



# Guide technique

## Section 3 | **Eléments de structure**



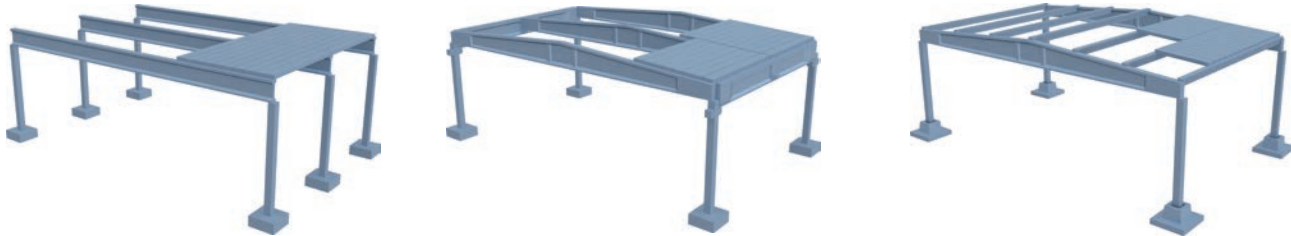
## 3 | Éléments de structure

### 3.1 | Généralités

Le système de construction Ergon est composé d'éléments préfabriqués ayant des dimensions, des caractéristiques et des liaisons standardisées.

- Colonnes en béton armé ou précontraint : type CR ou CC.
- Poutres de toiture en béton précontraint : types R, I, IE, IK, IV et IVH.
- Pannes en béton précontraint : type RD.
- Poutres, support de planchers, en béton précontraint : types R, RR, RT, RL, RZ et I.
- Hourdis et/ou dalles de toiture en béton précontraint : types SP, TTP, TTD et TTT.

Le système Ergon se classe dans la catégorie dite de préfabrication ouverte. La structure peut être habillée par une multitude d'autres matériaux et produits en façade comme en couverture. Les structures en béton ont toujours une résistance au feu (Rf) de 30 ou 60 minutes; des résistances supérieures telles que Rf 90 ou Rf 120 peuvent également être obtenues.

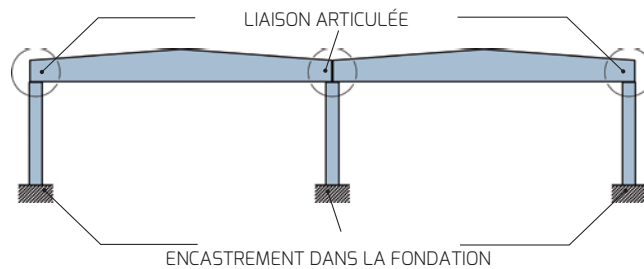


### 3.2 | Stabilité générale et reprise des efforts

#### 3.2.1 | Bâtiments à un seul niveau

Ces constructions sont réalisées à partir de colonnes sur lesquelles s'appuient des poutres qui portent les dalles de toiture. L'utilisation de pannes et/ou de poutres primaires de type IK permet une augmentation notable de l'espace modulaire entre colonnes.

**La stabilité** dans ce type de construction est assurée par l'encastrement des colonnes aux fondations. Dans le cas d'une fondation directe, l'encastrement est réalisé par gaines d'injection ou par boulonnage. Dans le cas de fondations directes sur sol résistant, l'encastrement peut être réalisé également dans des fûts. La liaison entre poutre et colonne est une rotule qui a pour seule fonction de transmettre un effort horizontal de colonne à colonne afin de répartir la charge horizontale entre les différentes colonnes.

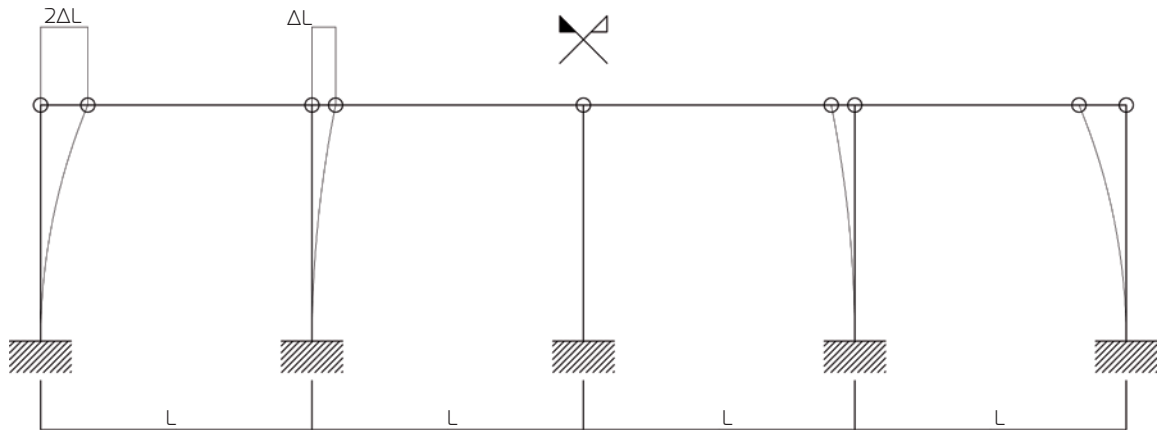


#### Élancement des colonnes

Dans ce type de bâtiment, l'élancement et le risque de flambement jouent un rôle important dans le dimensionnement des colonnes. Lorsque celle-ci est encadrée en pied et articulée en tête, la longueur de flambement doit être égale au double de la longueur physique de la colonne. Le phénomène du flambement doit donc toujours faire l'objet d'une vérification supplémentaire.

#### Joints de dilatation

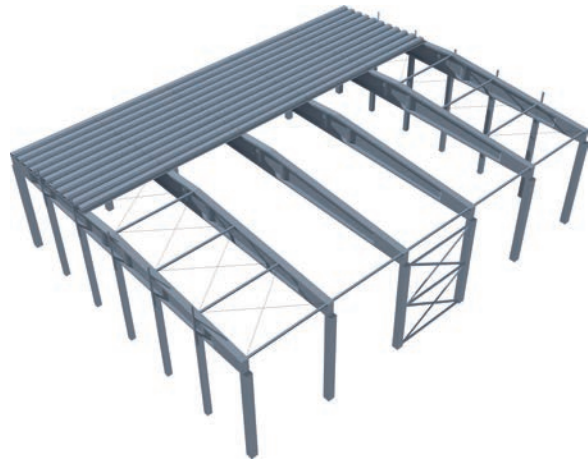
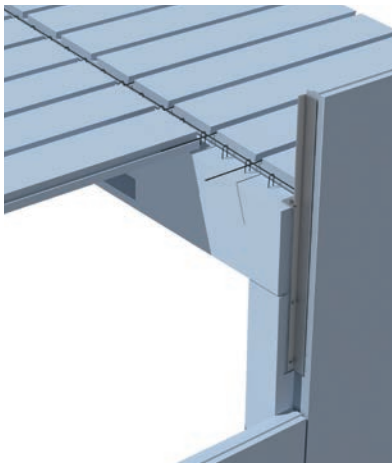
En plus des mouvements dus aux variations de température, il y a lieu de tenir compte des effets de retrait et de fluage. Leurs influences sur d'autres parties de la construction (p.ex. des maçonneries) doivent être vérifiées afin d'éviter des problèmes par suite de déformations différentielles. La présence d'élément empêchant le mouvement de la structure (par exemple: maçonnerie rigide) peut causer des dégâts importants au niveau des liaisons entre poutres et colonnes.



$$\Delta L \approx L \times 5.10^{-4}$$

Dans le calcul des colonnes et des fondations, il y a aussi lieu de prendre en compte les moments induits par le retrait et le fluage. Pour les constructions avec poutres précontraintes, on peut estimer globalement que l'effet cumulatif du retrait, du fluage et du gradient de température peut engendrer un raccourcissement relatif variant entre 0,4 et 0,6 mm/m.

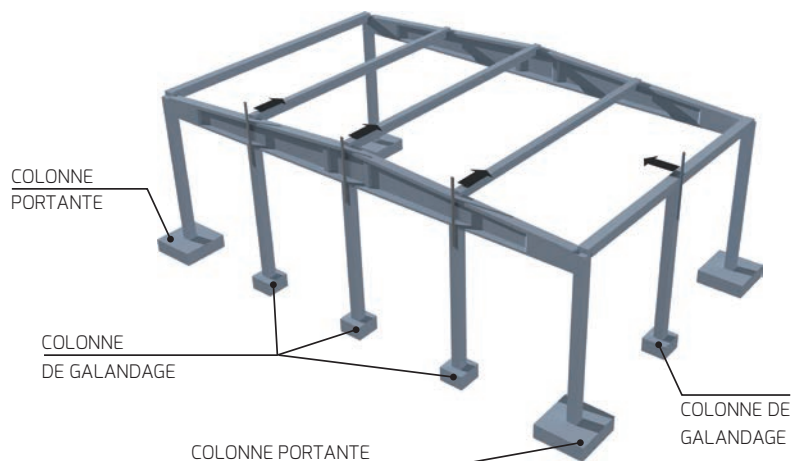
L'emplacement des joints de dilatations est déterminé en fonction des dimensions (section et longueur) des colonnes. Dans la majorité des cas, la distance entre deux joints pourra être supérieure à 60 m. Les moments induits par le déplacement des extrémités des colonnes restent dans ce cas généralement peu importants.



### Efforts horizontaux et contreventement

Les panneaux de façade transmettent les effets du vent aux colonnes. Lorsque l'entre-distance des colonnes principales devient trop grande, il faut prévoir des colonnes intermédiaires afin de permettre la fixation des bardages. La liaison de ces colonnes, tant à leur fondation qu'aux poutres de rive, est une rotule.

La force horizontale résultante en tête doit à son tour être transmise aux colonnes de structure qui sont encastrées en pied.

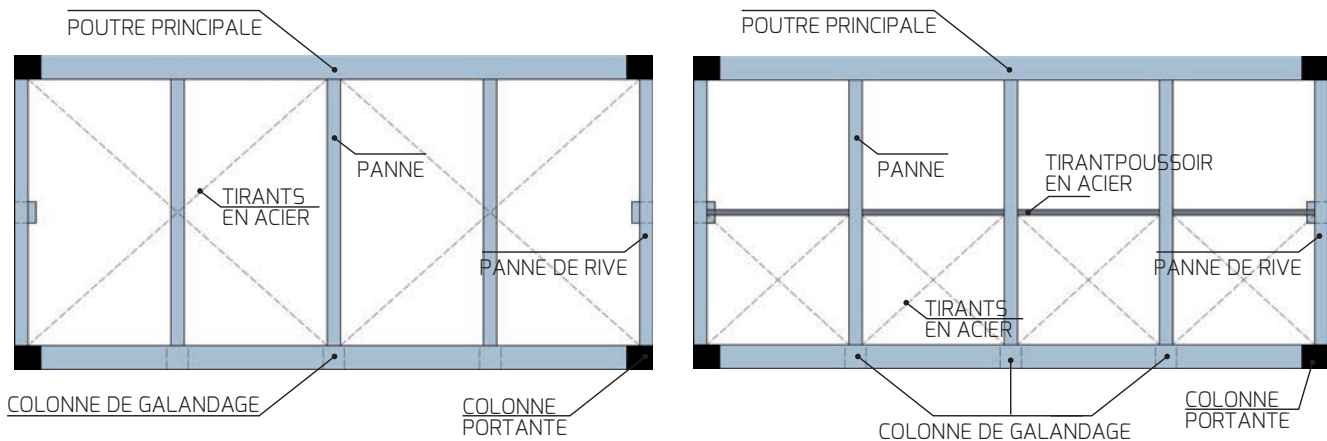


Plusieurs méthodes sont envisageables :

- Les poutres de rives peuvent reprendre cet effort et le transmettre (flexion horizontale à vérifier).
- Les dalles de toiture ou les pannes sollicitent simultanément plusieurs poutres qui, ensemble, peuvent reprendre les efforts horizontaux agissant sur la structure.
- Les dalles de toiture transmettent les efforts par effet de diaphragme (après un éventuel remplissage des joints). Cette solution est toujours réalisable avec des dalles de toiture en béton et dans certains cas avec des couvertures en acier.
- Un contreventement en acier ou mixte acier-béton est utilisé dans les travées d'extrémité afin de transmettre les efforts horizontaux vers les colonnes de structure. Il est important que les colonnes de structure soient reliées entre elles par des poussoirs en béton ou en acier.

## Contreventements dans les façades

Dans certains cas exceptionnels, tels que pour des charges horizontales importantes (ponts roulants) ou pour des colonnes fortement élancées, il faut recourir à des contreventements verticaux dans le plan des façades, afin de limiter le coût des fondations et/ou la section des colonnes.



## 3.2.2 | Bâtiments avec un étage intermédiaire

Pour les bâtiments du type hall industriel avec un niveau intermédiaire, destiné soit au stockage de marchandises, soit à vocation administrative, la structure est complétée par une poutraison (poutres RR) et des dalles SP ou TTP.



**La stabilité** est assurée par les mêmes principes que pour les bâtiments à un seul niveau.

**L'élancement** est en général moins problématique étant donné qu'une partie de la charge verticale sollicite les colonnes à ± mi-hauteur et que le plancher intermédiaire fait office de raidisseur dans le plan horizontal.

L'emplacement **des joints de dilatation** nécessitera plus d'attention suite à une moins grande souplesse de mouvement des colonnes. En règle générale, un joint tous les 50 mètres suffira.

**L'action sollicitante** des forces horizontales est comparable à celle rencontrée dans les bâtiments sans étage. Le plancher intermédiaire peut généralement être considéré comme un diaphragme, ce qui implique une déformation uniforme des colonnes au niveau de l'étage.

### 3.2.3 | Bâtiments à étages multiples

Ces bâtiments sont constitués de colonnes, de poutres et d'éléments de plancher. Le calcul des colonnes et des poutres se fait de façon isostatique. La conception des joints entre hourdis permet la répartition des charges concentrées et/ou linéaires sur plusieurs éléments. Les colonnes sont souvent prévues sur plusieurs niveaux, les poutres de plancher s'appuient sur les consoles prévues aux colonnes ou sont liaisonnées par le système BSf (voir colonnes CR).



#### Stabilité

- Pour des bâtiments dont la hauteur est inférieure à 12 mètres, les colonnes sont le plus souvent encastées en pied dans leur fondation comme pour les bâtiments à un seul niveau.
- Au-delà de 12 mètres, la stabilité des ouvrages est le plus souvent assurée par des voiles et/ou des noyaux rigides coulés sur place ou préfabriqués (cages d'ascenseur, cages d'escaliers, voiles de contre-ventement, etc.).

- La liaison entre colonne et poutre est articulée. Cette même liaison suffit entre la colonne et sa fondation si la stabilité est reprise par d'autres éléments rigides comme ceux cités précédemment.

#### Joints de dilatation

Normalement un joint tous les 50 mètres suffit. Un rapprochement des joints peut être souhaitable pour des toitures très ensoleillées. Cela dépend de la raideur de la structure portante et/ou de la façade.

#### Elancement

Etant donné que les colonnes sont liaisonnées isostatiquement et par niveau au noyau rigide, il suffit de vérifier le risque de flambement pour chaque niveau.

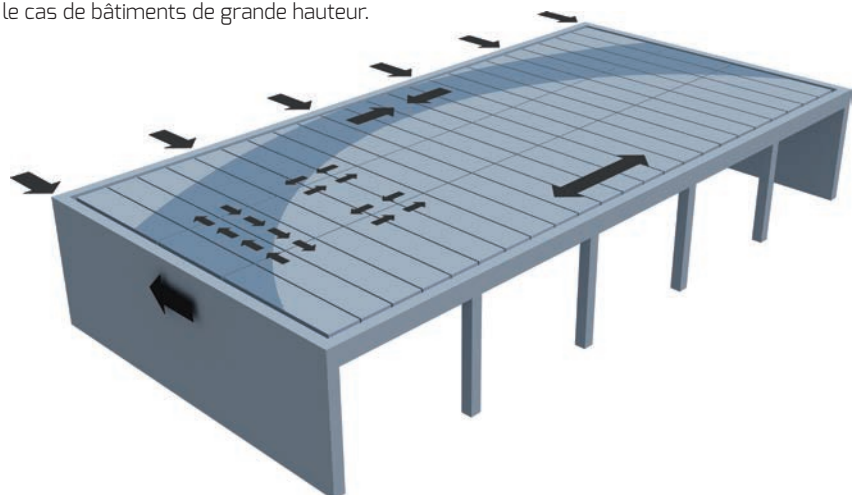
#### Répartition des efforts internes

Les planchers seront conçus de manière à constituer un ensemble rigide. A cette fin, le jointolement entre hourdis sera particulièrement soigné. De plus, un chaînage transversal reliera l'about des hourdis situés en rive. Ce chaînage doit être capable de reprendre la traction qui résulte de l'effet de voûte dans le plancher, et de l'effet de clavetage dû aux efforts de cisaillement induits au niveau des joints ( $\pm 15\%$  de l'effort de cisaillement longitudinal total sollicitant le joint).

