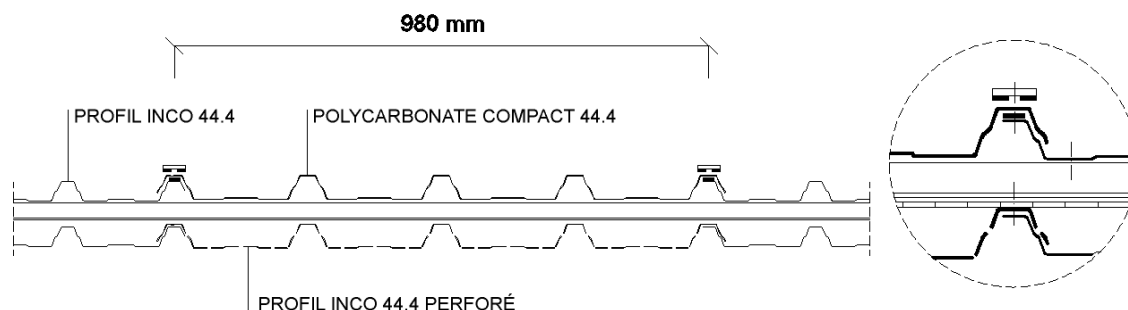
Graphique 15. Double arc avec double lanterneau

- b) Double arc (sandwich) formé de deux plaques en polycarbonate compact grecqué



Graphique 16. Double arc avec double lanterneau

- c) Double arc (sandwich) en polycarbonate compact grecqué courbé (extérieur) et tôle perforée (intérieur)



Graphique 17. Double arc avec lanterneau simple et profil perforé

Toitures Courbées Autoportantes

4

Limites de fabrication :

Le rayon minimum de bombage du profil INCO 44.4 en polycarbonate compact courbé est de 5 m.

Voir spécifications du polycarbonate compact dans la section 4.5. Fiches Techniques

4.4. Couronnement

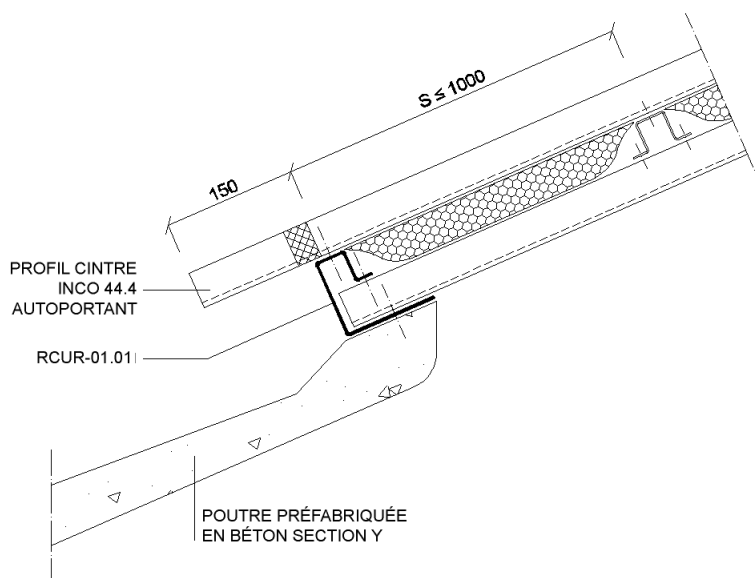
Pour résoudre les différentes unions présentes lors de la construction d'un bâtiment industriel, vous pouvez visiter notre site internet et consulter le document **Détails de Construction Couronnement**.

Pour les Toitures Courbées Autoportantes, il existe deux types de couronnements, ceux qui présentent leur courbe directrice droite, en général il s'agit de pièces qui permettent de faire la transition Toiture-Structure, et ceux qui présentent leur courbe directrice courbée, il s'agit là de couronnements pour les unions et fermetures de la toiture courbée. Pour ces deux types de couronnements, il faut appliquer l'action du pliage.

a) Courbe directrice droite

Ces couronnements sont réalisés à l'aide du pliage de planches en acier de 1.0 mm à 1.2 mm d'épaisseur.

- Couronnement d'application sur toitures sandwich autoportantes courbées. Sa fonction est de fixer ces deux profils à la structure préfabriquée en béton avec section sur Y.

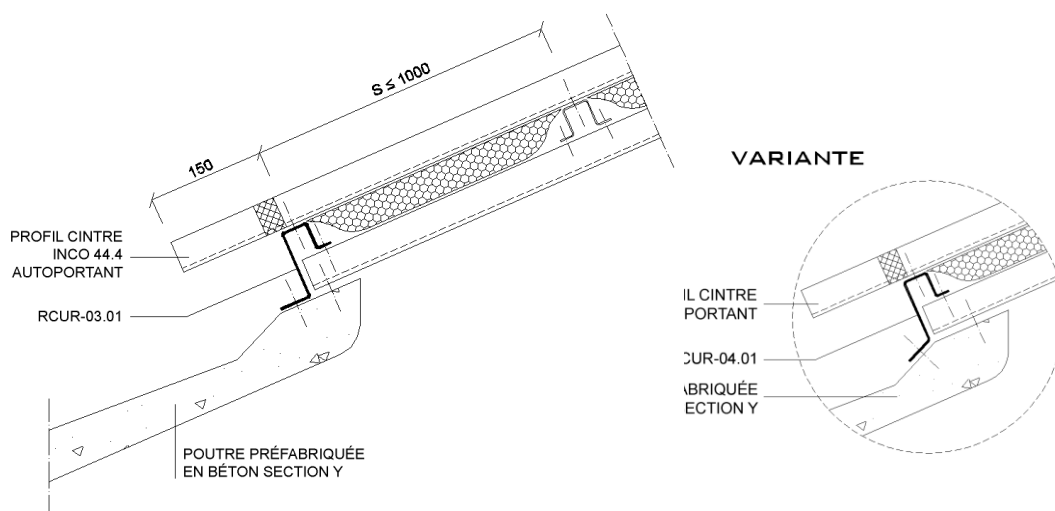


Graphique 18. Détail de construction du couronnement RCUR-01.01 de fixation de profil courbé autoportant (cotes en mm)

Toitures Courbées Autoportantes

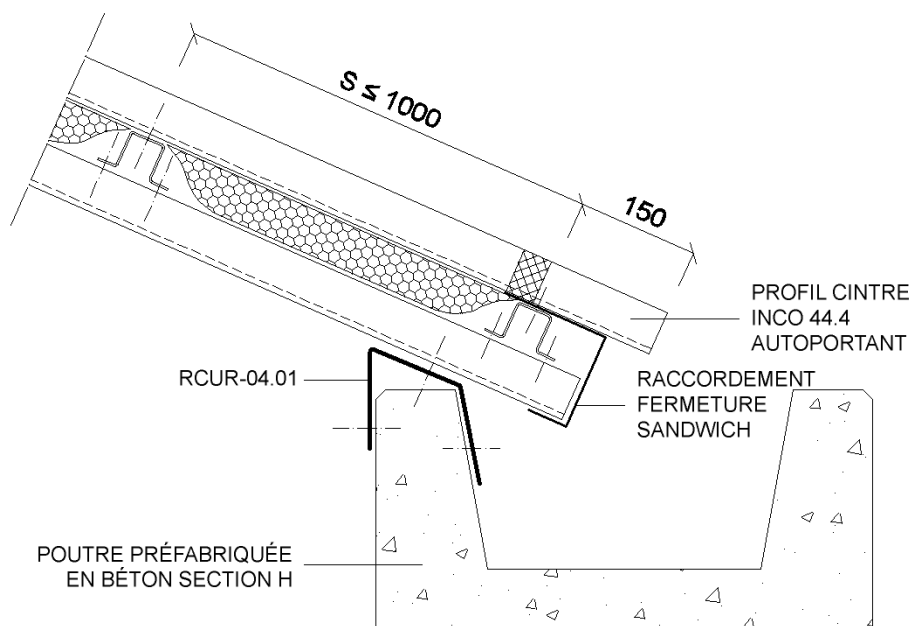
4

- Couronnement d'application en toitures sandwich autoportantes courbées. Sa fonction est de fixer ces deux profils à la structure préfabriquée en béton avec section sur Y. Cette variante permet de rendre indépendante la mise en place du couronnement des deux profils de toiture.



Graphique 19. Détail de construction du couronnement RCUR-04.01 de fixation de profil courbé autoportant (cotes en mm)

- Couronnement d'application sur toitures autoportantes courbées. Sa fonction est de fixer le profil intérieur à la structure préfabriquée en béton avec section sur H.



Graphique 20. Détail de construction du couronnement RCUR-02.01 de fixation de profil courbé autoportant (cotes en mm)

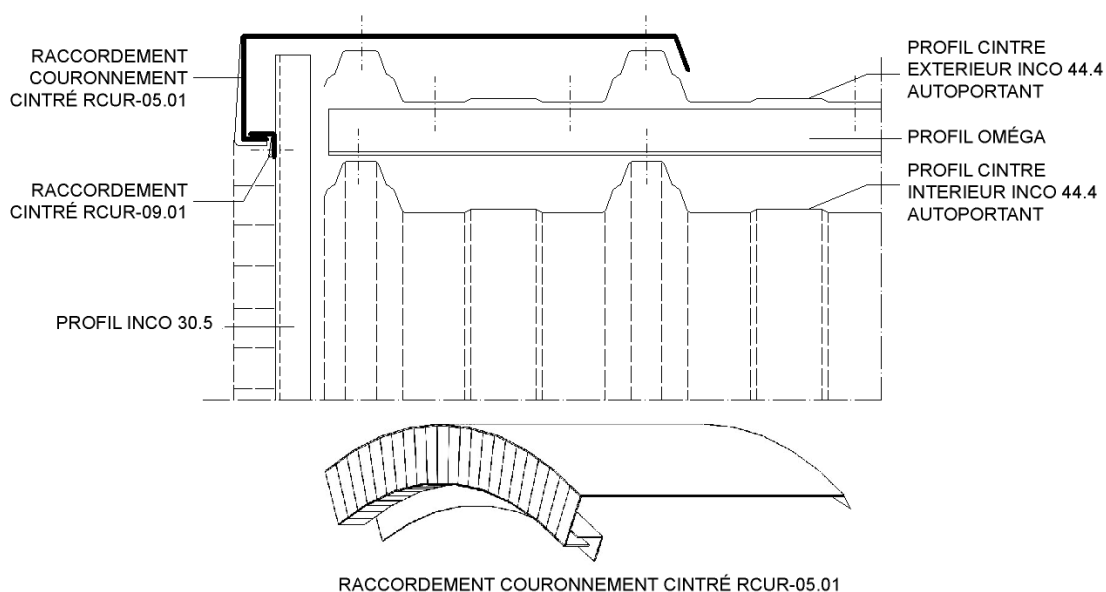
Toitures Courbées Autoportantes

4

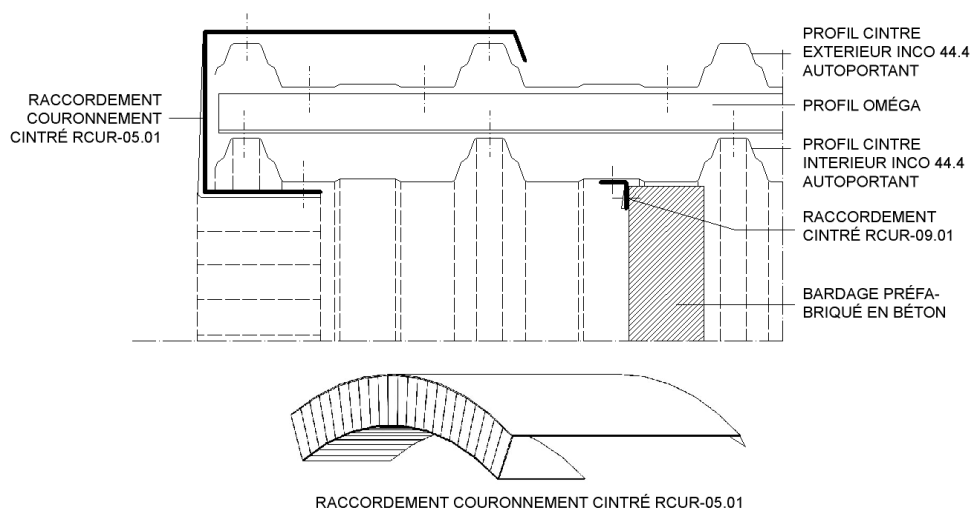
Courbe directrice courbée

Ces couronnements sont réalisés à l'aide du pliage de planches en acier de 1.0 mm à 0,6 mm d'épaisseur. Ensuite, à l'aide d'un pliage spécifique, il est possible de faire le bombage en fonction des paramètres de la toiture.

- Couronnement, couronnement d'application sur toitures autoportantes courbées. Sa fonction est de fermer le couronnement courbé, il faut couvrir au moins un passage d'onde et celle-ci doit être à une distance du bord de la toiture inférieure à son passage.



