

Long Carbon Europe
Sections and Merchant Bars



ArcelorMittal

ACB®

Poutres alvéolaires





La solution intelligente
pour les grandes portées

Sommaire

1. Introduction	3
2. Domaines d'utilisation	4
3. Concept - fabrication	6
4. Tolérances des poutres ACB®	13
5. Les poutres cellulaires symétriques dans les applications de couvertures et de planchers métalliques	15
6. Les poutres cellulaires dissymétriques dans les applications de planchers mixtes et plateaux libres	21
7. Stabilité au feu et sécurité incendie	25
8. Les poutrelles ACB® : une solution pour le développement durable	27
9. Abaques de pré-dimensionnement ACB®	29
10. Abaques de pré-dimensionnement : Exemples d'application	37
Support technique & parachèvement	40
Vos partenaires	41



1. Introduction

Les poutres cellulaires connaissent depuis une dizaine d'années un usage croissant tant dans le domaine de la construction métallique que dans l'exploration de voies structurelles nouvelles.

L'utilisation des poutres cellulaires permet une nouvelle expression architecturale. En effet, les structures sont allégées et les portées sont augmentées afin d'assurer la modularité des lieux. Cette flexibilité va de pair avec la fonctionnalité du passage des équipements techniques (conduits, gaines) à travers les ouvertures. L'aspect aérien des poutrelles cellulaires, allié à leur forte résistance, ne cesse d'inspirer aux architectes des formes structurelles toujours renouvelées.

Plusieurs facteurs de progrès permettent aujourd'hui le développement de l'utilisation des poutres cellulaires :

- **Fabrication**

L'optimisation des méthodes de fabrication (oxycoupage, cintrage, etc.) permet actuellement de s'adapter aux exigences des maîtres d'ouvrage afin de garantir une livraison rapide des poutrelles cellulaires.

- **Normalisation**

Les Eurocodes (Eurocode 3 pour les structures en acier et Eurocode 4 pour les structures mixtes acier-béton) apportent des éléments de réponse pour le calcul de la résistance en situation normale d'utilisation, pour les situations accidentelles d'incendie et pour ce qui concerne l'utilisation de l'acier à haute limite d'élasticité S460.

- **Construction mixte**

La maîtrise de la construction mixte acier-béton sous ses différents aspects – réalisation de la connexion, utilisation des bacs collaborants, plateaux libres, résistance au feu, confort des usagers et durabilité – a largement contribué à la solution "poutrelles cellulaires ACB®" dans les planchers.

- **Outils de calcul**

Le développement et la mise à la disposition d'un outil performant de calcul et de conception (logiciel ACB) aux bureaux d'étude et aux architectes favorisent l'utilisation des poutrelles cellulaires. Les méthodes adoptées dans ce logiciel sont basées sur l'exploitation de résultats d'essais de poutres grandeur réelle et de nombreuses analyses numériques.

2. Domaines d'utilisation

1. Couverture

L'utilisation des poutres ACB® comme éléments de couverture permet de franchir des portées importantes, avoisinant 40 mètres. Que les poutres soient utilisées en tant qu'éléments indépendants (poutrelles simplement appuyées) ou de continuité (traverse de portique), la compétitivité de la solution ACB® est confirmée à la fois par la conservation des fonctionnalités des poutres treillis et par la réduction des interventions sur site pour les assemblages.

Les poutres ACB® offrent aux architectes des solutions attractives et pratiques en termes d'aménagement de l'espace sans effet d'écran. Le diamètre des ouvertures peut atteindre 80 % de la hauteur totale de la poutre avec la possibilité de ne laisser qu'une faible distance – nécessaire à la fabrication – entre les ouvertures. Cette configuration des ACB® permet d'accentuer la transparence et la "fusion" des poutres dans l'espace et dans l'ouvrage, notions prisées des architectes.

2. Planchers

Les constructions modernes exigent de plus en plus l'aménagement d'installations techniques (chauffage, ventilation, conditionnement d'air, etc.) à l'intérieur du plénum disponible.

L'utilisation de poutrelles cellulaires ACB® apporte actuellement des réponses efficaces à la demande des maîtres d'ouvrage. Cette solution autorise de grands plateaux libres sur une distance pouvant aller jusqu'à 18 mètres et permet le passage dans le plénum, à travers les alvéoles, de conduits divers.

L'épaisseur totale du plancher est inférieure de 25 à 40 cm par rapport à des solutions lourdes conventionnelles. Pour des bâtiments courants à hauteur imposée de l'ordre de 35 à 40 mètres, un gain de seulement 20 cm sur l'épaisseur du plancher permet la réalisation d'un étage supplémentaire.

Pour des bâtiments à nombre d'étages imposé (de deux à six niveaux de plancher), le gain résulte d'une gestion économique de la réalisation de façades, poteaux, stabilités, murs séparatifs ainsi que des passages verticaux.

Figure 1 : Poutre ACB® de couverture



Figure 2 : Rénovation à l'aide de poutrelles cellulaires ACB®



Crédit Lyonnais Paris - Architecte : Jean-Jacques Ory - Photographie : Kamel Khalif



3. Applications particulières

3.1. Rénovation

Afin de préserver l'héritage architectural, les structures légères et flexibles sur base des poutrelles cellulaires ACB® sont utilisées pour consolider, réutiliser ou moderniser d'anciens bâtiments (fig 2).

3.2. Poteaux et éléments de façade

Une application plus qu'élégante est représentée par les poutres-poteaux ACB® (fig 3). Leur efficacité maximum est atteinte face à des applications à faible chargement axial.

3.3. Poutraison de parking

Quatre raisons poussent à recommander l'emploi de poutres cellulaires ACB® dans la construction de parkings lorsqu'aucune justification de résistance au feu n'est requise :

- Les portées traditionnelles (15 à 16 m) sont dans la gamme des portées typiques,
- Le drainage est facilité grâce aux poutres légèrement cintrées,
- Les ouvertures améliorent l'aspect intérieur de ces ouvrages,
- Les alvéoles facilitent l'évacuation des fumées en permettant une meilleure circulation entre compartiments.

3.4. Poutraison d'ossature offshore

Dans les cas où cette industrie requiert :

- Une ossature alliant résistance et faible poids,
- La possibilité de passer des canalisations, les poutres cellulaires apparaissent clairement indiquées compte tenu de leurs caractéristiques. Dans le cas de chargements particulièrement élevés l'utilisation des aciers HISTAR® est recommandée.

Figure 3 : Poutre-poteau ACB®

3. Concept - fabrication

Les poutres ACB® sont fabriquées dans des installations modernes dans l'enceinte de l'usine de laminage de grosses poutrelles d'ArcelorMittal à Differdange (Luxembourg). La proximité de ces installations avec l'usine limite les transports, augmente la réactivité et contribue à la compétitivité des coûts de fabrication.