Les efforts horizontaux sont ainsi transmis niveau par niveau aux zones rigides qui à leur tour transfèrent les moments résultants aux fondations. Les chaînages périphériques doivent se compléter par des chaînages longitudinaux et transversaux, liaisonnant ainsi les éléments

individuels (colonnes, éléments de façade) à la structure pour la reprise d'efforts horizontaux dus au vent, aux sollicitations excentriques ou à l'inclinaison de la construction.

Les armatures de chaînage peuvent être combinées avec celles prévues contre l'effondrement progressif dans le cas de bâtiments de grande hauteur.



## 3.2.4 | Assemblage avec des éléments de toiture et de façade

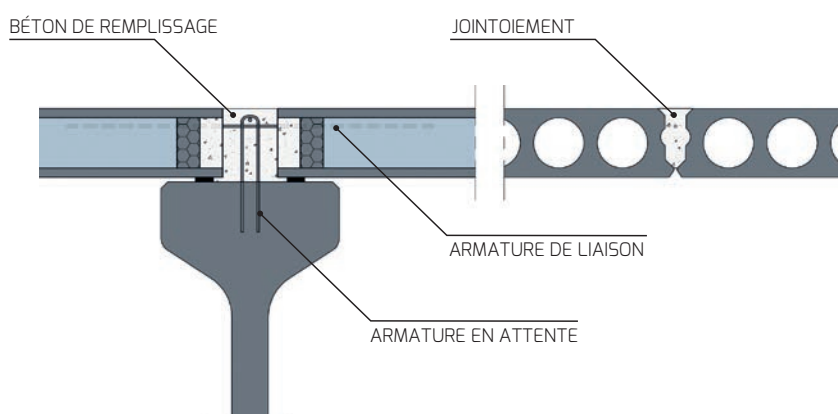
Nos structures offrent toutes les possibilités de choix d'utilisation tant en matière de couverture de toiture que de revêtement de façade, quelques soient les charges ou le système de fixation.

En effet, une vaste gamme d'accessoires pour fixations diverses peut être prévue dans nos éléments de structure.

### Dalles de toiture usuelles

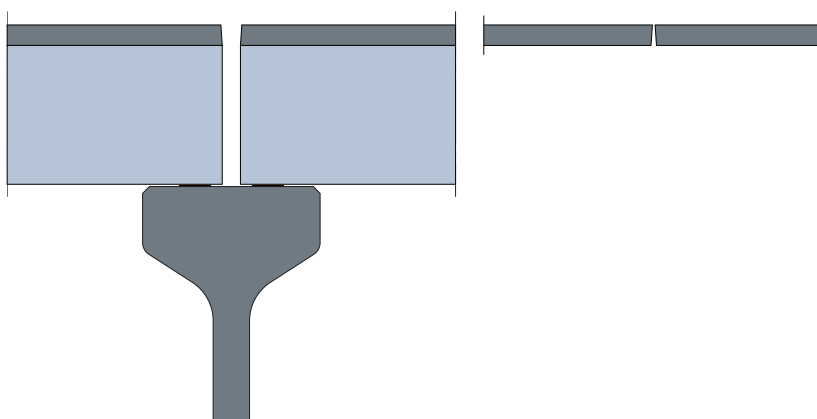
#### Hourdis en béton précontraint :

- Portées de 6 à 12 m
- Bonnes propriétés acoustiques
- Grande inertie thermique
- Possibilité d'améliorer l'isolation thermique en fonction des besoins
- Résistance au feu allant de Rf 30 à Rf 120
- Contreventement par effet diaphragme
- Liaison avec la structure : armatures en attente et béton ou mortier de remplissage



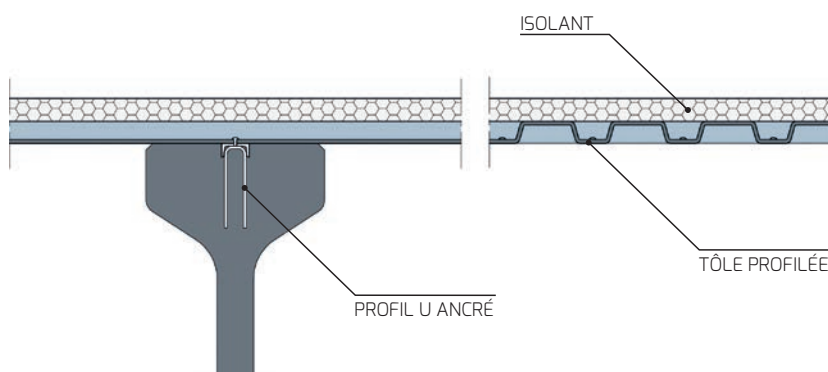
#### Dalles de toiture TTD et TTT :

- Portée jusqu'à 14 m
- Bonnes propriétés acoustiques et thermiques
- Résistance au feu Rf 30
- Contreventement par effet diaphragme par jointoiement à l'appui avec les torons dépassants

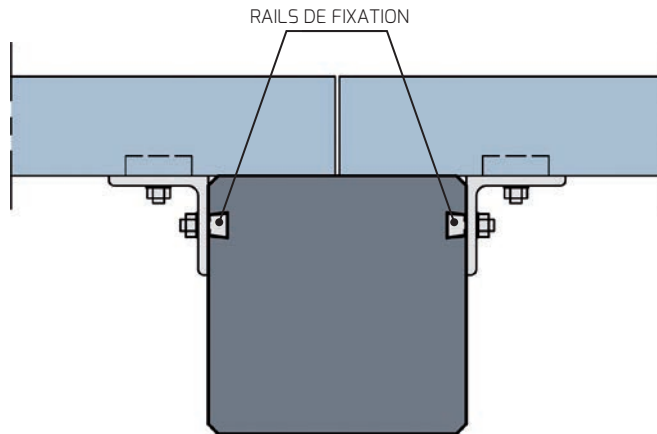


#### Couverture métallique :

- Portée jusqu'à 7,2 m
- Isolation thermique selon besoins
- Pose rapide
- Contreventement métallique souvent nécessaire
- Fixation : par vissage direct dans le béton (trou à forer); par clous enchâssés ou par vis autoforantes dans des profils métalliques incorporés

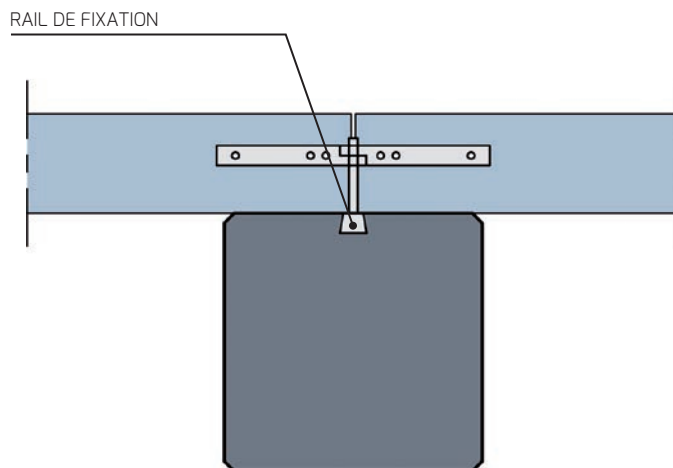


## Éléments de façade



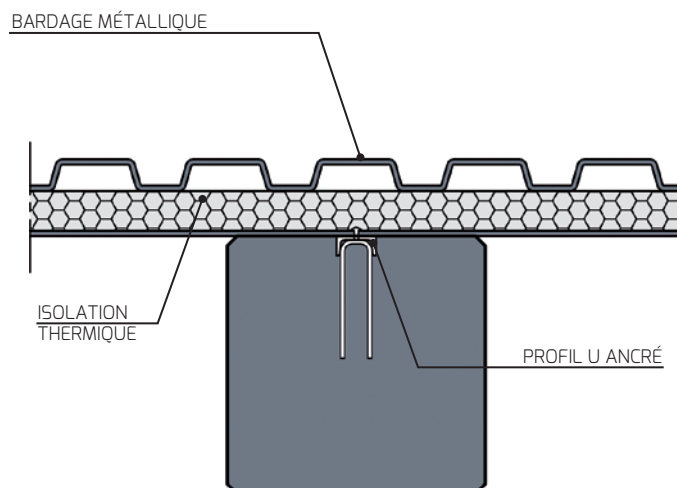
### Panneaux en béton armé ou précontraint :

- Diverses possibilités de finition (p.ex. avec agrégats apparents)
- Bonnes propriétés acoustiques
- Grande inertie thermique
- Isolation thermique incorporable (panneau sandwich)
- Bonne résistance au feu
- Robuste
- Fixation : par l'intermédiaire de rails incorporés lors du bétonnage des colonnes



### Panneaux en béton cellulaire :

- Bonnes propriétés acoustiques et thermiques
- Bonne résistance au feu
- Fixation : par l'intermédiaire de rails incorporés lors du bétonnage des colonnes



### Bardage métallique :

- Bonne isolation thermique (panneau sandwich)
- Fixation : par vissage direct dans le béton (trou à forer); par clous enchâssés ou par vis autoforantes dans des profils métalliques incorporés

## 3.3 | Colonnes CR - CC

### Domaine d'application

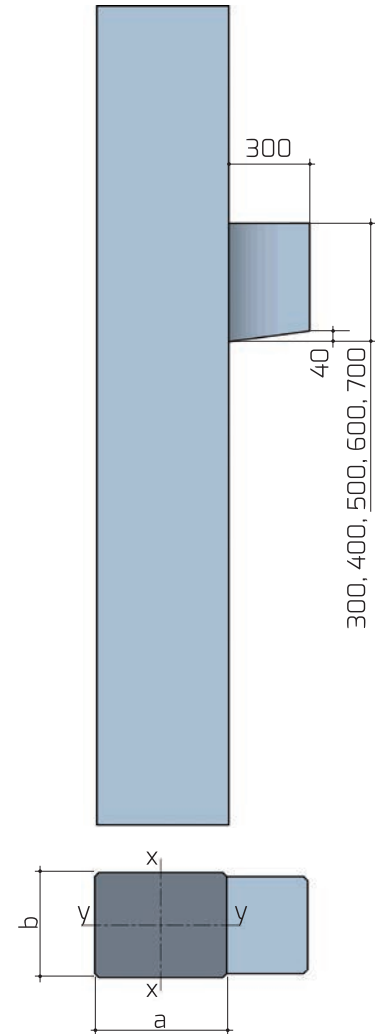
Les colonnes standard en béton armé ou précontraint assurent principalement la stabilité verticale et horizontale des bâtiments.

Remarques :

- Dans le cas de bâtiments industriels ou de hauteur réduite, la stabilité est assurée par l'encastrement des colonnes dans la fondation.
- Dans le cas de bâtiments plus élevés, la stabilité est assurée par des noyaux rigides ou par des voiles raidisseurs.
- Lorsque les charges verticales sont élevées par rapport aux moments, les colonnes sont fabriquées en béton armé. Dans le cas contraire, les colonnes précontraintes sont plus avantageuses.

### Particularités

- Section rectangulaire ou circulaire.
- Les colonnes rectangulaires ont des dimensions modulées sur un multiple de 50 mm moins 10 mm.
- Les colonnes peuvent être préfabriquées avec une longueur de plusieurs étages.
- Les colonnes sont exécutées en béton armé ou précontraint.
- Béton précontraint : classe de résistance à partir de C 50/60.
- Béton armé : classe de résistance de C 50/60 à C 90/105.
- La face supérieure est égalisée; les autres faces sont lisses de décoffrage. Les angles ont un chanfrein de 15 mm.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



### Caractéristiques

Colonnes rectangulaires

Profil	a	b	Poids
	mm	mm	kN/m
CR 290/290	290	290	2,06
CR 390/240	390	240	2,29
CR 390/290	390	290	2,77
CR 390/390	390	390	3,73
CR 490/290	490	290	3,48
CR 490/390	490	390	4,68
CR 490/490	490	490	5,88
CR 590/390	590	390	5,64
CR 590/490	590	490	7,08
CR 690/490	690	490	8,28

Colonnes circulaires

Profil	Diamètre	Poids
	mm	kN/m
CC 400	400	3,14
CC 450	450	3,98
CC 500	500	4,91
CC 600	600	7,07
CC 700	700	9,62
CC 800	800	12,57
CC 900	900	15,90

Remarque :

Autres dimensions possibles sur demande.

Remarque :

Colonnes d'une longueur > 4000 mm sont coulées horizontalement dans un coffrage métallique.



## Performances

Les courbes ci-après tiennent compte du flambement (état-limite ultime) et sont établies sur base de la méthode de la colonne modèle (En 1992-1-1). Elles sont valables pour la flexion dans le sens de la plus grande inertie (dimension H).

Symboles:

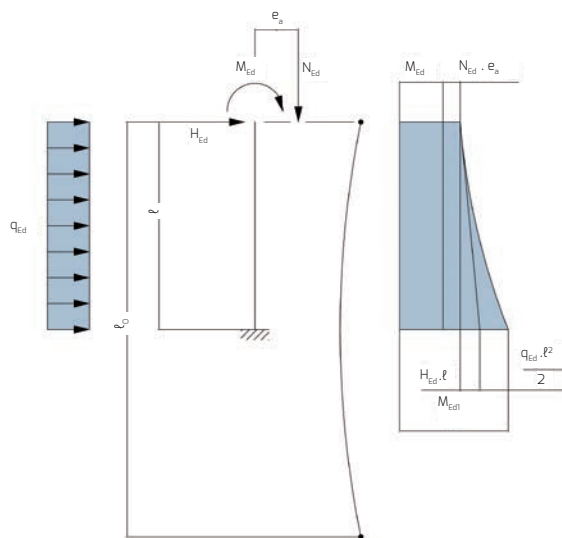
- $\ell_o$  Longueur de flambement
- $\ell$  Longueur de la colonne (modèle)
- $M_{Ed}$  Valeur de calcul du moment fléchissant agissant en tête de la colonne modèle
- $N_{Ed}$  Valeur de calcul de l'effort normal agissant en tête de la colonne modèle
- $e_a$  Excentricité accidentelle due aux tolérances géométriques
- $H_d$  Valeur de calcul de l'effort horizontal agissant en tête de la colonne modèle
- $q_d$  Valeur de calcul de l'effort uniformément réparti agissant sur la colonne modèle
- $M_{Ed1}$  Valeur de calcul du moment fléchissant résultant du premier ordre (au pied de la colonne modèle):

$$M_{Ed1} = q_d \cdot \frac{\ell^2}{2} + H_d \cdot \ell + M_{Ed} + N_{Ed} \cdot e_a$$

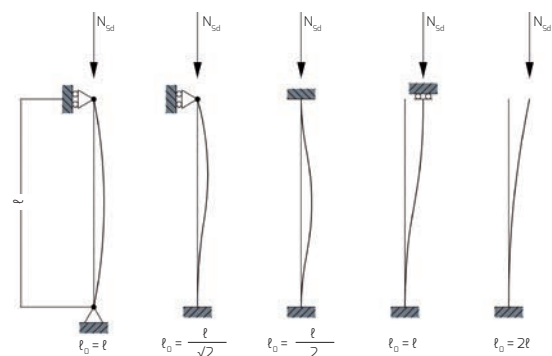
$M_{Rd1, max}$  Valeur de calcul du moment fléchissant résistant du premier ordre (pour un  $N_{Rd}$  donné)