Graphique 21. Détail de construction du couronnement RCUR-05.01 de couronnement courbé

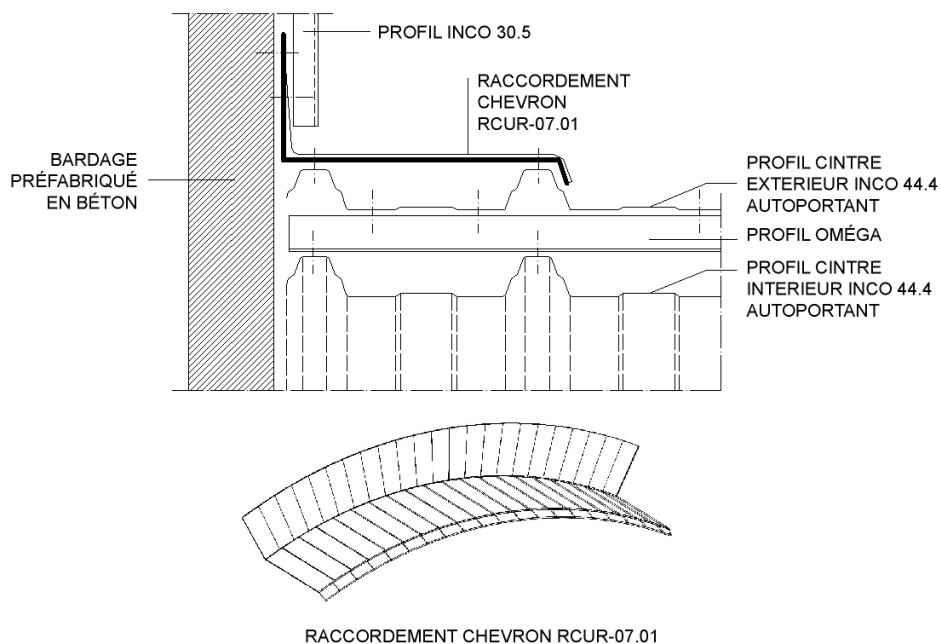


Graphique 22. Détail de construction du couronnement RCUR-05.01 de couronnement en porte-à-faux courbé

Toitures Courbées Autoportantes

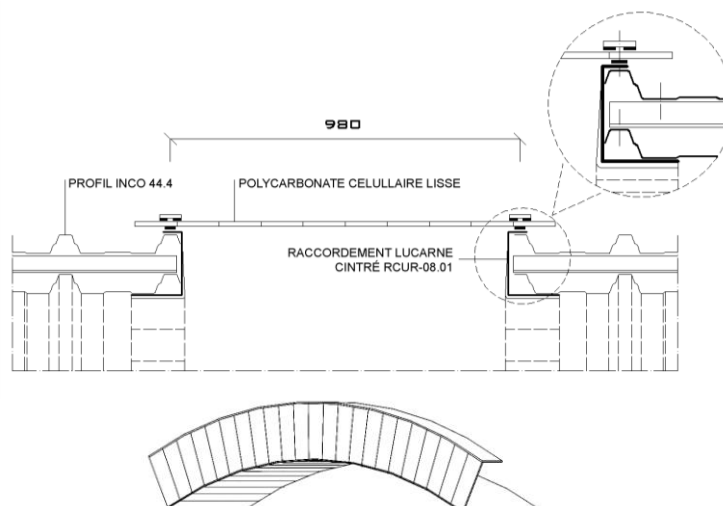
4

- Couronnement d'application sur toitures autoportantes courbées. Sa fonction est de résoudre l'union entre la jupe latérale de pente et la fermeture verticale.



Graphique 23. Détail de construction du couronnement RCUR-07.01 de couronnement.

- Couronnement de lanterneau, couronnement d'application sur toitures sandwich autoportantes courbées. Sa fonction est de résoudre la fermeture intérieure du lanterneau courbé en polycarbonate cellulaire lisse.



- Graphique 24. Détail de construction du couronnement RCUR-08.01 lanterneau courbé (cotes en mm)

Toitures Courbées Autoportantes

4

4.5. Fiches Techniques

Vous trouverez ci-dessous les fiches techniques des profils qui correspondent à la typologie de toiture courbée autoportante pour des portées allant jusqu'à 8 m, le profil INCO 44.4 Courbé, le profil INCO 44.6 Ondulé Courbé et le profil INCO 70.4 Courbé.



Image 6. Différentes Toitures Courbées Autoportantes.

CATALOGUE DE FICHES TECHNIQUES



INCOPERFIL®
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL

PROFILS CINTRÉS

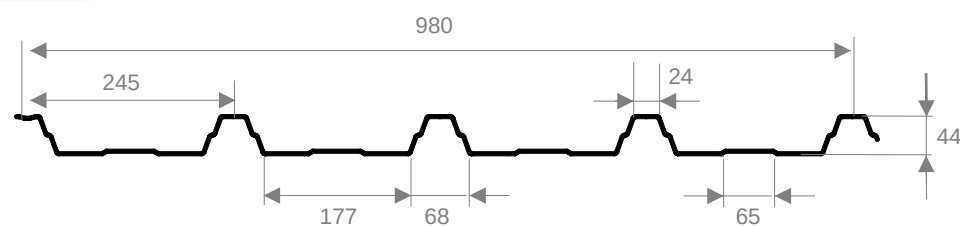
(jusqu'au 8m)



Plus d'information: www.incoperfil.com

Révision 2009

DIMENSIONS



Cotes en mm

APPLICATIONS

Profil autoportant pour façades et recouvrements
Couronnement d'angle
Couronnement en crête
Faîtage
Couronnements en dents de scie
Marquises

CARACT. MÉCANIQUES DU MATÉRIAU

Limite Élastique $\geq 250 \text{ N/mm}^2$
Matériel Base Qualité S250GD
Limite de Rupture $\geq 330 \text{ N/mm}^2$
Longueur de Rupture Min.19%
Module d'Elasticité = 210.000 N/mm^2

VALEURS EFFICACES DU PROFIL

Épaisseur mm	Poids (sin refuerzo) Kg/mm^2	Moment Inertie mm^4	Module Resistant + mm^3	Module Resistant - mm^3/m
0,5	4,97	137.173	4.071	3.937
0,6	5,97	172.265	5.186	4.842
0,7	6,96	208.516	6.338	5.764
0,75	7,46	226.911	6.922	6.232
0,8	7,96	245.402	7.512	6.701
1	9,95	308.598	9.359	8.594

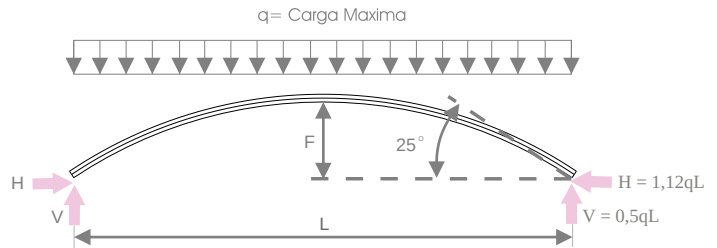
ALTERNATIVES ET CONDITIONS DE FABRICATION

Revêtements en Zinc :
Galvanisé Z-275 (275 grammes/m² des deux côtés)
Prélaqué Z-225 (225 grammes/m² des deux côtés)
Revêtements Spéciaux :
Haute durabilité, Plastisols, PVDF...
Nous consulter pour un revêtement des deux côtés.
Rayon minimum : 750 mm

Couleurs : Nous consulter pour carte Aceralia ou carte RAL.
Perforation : Possibilité de perforer le matériel pour des applications d'atténuation acoustique.
Lanterneaux : Disponible le profil en Polyester ou en Acrylique

TABLEAUX DE RÉSISTANCE

L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$
Rayon min. = 750 mm



		q = Resistance Max . (kp/m²)													
		L= Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,50	199	173	156	144	136	130	126	123	121	119	117	115	112	109
	0,60	286	248	223	206	195	187	181	170	162	155	149	144	140	137
	0,70	375	326	293	271	255	239	220	206	196	187	180	175	170	165
	0,75	419	364	327	302	285	260	240	224	213	204	196	190	185	180
	0,80	464	403	363	335	312	281	259	243	230	220	212	206	200	195
	1,00	622	540	486	445	392	354	326	305	290	277	267	258	251	245
	Rayon (m)	1,90	2,13	2,37	2,61	2,84	3,08	3,32	3,55	3,79	4,03	4,26	4,50	4,74	4,97
F = Flèche (mm)		177	199	221	243	266	288	310	332	354	376	399	421	443	465

		q = Resistance Max . (kp/m²)													
		L= Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,50	106	104	101	98	95	91	88	84	80	75	71	67	64	62
	0,60	134	131	130	129	128	128	125	119	113	107	101	95	91	88
	0,70	162	159	157	156	155	154	154	152	148	140	132	124	118	110
	0,75	176	173	171	169	169	168	167	165	161	156	147	138	132	128
	0,80	191	187	185	183	182	182	181	179	175	169	162	153	146	139
	1,00	240	235	232	230	229	229	227	225	220	212	203	196	195	180
	Radio (m)	5,21	5,45	5,68	5,92	6,16	6,39	6,63	6,87	7,10	7,34	7,58	7,81	8,05	8,29
F = Flecha (mm)		487	509	532	554	576	598	620	642	665	687	709	731	753	775

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair , il est conseillé d'en parler avec le Département Technique .

LEGISLATION

Eurocode 3 "Design of Structures – Part 1-3 : General Rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting"

NBE-EA-95 – Partie 4. Calcul des pièces de tôle courbées

DIN 18800 "Structural Steelwork- Analysis of safety against buckling of linear members and frames"

LÉGENDE DE CALCUL

Combinaison d'Actions

ELU : Charge Min. = 1,35 * Propre poids + 1,50* Surcharge Utilisation

ELS : Charge Min. = 1,00* Propre poids + 1,00* Surcharge Utilisation

Flèche Min. < L / 200

Les calculs de la flèche de l'arc correspondent à un angle de démarrage de 25° .

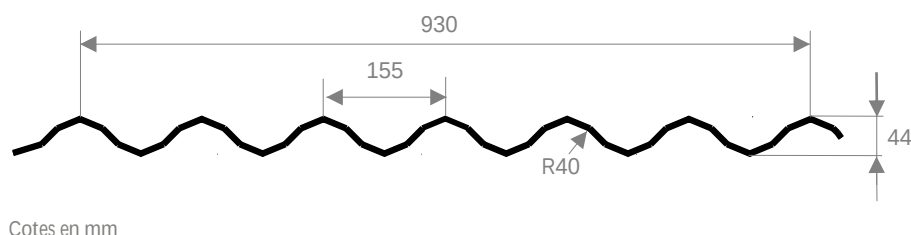
Le profil est fixé sur chaque appui à l'aide de deux vis par vallée .

Le fabricant ne se tient pas responsable des modifications concernant les valeurs indiquées .

Calculs réalisés par le service pédagogique de E.T.S. Ingenieros Industriales du Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures de l'Université Polytechnique de Valencia

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. se réserve le droit de réaliser toute modification concernant les caractéristiques et données techniques générales et spécifiques de ses profils , en fonction des besoins de production ou des progrès techniques .
Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. ne se tient en aucun cas responsable de la non application des recommandations indiquées dans le document.
Perfiles Courbés Autoportants.

DIMENSIONS



APPLICATIONS

Profil autoportant pour façades et recouvrements
Couronnement d'angle
Couronnement en crête
Faîtage
Couronnements en dents de scie
Marquises

CARACT. MÉCANIQUES DU MATÉRIAU

Limite Élastique $\geq 250 \text{ N/mm}^2$
Matériel Base Qualité S250GD
Limite de Rupture $\geq 330 \text{ N/mm}^2$
Longueur de Rupture Min.19%
Module d'Elasticité = 210.000 N/mm^2

VALEURS EFFICACES DU PROFIL

Épaisseur	Poids	Moment d'Inertie	Modules de résistance (+)
mm	Kg/mm ²	mm ⁴	mm ³
0,5	5,24	143.987	6.460
0,6	6,29	172.793	7.738
0,7	7,34	201.604	9.012
0,8	7,86	216.011	9.648
1	8,39	230.420	10.282
1,2	10,48	288.072	12.803

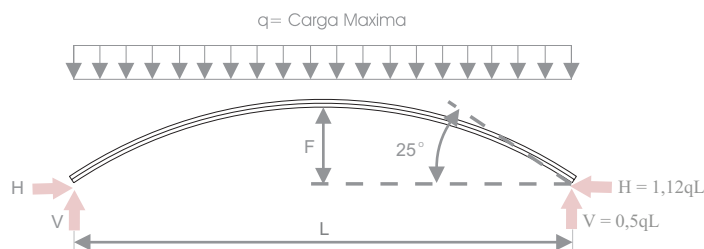
ALTERNATIVES ET CONDITIONS DE FABRICATION

Revêtements en Zinc :
Galvanisé Z-275 (275 grammes/m² des deux côtés)
Prélaqué Z-225 (225 grammes/m² des deux côtés)
Revêtements Spéciaux :
Haute durabilité, Plastisols, PVDF...
Nous consulter pour un revêtement des deux côtés.
Rayon minimum : 900 mm

Couleurs : Nous consulter pour carte Aceralia ou carte RAL.
Perforation : Possibilité de perforer le matériel pour des applications d'atténuation acoustique.
Lanterneaux : Disponible le profil en Polyester

TABLEAUX DE RÉSISTANCE

L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$
Rayon min. = 900 mm



		q = Resistance Max . (kp/m²)													
		L= Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,50	199	173	156	144	136	130	126	123	121	119	117	115	112	109
	0,60	286	248	223	206	195	187	181	170	162	155	149	144	140	137
	0,70	375	326	293	271	255	239	220	206	196	187	180	175	170	165
	0,75	419	364	327	302	285	260	240	224	213	204	196	190	185	180
	0,80	464	403	363	335	312	281	259	243	230	220	212	206	200	195
	1,00	622	540	486	445	392	354	326	305	290	277	267	258	251	245
	Rayon (m)	1,90	2,13	2,37	2,61	2,84	3,08	3,32	3,55	3,79	4,03	4,26	4,50	4,74	4,97
F = Flèche (mm)		177	199	221	243	266	288	310	332	354	376	399	421	443	465

		q = Resistance Max . (kp/m²)													
		L= Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,50	106	104	101	98	95	91	88	84	80	75	71	67	64	62
	0,60	134	131	130	129	128	128	125	119	113	107	101	95	91	88
	0,70	162	159	157	156	155	154	154	152	148	140	132	124	118	110
	0,75	176	173	171	169	169	168	167	165	161	156	147	138	132	128
	0,80	191	187	185	183	182	182	181	179	175	169	162	153	146	139
	1,00	240	235	232	230	229	229	227	225	220	212	203	196	195	180
	Radio (m)	5,21	5,45	5,68	5,92	6,16	6,39	6,63	6,87	7,10	7,34	7,58	7,81	8,05	8,29
F = Flecha (mm)		487	509	532	554	576	598	620	642	665	687	709	731	753	775

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair, il est conseillé d'en parler avec le Département Technique.