La méthode de fabrication brevetée des poutres cellulaires ACB® est basée sur l'utilisation exclusive de poutrelles laminées à chaud.

Une double découpe est pratiquée dans l'âme par oxycoupage. Les 2 tés ainsi formés sont ressoudés après décalage d'une demi-onde et il en résulte un accroissement de la hauteur (fig 4).

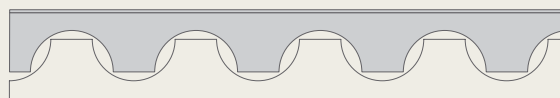
Le produit structurel ainsi obtenu présente un rapport inertie/poids incrémenté.

Les programmes de découpe sont pilotés numériquement afin d'assurer un ajustement parfait des alvéoles (fig 5). La fabrication en parallèle de poutres permet de réduire les coûts de production.

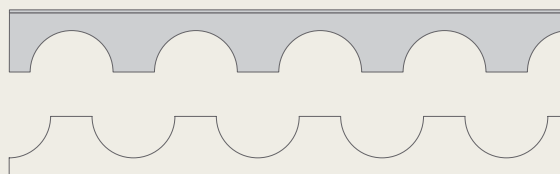
Il apparaît clairement sur les schémas que le linéaire de soudure est limité. Les cordons sont contrôlés visuellement ou à la demande, suivant les spécifications particulières du maître d'ouvrage ou du client.

Figure 4 : Schéma de fabrication d'une poutre ACB®

Étape 1 :
oxycoupage



Étape 2 :
séparation des Tés



Étape 3 :
réassemblage-soudage

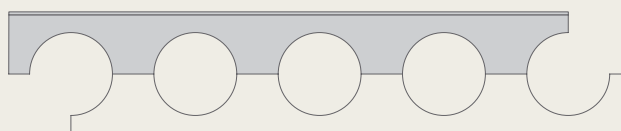


Figure 5 : Table d'oxycoupage de poutrelles laminées à chaud





Fabrication des poutres ACB®

1. Choix du diamètre et de l'entraxe des ouvertures

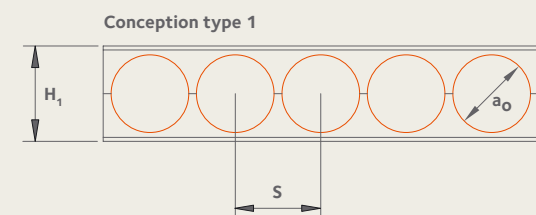
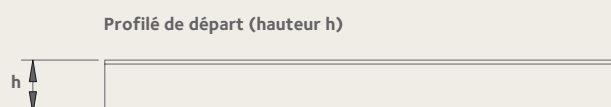
À partir d'un profilé de départ, il existe une infinité de combinaisons possibles en termes de diamètres et d'entraxes des cellules (fig 6). Le choix est orienté suivant le principe ci-dessous :

L'ajustement final de quelques millimètres sur l'entraxe permet d'obtenir des découpes d'about en partie pleine.

Figure 6 : Définition d'une poutre ACB®

Objectifs :

Optimisation du ratio hauteur/poids



$$\begin{aligned} a_0 &= 1,0 \text{ to } 1,3 h \\ S &= 1,1 \text{ to } 1,3 a_0 \\ H_1 &= 1,4 \text{ to } 1,6 h \end{aligned}$$

Applications :

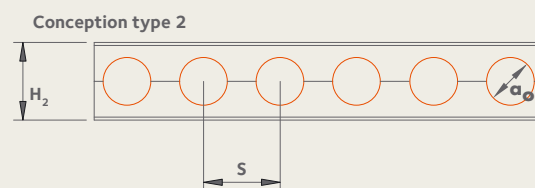
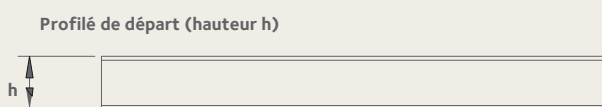
Couverture
Passerelles
Pannes grandes portées

Nuances fréquentes :

S235, S355

Objectifs :

Optimisation du ratio charge/poids



$$\begin{aligned} a_0 &= 0,8 \text{ to } 1,1 h \\ S &= 1,2 \text{ to } 1,7 a_0 \\ H_2 &= 1,3 \text{ to } 1,4 h \end{aligned}$$

Applications :

Planchers
Parking
Offshore
Poteaux

Nuances fréquentes :

S355, HISTAR® 460 (S460)



2. Choix du profil en long

2.1. Poutres cellulaires cintrées ou contrefléchées

Il est facile, au cours du processus de fabrication, de galber les 2 tés avant reconstitution pour obtenir sans surcoût notable une poutre cellulaire contrefléchée ou cintrée (fig 7).

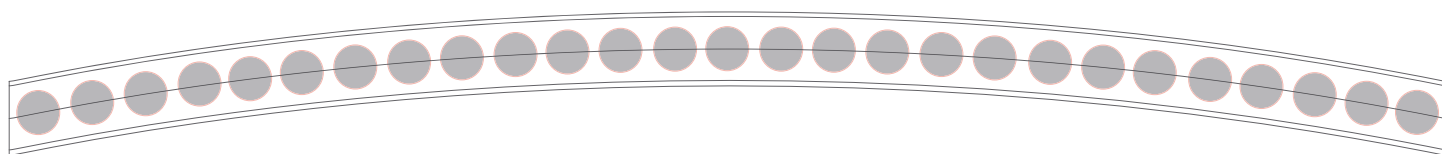


Figure 7 : Exemple d'une poutre ACB® cintrée

La contre-flèche est suffisamment marquée pour éviter tout risque d'emploi à contresens. Elle est particulièrement indiquée pour l'optimisation des poutres de plancher. La forme imprimée reste remarquablement stable, même après une galvanisation éventuelle.