$N_{Rd}$  Valeur de calcul de l'effort normal résistant

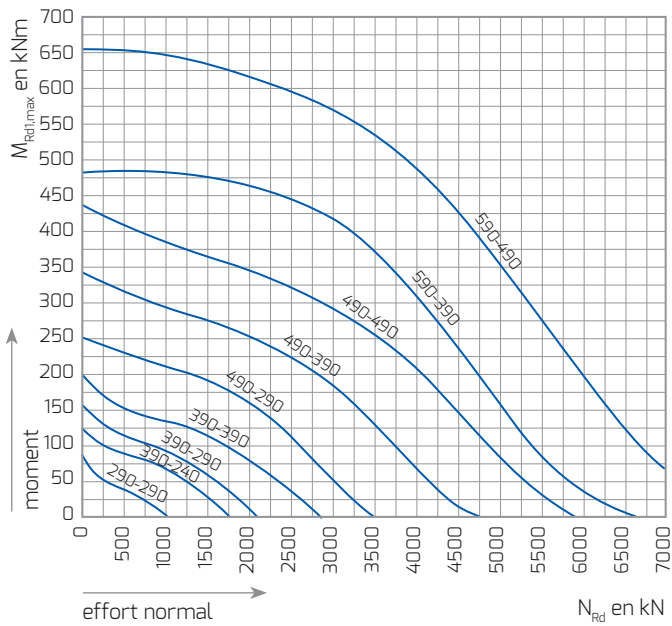
Colonne modèle



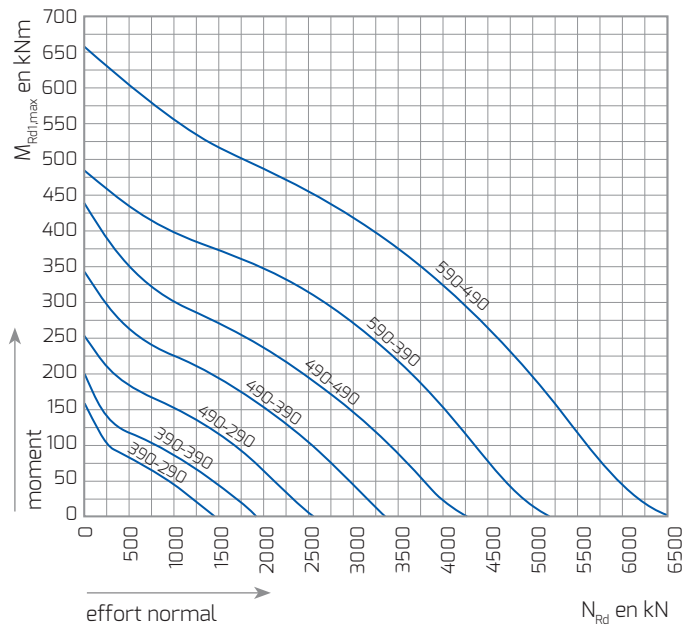
Longueur de flambement  $\ell_o$  en fonction des conditions d'appui



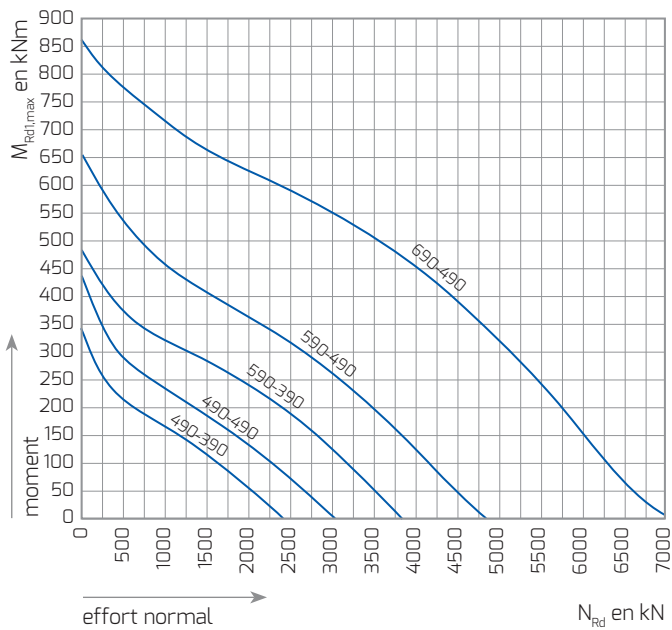
Longueur de flambement  $\ell_0 = 12 \text{ m}$  ( $\ell = 6 \text{ m}$ )



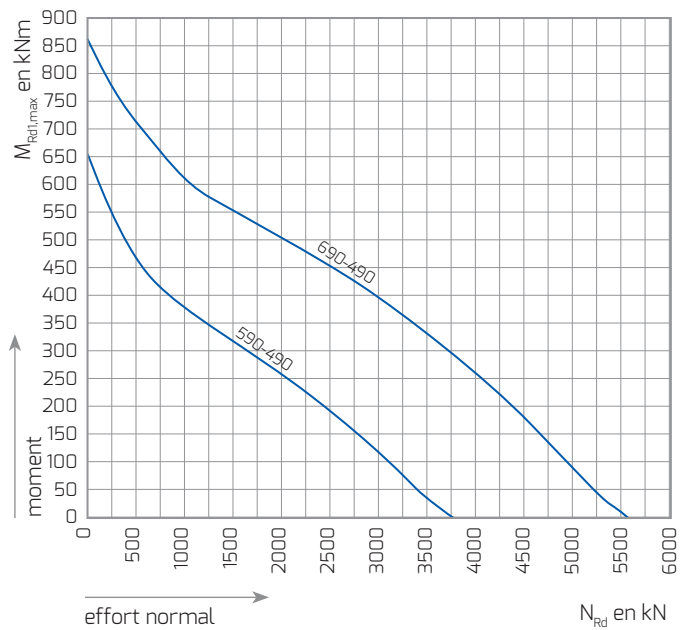
Longueur de flambement  $\ell_0 = 16 \text{ m}$  ( $\ell = 8 \text{ m}$ )



Longueur de flambement  $\ell_0 = 20 \text{ m}$  ( $\ell = 10 \text{ m}$ )



Longueur de flambement  $\ell_0 = 24 \text{ m}$  ( $\ell = 12 \text{ m}$ )



## Méthode

### Dimensionnement d'une colonne :

- Déterminer  $N_{Ed}$  et  $M_{Ed1}$ .
- Placer  $N_{Ed}$  sur l'axe  $N_{Rd}$  et  $M_{Ed1}$  sur l'axe  $M_{Rd1,max}$  du graphique correspondant.
- Choisir la colonne dont la courbe se trouve en haut à droite du point défini.

### Contrôle d'une colonne donné :

- Déterminer  $N_{Ed}$  et  $M_{Ed1}$ .
- Placer  $N_{Ed}$  sur l'axe  $N_{Rd}$  et lire  $M_{Rd1,max}$  dans le graphique correspondant.
- La colonne convient si  $M_{Ed1} \leq M_{Rd1,max}$

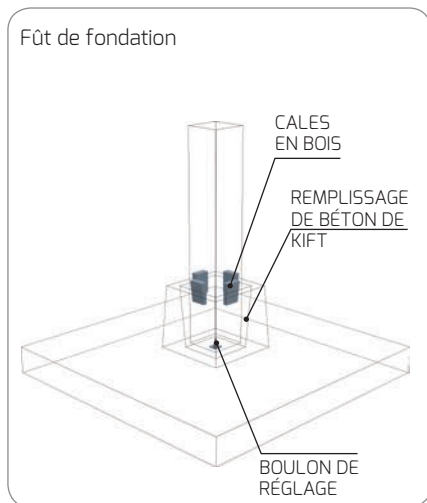
## Liaisons

Il existe trois solutions pour encastrer les colonnes préfabriquées dans les fondations; chacune ayant son propre domaine d'application :

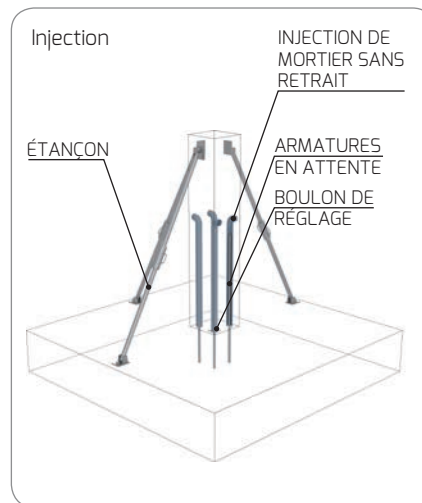
- Fûts de fondation
- Barres sortantes de la fondation et gaines de scellement dans les colonnes. (ou l'inverse)

- Liaison par pieds métalliques dans les colonnes et tiges filetées sortant de la fondation.

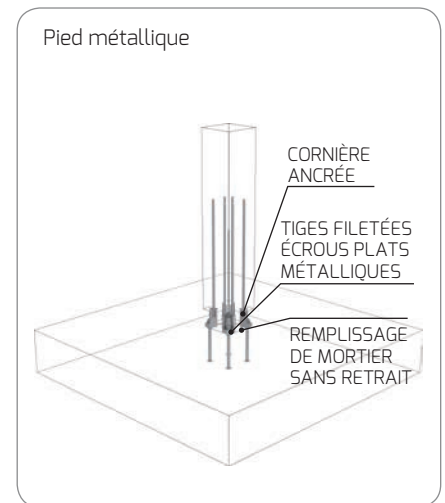
Les deux dernières méthodes peuvent être utilisées également pour l'assemblage de 2 colonnes l'une sur l'autre.



Sans étaisonnement / utilisation de cales



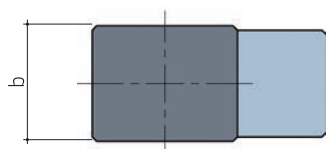
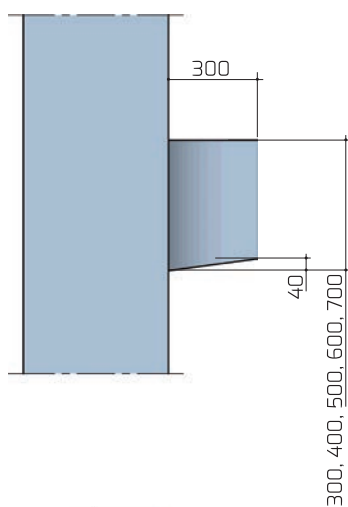
Etaisonnement provisoire pendant le montage



Sans étaisonnement

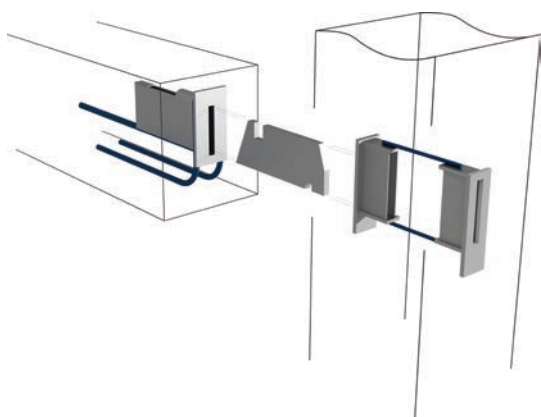


## Consoles



		Réaction d'appui admissible en kN			
		Largeur b de la colonne en mm (Largeur de la console en mm)			
		240	290	390	490
		(210)	(260)	(360)	(460)
Hauteur de la console en mm	300	100 kN	120 kN	165 kN	210 kN
	400	160 kN	195 kN	270 kN	345 kN
	500	220 kN	275 kN	380 kN	485 kN
	600	280 kN	350 kN	485 kN	620 kN
	700	345 kN	425 kN	590 kN	755 kN

**Système BSF** (Consulter le service technique pour l'utilisation)

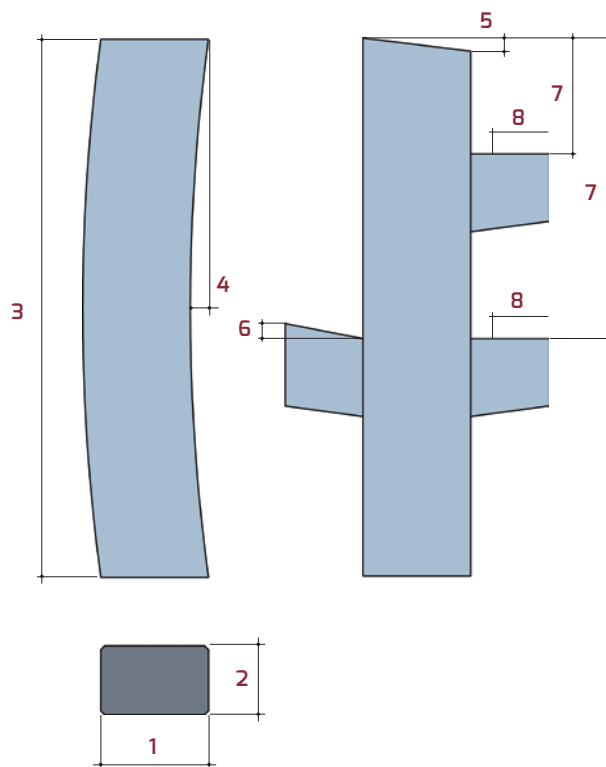


Type (*)	Réaction d'appui admissible en kN	Dimensions minimales des poutres		Dimensions minimales des colonnes	
		b en mm	h en mm	H en mm	B en mm
150/20	155	290	400	290	290
150/40	310	390	500	390	390
200/20	230	290	500	290	290
200/30	340	290	500	390	390
200/40	450	390	600	490	490
200/50	570	390	700	540	590
250/50	740	490	700	590	590

(\*) hauteur/largeur du couteau



## Tolérances



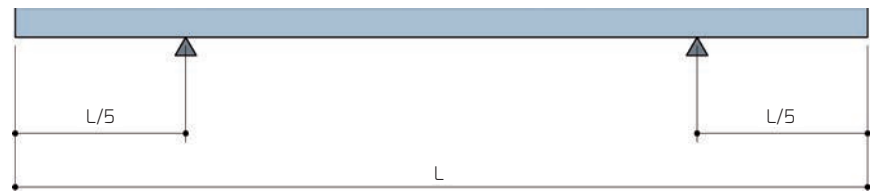
- 1 | Largeur : +7 / -5 mm
- 2 | Hauteur : +7 / -5 mm
- 3 | Longueur :  $\pm (10 \text{ mm} + \frac{\text{longueur } L}{2000})$ ,  
max.  $\pm 15 \text{ mm}$
- 4 | Courbure :  $\frac{\text{longueur } L}{1000}$
- 5 | Horizontalité de la tête de colonne dans chaque direction :  
6 mm si appui  
10 mm si about
- 6 | Horizontalité de la console dans chaque direction : 6 mm
- 7 | Niveau des consoles par rapport à la tête de colonne :  $\pm 10 \text{ mm}$
- 8 | Niveau des consoles sur un même étage :  $\pm 10 \text{ mm}$   
Niveau des consoles sur différents étages :  $\pm 15 \text{ mm}$

Accessoires incorporés :  $\pm 20 \text{ mm}$

## Manutention et transport

Les accessoires de levage pour la manutention et les points d'appui pour le stockage doivent être situés à  $L/5$ . Le montage des colonnes s'effectue au moyen d'un pivot métallique et d'un palonnier de levage.

Les colonnes élancées peuvent être montées avec deux palonniers ou avec des boucles de levage.

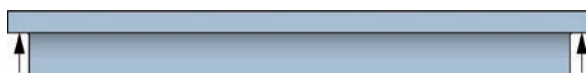


## 3.4 | Poutres

### 3.4.1 | Gamme de profils

Aperçu des différents types de poutres précontraintes pour applications diverses :

#### Pannes RD



#### Poutres R

Poutre de toiture ou de plancher pour portées moyennes



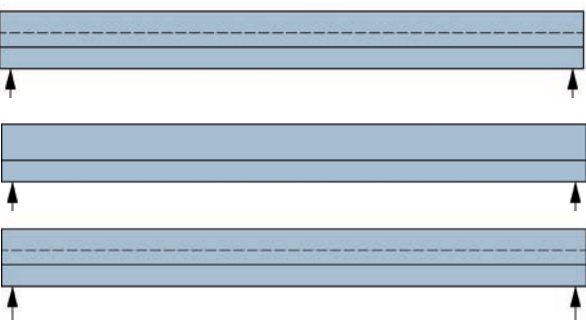
#### Poutres RR

Poutre de plancher pour portées moyennes



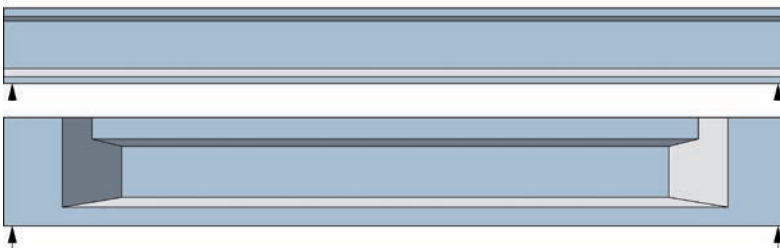
#### Poutres RT, RL et RZ

Poutre de plancher à encombrement restreint pour petites portées



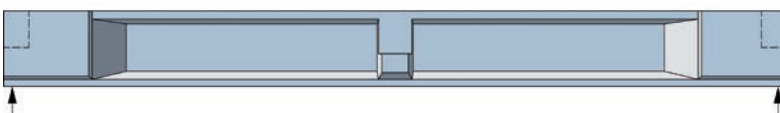
#### Poutres I et IE

Poutre de toiture  
Eventuellement poutre de planchers pour grandes portées (poutres I)



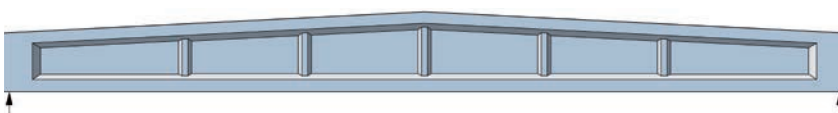
#### Poutres IK

Poutre primaire pour toiture



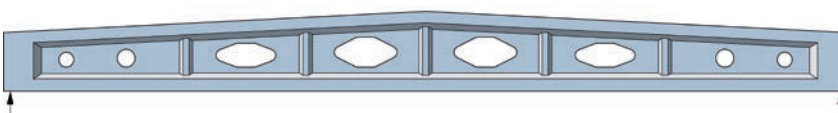
#### Poutres IV

Poutre de toiture pour grandes portées



#### Poutres IVH

Poutre de toiture pour grandes portées



### 3.4.2 | Appuis

D'une manière générale les pièces d'appui, utilisées pour les poutres préfabriquées, sont des élastomères. Ce type d'appui permet une bonne répartition des contraintes dues aux réactions d'appui et élimine les tensions de contact béton-béton.