LEGISLATION

Eurocode 3 "Design of Structures – Part 1-3 : General Rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting"

NBE-EA-95 – Partie 4. Calcul des pièces de tôle courbées

DIN 18800 "Structural Steelwork- Analysis of safety against buckling of linear members and frames"

LÉGENDE DE CALCUL

Combinaison d'Actions

ELU : Charge Min. = 1,35 * Propre poids + 1,50* Surcharge Utilisation

Flèche Min. < L / 200

ELS : Charge Min. = 1,00* Propre poids + 1,00* Surcharge Utilisation

Les calculs de la flèche de l'arc correspondent à un angle de démarrage de 25°.

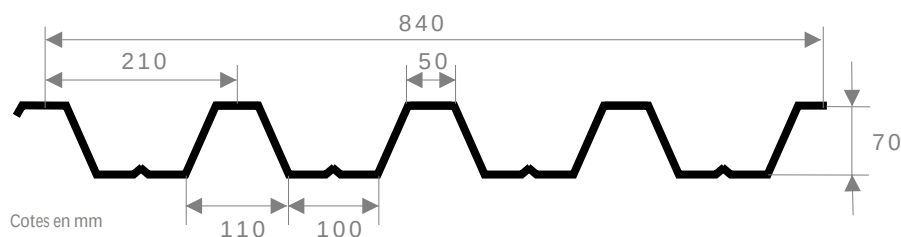
Le profil est fixé sur chaque appui à l'aide de deux vis par vallée.

Le fabricant ne se tient pas responsable des modifications concernant les valeurs indiquées.

Calculs réalisés par le service pédagogique de E.T.S. Ingenieros Industriales du Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures de l'Université Polytechnique de Valencia

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. se réserve le droit de réaliser toute modification concernant les caractéristiques et données techniques générales et spécifiques de ses profils, en fonction des besoins de production ou des progrès techniques.
Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. ne se tient en aucun cas responsable de la non application des recommandations indiquées dans le document.
Profils Courbés Autoportants.

DIMENSIONS



APPLICATIONS

Profil autoportant pour toitures de grandes portées
Profils pour façades courbées
Profils pour marquises

CARACT. MÉCANIQUES DU MATÉRIAU

Limite Élastique $\geq 250 \text{ N/mm}^2$
Matériel Base Qualité S250GD
Limite de Rupture $\geq 330 \text{ N/mm}^2$
Longueur de Rupture Min.19%
Module d'Elasticité = 210.000 N/mm^2

VALEURS EFFICACES DU PROFIL

Épaisseur	Poids	Moment d'Inertie	Modules de résistance (+)	Modules de résistance (-)
mm	Kg/m ²	mm ⁴	mm ³	mm ³ /m
0,5	5,80	61.700	2.705	2.658
0,6	6,96	77.846	3.443	3.252
0,7	8,13	94.361	4.199	3.849
0,8	9,29	108.705	4.836	4.450

ALTERNATIVES ET CONDITIONS DE FABRICATION

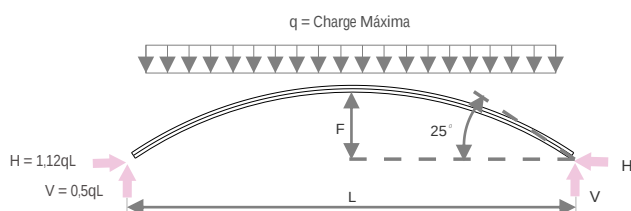
Revêtements en Zinc :
Galvanisé Z-275 (275 grammes/m² des deux côtés)
Prélaqué Z-225 (225 grammes/m² des deux côtés)
Revêtements Spéciaux : Haute durabilité, Plastisols, PVDF...
Nous consulter pour un revêtement des deux côtés.

Couleurs : Nous consulter pour carte Arcelor ou carte RAL .
Perforation : Possibilité de perforer le matériel pour applications d'atténuation acoustique .
Lanterneaux : Polycarbonate cellulaire lisse

LEGISLATION

Eurocode 3 "Design of Structures —Part 1-3: General Rules — Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting"
NBE-EA-95- Partie 4. Calcul des pièces de tôle courbées
DIN 18800 "Structural Steelwork- Analysis of safety against buckling of linear members and frames"

TABLEAUX DE RÉSISTANCE

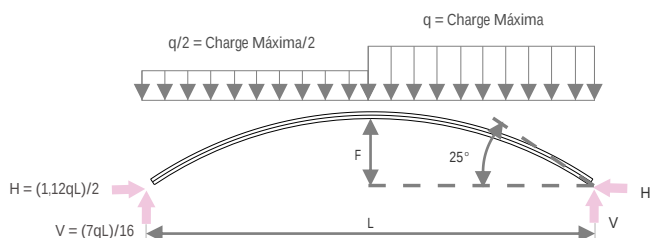


L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$

Épaisseur (mm)	Rayon Min. (mm)
0,60	6.000
0,70	7.000
0,75	7.500
0,80	8.000

		Resistance Max face à Charge Simétrique (kp/m²)													
		L = Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,60	312	304	293	283	272	261	250	238	226	213	201	189	177	165
	0,70	425	410	394	379	364	350	336	322	309	296	283	271	259	245
	0,75	485	470	456	438	421	404	388	372	357	342	327	313	299	285
	0,80	514	499	485	470	456	442	428	412	394	378	362	346	330	316
Rayon (m)		7,09	7,33	7,57	7,80	8,04	8,28	8,52	8,75	8,99	9,23	9,46	9,70	9,94	10,17
F = Flèche (mm)		666	688	710	732	754	776	798	821	843	865	887	909	931	953

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair, il est conseillé d'en parler avec le Département Technique.



L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$

Épaisseur (mm)	Rayon Min. (mm)
0,60	6.000
0,70	7.000
0,75	7.500
0,80	8.000

		Resistance Max face à Charge Antimétrique (kp/m²)													
		L = Portée (m)													
Épaisseur (mm)	0,60	218	213	205	198	190	183	175	167	158	149	141	132	124	115
	0,70	298	287	276	265	255	245	235	225	216	207	198	189	181	171
	0,75	339	329	319	307	295	283	272	260	250	239	229	219	209	199
	0,80	360	350	339	329	319	309	299	288	276	264	253	242	231	221
Rayon (m)		7,09	7,33	7,57	7,80	8,04	8,28	8,52	8,75	8,99	9,23	9,46	9,70	9,94	10,17
F = Flèche (mm)		666	688	710	732	754	776	798	821	843	865	887	909	931	953

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair, il est conseillé d'en parler avec le Département Technique.

LÉGENDE DE CALCUL

Combinaison d'Actions

ELU : Charge max. = 1,35 * Propre Poids + 1,50* Surcharge d'Utilisation

Flèche max. < L / 200

ELS : Charge Max. = 1,00* Propre poids + 1,00* Surcharge Utilisation

Les calculs de la flèche de l'arc correspondent à un angle de démarrage de 25°.

Le profil est fixé sur chaque appui à l'aide de 2 vis par vallée minimum (Voir Dossier Technique)

Le fabricant ne se tient pas responsable des modifications concernant les valeurs indiquées.

Calculs réalisés par le Service pédagogique de E.T.S. Ingenieros Industriales du Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures de l'Université Polytechnique de Valencia

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. se réserve le droit de réaliser toute modification concernant les caractéristiques et données techniques générales et spécifiques de ses profils, en fonction des besoins de production ou des progrès techniques.
Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. ne se tient en aucun cas responsable de la non application des recommandations indiquées dans le document.
Perfiles Curvados Autoportantes.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

Avec un marché de plus en plus exigeant, **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** met à disposition des ingénieurs et des architectes des solutions de plus en plus innovatrices pour mettre en place les différents projets. La légèreté et la sveltesse des profils courbés et la simplicité du travail à effectuer sont parfaitement compatibles et cela donne un résultat très satisfaisant avec une esthétique particulière et un coût réduit par rapport à d'autres systèmes de construction traditionnels.

Aujourd'hui, la qualité des différents types d'acier structurel avec leurs caractéristiques mécaniques nous a permis de développer un produit dont les prestations étaient inimaginables il y a quelques années.

Suite à des années de recherche et en collaboration avec le Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures (DMMC et TE) de l'Université Polytechnique de Valencia (UPV), **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** a développé un produit courbé autoportant capable d'atteindre des portées allant jusqu'à 13.00 m.

Le système courbé de grandes portées est le fruit d'une continuité et d'une expérience et une relation avec l'UPV depuis l'année 1994, après des essais réalisés sur nos profils courbés pour des portées intermédiaires, **INCO 44.4 courbé** et **INCO 44.6 courbé**.

Le développement de ce produit a été possible grâce à la fabrication d'une machine capable de courber un profil d'arête 70 mm, **INCO 70.4**, avec des épaisseurs de 1.20 mm et 14.00 m de longueur maximale. **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.**, a commandé les calculs théoriques et les essais correspondants au DMMC et TE, en suivant les instructions de l'EUROCODE-3. C'est ainsi que furent obtenues les caractéristiques mécaniques efficaces des sections et la vérification des états limite et de service. Pour cela, plus de cinquante essais furent réalisés à échelle naturel, sur des pièces courbées et droites, de différentes portées (8,00 / 10,00 / 13,30m) et de différentes épaisseurs (0,80 / 1,00 / 1,20mm), avec l'objectif d'obtenir des données expérimentales qui nous ont permis de contraster les résultats sur le terrain avec les calculs théoriques.

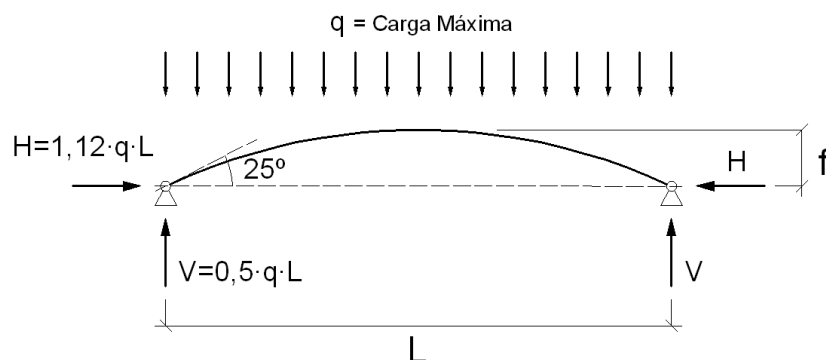
Pour cela, toute la recherche développée par **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.**, a fourni l'expérience nécessaire sur le comportement et les limitations de notre profil **INCO 70.4 courbé**. Celui-ci est soumis à des charges maximales et après avoir analysé son comportement stable sur la charge et sa récupération sur la décharge, le profil est poussé jusqu'à son effondrement.

Voici le produit que nous vous présentons ci-après, fruit de ces résultats, de l'étude et du développement du système d'installation.

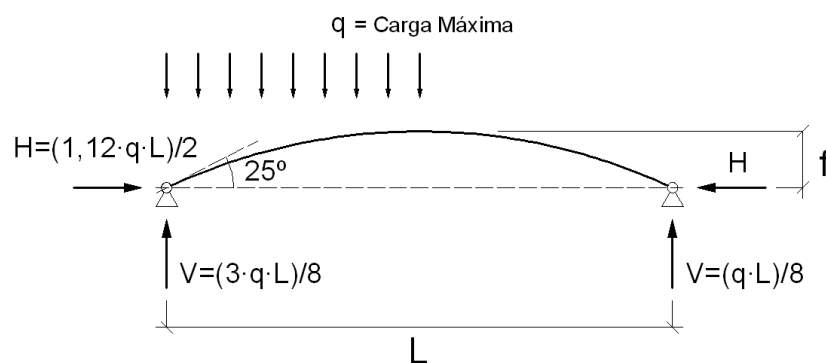
Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.1. Essais Réalisés

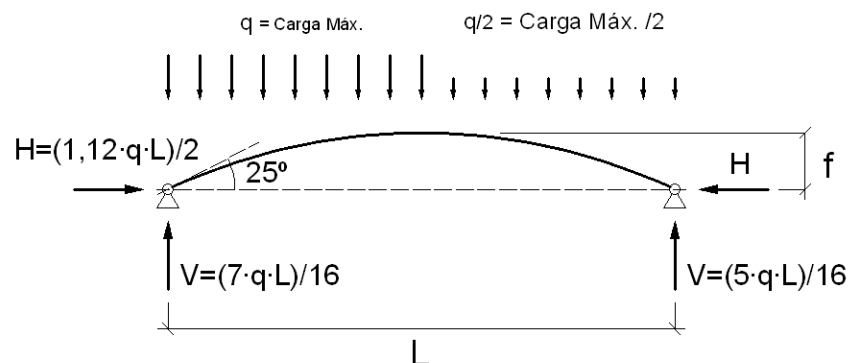
Trois types d'essais furent réalisés et dirigés par le Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures. Le premier fut réalisé avec une charge uniformément distribuée sur toute la surface de la pièce, le deuxième, avec une charge asymétrique sur la moitié de la surface de la pièce et le troisième, avec une charge asymétrique distribuée sur toute la pièce. Tous les essais furent réalisés selon les normes en vigueur et suivirent les schémas suivants :



Graphique 25. Charge uniformément distribuée q (daN/m) L (m)



Graphique 26. Charge asymétrique distribuée sur la moitié de la pièce. q (daN/m) L (m)



Graphique 27. Charge asymétrique distribuée sur toute la pièce. q (daN/m) L (m)

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

L'objectif de ces essais est d'obtenir des données expérimentales qui permettent de contraster les résultats avec les calculs théoriques. Comme pour les essais réalisés sur les profils **INCO 44.4** et **INCO 44.6** avec hauteur grecquée moins élevée, ces résultats nous ont permis de :

- 1) Vérifier les caractéristiques efficaces des sections obtenues selon Eurocode-3.