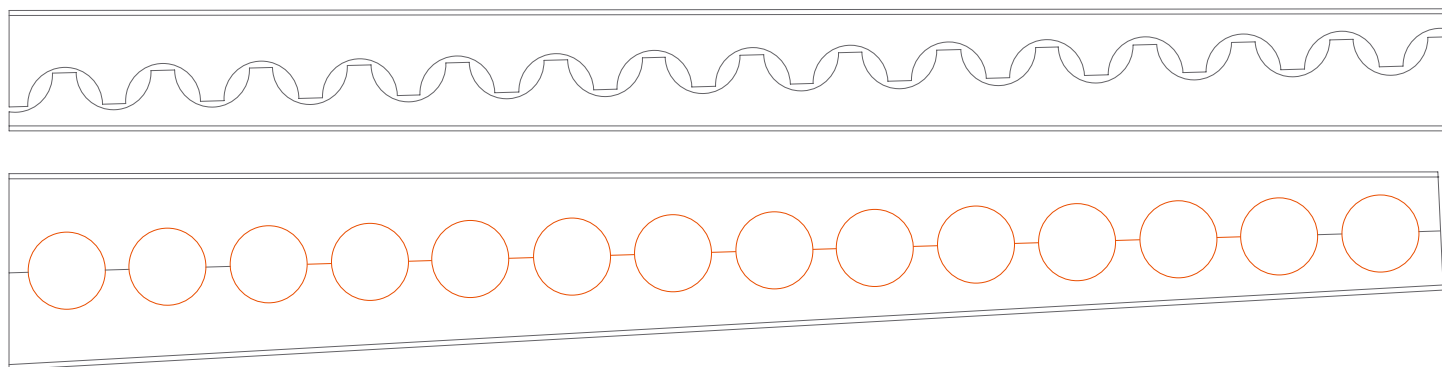
2.2. Poutres à inertie variable

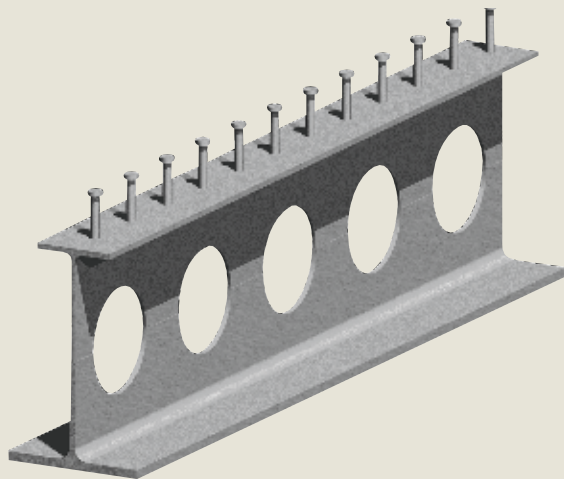
Les poutres à inertie variable sont réalisées en inclinant l'axe de découpe et en retournant un des deux tés (fig 8).

Ces formes trouvent leurs applications les plus fréquentes dans les cas de :

- Consoles longues (tribune de stade, ...)
- Poutres continues (passerelles, ...)
- Traverses de portiques.

Figure 8 : Exemple d'une poutre ACB® à inertie variable





2.3. Poutres dissymétriques

Les poutres dissymétriques, particulièrement bien adaptées au fonctionnement mixte (en combinaison avec la dalle de plancher), sont obtenues en ré-assemblant des tés de sections ou nuances différentes (fig 9).

Les poutres cellulaires constituent un apport majeur à la construction de planchers mixtes.

Figure 9 : Exemple de poutre ACB® dissymétrique



Figure 10 : Exemple de poutre ACB® avec ouverture rallongée

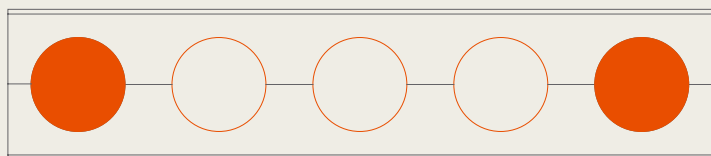


Figure 11a : Exemple de poutre ACB® avec alvéoles obturées

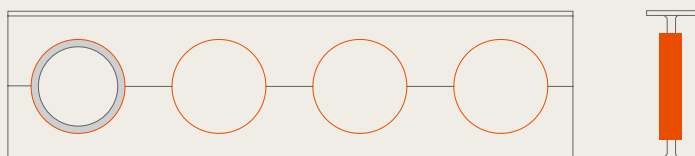


Figure 11b : Exemple de poutre ACB® avec alvéole renforcée

2.4. Ouvertures allongées

Il est parfois nécessaire d'éviter l'espace entre 2 cellules. Dans la mesure du possible, cette elongation doit être placée vers le milieu de la poutre (fig 10), dans la zone de faible effort tranchant. Lorsque cette elongation doit se situer à proximité des appuis, il est souvent nécessaire d'en raidir le contour.

2.5. Obturation des alvéoles

Suite à des contraintes d'efforts tranchants au niveau du raccordement ou pour des raisons de sécurité-incendie, l'obturation complète de certaines alvéoles s'avère parfois nécessaire (fig 11a). À cet effet, des disques en tôle sont insérés et soudés des deux côtés. Les épaisseurs de la tôle et du cordon de soudage sont optimisées en fonction des contraintes locales.

2.6. Renfort circulaire

Si, pour des raisons esthétiques, l'ouverture doit être maintenue, une cerce soudée sur le pourtour de l'ouverture permet d'augmenter la rigidité (fig 11b).



Exemple de poutre ACB® avec alvéole obturée



Alvéoles partiellement obturées permettant le raccordement

2.7. Renforcement du montant

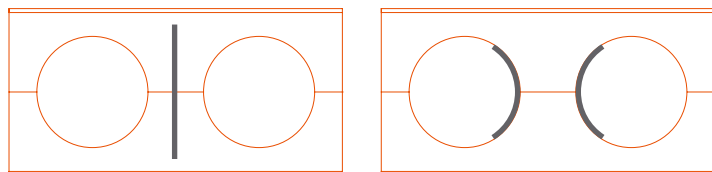
Le critère de bon fonctionnement à l'état limite de service nécessite une rigidité flexionnelle suffisante vis-à-vis des déformations et des vibrations, c'est-à-dire des flèches. L'optimisation de la charpente alvéolaire est envisageable par augmentation de l'inertie accompagnée d'une diminution de l'épaisseur de l'âme, ce qui favorise l'utilisation des profils IPE et IPE A.

L'ingénieur est souvent confronté à des situations où l'optimisation ne peut s'opérer efficacement compte tenu du risque de flambement d'un ou de deux montants vers les appuis entre les alvéoles d'extrémités. Quatre solutions classiques sont envisageables :

- Obturer les alvéoles, ce qui peut poser un problème de restriction de la liberté de passage,
- Renforcer les ouvertures par des cerces afin de conserver la liberté de passage,
- Choisir un profilé plus résistant,
- Choisir une qualité d'acier supérieure pour diminuer le degré de chargement.

Alternativement, des études expérimentales ont montré l'efficacité d'un simple plat rigide soudé au droit du montant critique (fig 12). Deux portions de cerces peuvent également être utilisées.

Figure 12 : Dispositifs permettant d'éviter le flambement du montant



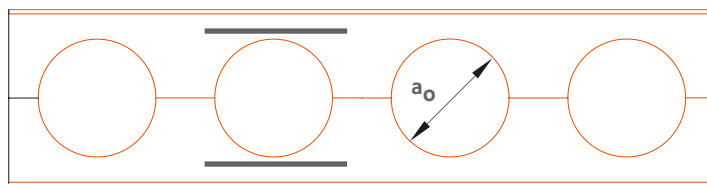
Simple plat

Deux portions de cerces

2.8. Reprise des charges localisées

Une plastification localisée au droit d'une ouverture quelconque (normalement, il s'agit d'ouvertures isolées près de charges concentrées ou au droit de sections à sollicitation maximale) peut être évitée grâce à l'application de simples plats de part et d'autre de l'ouverture (fig 13).