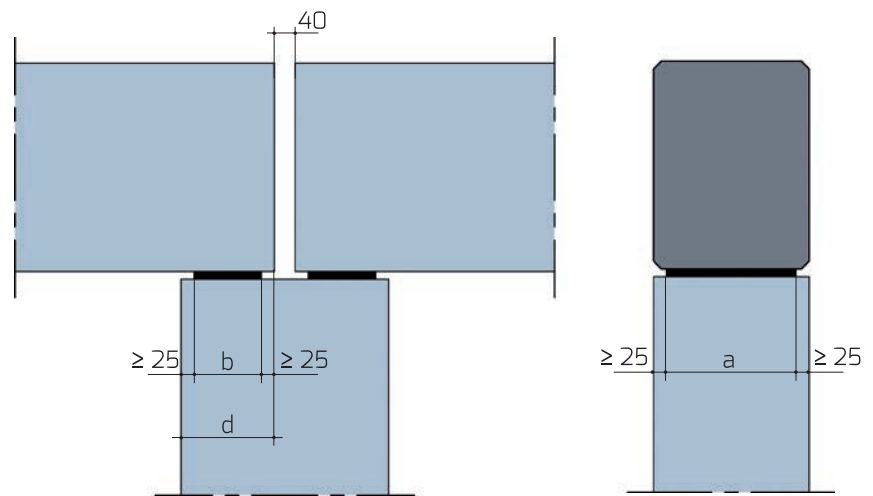
Les tensions maximales admissibles sont :

- pour des appuis en élastomère ordinaire :  $\bar{\sigma} = 6 \text{ N/mm}^2$
- pour des appuis en élastomère fretté :  $\bar{\sigma} = 12 \text{ N/mm}^2$

L'appui minimal s'obtient par la formule :

$$d \geq \frac{\text{réaction d'appui}}{\bar{\sigma} \times a} + 2 \times 25 \text{ mm}$$

De plus, l'épaisseur ainsi que le rapport a/b (voir figure) de l'appui en néoprène doivent être contrôlés en tenant compte de la rotation et/ou de la dilatation de la poutre au droit de l'appui.

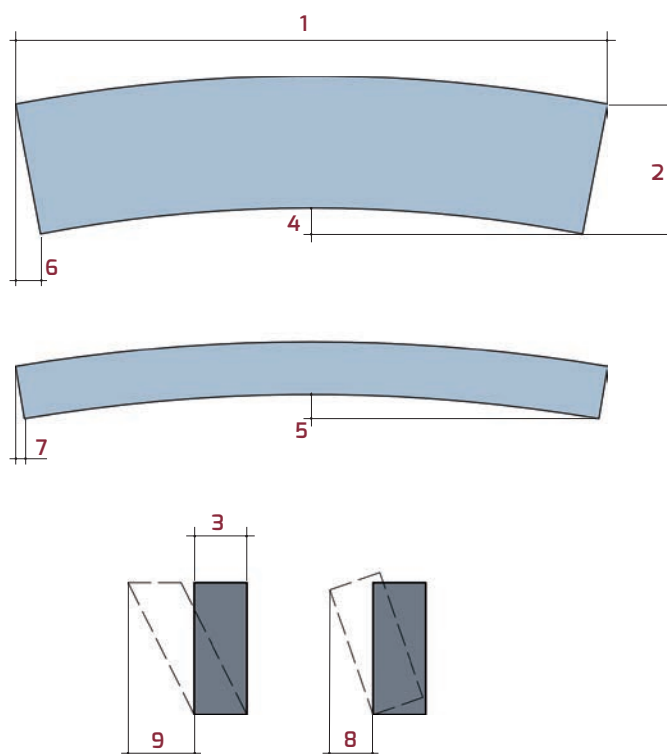


Afin d'assurer la stabilité en phase de montage ainsi que la reprise des tolérances de fabrication et d'implantation des poutres et colonnes (plus importantes pour des éléments de grandes longueurs), il est conseillé de

dimensionner l'appui par la formule empirique suivante :

$$d \geq 60 \text{ mm} + \frac{\text{longueur } L}{160}$$

### 3.4.3 | Tolérances



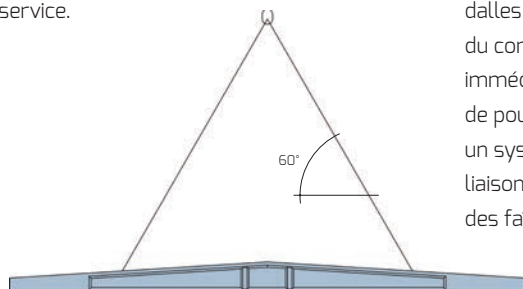
- 1 | Longueur :  $\pm (20 \text{ mm} + \frac{\text{longueur } L}{2000})$
- 2 | Hauteur :  $+10 / -5 \text{ mm}$
- 3 | Largeur :  $\pm 5 \text{ mm}$
- 4 | Contre-flèche; écart par rapport à la valeur calculée :  $\pm \frac{\text{longueur } L}{1000}$
- 5 | Courbure latérale :  $\frac{\text{longueur } L}{500}$
- 6 | Verticalité de la face d'about : 1,5% ( $\geq 15 \text{ mm}$ )
- 7 | Equerrage d'about : 15 mm
- 8 | Gauchissement : 1,5%
- 9 | Verticalité des faces latérales : 0,75%

Accessoires incorporés au bétonnage: implantation de rails d'ancrage, réservations, etc. :  $\pm 20 \text{ mm}$

## 3.4.4 | Manutention et transport

### Généralités

La manutention des poutres devra toujours se faire par les boucles de levage prévues à cet usage. Le stockage doit, sauf indications contraires stipulées sur les plans, se faire au droit des mêmes points d'appui de la poutre en service.



### Risque de déversement des poutres élancées

Les poutres élancées peuvent se déverser lors de leur manutention. L'implantation des boucles de levage de ces poutres est réalisée en tenant compte de ce risque. Si la pose des dalles de toiture ou de plancher (ou du contreventement) n'est pas prévue immédiatement après la mise en oeuvre de poutres élancées, il faudra prévoir un système de contreventement ou une liaison reliant provisoirement l'ensemble des faites.

### Transport de poutres élancées

Les poutres élancées sont munies d'un dispositif évitant leur déversement et leur déformation dans le plan horizontal pendant le transport. Ce dispositif doit rester en place durant le montage des poutres jusqu'à leur stabilisation définitive.

## 3.4.5 | Accessoires incorporables

### Pour éléments de toiture

- Armatures en attente ou douilles filetées
- Rails d'ancrage
- Profilés métalliques, etc.

### Pour appuyer d'autres éléments de structure

- Consoles pour poutres secondaires
- Entailles
- Système BSF (voir colonnes), etc.

### Pour le passage d'armatures ou de conduites

- Réservations dans l'âme des poutres

### Pour charges suspendues

- Réservations permettant le passage de suspentes
- Douilles filetées
- Rails d'ancrage dans la face inférieure, etc.





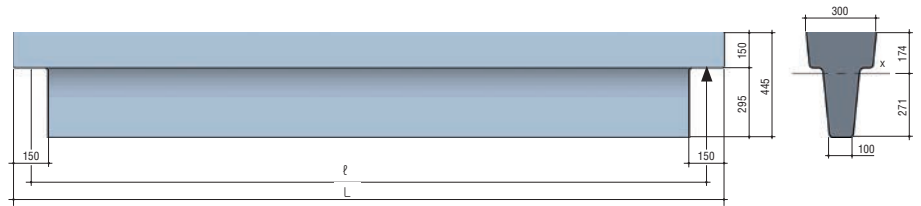
### 3.4.6 | Pannes RD

#### Domaine d'application

- Poutres secondaires pour toitures.

#### Particularités

- Section trapézoïdale de hauteur constante.
- Appui cantilever ( $R_{max} = 82 \text{ kN}$ ).
- Béton précontraint : classe de résistance C 60/75.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



#### Caractéristiques

Profil (**)	h	b	Poids	A	$I_x$	$W_{x,sup}$	$W_{x,inf}$	$L_{max}$	$M_{Rd} (*)$
	mm	mm	kN/m	$\text{mm}^2 \times 10^6$	$\text{mm}^4 \times 10^6$	$\text{mm}^3 \times 10^6$	$\text{mm}^3 \times 10^6$	m	kNm
RD 445/300 - 4	445	300	2,03	81	1266	7,27	4,67	15,0	164
RD 445/300 - 5	445	300	2,03	81	1266	7,27	4,67	15,0	191
RD 445/300 - 6	445	300	2,03	81	1266	7,27	4,67	15,0	209

(\*) Remarques :

- Les valeurs de  $M_{Rd}$  indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- La valeur de calcul du moment sollicitant  $M_{Ed}$  doit satisfaire à la relation :  $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ .
- Le moment  $M_{Ed}$  est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.

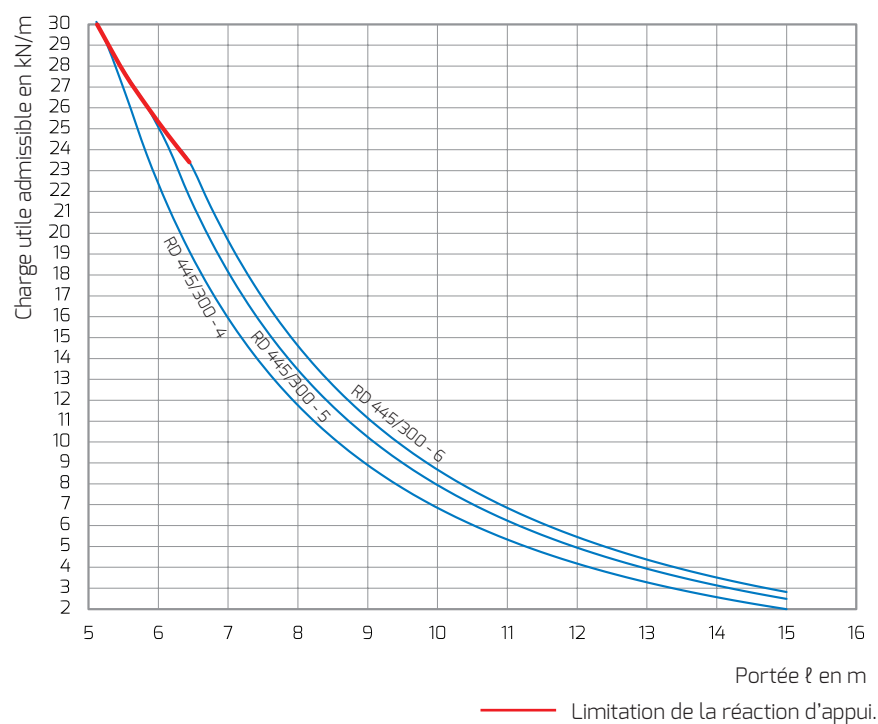
- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer  $M_{Ed}$  !

(\*\*) Remarque :

- Dénomination du profil : le chiffre après le tiret indique le nombre de torons de 12,5 mm de diamètre.



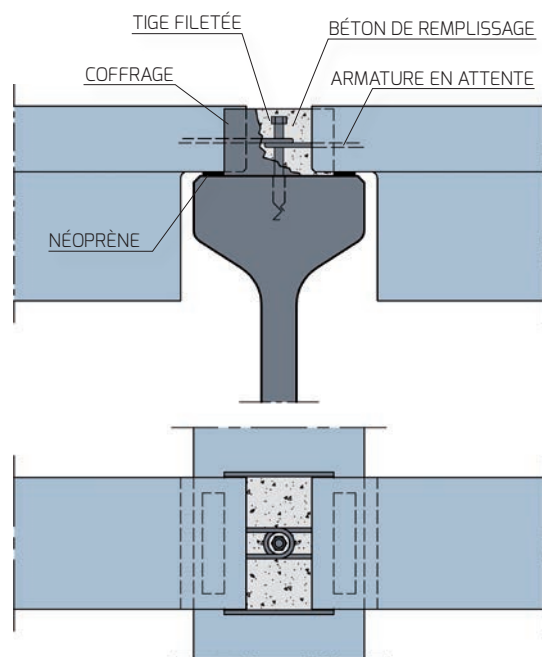
## Courbes de performances



Remarque :

- Charge utile admissible = somme de toutes les charges sollicitant la panne RD à l'exclusion de son poids propre.

## Liaisons



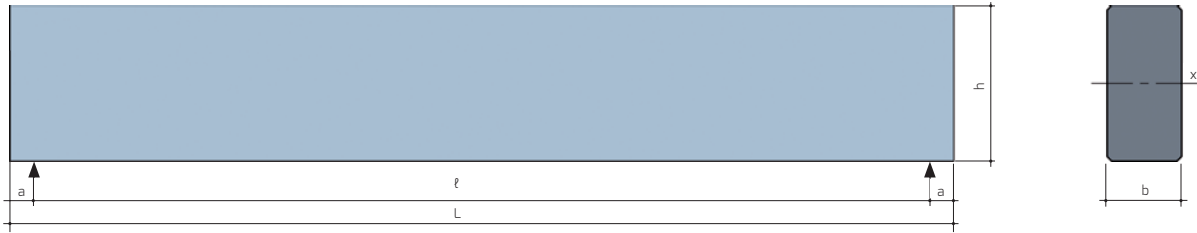
### 3.4.7 | Poutres R

#### Domaine d'application

- Poutres de toiture pour portées moyennes.
- Poutres de planchers.

#### Particularités

- Section rectangulaire de hauteur constante.
- Béton précontraint : classe de résistance à partir de C 50/60.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



a = 105 mm pour poutres R avec  $b \leq 340$  mm.  
a = 120 mm pour poutres R avec  $b > 340$  mm.