Image 7. Essais de charge des profils INCO 70.4 pour différentes portées et épaisseurs

- 2) La charge calculée correspond à la charge maximale admise qui provoque l'épuisement plastique et donc, l'écroulement de l'arc.

Tous les essais ont été réalisés avec une pente de l'arc sur le démarrage de 25°. L'arc, qui se trouve ancré à l'aide de vis de fixation à une poutre de grande rigidité transversale mais finie, qui permette de supporter une poussée horizontale élevée transmise par les extrémités de l'arc.

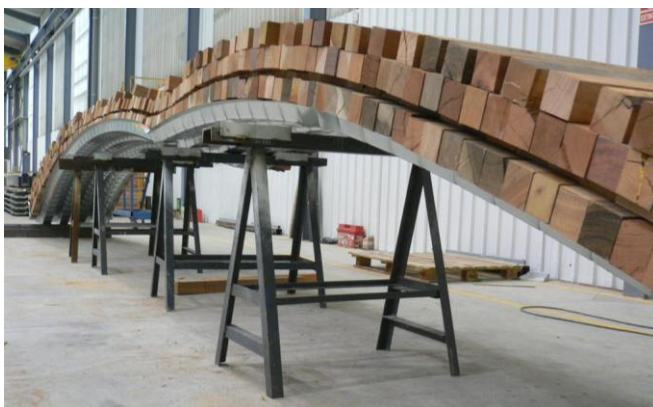


Image 8. Éffondrement de l'arc pour la détermination de la charge maximale admise

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

Des résultats et des analyses des essais et des calculs théoriques, nous avons obtenu la résistance maximale du profil soumis à une charge uniformément distribuée. Les calculs théoriques et les essais ont été réalisés sans considérer les tendeurs horizontaux et contre le vent.

De plus, les essais correspondants aux graphiques 26 et 27 furent réalisés, avec une charge asymétrique des pièces, partielle (image 8 et 9) et totale (image 10 et 11) selon l'EUROCODE-3 car il faut considérer les charges symétriques et asymétriques qui produisent l'effet le plus défavorable.



Image 9 et 10. Charge Asymétrique sur la moitié de la pièce.

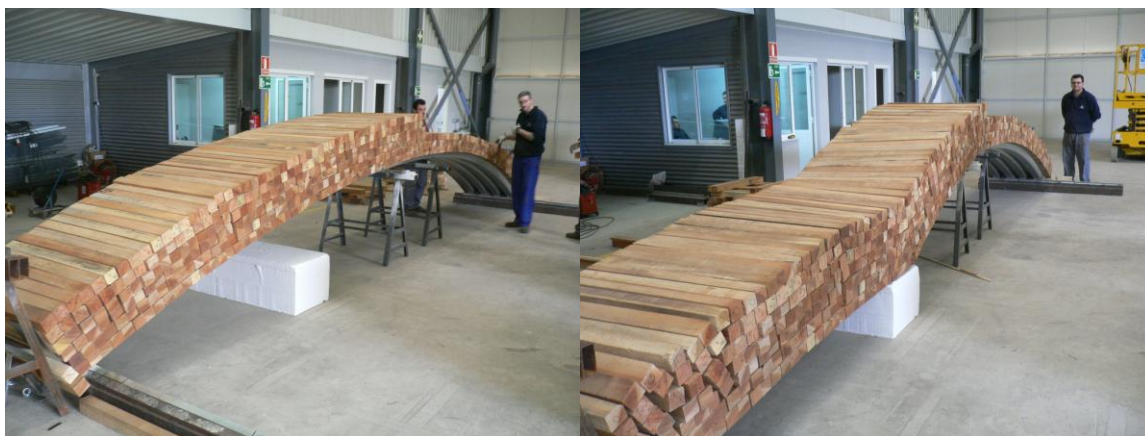


Image 11 et 12. Charge Asymétrique sur toute la pièce.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.2. La structure ou poutres d'appui.

Le profil **INCO 70.4 courbé** de grandes portées, en tant qu'élément autoportant, nous permet d'éviter l'utilisation d'éléments structurels pour couvrir la portée entre supports. L'arc réalise la fonction de distribution des charges, même celles transmises par les poutres d'appui. Il n'est donc pas nécessaire de faire apparaître des poutres intermédiaires ni les courroies correspondantes. Les poutres d'appui sont, en général, des éléments à grande arête (jalousies métalliques, en bois ou poutres préfabriquées en béton) qui absorbent les efforts verticaux et horizontaux transmis par l'arc. Ces poutres augmentent les portées entre supports de façon à ce que la réduction d'éléments structurels sur toiture (application du profil courbé) soit accompagnée d'une réduction de supports sous les poutres d'appui. Le résultat est l'apparition d'espaces multifonctionnels, libres d'éléments structurels, permettant une meilleure utilisation de l'espace.

Voir section 1.6. *Poussée sur étriers*, la poussée horizontale sur les étriers de l'arc est due à l'impossibilité de déplacer les appuis. La structure nécessaire d'appui de l'arc est la poutre qui le reçoit et pour garantir le bon fonctionnement de l'arc, nous devons analyser de façon précise les aspects suivants :

- Rigidité suffisante de la poutre, capable d'absorber les efforts horizontaux.
- Démarrage de l'arc sur la structure, celle-ci doit correspondre à un angle de 25°.
- La fixation devra s'adapter au système structuré (béton, métallique, bois...) tout en respectant les prescriptions des fabricants de structure et fixations.

La structure sur les pignons doit être indépendante de la toiture, pour éviter ainsi la transmission sur elle de tout type de structure.

5.2.1. Béton préfabriqué. La poutre d'appui est définie par le fabricant de la structure, en distinguant la poutre centrale de la poutre de l'extrémité, car la poutre centrale reçoit deux jupes de toiture tandis que la deuxième n'en reçoit qu'une. Ses dimensions répondent à un calcul standardisé. Il faut relever l'importance de la fixation du profil à la structure.

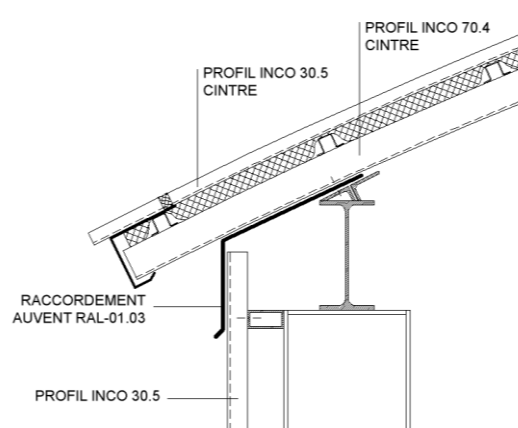


Gráfico 28. Detalle apoyo cubierta curvada sobre estructura metálica

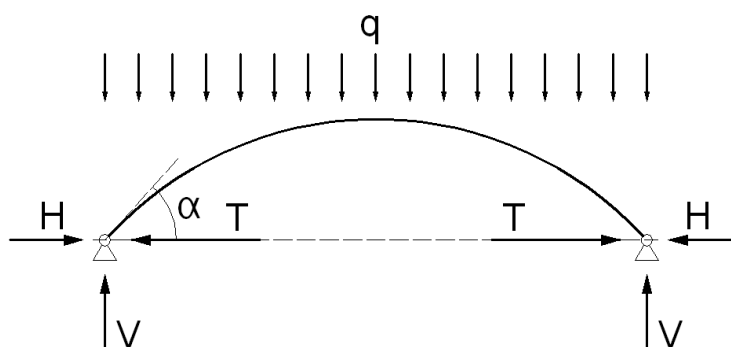
5.2.2. Métallique. La conception de ce type de structure permet à l'ingénieur d'études d'avoir plus de liberté.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.3. Tirants Métalliques

a) Réactions horizontales

Pour améliorer la stabilité de l'arc, il est possible de placer sur sa base des tirants en acier dotés de tendeurs, situés sur sa base et formant la "corde" de l'arc. Les tendeurs seront ainsi chargés d'absorber les déplacements, c'est à dire les réactions horizontales que transmettent la poutre d'appui à l'arc dus aux actions verticales.



Graphique 29. Tirants métalliques pour compenser les réactions horizontales.

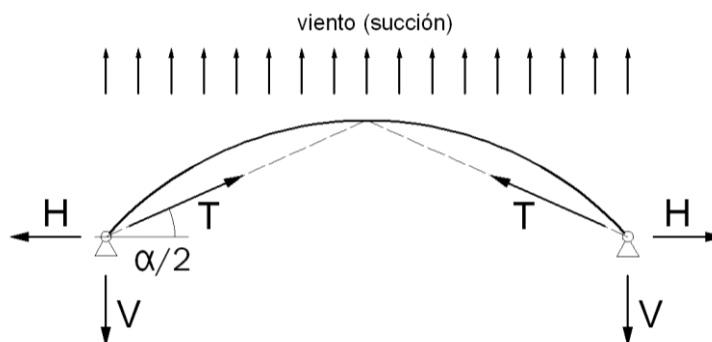
Il est conseillé que la distance entre tirants ne dépasse pas les 2 mètres et sa distribution devrait s'adapter à un tirant sur chaque support et au moins deux intermédiaires entre supports.

Il faut faire spécialement attention au calcul des tirants, surtout si l'appui est articulé, car la déformabilité de l'arc et la structure en dépend. En considérant une charge symétrique, cela implique la réduction de la section des profils structurels : poutres et supports.

b) Efforts du vent

Ce sont ceux produits par la succion du vent extérieur, par la pression intérieure sur la toiture ou la combinaison des deux facteurs. La stabilité de l'arc est obtenue en plaçant des tirants qui fixent le centre de l'arc (clé) au niveau du démarrage ou étrier, dotés de tendeurs.

Observation : Le CTE ne tient pas compte de l'action de rafales de vent sur la toiture. Nous recommandons l'application de la norme EUROCODE 1. Partie 2-4 : Actions sur Structures. Actions du Vent.



Graphique 30. Tirants métalliques pour compenser les réactions produites par le vent.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

Il est conseillé d'installer des tirants contre le vent sur les toitures exposées à des vents forts ou aux endroits les plus vulnérables (zone de lanterneau, piédroits, etc.). Pour ce qui est de la séparation entre les tirants, il faut suivre le même critère que celui détaillé pour les tirants horizontaux.

La tension que supporte le tirant correspond à l'action de charges supportées par la toiture.

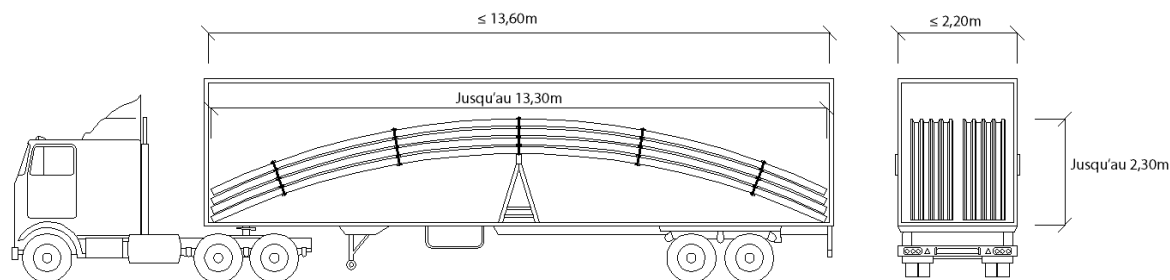
Pour calculer le $\varnothing$ du câble, il est conseillé de limiter l'élongation du câble afin de délimiter le déplacement horizontal et/ou vertical de la toiture. (Loi d'Élasticité de Hooke).

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.4. Mise en Chantier

5.4.1. Transport sur chantier

La longueur maximale des profils courbés de grandes portées est de 13.30 m. Pour le transport, il faut donc utiliser un appui intermédiaire ou un chevalet métallique situé en plein centre (voir Graphique 31).



Graphique 31. Transport sur semi-remorque de toitures courbées de grandes portées

Le premier paquet devra s'appuyer sur ses extrémités et sur la partie centrale, les autres paquets, situés la même ligne (maximum 4 paquets par ligne) seront placés sur le premier et parfaitement alignés.

Si possible, il faudra place sur la plateforme deux lignes de paquets. Une fois placées, le responsable du transport devra fixer correctement la charge à la plateforme avec des élingues de pression. Le conducteur devra être muni d'un chevalet supplémentaire pour le déchargement sur chantier.

La capacité de charge d'un semi-remorque est limitée par l'épaisseur et la longueur des tôles. Si nous considérons les dimensions les plus souvent utilisées, nous obtenons le tableau indicatif *Tableau 1. Capacité de Transport*.