Figure 13 : Disposition de simples plats pour éviter la plastification locale



3. Travaux de soudage

Les travaux de soudage sont exécutés par des soudeurs qualifiés selon la norme européenne EN 287-1 pour les procédés MAG 135 et MAG 136. La technique de soudage "bout à bout" est utilisée pour les poutrelles ACB® standard. L'épaisseur des cordons de soudure ne nécessite généralement pas une soudure pleine pénétration.

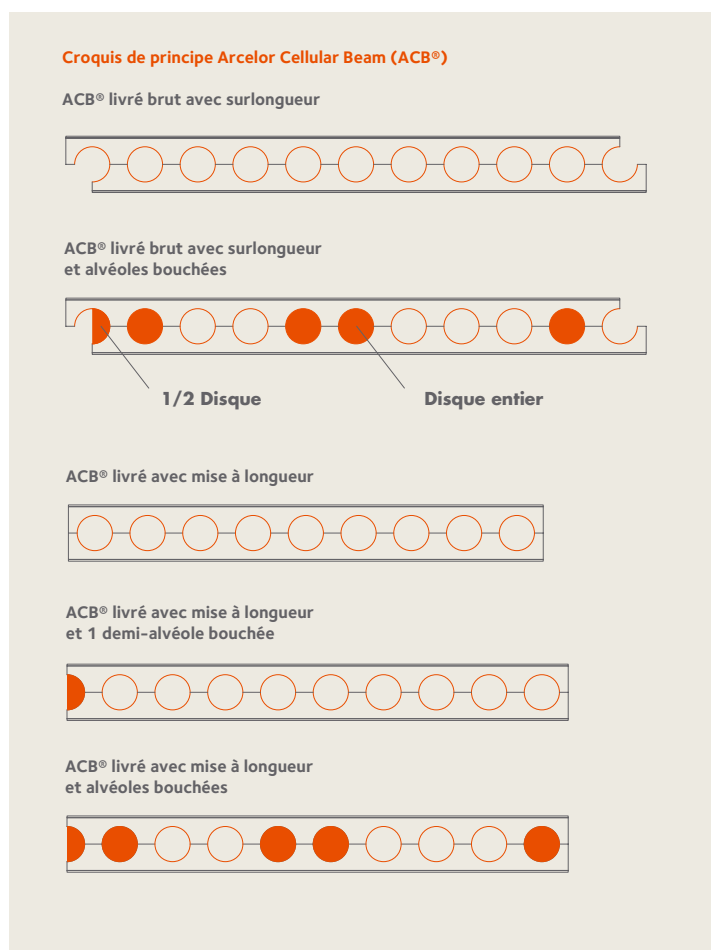
Une étude basée sur des essais a permis de valider le modèle utilisé dans le logiciel ACB. Ce modèle permet de calculer le cordon nécessaire afin de résister aux sollicitations définies.



4. Types de fabrication

Les poutrelles ACB® peuvent être commandées d'après les exemples de la figure 14.

Figure 14 : Possibilités de fourniture des poutres ACB®



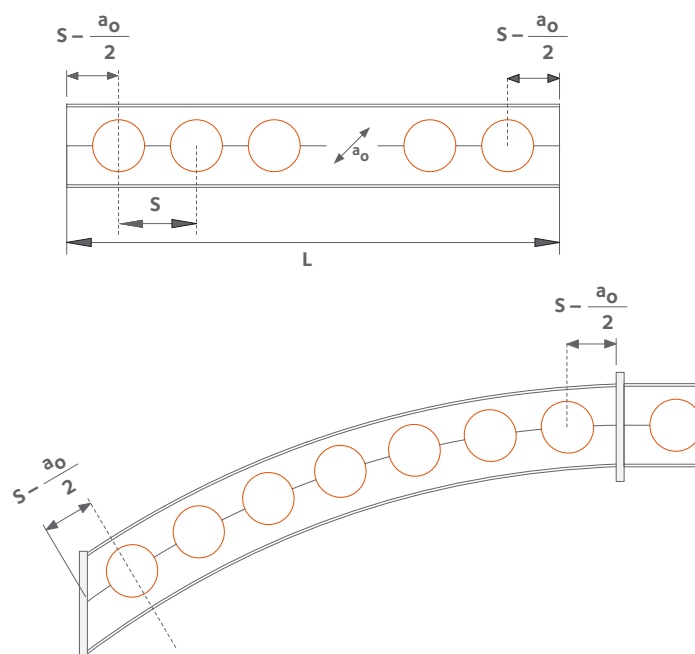
5. Raccordement des poutrelles ACB®

Lors de la conception de la charpente, un soin particulier devra être apporté au positionnement des alvéoles afin d'éviter des obturations inutiles (fig 15).

- Dans un premier temps, la poutrelle est optimisée au point de vue structurel.
- La seconde étape sert à adapter la distance entre les alvéoles, de manière à avoir des âmes pleines aux extrémités des poutrelles. La distance entre les alvéoles est calculée suivant la formule :

$$S = L + a_0 / (n+1) \text{ [n = nombre d'alvéoles]}$$

Figure 15 : Optimisation du positionnement des alvéoles





Limassol Sports Hall,
Cyprus

6. Réalisation des assemblages

Lors de la conception, l'écartement des alvéoles et les zones d'about sont à définir de manière à prendre en compte la présence et l'exécution correcte des assemblages.

Pour des cas de figure spécifiques où l'obturation d'une ou de deux alvéoles s'impose, il est facile et économique de ne prévoir qu'une obturation partielle (fig 16).

7. Cintrage des poutres ACB®

Le cintrage des poutres ACB® peut être intégré sans problème dans le processus de fabrication de la poutrelle.

Il peut être dicté par les aspects suivants :

- Exigences architecturales pour les éléments de couverture
- Compensation de la flèche résultant du poids propre pour les planchers.

D'autres formes de cintrage ou de contre-fléchage peuvent être proposées sur demande, la contre-flèche minimale étant de 15mm.