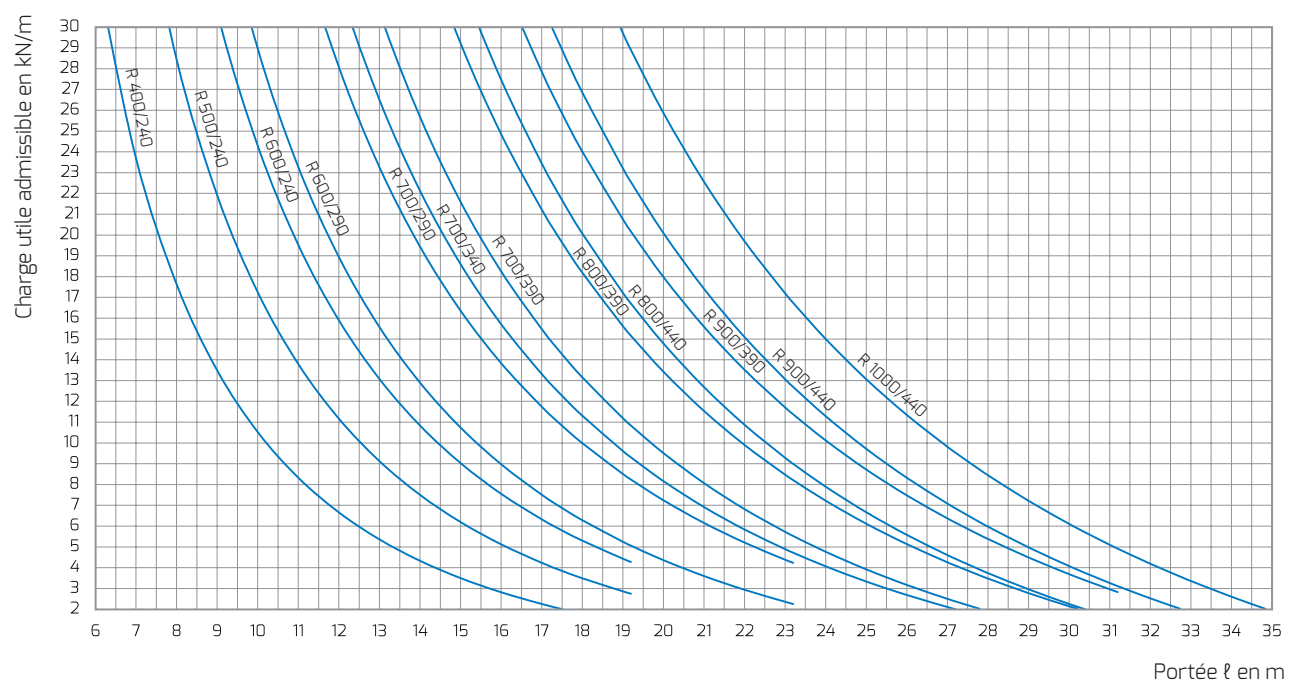
Tableau synoptique des moments  $M_{Rd}$  (\*)

h \ b	240 mm	290 mm	340 mm	390 mm	440 mm	490 mm	540 mm	590 mm
300 mm	110	149						
400 mm	239	277	337	393				
500 mm	371	442	519	597	657	777		
600 mm	511	610	789	878	993	1091	1209	1281
700 mm	775	872	997	1157	1354	1527	1663	1828
800 mm		1221	1383	1550	1767	1974	2206	2358
900 mm		1537	1759	1980	2283	2481	2770	3076
1000 mm		1883	2210	2431	2832	3092	3525	3765
1100 mm			2651	3000	3447	3818	4253	4547
1200 mm			3167	3539	4169	4555	5063	5384
1300 mm			3675	4156	4880	5300	5897	6263
1400 mm				4761	5677	6153	6840	7218
1500 mm				5590	6465	7073	7642	8329
1600 mm				6450	7319	7999	8614	9484
1700 mm					8321	9078	9881	10808
1800 mm					9290	10146	11040	12168
1900 mm					10244	11394	12416	13544
2000 mm					11456	12448	13766	15204

(\*) Remarques :

- Les valeurs de  $M_{Rd}$  indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- La valeur de calcul du moment sollicitant  $M_{Ed}$  doit satisfaire à la relation :  $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ .
- Le moment  $M_{Ed}$  est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.
- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer  $M_{Ed}$  !

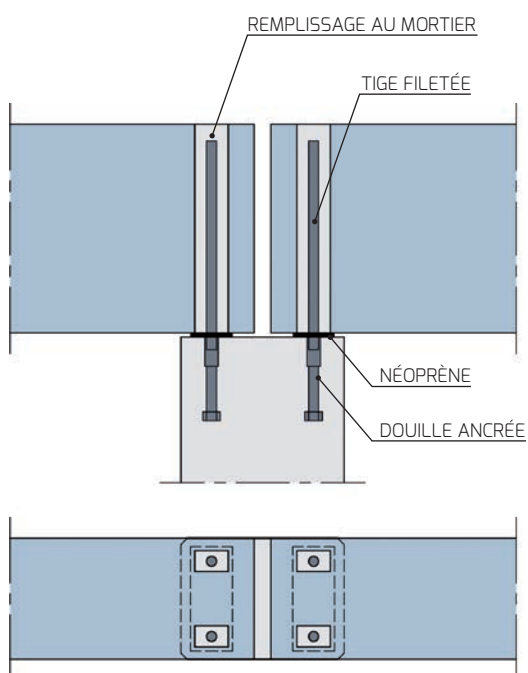
## Courbes de performances (sélection de quelques types)



Remarque :

- Charge utile admissible = somme de toutes les charges sollicitant la poutre R à l'exclusion de son poids propre.

## Liaisons



### 3.4.8 | Poutres RR

**Domaine d'application**

- Poutres de planchers.

**Particularités**

- Section rectangulaire de hauteur constante.
- Largeur généralement supérieure à la hauteur.
- Dans la plupart des cas, la poutre RR est considérée comme formant un

ensemble avec le béton de seconde phase coulé sur place.

- Béton précontraint : classe de résistance à partir de C 50/60.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.

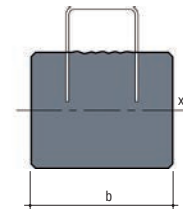
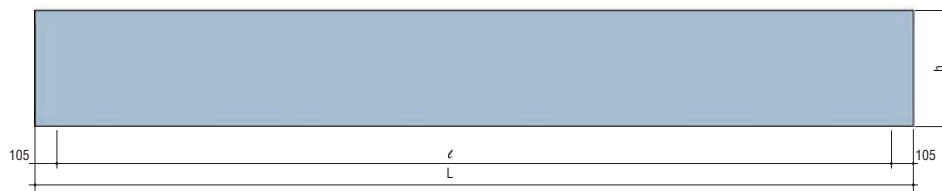


Tableau synoptique des moments  $M_{Rd}$  (\*)

Profil	h	b	Poids	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$	$M_{Rd}$
	mm	mm	kN/m	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm	kNm
RR 300/390	300	390	2,93	218	299	340	407	348	417	414
RR 300/490	300	490	3,68	262	380	439	532	509	625	704
RR 300/590	300	590	4,43	325	478	554	671	686	848	997
RR 300/690	300	690	5,18	383	567	659	799	853	1039	1232
RR 300/790	300	790	5,93	437	660	770	935	1016	1236	1475
RR 300/880	300	880	6,60	500	760	886	1077	1181	1433	1717
RR 400/390	400	390	3,90	414	514	562	631	549	618	602
RR 400/490	400	490	4,90	488	631	699	802	758	880	953
RR 400/590	400	590	5,90	578	763	850	983	980	1153	1305
RR 400/690	400	690	6,90	738	972	1079	1243	1281	1506	1734
RR 400/790	400	790	7,90	833	1108	1234	1425	1506	1774	2077
RR 400/880	400	880	8,80	945	1267	1413	1633	1741	2054	2416
RR 500/490	500	490	6,13	807	981	1057	1172	1106	1232	1296
RR 500/590	500	590	7,38	971	1190	1287	1433	1426	1607	1754
RR 500/690	500	690	8,63	1152	1429	1550	1731	1759	1997	2228
RR 500/790	500	790	9,88	1310	1639	1781	1994	2070	2362	2673
RR 500/880	500	880	11,00	1480	1866	2031	2277	2378	2722	3108
RR 600/490	600	490	7,35	1170	1370	1446	1569	1504	1630	1680
RR 600/590	600	590	8,85	1421	1693	1792	1955	1925	2115	2257
RR 600/690	600	690	10,35	1659	1993	2117	2315	2338	2586	2816
RR 600/790	600	790	11,85	1883	2278	2427	2661	2732	3039	3356
RR 600/880	600	880	13,20	2139	2576	2747	3012	3121	3488	3904
RR 700/490	700	490	8,58	1624	1868	1934	2068	1996	2124	2158
RR 700/590	700	590	10,33	1961	2272	2361	2534	2528	2728	2856
RR 700/690	700	690	12,08	2278	2664	2776	2989	3024	3299	3522
RR 700/790	700	790	13,83	2608	3070	3205	3457	3532	3868	4202
RR 700/880	700	880	15,40	2901	3439	3593	3883	3993	4386	4806

(\*) Remarques :

- Les valeurs de  $M_{Rd}$  indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- Classe de résistance du béton de seconde phase: C 30/37.

- La valeur de calcul du moment sollicitant  $M_{Ed}$  doit satisfaire à la relation :  $M_{Ed} \leq M_{Rd}$ .
- Le moment  $M_{Ed}$  est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.

- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer  $M_{Ed}$  !

## Courbes de performances des poutres RR avec béton de seconde phase

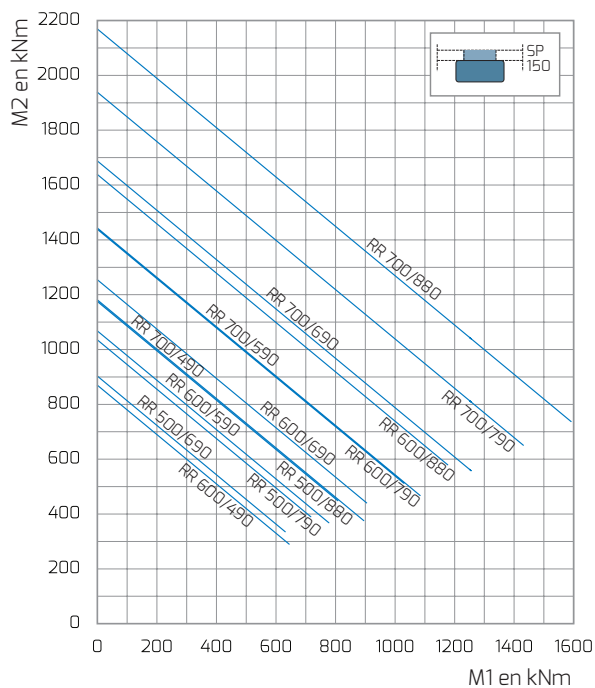
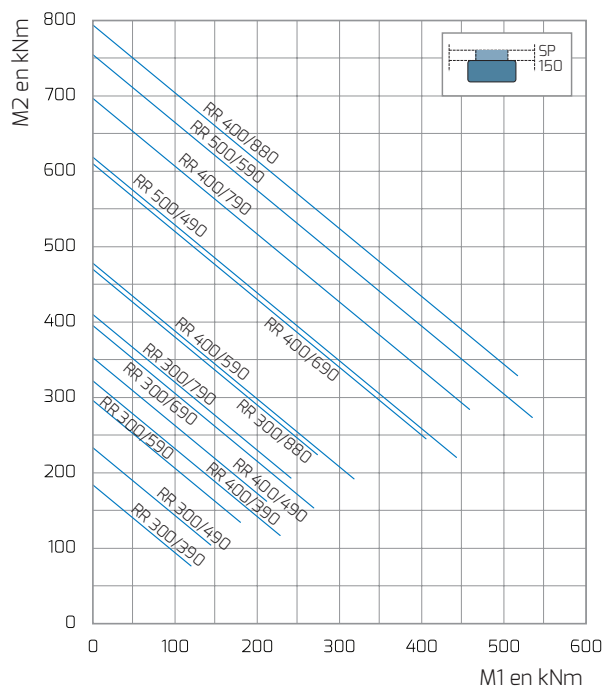
Classe de résistance du béton de seconde phase : C 30/37.

Principes :

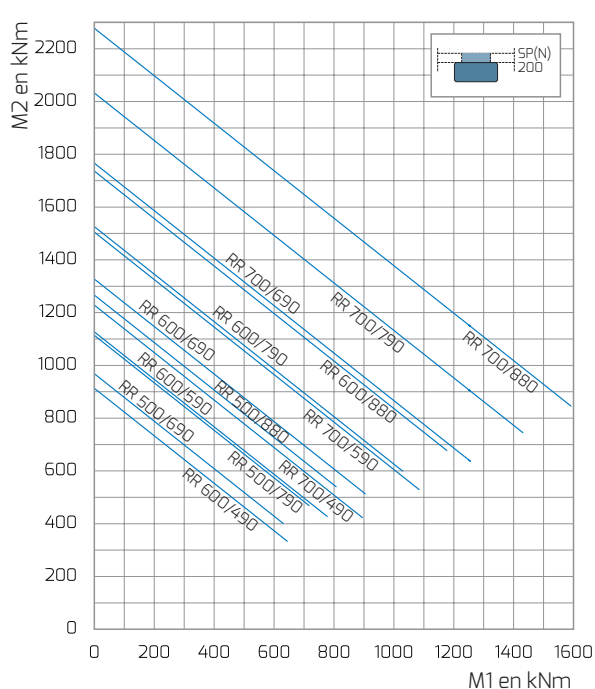
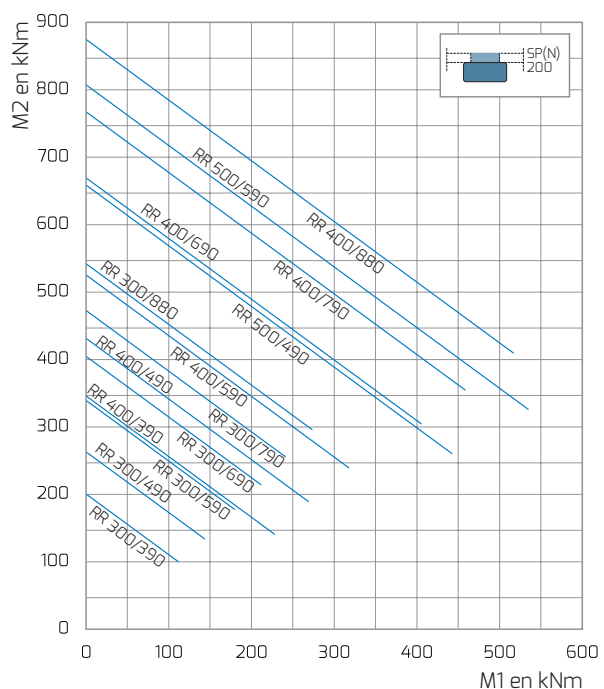
- M1 est la valeur caractéristique du moment en première phase occasionné par :
  - le poids propre de la poutre RR
  - le poids propre des hourdis SP
  - le poids propre du béton de seconde phase
- M2 est la valeur caractéristique du moment en seconde phase. La valeur de celui-ci est égale au moment total résultant de l'ensemble des charges (poids propre + charges utiles) à prendre en compte, soustraction faite de M1.

- Mode d'emploi : calculer M1 et M2, reporter M1 en abscisse et M2 en ordonnée; tous les profils situés au-dessus du point de rencontre conviennent.

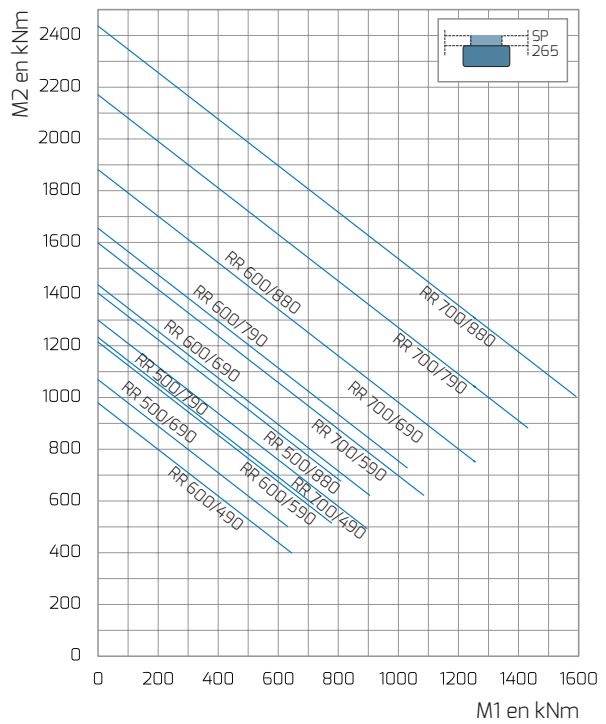
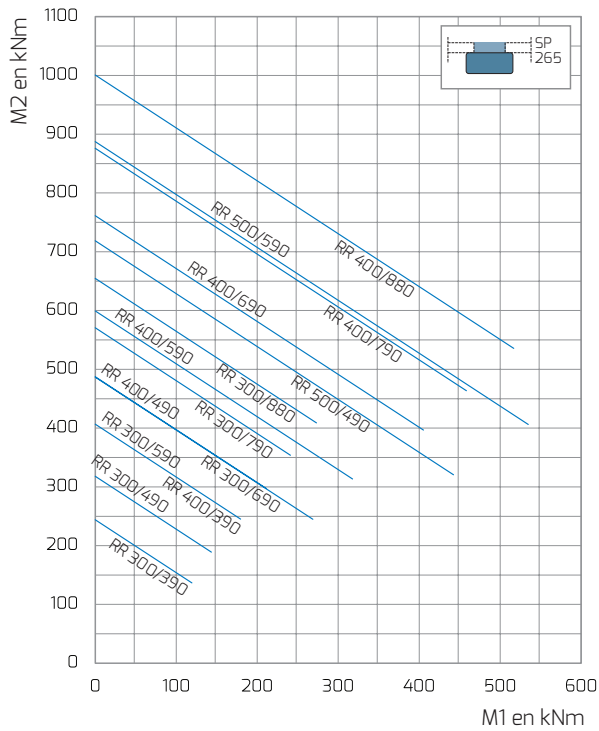
### Poutres RR avec hourdis SP 150