CAPACITÉ DE TRANSPORT					
Épaisseur	Nbre de Paquets	Tôles par paquet	Longueur Paquets	Total Tôles Camion	Charge Max. T ot. Camion
mm	utés.	utés.	mm	utés.	Tn
1,2	6	20	13.300	120	18,8
1,0	8	20	12.000	160	19,0
0,8	8	24	10.000	192	15,1

Tableau 1. Capacité de transport

Un seul transport pourra donc couvrir environ entre 1.300 m² et 2.200 m² de toiture courbé en fonction de l'épaisseur et la longueur du profil.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

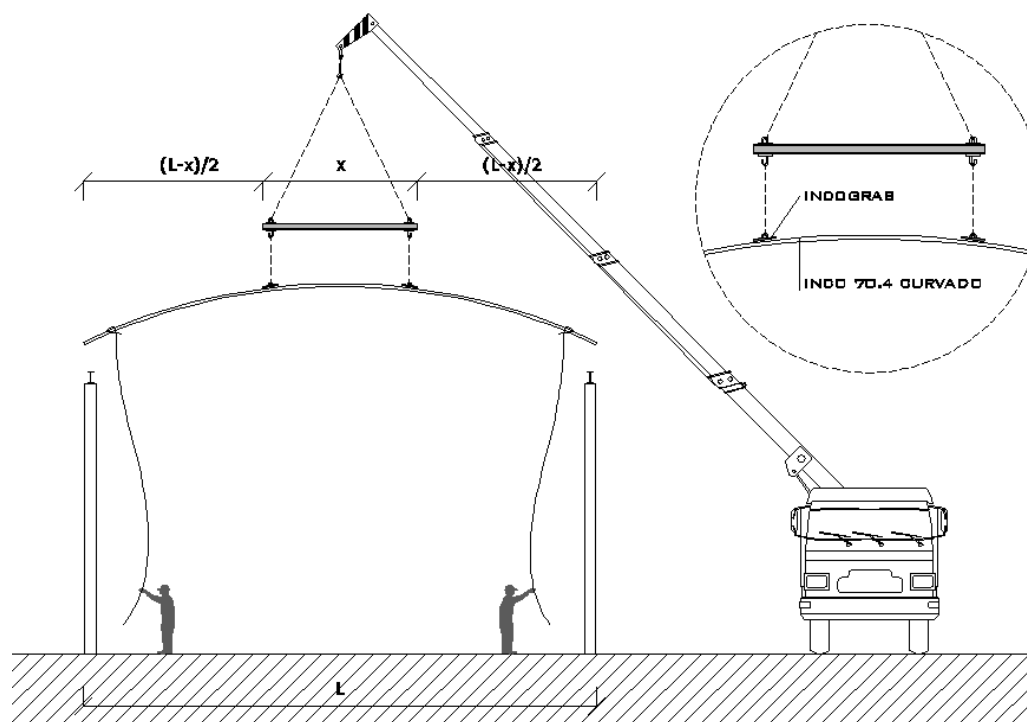
5.4.2. Déchargement sur Chantier

Les paquets seront placés par terre et sur le chevalet supplémentaire qui sera préalablement placé à proximité. Le chevalet sera placé de façon stable pour garantir la sécurité des paquets de tôle.

Le déchargement doit se faire paquet par paquet et à l'aide d'un balancier métallique de dimensions adaptées au chargement. Il faut utiliser des élingues en nylon avec protection anticoupure. Les paquets seront placés par terre en les disposant de la même façon que lors du trajet en camion.

5.4.3. Élévation du matériel sur toiture

Il faudra monter les tôles une par une, à l'aide d'un système d'élévation fourni par **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** à la demande du client. La séparation entre élingues doit répondre aux conditions suivantes : $x \geq 3m$ (Graphique 32), y le tirage doit être vertical. Lors de l'élévation, le profil doit être guidé par les extrémités et à partir du sol par un ou deux opérateurs, à l'aide de cordes de longueur suffisante (selon critères de la direction du chantier).



Graphique 32. Système d'élévation et fixation du profil INCO 70.4 Courbé

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

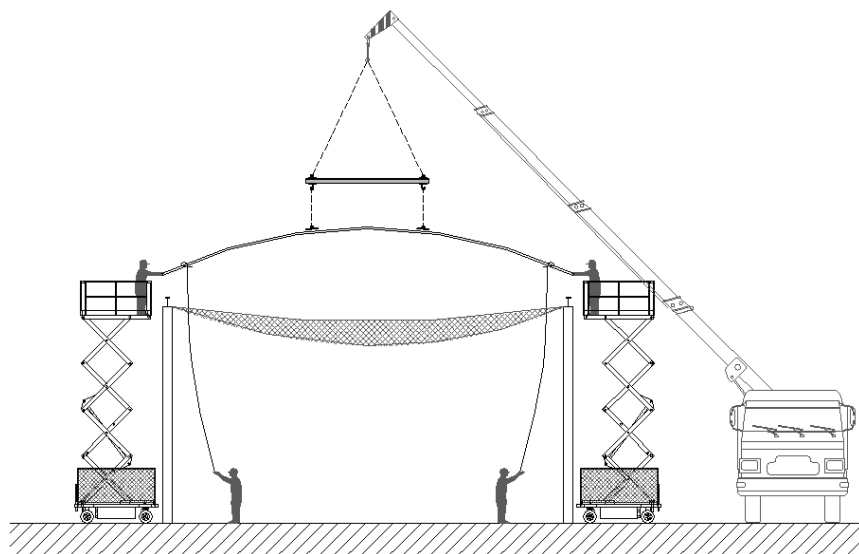
5.4.4. Montage et Fixations

Le processus de montage des toitures courbées de grandes portées est relativement compliqué pour ce qui est de l'élévation et de la disposition des grands formats de pièce sur toiture. C'est pour cela qu'**Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** fournit un système de pièces spécifiques qui permettent de réaliser les travaux de fixation, élévation et mise en place du profil **INCO 70.4 Courbé**, tout en garantissant la flèche et le rayon prévus pour le projet. De plus, pour que ce système de pièces soit efficace, il faudra faire une première fixation du profil une fois mis en place et ensuite, une fois vérifier le bon nivellement sur le plan transversal, il faudra fixer définitivement la pièce. Ceci est très important car une mise à niveau incorrecte pourrait occasionner un effondrement de la pièce sous des charges inférieures à celles spécifiées sur les tableaux.

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. fournit à la direction du chantier un document spécifique pour le montage du profil **INCO 70.4 Courbé**, en vue de garantir une bonne mise en place de la pièce.

5.4.4.1. Opérateurs

Il faudrait disposer de deux équipes d'opérateurs, la première au sol et la deuxième sur la plateforme, à proximité de la structure d'appui du profil de toiture. L'équipe de sol, constituée d'un ou deux opérateurs, seront chargés de préparer le système de fixation de la tôle et de le guider lors de l'élévation. L'équipe de montage est constituée de deux opérateurs minimum (selon critère de l'installateur) situé sur la plateforme, un opérateur sur chaque poutre d'appui du profil. L'équipe de sol guidera le profil à l'aide de cordes jusqu'à atteindre la position correcte pour réaliser la fixation. Ces cordes seront fixées aux extrémités du profil lors de l'élévation (voir Graphique 33).



Graphique 33. Fixation et montage du profil INCO 70.4 Courbé

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

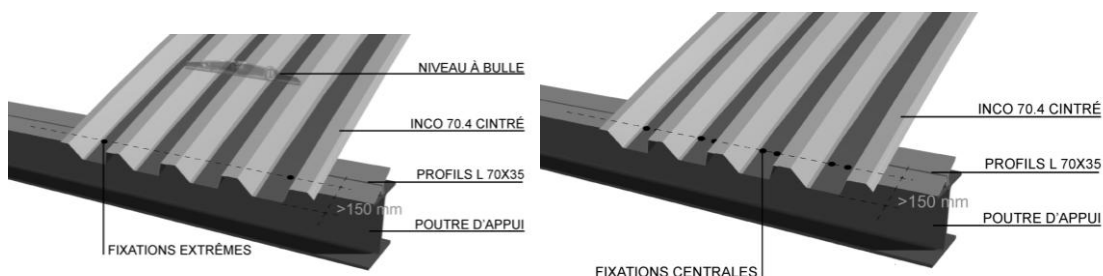
5.4.4.2. Procédure de montage

5.4.4.2.1. Structure métallique

5.4.4.2.1.1. Toiture simple

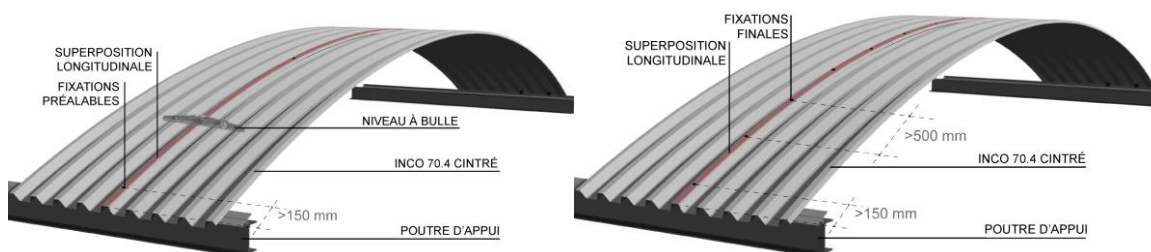
L'outil d'assise est constitué de deux éléments faciles à mettre en place et à enlever qui sont situés sur les poutres d'appui et qui permettent de conserver la relation corde et flèche prévue. Avant de fixer le profil, il faut vérifier le nivellement sur le plan transversal et vérifier l'assemblage avec l'autre pièce.

- Une fois posé sur l'outil d'assise, la pièce sera d'abord fixée à l'aide de deux vis situées sur les ondes extrêmes de chaque versant.



Graphique 34 et 35. Fixations initiales et finales sur la poutre.

- Ensuite, il faudra couder avec des vis tôle 6.3x19 mm l'assemblage longitudinal entre elles, en les vissant sur cinq points équidistants et démonter ainsi l'outil d'élévation.
- Il faut ensuite vérifier à nouveau le nivellement et fixer définitivement les appuis avec au moins 2 vis par onde sur chaque appui. Le type de fixation dépendra du système structurel utilisé (consulter le fabricant de fixations).
- Ensuite, il faudra finir de couder l'assemblage longitudinal avec la pièce voisine. Il faut respecter une séparation entre fixations de 500 mm et assurer que la dernière vis est située à une distance minimale du bord de la tôle de 150 mm.

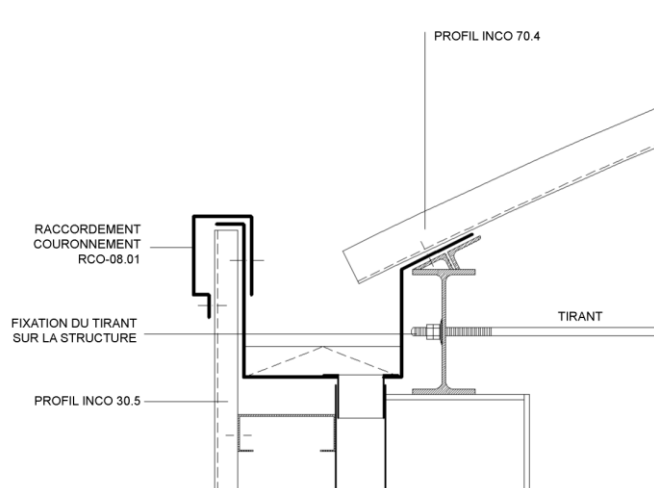


Graphique 36 et 37. Fixations initiales et finales sur l'assemblage longitudinal

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.4.4.2.1.2. Toiture Sandwich

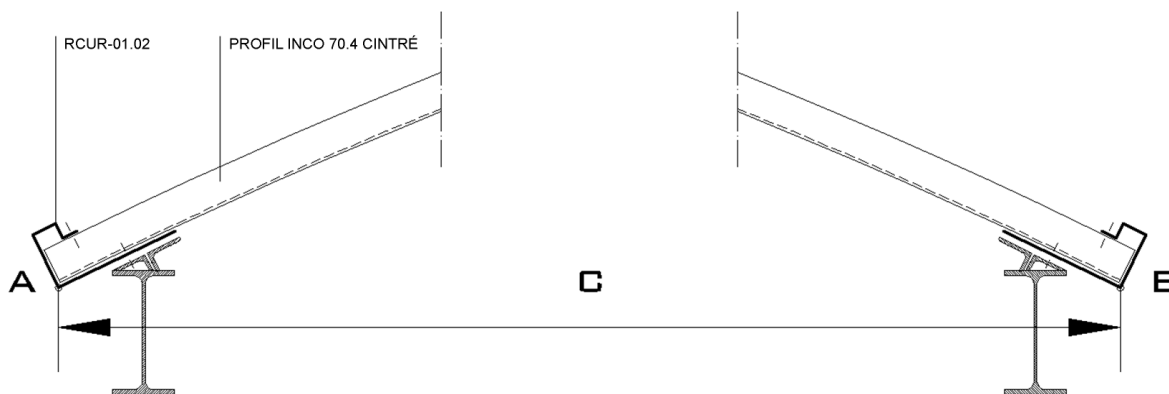
Étape A : Mise en place du profil intérieur **INCO 70.4 Courbé** (le seul à avoir une fonction résistante) de la toiture. Pour sa fixation, il faudra suivre les spécifications de montage de la toiture simple, Section 5.4.4.2 *Procédure de montage*. Lors de cette étape, il faudra également mettre en place les tendeurs (s'il y en a). Pour passer à l'étape suivante, il faut attendre que celle-ci soit terminée.