Figure 16 : Exemples d'obturation partielle des alvéoles pour la réalisation des assemblages

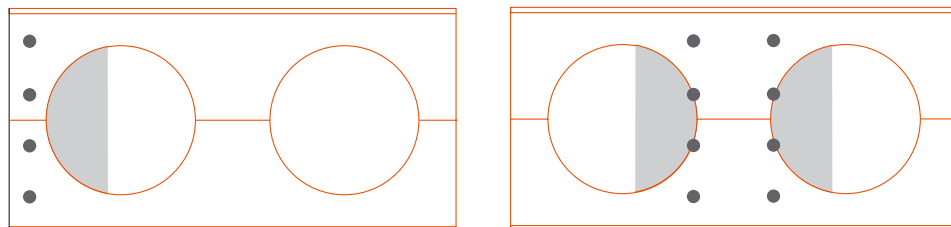
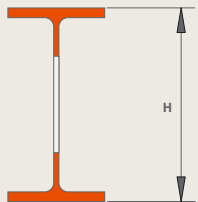

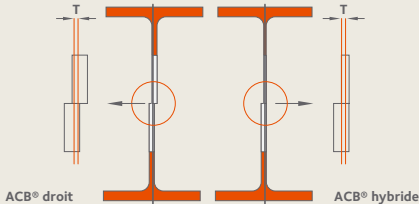
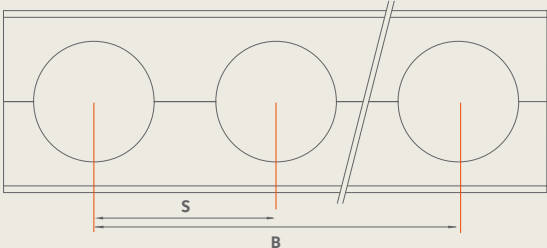


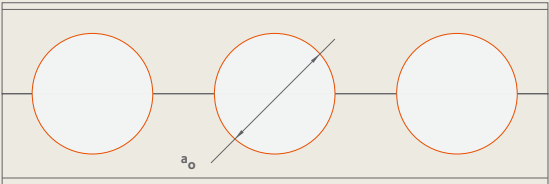
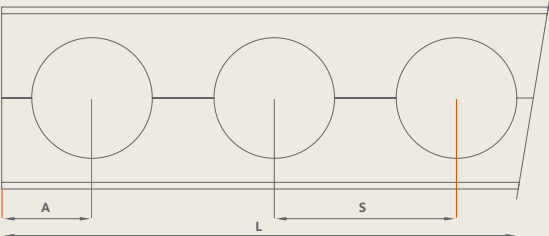
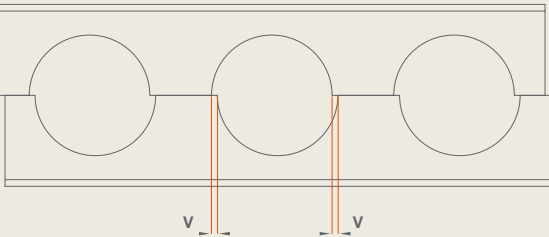
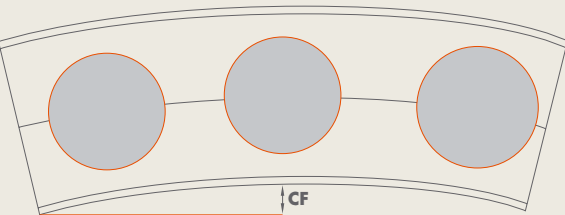
Tableau : Rayons minimaux réalisables pour les poutres ACB® contrefléchées

Poids max. du profilé kg/m	Rayon min. réalisable (m)	Exemples de contreflèche maximale (mm) en fonction de la longueur de la poutre ACB® (m)							
		10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00
90	40	314	453	617	808	1 026	1 270	1 542	1 842
110	50	251	361	492	644	817	1 010	1 225	1 461
130	65	193	278	378	494	626	774	938	1 117
150	75	167	240	327	428	542	670	811	966
170	90	139	200	273	356	451	557	675	804
190	100	125	180	245	321	406	501	607	723
210	115	109	157	213	279	353	436	527	628
230	125	100	144	196	256	324	401	485	577
250	140	89	129	175	229	290	358	433	515

4. Tolérances des poutres ACB®

Tolérances ACB®

	<p>Hauteur finale ACB® : H</p>	<p> $H < 600$ $600 \leq H < 800$ $H \geq 800$ </p>	<p> $+ 3 / - 5 \text{ mm}$ $+ 4 / - 6 \text{ mm}$ $+ 5 / - 7 \text{ mm}$ </p>
	<p>Pliage de l'âme : F</p>	<p> $H \leq 600$ $H > 600$ </p>	<p> $F \leq 4 \text{ mm}$ $F \leq 0,01 H$ </p>
	<p>Désalignement des Tés : T (de l'axe du Té supérieur à l'axe du Té inférieur)</p>		<p>$T \leq 2 \text{ mm}$</p>
	<p>Entraxe : S Distance de la 1^{ère} à la dernière alvéole : B</p>		<p> $+ / - 0,01 S$ $+ / - 0,02 S$ </p>

	<p>Diamètre : a_o</p>	<p>+ 5 / - 2 mm</p>
	<p>Longueur : L Distance de la 1^{ère} alvéole à l'extrémité : A</p>	<p>+ / - 2 mm + / - 0,02 S</p>
	<p>Décalage montants : V</p>	<p>$V \leq 0.03 \% L$ Exemple : Si L = 10000 mm $V \leq 3 \text{ mm}$</p>
	<p>Contreflèche : CF</p>	<p>+ / - 0,05 CF CF min. 5 mm</p>

5. Les poutres cellulaires symétriques dans les applications de couvertures et de planchers métalliques

Les poutres alvéolaires ACB® employées dans les couvertures et les planchers métalliques sont à sections doublement symétriques; la membrure supérieure et la membrure inférieure sont issues du même profilé de base (fig 17).

L'architecte dispose d'une grande liberté dans le choix du diamètre et de l'espacement des alvéoles. Ces deux valeurs permettront de déterminer le profilé de base et d'induire la hauteur finale de la poutre ACB®.

Le cheminement peut s'effectuer dans l'autre sens : pour une hauteur finale imposée et des caractéristiques prédéfinies pour les ouvertures, l'ingénieur peut facilement obtenir le profilé de base permettant de satisfaire cette configuration.

1. Aide à la conception

Comme pour les profilés laminés, il est indispensable de fonder la conception d'un projet en poutrelles ACB® sur des critères et des limites permettant de tirer un profit optimal des performances offertes par ce type d'éléments.

1.1. Choix de la hauteur de la poutrelle ACB®

La hauteur H de la poutrelle ACB® est déterminée en fonction de (fig 18) :

- La portée (L) et de l'espacement des poutrelles (B),
- L'intensité des charges (utilisation en couverture ou en plancher acier),
- L'utilisation des ACB® en poutres principales (situation A) ou solives (situation B),
- Des critères de déformation (limite de flèches pour situations courantes ou pour un projet particulier).