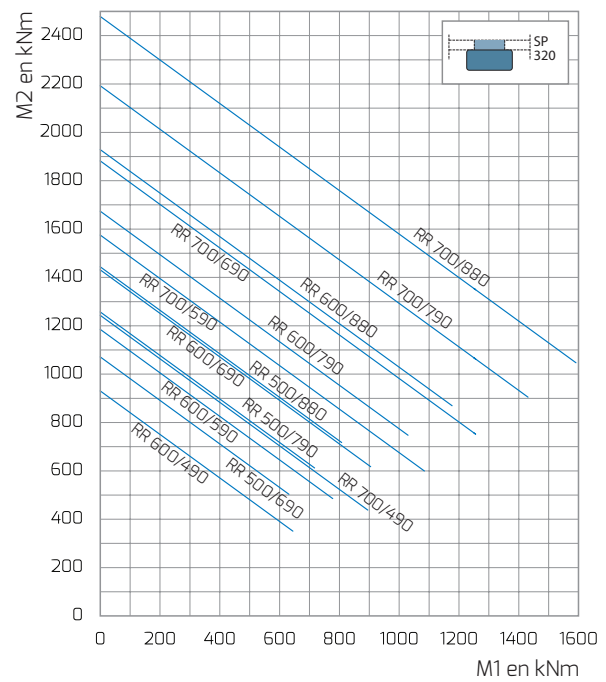
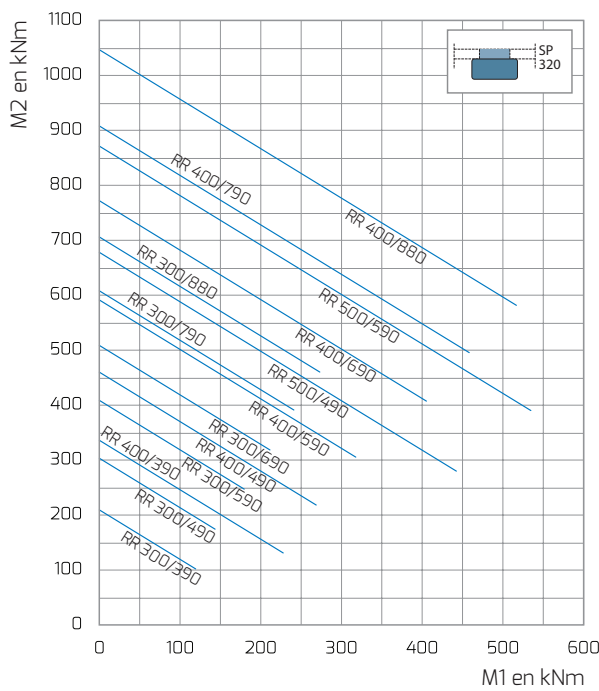
### Poutres RR avec hourdis SP(N) 200 :



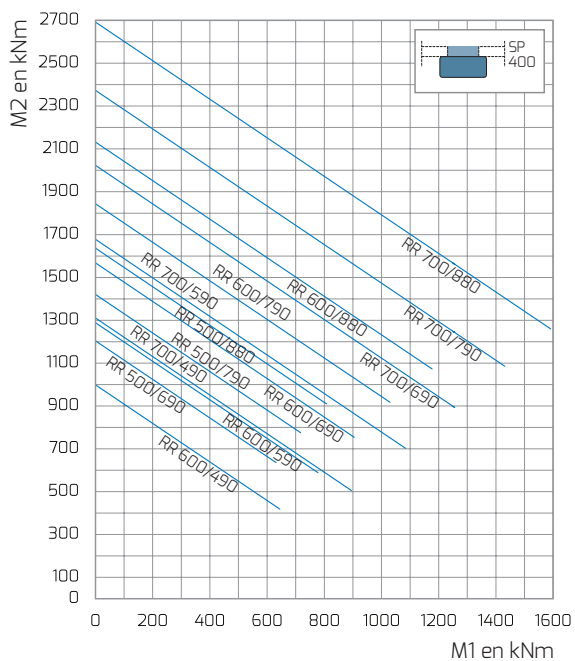
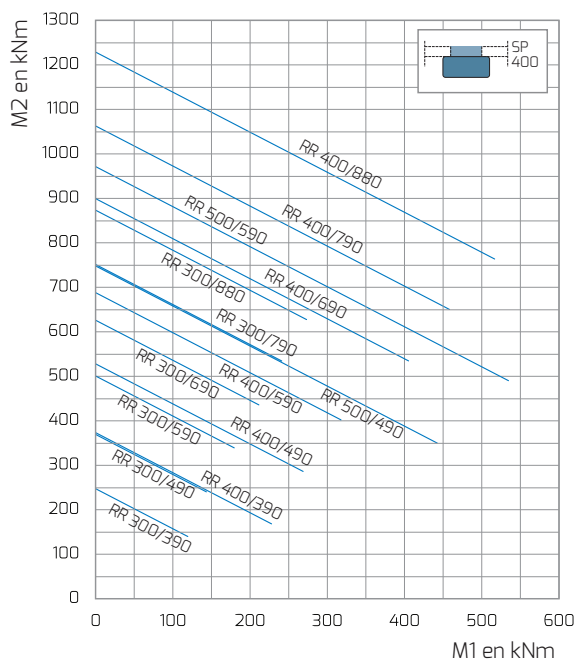
**Poutres RR avec hourdis SP 265 :**



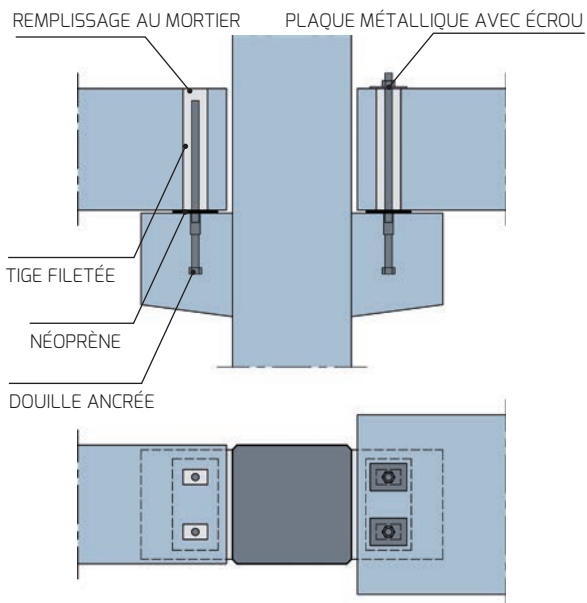
**Poutres RR avec hourdis SP 320 :**



## Poutres RR avec hourdis SP 400 :



## Liaisons





### 3.4.9 | Poutres RT, RL et RZ

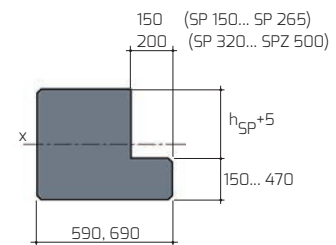
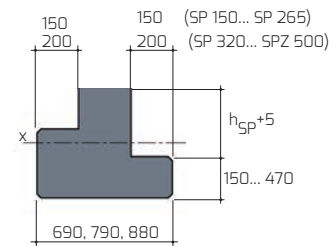
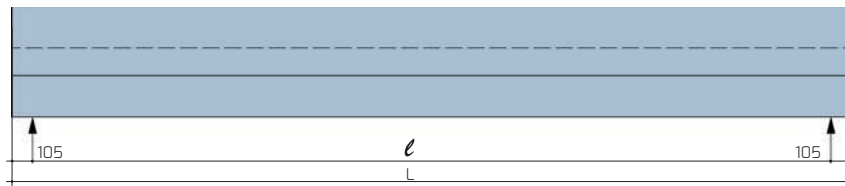
#### Domaine d'application

- Poutres de planchers à encombrement restreint.

#### Particularités

- Section en T renversé, en L ou en Z, de hauteur constante.
- Hauteur réduite de la partie visible de la poutre sous le plancher.
- Béton précontraint (ou armé) : classe de résistance à partir de C 50/60.

- La fabrication porte le label de qualité BENOR.
- Dans la plupart des cas, les poutres R seront considérées comme formant un ensemble avec le béton de seconde phase coulé sur place.



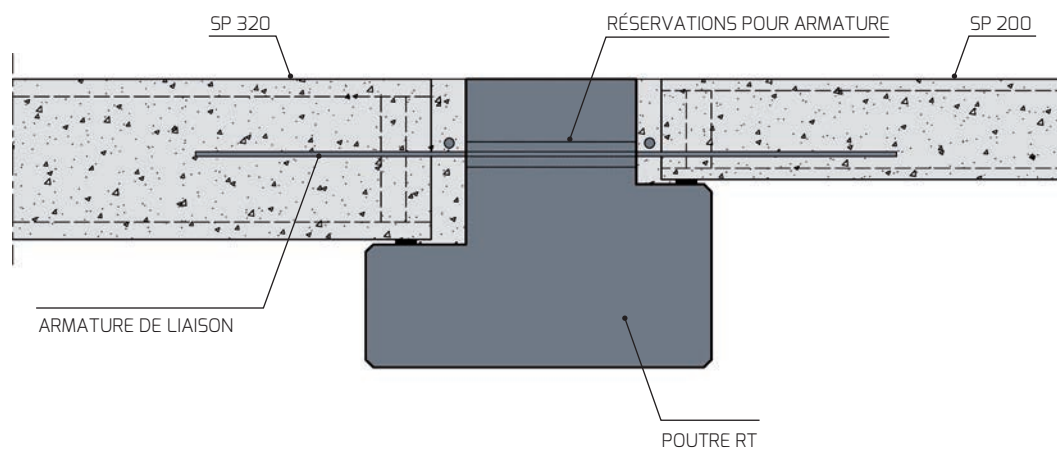
#### Caractéristiques

- Les dimensions sont à déterminer en collaboration avec nos services.
- La combinaison entre SP 150 et SP 400 et SPZ 500 n'est pas prévue. (poutres RT)

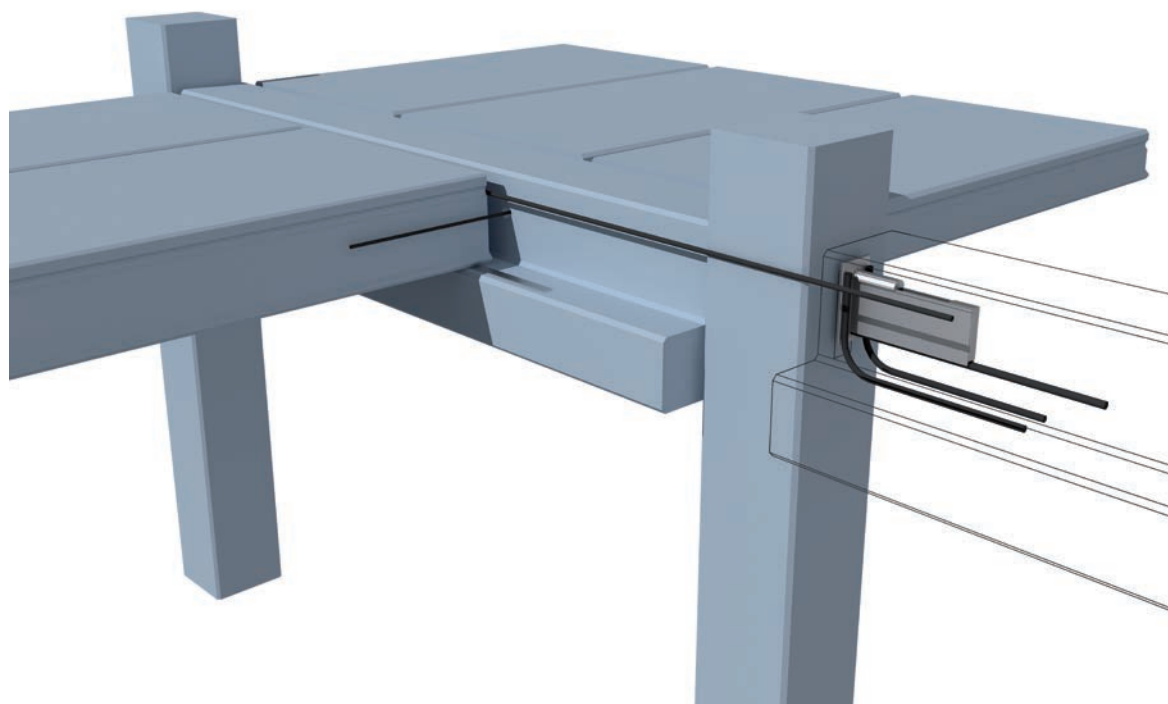
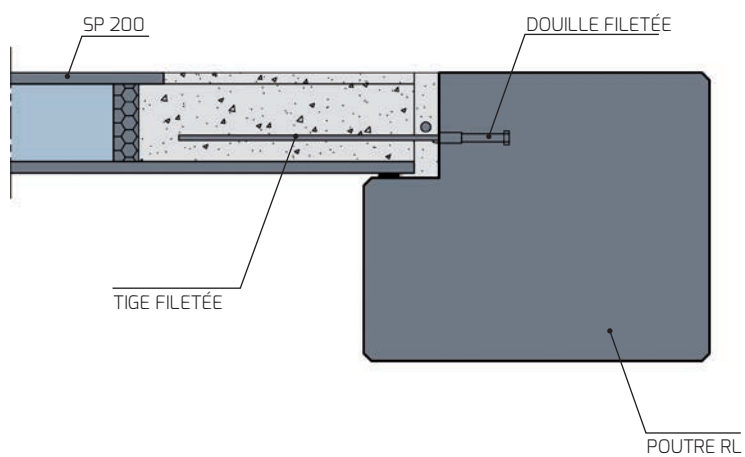


## Liaisons

COUPE AU DROIT DES JOINTS ENTRE HOURDIS



COUPE AU DROIT D'UNE ENTAILLE DE LIAISON



POUTRES RT AVEC SYSTÈME BSF

### 3.4.10 | Poutres I et IE

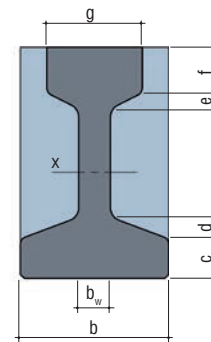
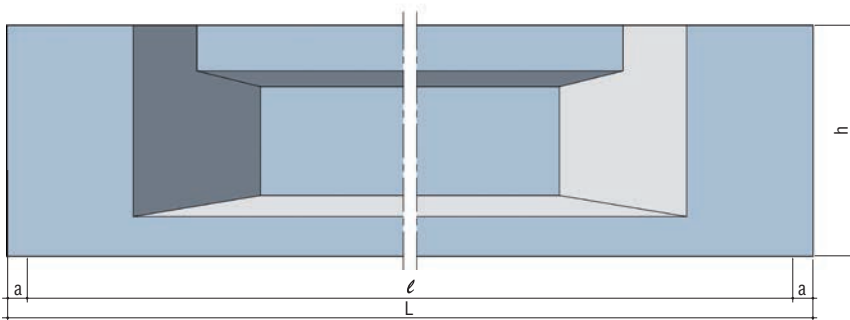
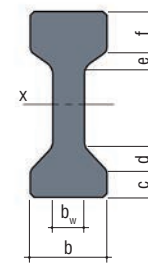
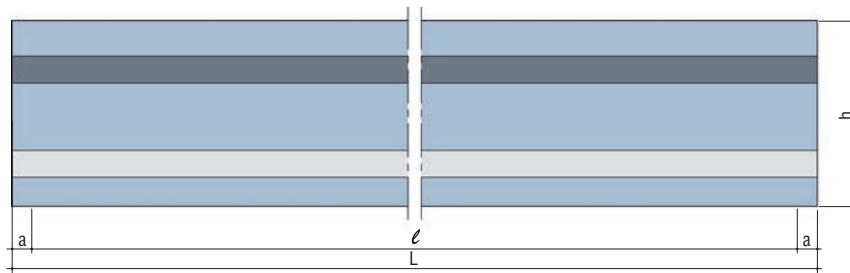
**Domaine d'application**

- Poutres pour toitures horizontales ou en pente, poutres principales pour planchers ou autres structures portantes.