Graphique 38. Étape A de montage de la Toiture Courbée Sandwich Autoportante

Une autre solution est de placer la première couche entre deux couronnements déjà installés (A, B), d'une épaisseur minimale de 1.00 mm, à une distance "C", indiquée dans le projet. Ces couronnements servent à deux choses :

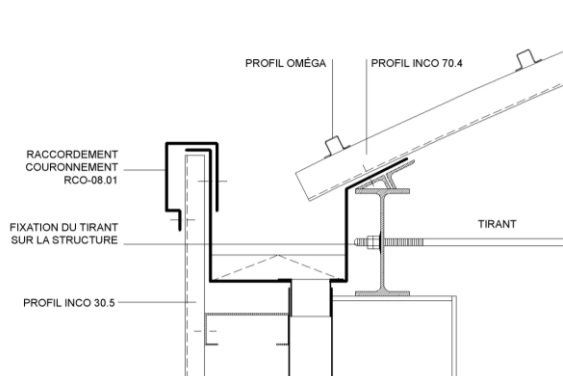
- Maintenir la corde entre les points A et B et donc, la flèche et le rayon.
- Fixer la peau supérieure.



Graphique 39. Couronnements de réglage.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

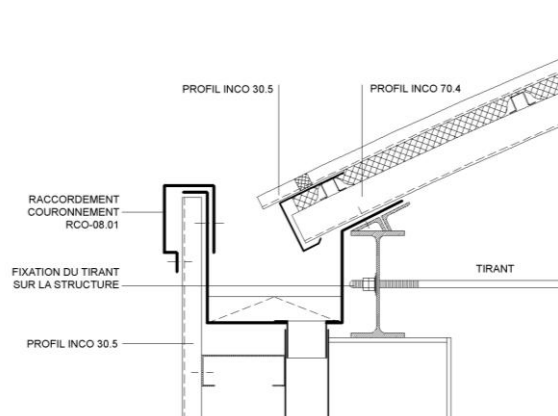
Étape B : Disposition des omégas de séparation qui permettent de placer l'isolement et de recevoir le profil extérieur de la toiture. Ils seront fixés sur toutes les ondes du profil inférieur à l'aide d'une vis autofileteuse M 6.3x19, sauf sur les démarrages de la toiture où ils seront fixés directement à la structure à l'aide d'une vis M 6x100 mm. La séparation entre omégas sera égal ou inférieure à 1.25 m.



Graphique 40. Étape B de montage de la Toiture Courbée Sandwich Autoportante

Si vous optez pour la solution du couronnement (A, B), il devra être fixé provisoirement à la structure avec une vis tous les 50 cm. Une fois placé le profil inférieure, l'ensemble (tôle et couronnement) devra être fixé à la structure à l'aide de deux vis par onde et par appui. Le couronnement (A, B) sera fixé à l'aide d'une vis à tôle 6.3x19 mm sur toutes les grecques du profil.

Étape C : Etendre le feutre en laine de roche ou en fibre de verre d'une épaisseur supérieure ou égale à 80 mm et ensuite, recouvrir avec le profil extérieur de finition. S'il n'y a pas de lanterneaux sur la toiture, il est possible de remplacer le profil extérieur de finition par un de ces profils courbés : **INCO 30.5 Courbé**, **INCO 44.4 Courbé**, **INCO 44.6 Courbé** et **INCO 70.4 Courbé**. Là où est prévu l'installation de lanterneaux, les seuls profils extérieurs à utiliser sont le **INCO 70.4 Courbé** ou le **INCO 30.5 Courbé** car ils allègent le poids de la toiture et ont le même passage d'onde que le profil (210 mm). La fixation du profil à l'oméga de séparation devra suivre le même critère que pour les toitures inclinées (*Dossier Techniques de Fermeture Métalliques. 7.4 Fixations*)



Graphique 41. Étape C de montage de la Toiture Courbée Sandwich Autoportante

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

Même description, section 5.4.5.1. Étape A de la toiture sandwich, le profil intérieur INCO 70.4 est l'élément résistant : la fonction du profil extérieure est de fermer. Ceci signifie que pour le dimensionnement du profil intérieur, il faut considérer que la charge permanente correspond à son propre poids plus le poids des autres composants de fermeture (profil de séparation type oméga, isolement, profil extérieur).

Combinaison de profils :

PROFILS		LANTERNEAUX	
PROFIL INFÉRIEUR	PROFIL SUPÉRIEUR	OUI	NON
INCO 70.4	INCO 30.5	X	
INCO 70.4	INCO 44.4		X
INCO 70.4	INCO 44.6		X
INCO 70.4	INCO 70.4	X	

Tableau 2. Possibilités de combinaison de profils sur toitures sandwich

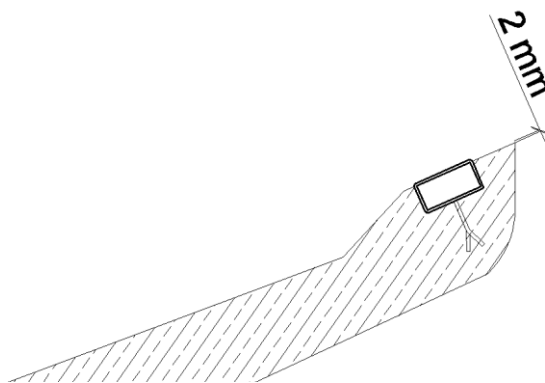
Lors de l'élévation de la pièce suivante et une fois fixé la dernière, l'équipe de montage devra retirer l'outil d'assise et le placer en attente de la pièce suivante. Le démontage de l'outil d'assise et la fixation transversale du recouvrement doivent se faire à partir de la pièce précédente fixée. Ce système nous garantit l'uniformité de toutes les pièces en conservant le même rayon de bombage.

5.4.4.2.2. Structure du Béton

5.4.4.2.2.1. Préparation des Fixations

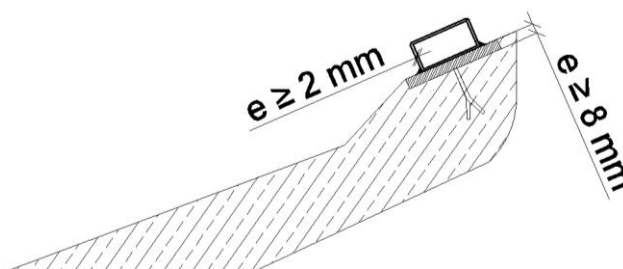
Il est très important de vérifier la fixation entre la fermeture et la structure en béton. INCOPERFIL conseille de réaliser cet assemblage sur une structure secondaire qui puisse résister les efforts, en acier protégé contre la corrosion, d'une épaisseur ≥ 2 mm.

Cette structure sera incorporée aux travaux de génie civil et correctement ancrée.



Graphique 42. Profil entièrement intégré dans la poutre en béton

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5



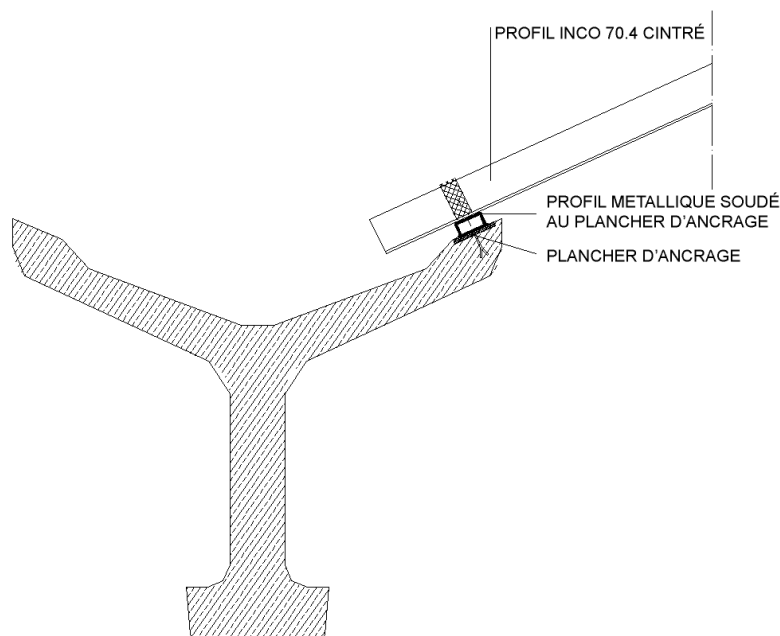
Graphique 43. Profil soudé à une plaque d'ancrage intégrée dans la poutre en béton

- a) Profil intégré dans la structure en béton
- b) Plaque d'ancrage plus profil tubulaire soudé.

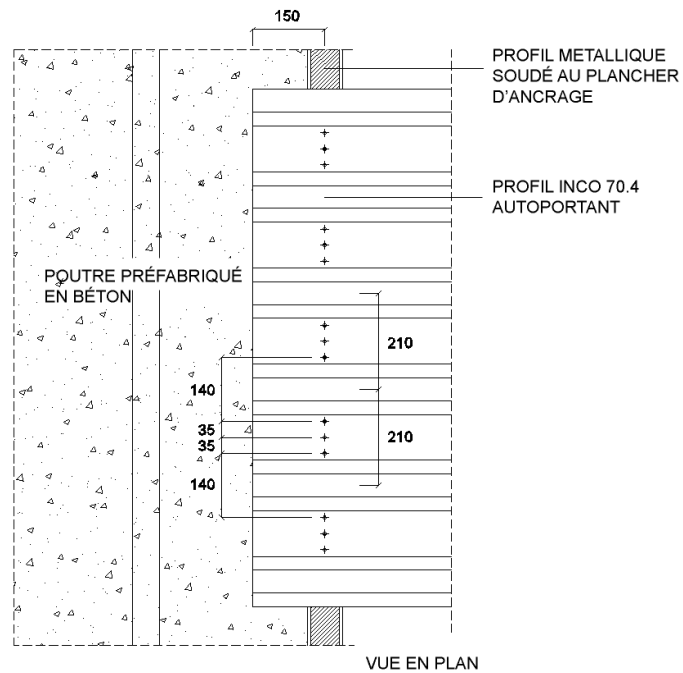
Il faudra demander au fabricant de la structure en béton une garantie du système d'ancrage de la structure secondaire, et au fabricant de la boulonnerie, que ses articles répondent aux normes concernant les efforts maximums.

5.4.4.2.2. Toiture simple

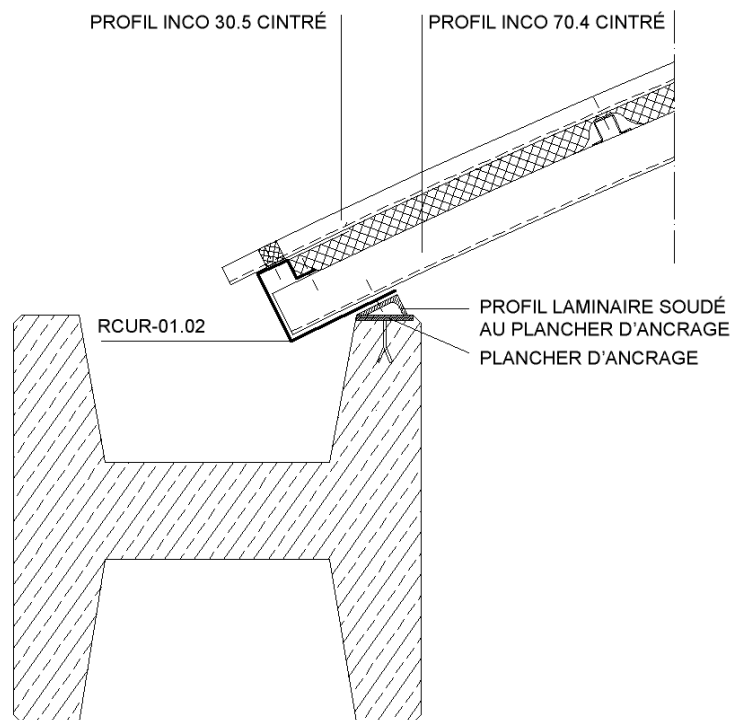
Le système de montage de la fermeture de la toiture avec le profil INCO 70.4 doit suivre les indications de la section 5.4.4.2.



Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5



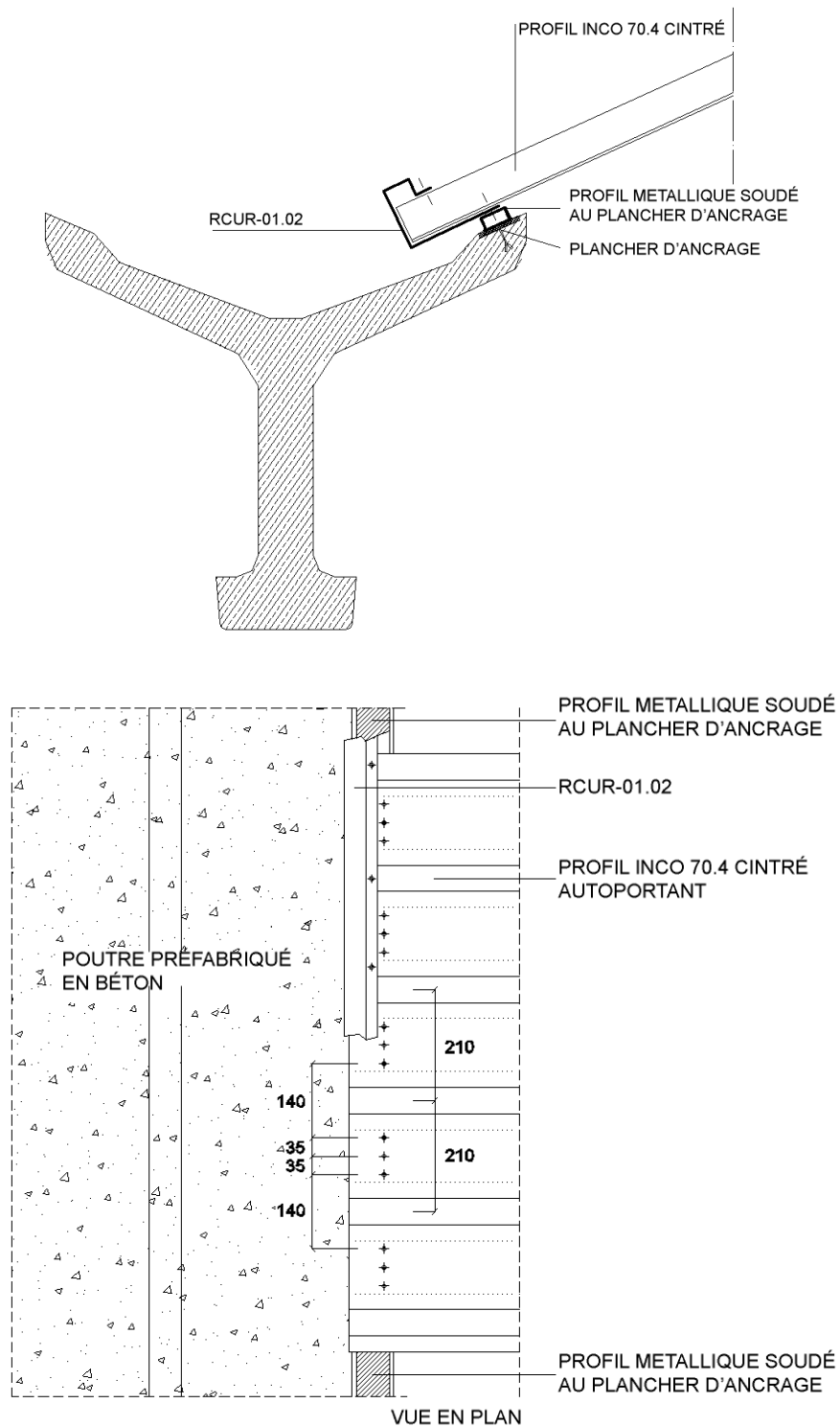
Graphique 44. Détail de la mise en place de la toiture sur poutres intermédiaires (canal central).



Graphique 45. Détail de la mise en place de la toiture sur les poutres des extrémités (canal de l'extrémité).

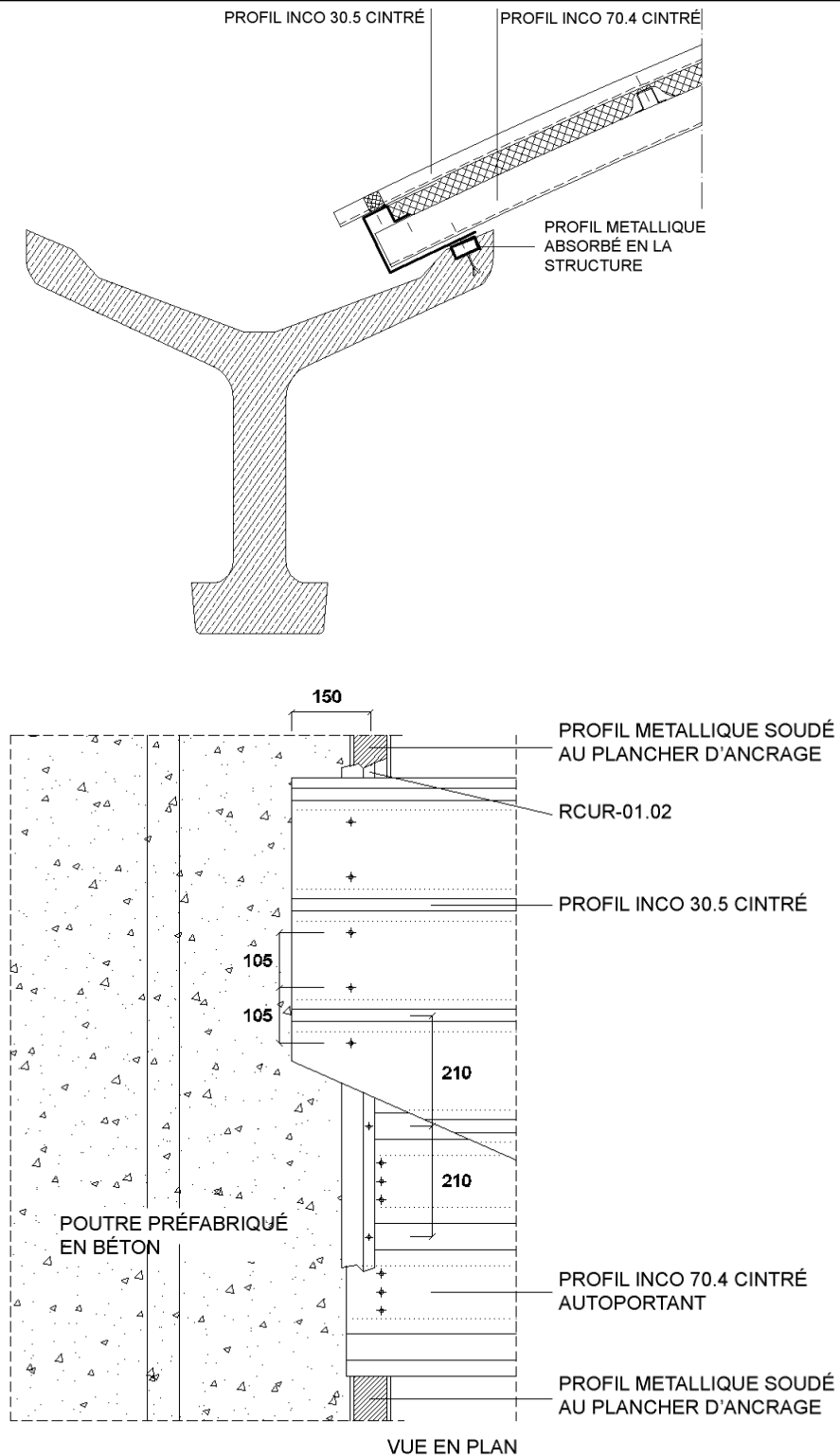
Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.4.4.2.2.2. Toiture Sandwich



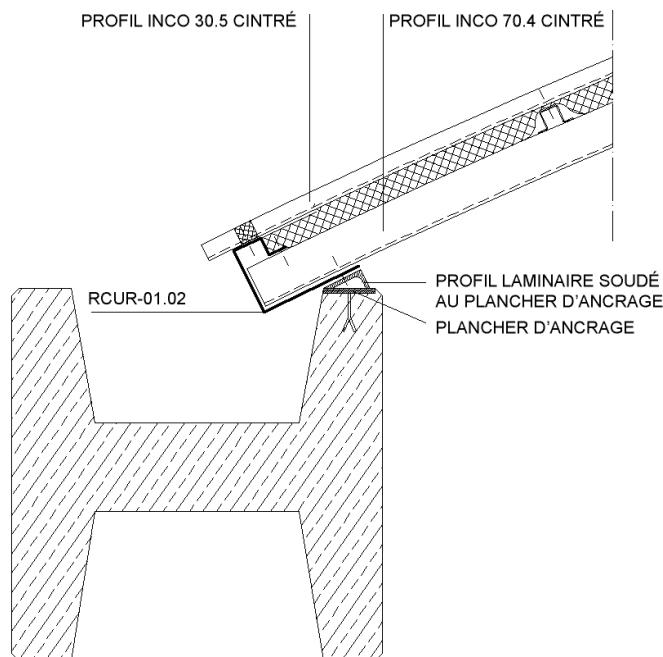
Graphique 46. Détail de la mise en place du couronnement d'appui sur poutres intermédiaires (canal central).

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5



Graphique 47. Détail de la mise en place de la couche supérieure sur poutres intermédiaires (canal central).

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5



Graphique 48. Détail de la mise en place de la couche supérieure sur les poutres des extrémités (canal de l'extrémité).

5.4.4.3. Fixations

Le nombre minimum de fixations a été calculé par le DMMC et TE de l'Université Polytechnique de Valencia, en suivant les indications de la section 8 : Assemblages, article 8.4 : Résistance du CTE DB SE-A, où les variables à considérer sont la résistance face à la coupure sur la section transversale de la vis, la résistance face à l'écrasement de la tôle et la résistance face au déchirage de la tôle.

Ce calcul a été réalisé pour les charges maximales d'utilisation du profil **INCO 70.4 courbé**, où le nombre de vis à utiliser est minimal. ST 6,3 ou autofileteuse de Ø 6,3 mm.

NOMBRE DE VIS SUR CHAQUE EXTRÉMITÉ DE L'ARC. Largeur 840 mm			
Portée (mm)	épaisseur : 0,80 (mm)	épaisseur : 1,00 (mm)	épaisseur : 1,20 (mm)
7.000	12	--	--
8.000	10	--	--
9.000	8	10	--
10.000	8	10	12
11.000	--	8	10
12.000	--	8	8
13.300	--	--	8

Tableau 3. Nombre de fixations minimales.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.5. Lanterneaux sur Arc

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. recommande l'utilisation de Polycarbonate Célulaire Coextrué pour la matérialisation des lanterneaux sur les toitures courbées de grandes portées. Grâce à sa capacité de bombage à froid, sa durabilité et sa résistance, cet élément est parfait pour illuminer ses espaces.

5.5.1. Avantages

- Résistance à la radiation U.V. et aux conditions climatiques adverses.
- Structure alvéolaire qui lui donne une plus grande résistance et un meilleur isolement thermique.
- Transmission de la lumière élevée.
- Peu d'entretien.
- Montage facile et économique.
- Excellent comportement face au feu du fait que c'est un matériel autoextinguible.

5.5.2. Précautions d'utilisation

- Retirer le film autocollant de protection avant de placer les plaques.
- Ne pas stocker les plaques à l'extérieur.
- Utiliser des silicones compatibles (silicone neutre).
- Réaliser le scellement des cellules ouvertes des extrémités avec du scotch en aluminium autocollant.
- Dilatation thermique linéaire 0,065 mm/m°C.

5.5.3. Dimensions des plaques et Charges maximales d'utilisation

DIMENSIONS Polycarbonate cellulaire épaisseur 16 mm Sans recouvrements		
	<i>Longueur maximale (mm)</i>	<i>Largeur (mm)</i>
Total	6.000	1.200
Utile	5.500	1.000

Tableau 4. Dimensions des plaques en polycarbonate.

RAYON MINIMUM DE BOMBAGE (mm)							
<i>Épaisseur de planche (mm)</i>	4,5	6	8	10	16	20	25
<i>Rayon minimum (mm)</i>	750	1000	1250	1750	2800	3500	Ne bombe pas

Tableau 5. Rayon minimum de bombage pour des plaques en polycarbonate cellulaire lisse.

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

Pour installer une toiture sandwich, lors du montage et fixation de la peau extérieure (non autoportante), nous suivrons les critères indiqués dans la section 4.2. Toujours sous contrôle de la direction facultative.

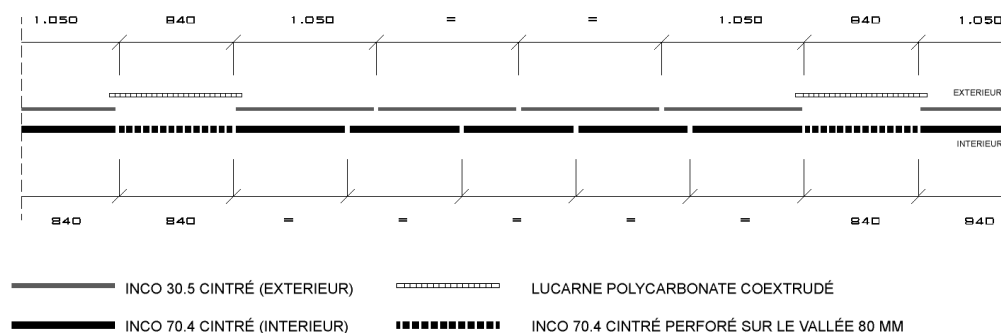
Pour les toitures courbées autoportantes, il faudra placer une seule plaque par trou de lanterneau et il faudra les fixer sur ses quatre côtés, avec une valeur de la flèche admise de 1/20 de la hauteur, 1/50 de la longueur ou maximum 50 mm.

5.5.4. Particularités dans la formation de lanterneaux

La disposition des lanterneaux dépend des critères de résistance de l'arc et de la stabilité de l'ensemble de la toiture. Vu que retirer une partie des profils autoportants ou un entier peut modifier la stabilité de la toiture, **Ingeniería y Construcción del Perfil S.A.** a développé une solution qui permet de conserver l'intégrité de la structure autoportante. Elle consiste à maintenir le profil **INCO 70.4 Courbé** sur toute la toiture, avec la particularité suivante : on dispose du même profil perforé plus une plaque en polycarbonate cellulaire coextrudé sur la partie réservée au lanterneau.

Nous avons déjà cité précédemment que pour la toiture sandwich, le profil intérieur est l'élément autoportant (**INCO 70.4 Courbé**) et donc, le profil extérieur ne doit pas être obligatoirement le même. Nous pouvons donc placer un profil plus économique (**INCO 30.5 Courbé**). Ceci est important si la toiture comprend des lanterneaux puisque leur disposition dépendra (si le chantier évite les restes) de la formation du trou. Le nombre de pièces sur la couche extérieure doit correspondre (c'est à dire qu'il doit être multiple) à celui de la couche intérieure.

Cela est possible en utilisant, comme profil intérieur, le profil **INCO 70.4 Courbé** et comme profil extérieur, **INCO 30.5 Courbé**, car ces deux profils ont le même passage d'onde, soit 210 mm.