Figure 17 : Constitution d'une poutre ACB® symétrique

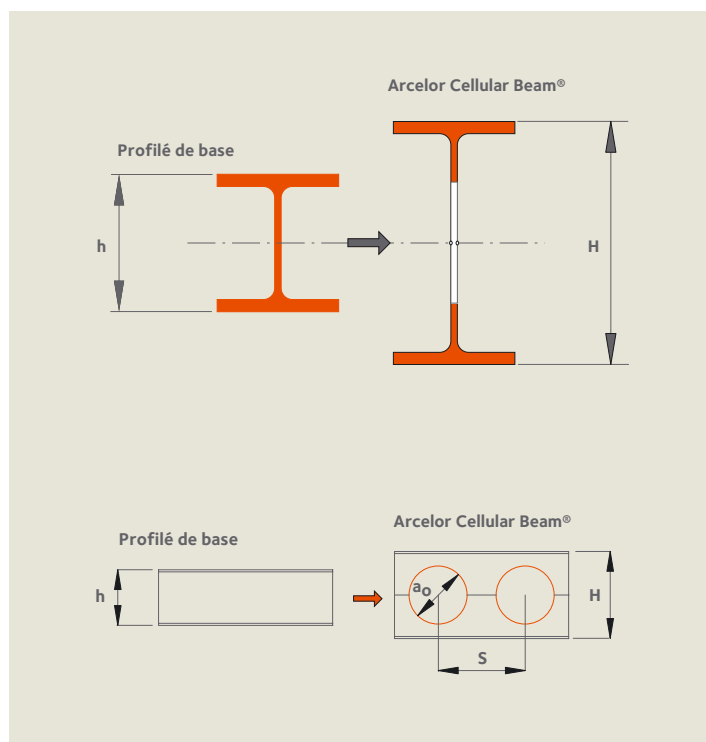
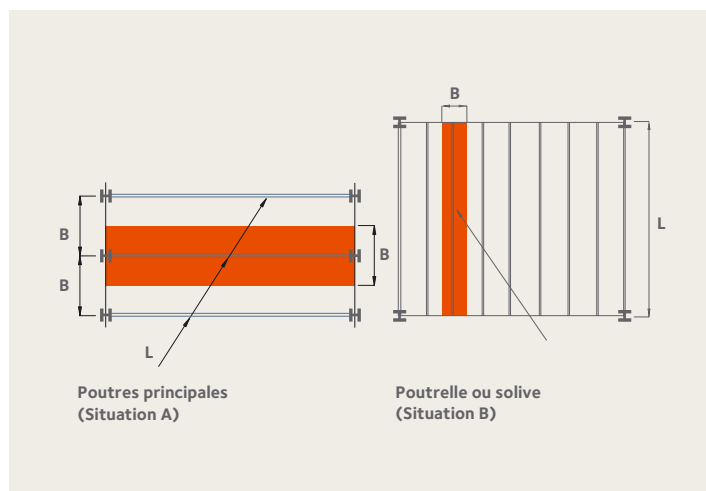
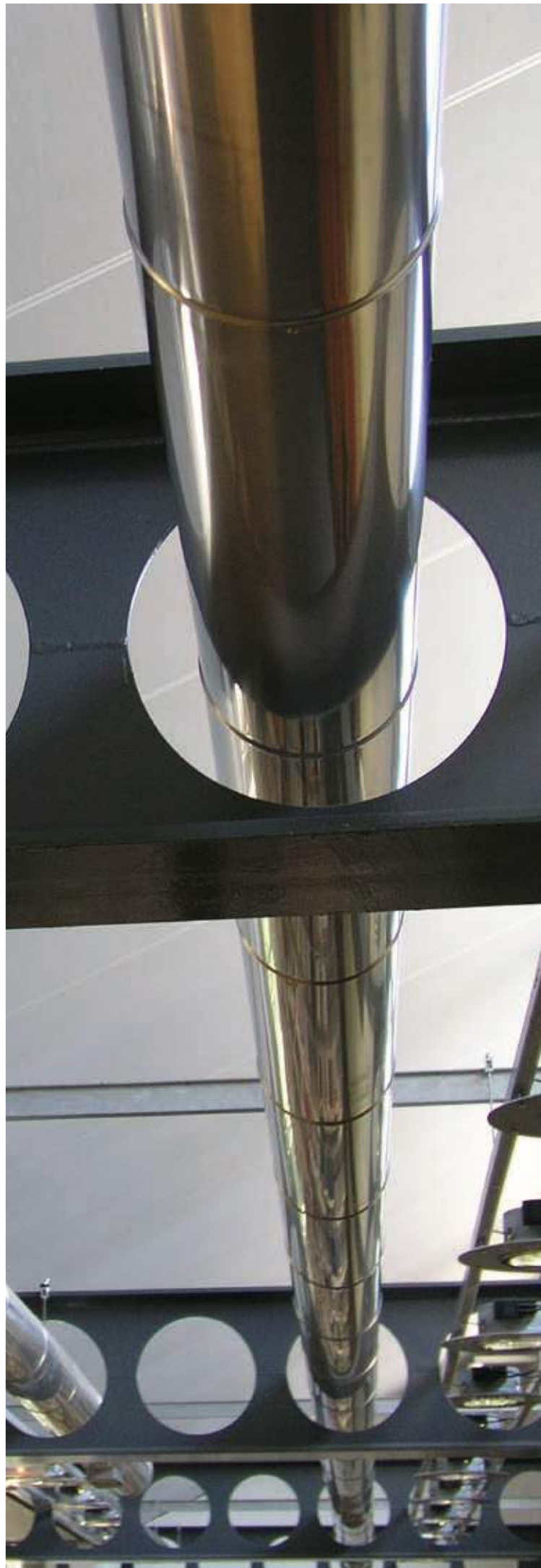


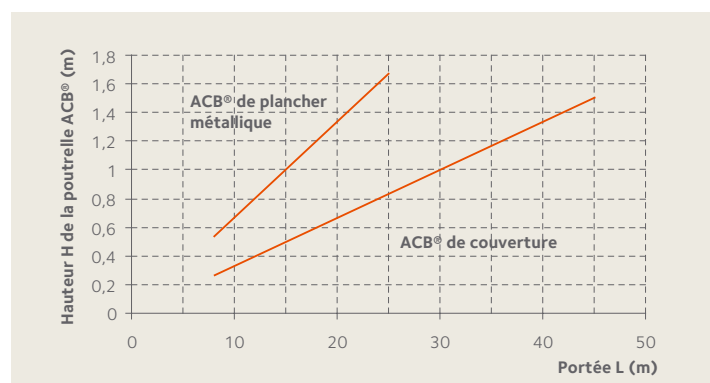
Figure 18 : Utilisation des poutres ACB® dans les planchers





Pour les projets courants de toitures, les poutres peuvent avoir un élancement (rapport portée/hauteur de la poutre) variant de 20 à 40 selon les conditions d'appui. Une valeur intermédiaire égale à 30 peut être adoptée au stade de la conception pour les solives et pour les poutres encastrées de portiques (fig 19)