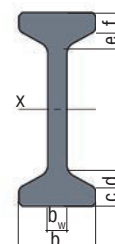
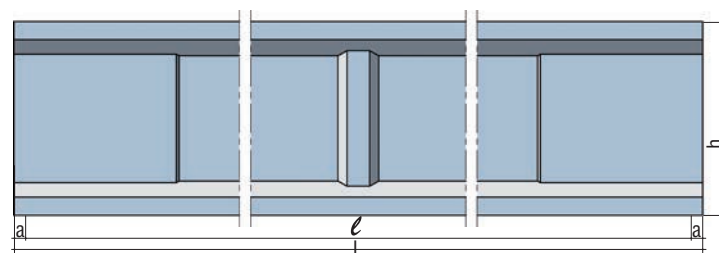
**Particularités**

- Section en I de hauteur constante.
- Béton précontraint : classe de résistance C 50/60 pour poutres I et C 60/75 pour poutres IE.

- Les poutres I 1400/590 et I 1600/590 sont prévues avec des blocs d'about de section rectangulaire. Pour les autres profils, les blocs d'about sont uniquement placés sur demande.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



a = 105 mm pour poutres I avec  $b \leq 340$  mm.  
 a = 120 mm pour poutres I avec  $b > 340$  mm.



a = 120 mm



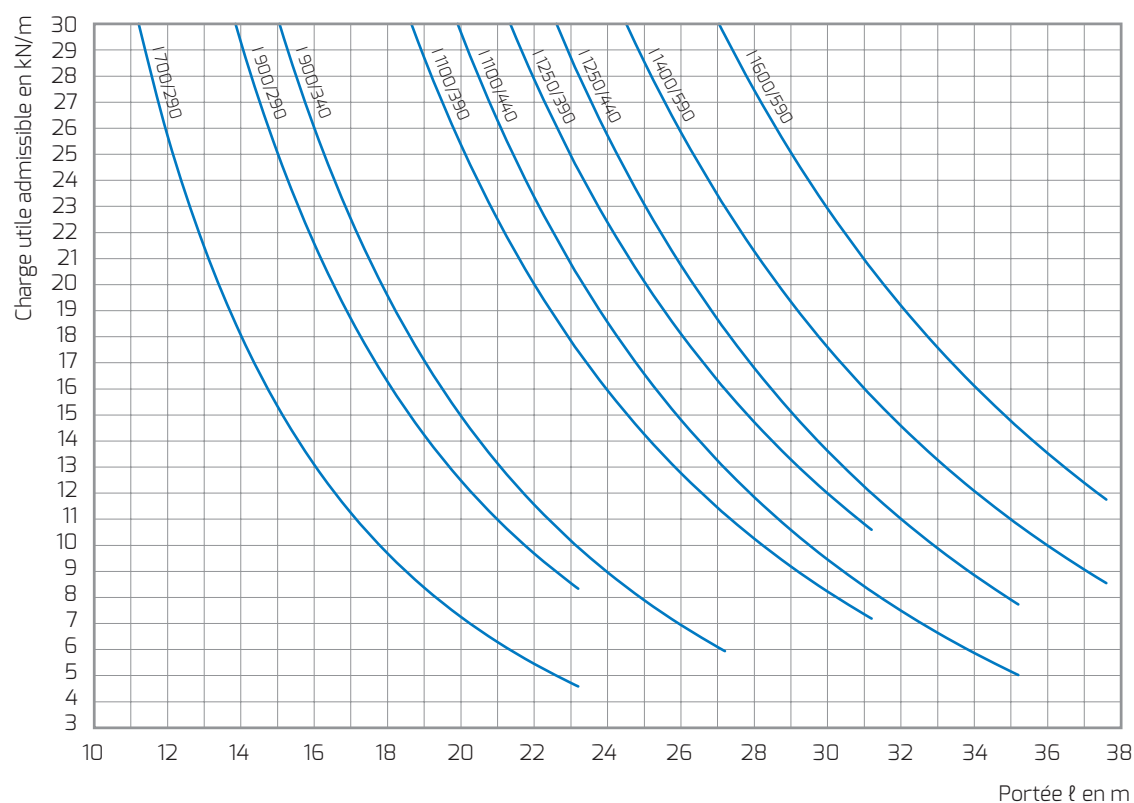
## Caractéristiques poutres I

Profil	h	(g) b	c	d	e	f	b <sub>w</sub>	Poids	A	I <sub>x</sub>	W <sub>x,sup</sub>	W <sub>x,inf</sub>	L <sub>max</sub>	M <sub>Rd</sub> (*)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/m	x 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	m	kNm
I 700/290	700	290	100	90	60	150	120	3,48	139	7481	21,89	20,88	23,2	779
I 900/290	900	290	100	90	60	150	120	4,08	163	14827	33,75	32,19	23,2	1212
I 900/340	900	340	100	90	60	150	170	5,21	208	17868	40,46	38,98	27,2	1474
I 1100/390	1100	390	90	120	80	140	150	6,11	244	33889	62,95	60,34	31,2	2315
I 1100/440	1100	440	90	120	80	140	200	7,48	299	39441	72,98	70,49	35,2	2731
I 1250/390	1250	390	130	120	80	190	150	7,21	288	51728	84,67	80,94	31,2	3118
I 1250/440	1250	440	130	120	80	190	200	8,77	351	59876	97,61	94,06	35,2	3630
I 1400/590	1400	(350) 590	150	80	60	300	110	8,11	324	81542	110,31	123,40	37,6	4201
I 1600/590	1600	(350) 590	150	80	60	300	110	8,66	346	115055	136,94	151,42	37,6	5182

(\*) Remarques :

- Les valeurs de M<sub>Rd</sub> indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- La valeur de calcul du moment sollicitant M<sub>Ed</sub> doit satisfaire à la relation : M<sub>Ed</sub> ≤ M<sub>Rd</sub>.
- Le moment M<sub>Ed</sub> est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.
- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer M<sub>Ed</sub> !

## Courbes de performances poutres I



Remarque :

- Charge utile admissible = somme de toutes les charges sollicitant la poutre I à l'exclusion de son poids propre.

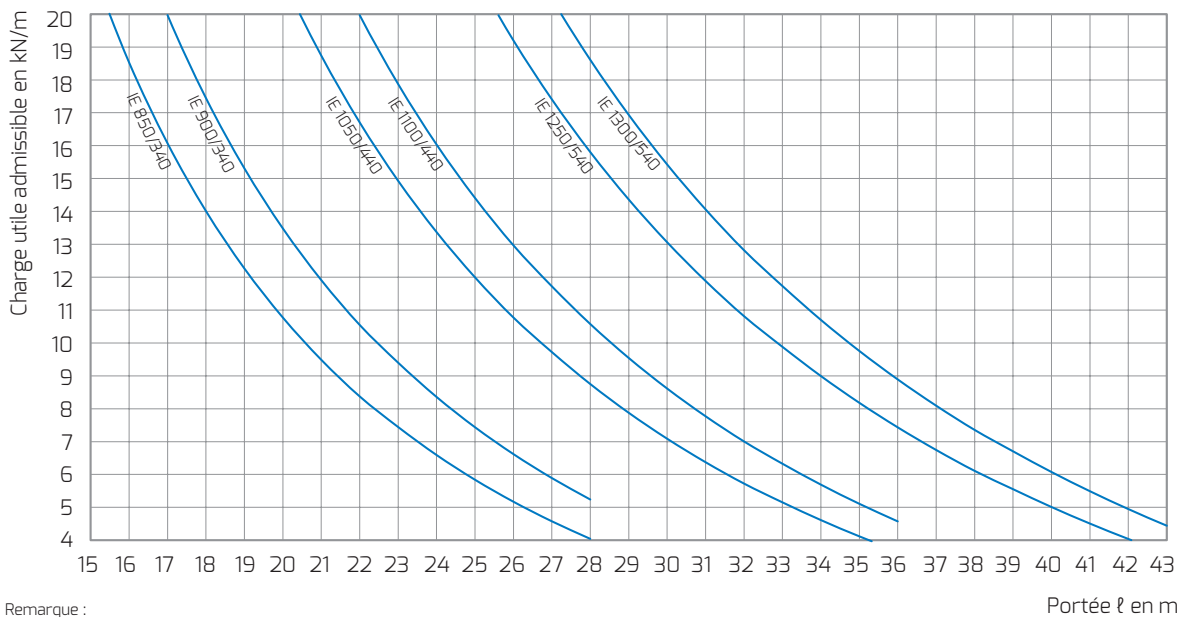
Caractéristiques poutres IE

Profil	h	b	c	d	e	f	b <sub>w</sub>	Poids	A	I <sub>x</sub>	W <sub>x,sup</sub>	W <sub>x,inf</sub>	L <sub>max</sub>	M <sub>Rd</sub> (*)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/m	x 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	m	kNm
IE 850/340	850	340	80	70	70	80	85	3,27	131	12268	28,87	28,87	27,2	1060
IE 900/340	900	340	130	70	70	80	85	3,70	148	15319	32,13	36,19	27,2	1310
IE 1050/440	1050	440	80	100	100	80	85	4,54	181	27616	52,6	52,6	35,2	1928
IE 1100/440	1100	440	130	100	100	80	85	5,09	203	33557	57,42	65,09	35,2	2338
IE 1250/540	1250	540	80	130	130	80	85	5,96	238	53701	85,92	85,92	43,2	3196
IE 1300/540	1300	540	130	130	130	80	85	6,63	265	63953	92,53	105	43,2	3824

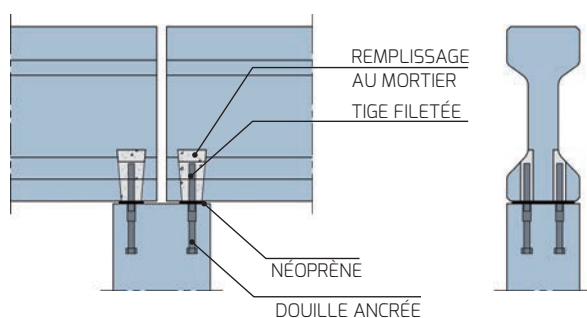
(\*) Remarques :

- Les valeurs de M<sub>Rd</sub> indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- La valeur de calcul du moment sollicitant M<sub>Ed</sub> doit satisfaire à la relation : M<sub>Ed</sub> ≤ M<sub>Rd</sub>.
- Le moment M<sub>Ed</sub> est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.
- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer M<sub>Ed</sub> !

Courbes de performances poutres IE



Liaisons



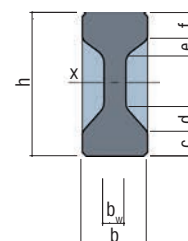
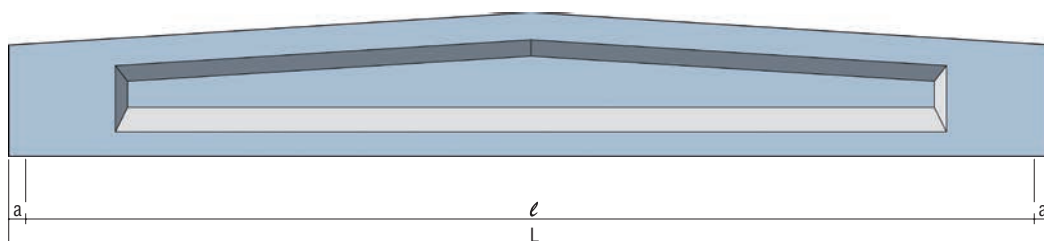
### 3.4.11 | Poutres IV

**Domaine d'application**

- Poutres de toiture.

**Particularités**

- Section en I de hauteur variable.
- Pente de la semelle supérieure = 6,25 %.
- Béton précontraint : classe de résistance C 50/60.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



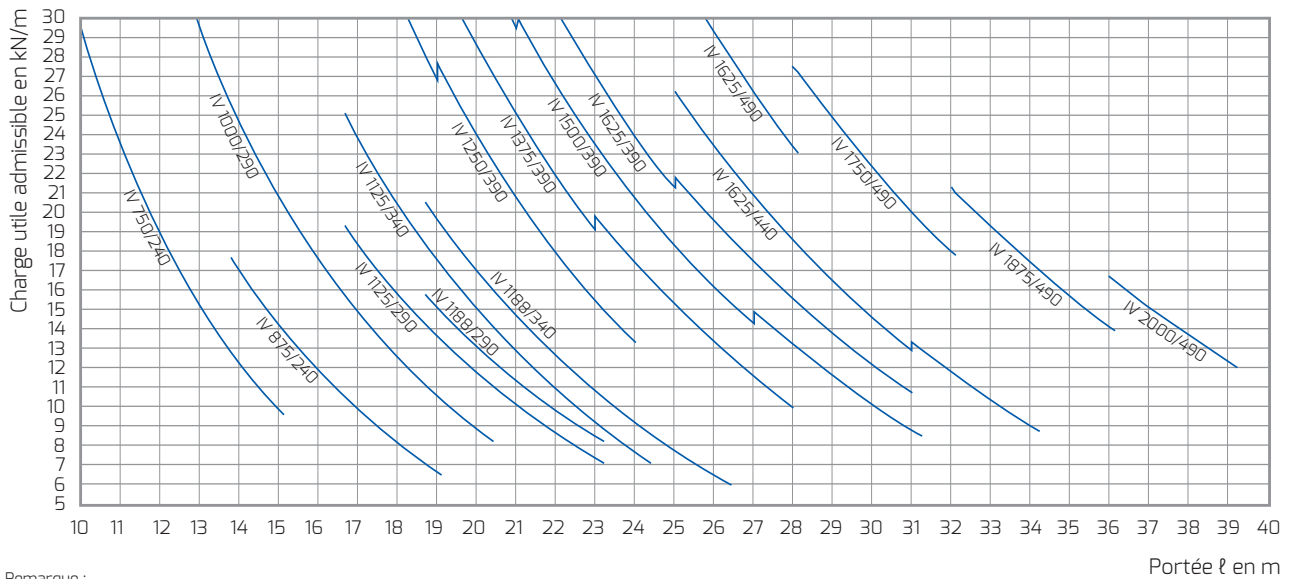
a = 105 mm pour poutres IV avec  $b \leq 340$  mm.  
 a = 120 mm pour poutres IV avec  $b > 340$  mm.