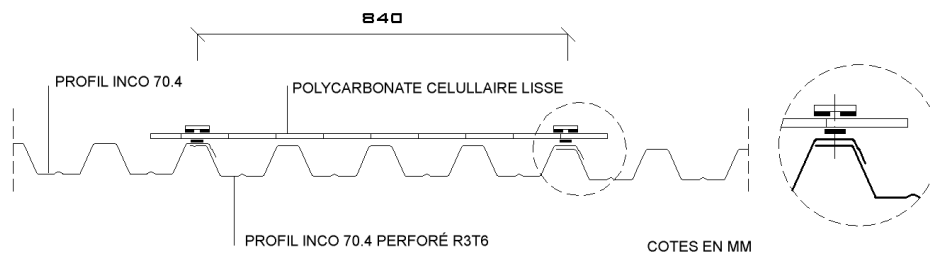


Graphique 49. Schéma section lanterneaux sur arc sandwich

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

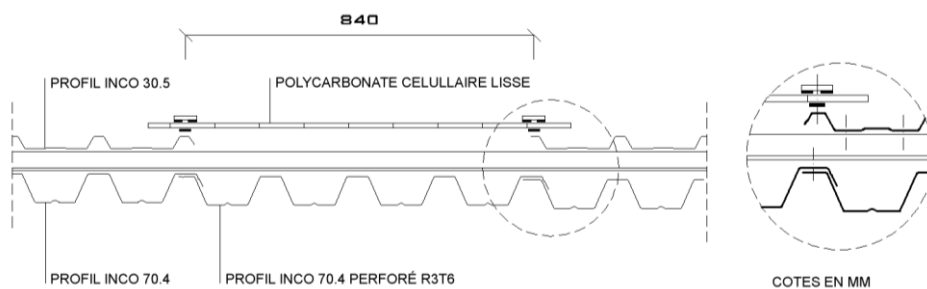
5.5.5. Solution avec polycarbonate cellulaire lisse

a) Arc simple

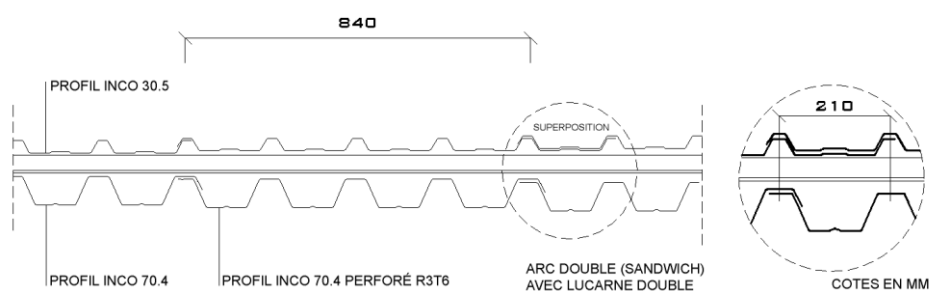


Graphique 50. Arc simple avec double lanterneau

b) Double arc (sandwich) avec lanterneau simple



Graphique 51. Double arc (sandwich) avec double lanterneau



Graphique 52. Double arc (sandwich) avec continuation lanterneau

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.6. Limitation dans la fabrication

Les calculs sont réalisés avec un angle de démarrage de $\alpha=25^\circ$, en considérant la relation de Corde, Rayon et Flèche spécifiée dans le tableau 5. Valeurs standardisées.

VALEURS STANDARDISÉES, RELATION ÉPAISSEUR-FLÈCHE-PORTÉE (angle de démarrage)			
Épaisseur (mm)	Portée (m)	Rayon (mm)	Flèche (mm)
0,80	8	9.465	887
0.80	8,5	10.056	942
0.80/1.00	9	10.648	998
0.80/1.00	9,5	11.239	1.053
0.80/1.00/1.20	10	11.831	1.108
1.00/1.20	10,5	12.423	1.164
1.00/1.20	11	13.014	1.219
1.00/1.20	11,5	13.606	1.275
1.00/1.20	12	14.197	1.330
1.20	12,5	14.789	1.386
1.20	13	15.380	1.441
1.20	13,3	15.735	1.474

Tableau 6. Valeurs standardisées pour bombage de grandes portées

La longueur maximale de fabrication dépend de la longueur maximale du transport vers chantier (section 5.4.1. Transport vers chantier). Nous estimons donc une longueur maximale du profil de 14.000 mm, une fois courbé : 13.300 mm. Les tolérances de fabrication sont spécifiées dans la section 4.2.1 Montage et Fixations (pag. 14) et qui sont identiques pour tous les profils courbés.

Le rayon minimum de fabrication est calculé en fonction de l'épaisseur du profil en respectant le tableau suivant (Tableau 6. Rayon minimum de bombage INCO 70.4).

RAYON MINIMUM DU PROFIL 70.4 COURBÉ	
Épaisseur (mm)	Rayon minimum (mm)
0,80	8.000
1	10.000
1.20	12.000

Tableau 7. Rayon minimum de bombage INCO 70.4

Toitures Courbées Autoportantes de Grandes Portées 5

5.7. Fiches Techniques

Ci dessous, vous trouverez les fiches techniques du profil qui fait partie de la typologie de *toiture courbée autoportante de grandes portées* (jusqu'à 13.30 m), le profil INCO 70.4 Courbé.



CATALOGUE DE FICHES TECHNIQUES



INCOPERFIL®
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN DEL PERFIL

PROFILS CINTRÉS

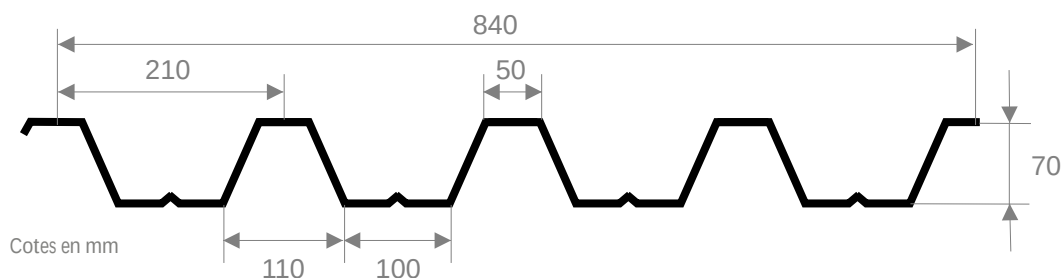
(jusqu'au 13.3m)



Plus d'information: www.incoperfil.com

Révision 2009

DIMENSIONS



APPLICATIONS

Profil autoportant pour toitures de grandes portées
Profils pour façades courbées
Profils pour marquises

CARACT. MÉCANIQUES DU MATÉRIAU

Limite Élastique $\geq 250 \text{ N/mm}^2$
Matériel Base Qualité S250GD
Limite de Rupture $\geq 330 \text{ N/mm}^2$
Longueur de Rupture Min.19%
Module d'Elasticité = 210.000 N/mm^2

VALEURS EFFICACES DU PROFIL

Épaisseur	Poids	Moment Inertie	Module Resistant +	Module Resistant -
mm	Kg/m ²	mm ⁴ /m	mm ³ /m	mm ³ /m
0,8	9,29	778.881	18.405	19.159
1	11,61	1.055.920	25.899	24.499
1,2	13,93	1.267.597	31.038	29.834

ALTERNATIVES ET CONDITIONS DE FABRICATION

Revêtements en Zinc :
Galvanisé Z-275 (275 grammes/m² des deux côtés)
Prélaqué Z-225 (225 grammes/m² des deux côtés)
Revêtements Spéciaux : Haute durabilité, Plastisols, PVDF...
Nous consulter pour un revêtement des deux côtés.

Couleurs : Nous consulter pour carte Arcelor ou carte RAL .
Perforation : Possibilité de perfore le matériel pour applications d'atténuation acoustique .
Lanterneaux : Polycarbonate cellulaire lisse

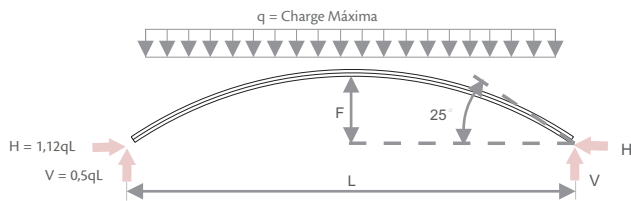
LEGISLATION

Eurocode 3 "Design of Structures —Part 1-3: General Rules – Supplementary rules for cold formed thin gauge members and sheeting"
NBE-EA-95 - Partie 4. Calcul des pièces de tôle courbées
DIN 18800 "Structural Steelwork- Analysis of safety against buckling of linear members and frames"

LÉGENDE DE CALCUL

Combinaison d'Actions
ELU : Charge max. = $1,35 \times \text{Propre Poids} + 1,50 \times \text{Surcharge d'Utilisation}$ Flèche max. $< L / 200$
ELS : Charge Max. = $1,00 \times \text{Propre poids} + 1,00 \times \text{Surcharge Utilisation}$
Les calculs de la flèche de l'arc correspondent à un angle de démarrage de 25° .
Le profil est fixé sur chaque appui à l'aide de 2 vis par vallée minimum (Voir Dossier Technique)
Le fabricant ne se tient pas responsable des modifications concernant les valeurs indiquées .
Calculs réalisés par le Service pédagogique de E.T.S. Ingenieros Industriales du Département de Mécanique des Milieux Continus et Théorie des Structures de l'Université Polytechnique de Valencia

TABLEAUX DE RÉSISTANCE



L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$

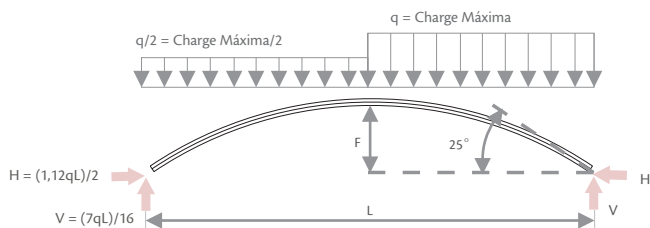
Épaisseur (mm)	Rayon Mín. (mm)
0,80	8.000
1,00	10.000
1,20	12.000

Resistance Max. face à Charge Simétrique (kp/m²)

		L = Portée (m)													
		8,00	8,20	8,40	8,60	8,80	9,00	9,20	9,40	9,60	9,80	10,00	10,20	10,40	10,60
Épaisseur (mm)	0,80	362	346	330	316	301	287	274	261	248	236	224	213	202	191
	1,00	496	478	461	443	426	410	394	379	364	350	336	322	309	296
	1,20	608	586	564	543	522	502	483	464	446	428	411	394	378	363
Rayon (m)		9,46	9,70	9,94	10,17	10,41	10,65	10,88	11,12	11,36	11,59	11,83	12,07	12,31	12,54
F = Flèche (mm)		887	909	931	953	976	998	1020	1042	1064	1086	1108	1131	1153	1175

		L = Portée (m)													
		10,80	11,00	11,20	11,40	11,60	11,80	12,00	12,20	12,40	12,60	12,80	13,00	13,20	13,40
Épaisseur (mm)	0,80	181	171	162	153	144	137	129	122	116	110	104	99	93	91
	1,00	284	273	262	251	240	228	217	206	195	184	174	164	154	145
	1,20	348	334	320	305	290	276	262	248	235	223	210	198	186	175
Rayon (m)		12,78	13,02	13,25	13,49	13,73	13,96	14,20	14,44	14,67	14,91	15,15	15,39	15,62	15,86
F = Flèche (mm)		1197	1219	1241	1263	1286	1308	1330	1352	1374	1396	1418	1441	1463	1485

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair, il est conseillé d'en parler avec le Département Technique.



L : Portée
F : Flèche de l'Arc
H : Réaction Horizontale
V : Réaction Verticale
Rayon = $L^2/8F + F/2$

Épaisseur (mm)	Rayon Mín. (mm)
0,80	8.000
1,00	10.000
1,20	12.000

Resistance Max. face à Charge Antimétrique (kp/m²)

		L = Portée (m)													
		8,00	8,20	8,40	8,60	8,80	9,00	9,20	9,40	9,60	9,80	10,00	10,20	10,40	10,60
Épaisseur (mm)	0,80	253	242	231	221	211	201	192	182	174	165	157	149	141	134
	1,00	348	335	322	310	299	287	276	265	255	245	235	225	216	208
	1,20	425	410	395	380	366	352	338	325	312	300	288	276	265	254
Rayon (m)		9,46	9,70	9,94	10,17	10,41	10,65	10,88	11,12	11,36	11,59	11,83	12,07	12,31	12,54
F = Flèche (mm)		887	909	931	953	976	998	1020	1042	1064	1086	1108	1131	1153	1175

		L = Portée (m)													
		10,80	11,00	11,20	11,40	11,60	11,80	12,00	12,20	12,40	12,60	12,80	13,00	13,20	13,40
Épaisseur (mm)	0,80	127	120	113	107	101	96	90	86	81	77	73	69	65	64
	1,00	199	191	183	176	168	160	152	144	136	129	122	115	108	101
	1,20	244	234	224	213	203	193	183	174	165	156	147	139	131	123
Rayon (m)		12,78	13,02	13,25	13,49	13,73	13,96	14,20	14,44	14,67	14,91	15,15	15,39	15,62	15,86
F = Flèche (mm)		1197	1219	1241	1263	1286	1308	1330	1352	1374	1396	1418	1441	1463	1485

Pour ce qui est des charges indiquées en gris clair, il est conseillé d'en parler avec le Département Technique.

Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. se réserve le droit de réaliser toute modification concernant les caractéristiques et données techniques générales et spécifiques de ses profils, en fonction des besoins de production ou des progrès techniques.
Ingeniería y Construcción del Perfil S.A. ne se tient en aucun cas responsable de la non application des recommandations indiquées dans le document.
Perfiles Curvados Autoportantes.

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