Figure 19 : Hauteur de la poutre ACB® en fonction de la portée

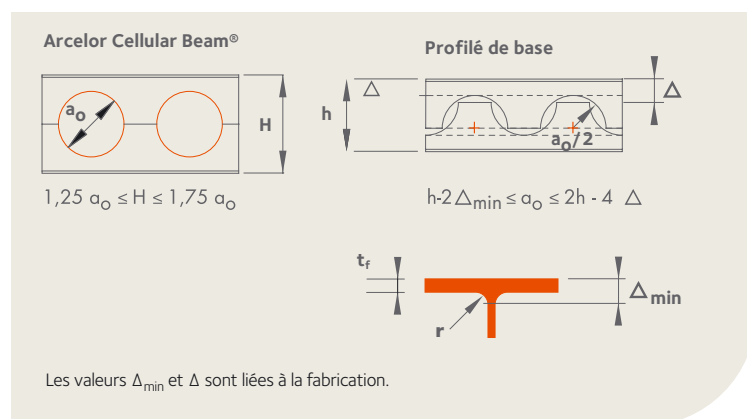


Pour les poutres de planchers de bâtiments, l'élancement varie entre 10 et 20. Pour les charges normales d'utilisation, la valeur intermédiaire égale à 15 peut être utilisée lors de la conception.

1.2. Choix du diamètre et de l'espacement des alvéoles

Le choix du diamètre et de l'espacement des alvéoles est normalement guidé par des exigences architecturales (transparence et jeu de lumière) et fonctionnelles (passages d'équipements à travers les ouvertures). Il convient toutefois de respecter les limites géométriques nécessaires au bon comportement mécanique de la poutre ACB®. Ces limites concernent :

Figure 20 : Limites géométriques des alvéoles des poutres ACB®



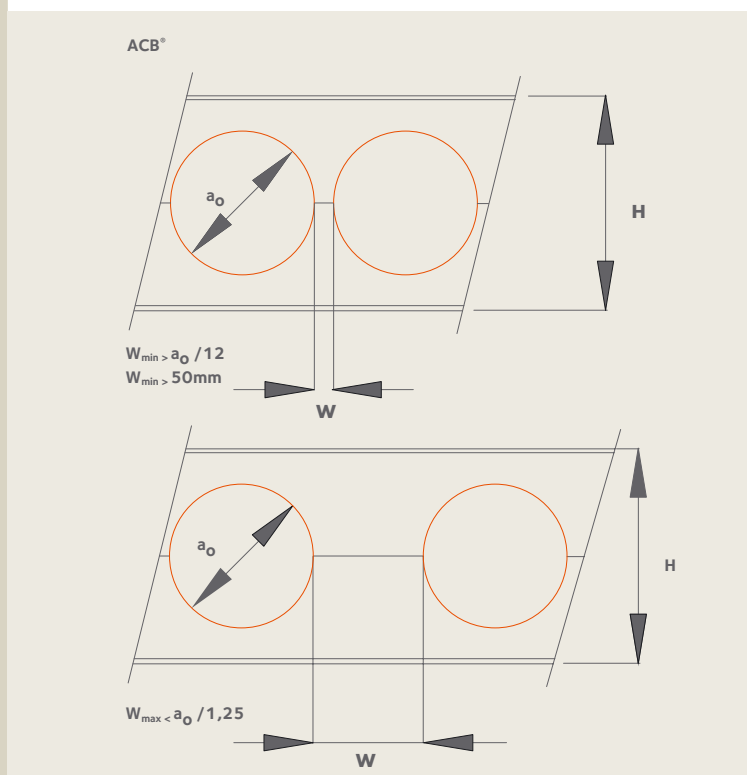
Le diamètre (fig 20) :

- Par référence à la poutrelle ACB® finie
- Par référence à la poutrelle de base

L'espacement (fig 21) :

Certaines règles doivent être observées lors du choix de l'espacement des alvéoles.

Figure 21 : Limites géométriques pour les espacements entre les alvéoles des poutres ACB®



L'espacement minimal est défini afin de garantir un assemblage adéquat des deux parties de la poutrelle ACB® et d'éviter la présence d'un point faible dans le comportement local de la poutre.

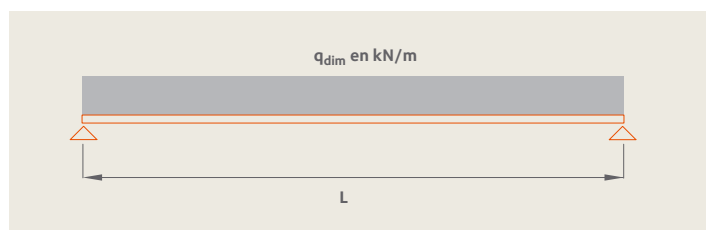
L'espacement maximal résulte à la fois de considérations économiques lors de la fabrication des poutrelles ajourées, et du comportement mécanique de la poutre, qui se rapproche de celui de la poutre à alvéoles isolées.

2. Pré-dimensionnement et tables de performances

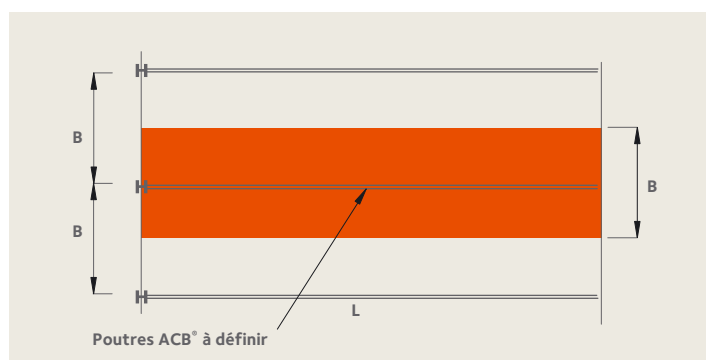
Selon la définition géométrique, la section ACB® à utiliser dans le projet peut être déterminée à partir des courbes de performances (voir pages 30 à 34 pour les applications de couvertures et de planchers métalliques) suivant les hypothèses suivantes :

Chargement :

Figure 22 : Variables à déterminer pour l'utilisation des tables



La charge de dimensionnement q_{dim} est à comparer avec la charge ultime q_u . La charge q_{dim} se calcule facilement à partir de la formule de pondération : $q_{dim} = (1,35G + 1,5Q)$



où :

B = espacement des poutres,

G = charge permanente par mètre carré,

Q = charge d'exploitation par mètre carré.

Méthodes :

Le concepteur dispose de trois procédures pour la mise en place de son projet.

1) Identification de la section à partir de la charge $q_{dim} \leq q_u$ et de la portée L pour les nuances d'acier S355 ou S460 et pour des valeurs courantes de a_0 et S (diamètre et espacement des alvéoles).

$a_0 = 1,05 h$; $S = 1,25 a_0$ ou $S = 1,5 a_0$.

Les courbes permettent d'obtenir le profilé adéquat, à l'intersection de deux lignes d'identification de q_{dim} et de L .