**Caractéristiques**

Profil	h	b	c	d	e	f	b <sub>w</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m
IV 750/240	750	240	90	90	60	100	80	9,8	15,1
IV 875/240	875	240	90	90	60	100	80	13,8	19,1
IV 1000/290	1000	290	90	110	70	130	80	12,7	20,4
IV 1125/290	1125	290	90	110	70	130	80	16,7	23,2
IV 1125/340	1125	340	90	110	70	130	130	16,7	24,4
IV 1188/290	1188	290	90	110	70	130	80	18,7	23,2
IV 1188/340	1188	340	90	110	70	130	130	18,7	26,4
IV 1250/390	1250	390	90	140	100	140	80	12,7	24,0
IV 1375/390	1375	390	90	140	100	140	80	16,7	28,0
IV 1500/390	1500	390	90	140	100	140	80	16,7	31,2
IV 1625/390	1625	390	90	140	100	140	80	20,7	31,0
IV 1625/440	1625	440	90	140	100	140	130	20,7	34,2
IV 1625/490	1625	490	100	200	150	150	80	24,0	28,1
IV 1750/490	1750	490	100	200	150	150	80	28,0	32,1
IV 1875/490	1875	490	100	200	150	150	80	32,0	36,1
IV 2000/490	2000	490	100	200	150	150	80	36,0	39,2



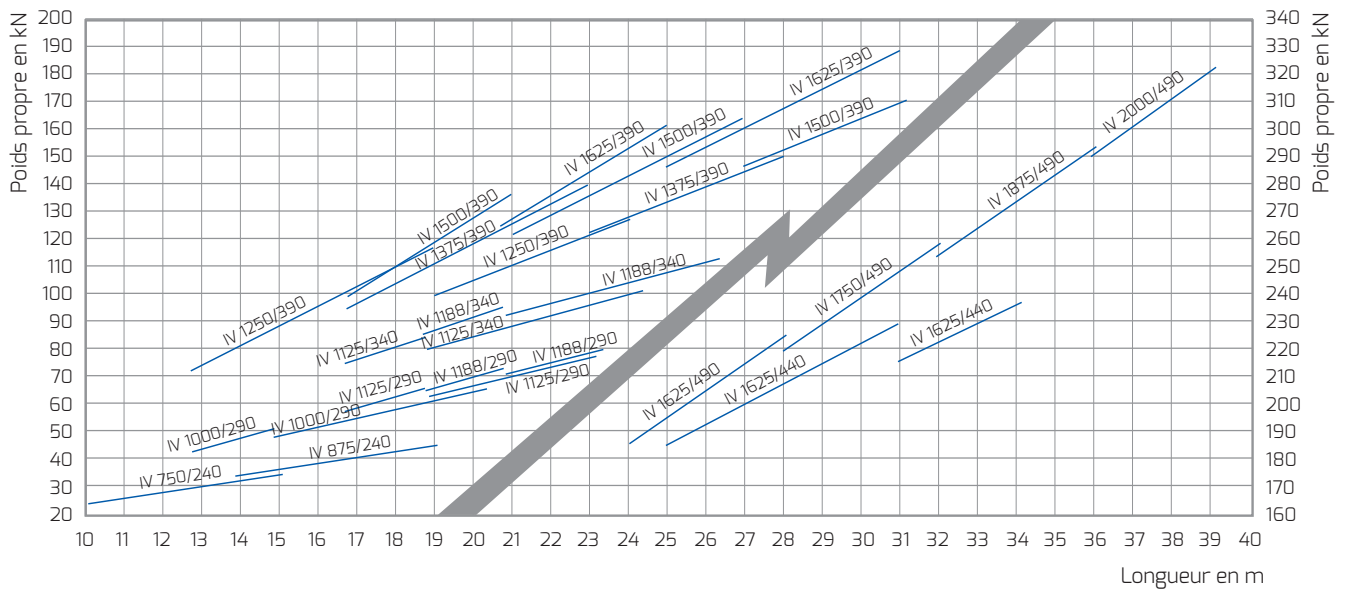
Courbes de performances



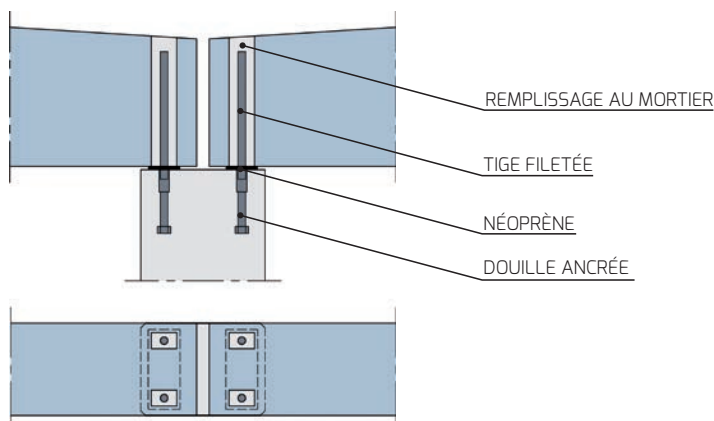
Remarque :

- Charge utile admissible = somme de toutes les charges sollicitant la poutre IV à l'exclusion de son poids propre.

Poids des poutres



Liaisons



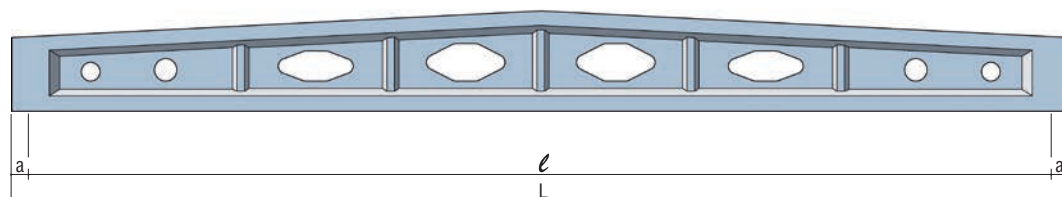
### 3.4.12 | Poutres IVH

**Domaine d'application**

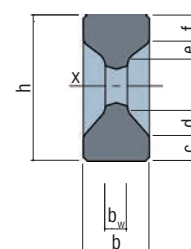
- Poutres de toiture.

**Particularités**

- Section en I de hauteur variable.
- Pente de la semelle supérieure = 5 %.
- Présentent des ouvertures dans l'âme pour le passage de techniques.
- Béton précontraint : classe de résistance C 60/75.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.



a = 120 mm

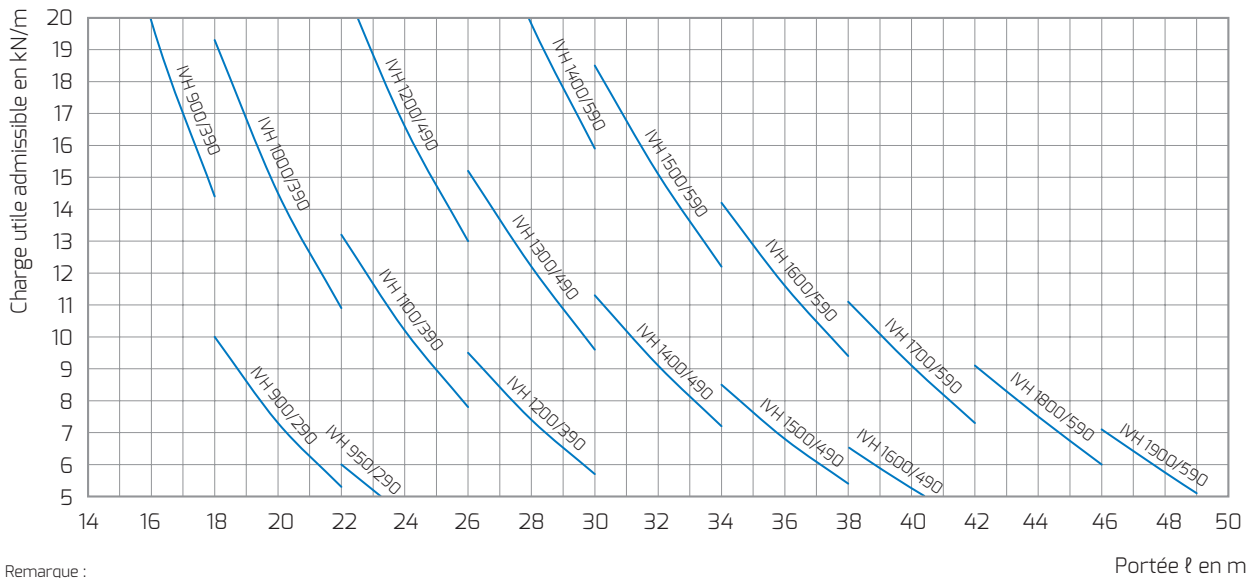


**Caractéristiques**

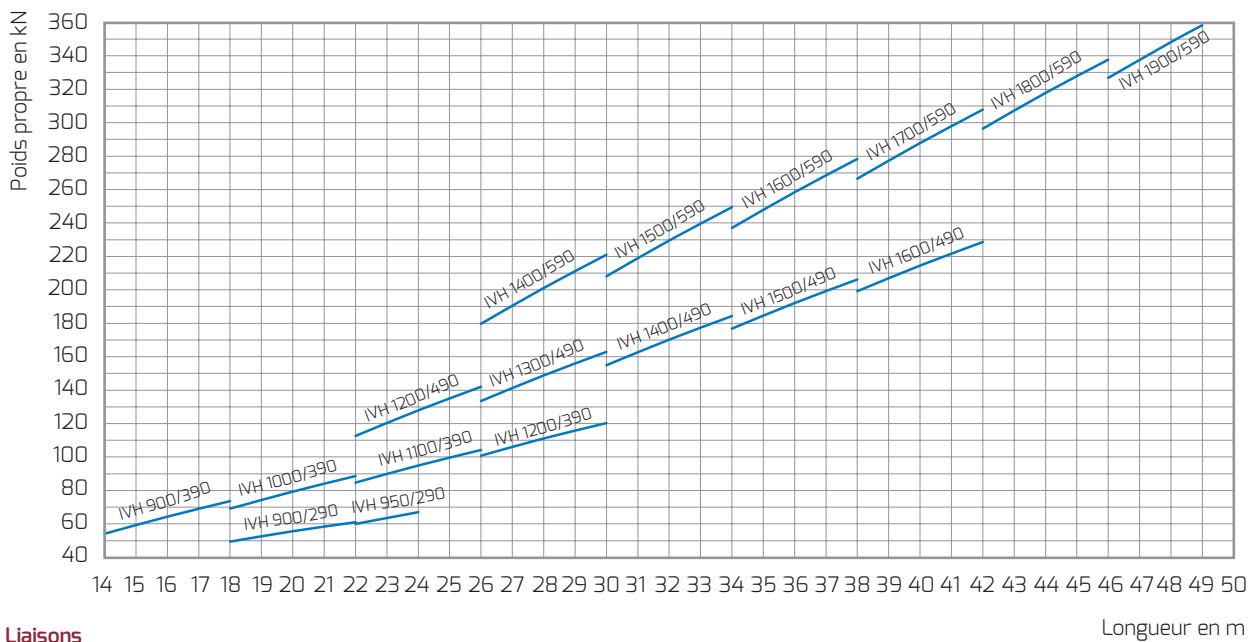
Profil	h	b	c	d	e	f	b <sub>w</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>max</sub>	Poids
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m	kN/m
IVH 900/290	900	290	80	70	70	80	80	18	22	2,78
IVH 950/290	950	290	80	70	70	80	80	20	24	2,79
IVH 900/390	900	390	80	100	100	80	80	14	18	4,09
IVH 1000/390	1000	390	80	100	100	80	80	18	22	4,03
IVH 1100/390	1100	390	80	100	100	80	80	22	26	4,01
IVH 1200/390	1200	390	80	100	100	80	80	26	30	4,01
IVH 1200/490	1200	490	80	130	130	80	80	22	26	5,46
IVH 1300/490	1300	490	80	130	130	80	80	26	30	5,43
IVH 1400/490	1400	490	80	130	130	80	80	30	34	5,42
IVH 1500/490	1500	490	80	130	130	80	80	34	38	5,43
IVH 1600/490	1600	490	80	130	130	80	80	38	39,2	5,44
IVH 1400/590	1400	590	80	215	160	80	80	26	30	7,37
IVH 1500/590	1500	590	80	215	160	80	80	30	34	7,34
IVH 1600/590	1600	590	80	215	160	80	80	34	38	7,32
IVH 1700/590	1700	590	80	215	160	80	80	38	42	7,33
IVH 1800/590	1800	590	80	215	160	80	80	42	46	7,34
IVH 1900/590	1900	590	80	215	160	80	80	46	47,2	7,36



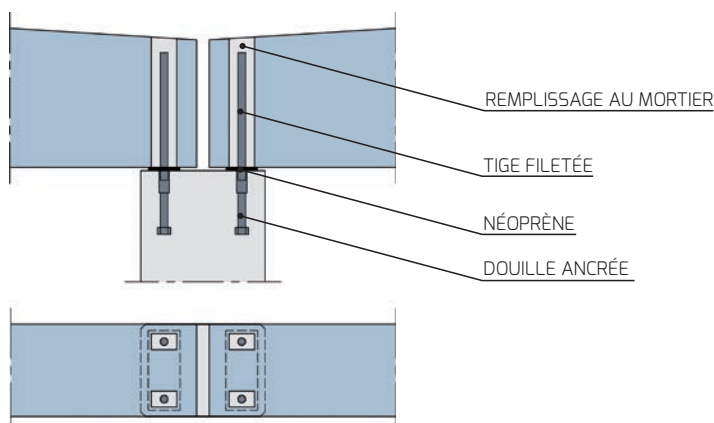
**Courbes de performances**



**Poids des poutres**



**Liaisons**



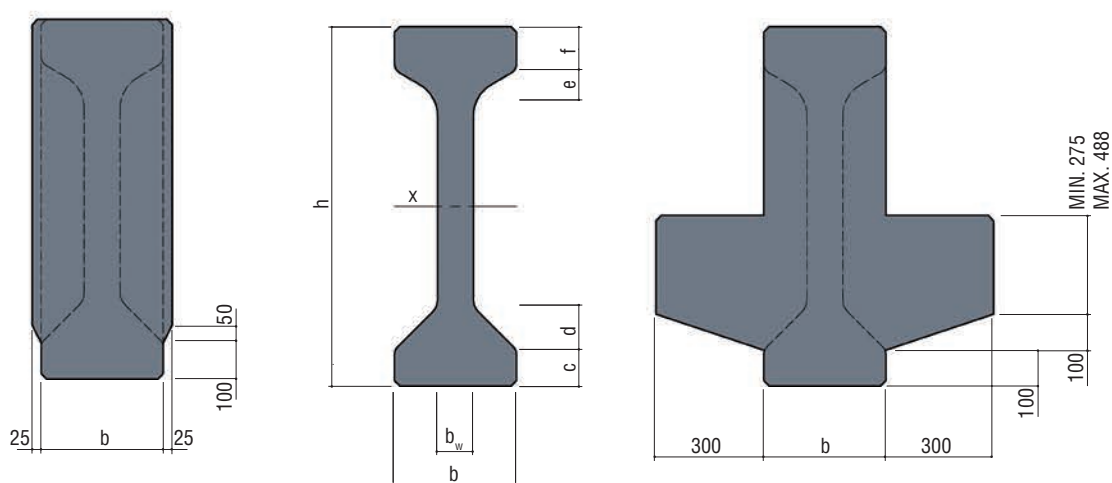
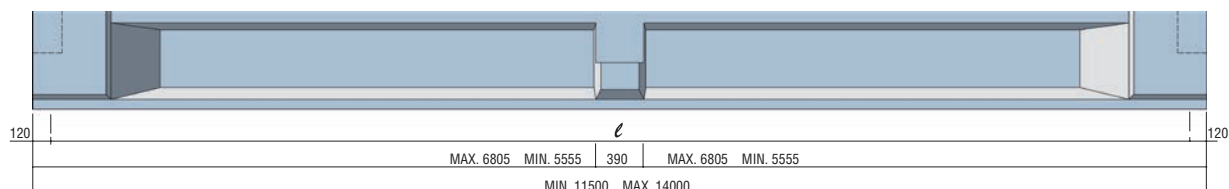
### 3.4.13 | Poutres IK

#### Domaine d'application

- Poutres primaires pour toitures de bâtiments dont les colonnes ont une entre-distance comprise entre 11,50 et 14 m.

#### Particularités

- Section en I de hauteur constante.
- Bloc d'about élargi de section rectangulaire.
- Consoles latérales à mi-portée.
- Béton précontraint : classe de résistance C 50/60.
- La fabrication porte le label de qualité BENOR.

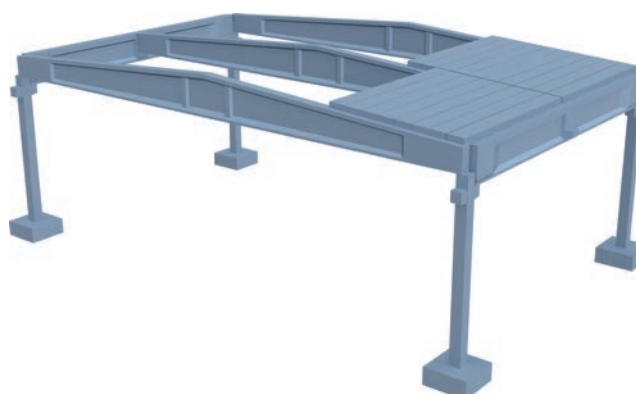


#### Caractéristiques

Profil	h	b	c	d	e	f	b <sub>w</sub>	Poids	A	I <sub>x</sub>	W <sub>x,sup</sub>	W <sub>x,inf</sub>	L	M <sub>Rd</sub> <sup>(*)</sup>
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/m	x 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>4</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>	x 10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>		
IK 1000/340	1000	340	100	120	70	120	100	4,39	175,6	21772	43,39	43,70	11,5 à 14,0	1348
IK 1000/390	1000	390	100	120	70	120	150	5,64	225,6	25938	51,73	52,02	11,5 à 14,0	1616
IK 1100/390	1100	390	100	120	70	220	150	6,62	264,6	36081	69,37	62,22	11,5 à 14,0	2000

#### (\*) Remarques :

- Les valeurs de M<sub>Rd</sub> indiquées dans le tableau sont les valeurs de calcul des moments résistants à l'état-limite ultime.
- La valeur de calcul du moment sollicitant M<sub>Ed</sub> doit satisfaire à la relation : M<sub>Ed</sub> ≤ M<sub>Rd</sub>.
- Le moment M<sub>Ed</sub> est calculé en tenant compte du poids propre de l'élément et de la charge utile multipliés par les coefficients de pondération correspondants.
- La prise en compte du poids propre de l'élément est donc essentielle pour déterminer M<sub>Ed</sub> !



**Ergon nv/sa**

Marnixdreef 5, B-2500 Lier

[sales@ergon.be](mailto:sales@ergon.be)

[www.ergon.be](http://www.ergon.be)

Ed. 2018