La valeur de H est la hauteur finale du profilé ACB®.

2) Identification de q_u pour un profilé ACB® donné en fonction de L .

En repérant la courbe (q_u , L) du profilé ACB® en question, la charge ultime q_u sera identifiée. Il suffit ensuite, de s'assurer que $q_{dim} \leq q_u$.

3) Identification de la portée maximale L en fonction de $q_{dim} \leq q_u$ pour un profilé ACB® donné.

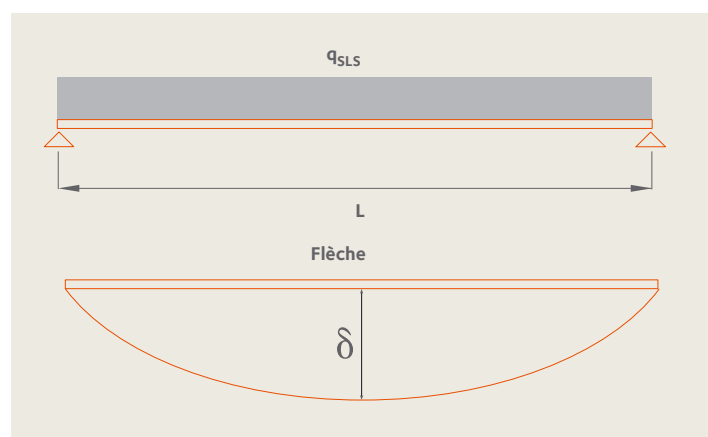
La méthode est facilitée par l'identification rapide de la portée maximale entre les poteaux.

Flèche admissible

Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/250$ sous $q_{dim/2}$ (fig 23).

Pour une valeur de charge différente de celle utilisée lors de l'établissement de ces courbes, la méthode suivante peut être appliquée au stade de pré-dimensionnement.

Figure 23 : Calcul de la flèche à mi-portée pour une poutre ACB® uniformément chargée et de portée L



La condition de flèche adoptée lors de l'établissement des courbes de pré-dimensionnement suppose des conditions normales dans les couvertures (charge permanente équivalente à la charge d'exploitation). Pour une évaluation rapide de la flèche après l'identification de la section ACB®, les formules suivantes peuvent être appliquées :

K_1 est un coefficient permettant de prendre en compte l'élancement de la poutre ajourée (L/H). Sa valeur est donnée par la variation de la figure 24a. À partir d'un élancement supérieur à 30, on retiendra un coefficient $K_1 = 1,05$.

K_2 est un coefficient prenant en compte la sensibilité de la poutre en fonction du nombre d'ouvertures (L/S). Sa valeur est donnée par la variation de la figure 24b.

À partir d'un rapport L/S supérieur à 15, on retiendra un coefficient $K_2 = 1,05$.

E = module d'élasticité de l'acier = 210 kN/mm².

$I_{y,ACB}$ = moment d'inertie de la section ACB® au droit de l'ouverture autour de l'axe y-y.

q_{SLS} = charge à l'état limite de service (non pondérée)

Figure 24a : Détermination du coefficient K_1

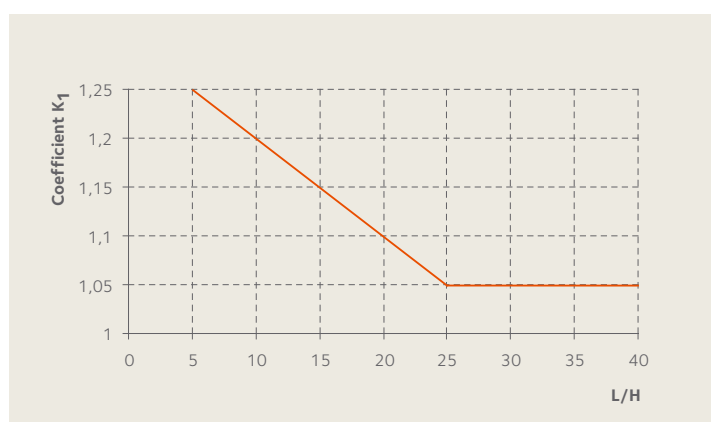
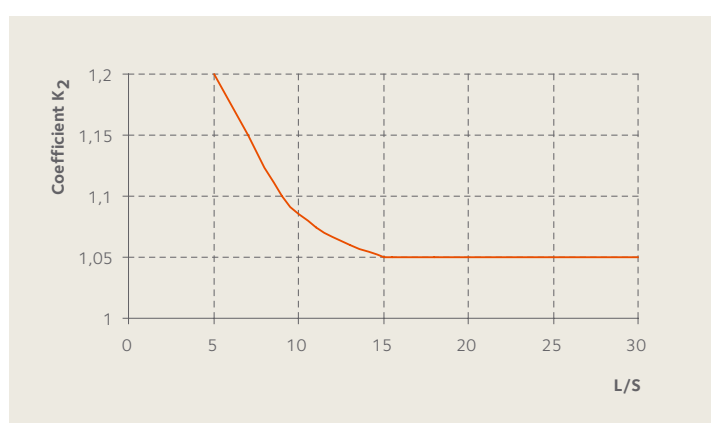


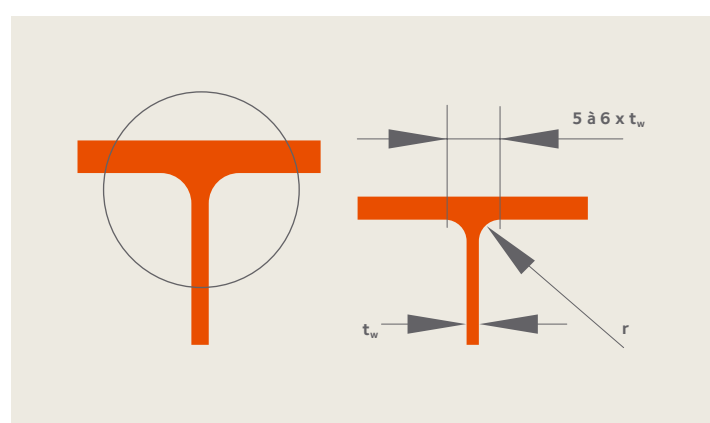
Figure 24b : Détermination du coefficient K_2



Remarque importante : Les courbes de pré-dimensionnement tiennent compte de l'effet favorable dû à la présence du congé de raccordement âme-aile de la poutrelle laminée à chaud (fig 25).

Ce congé correspondant à une surépaisseur au raccord âme-aile assure un encastrement de la partie libre de l'âme permettant d'éviter ainsi le voilement des montants. La largeur de l'encastrement de l'âme des poutres ACB® peut atteindre 5 à 6 fois l'épaisseur de l'âme de la poutrelle.

Figure 25 : Congé de raccordement des poutrelles laminées assurant un encastrement des montants par les ailes





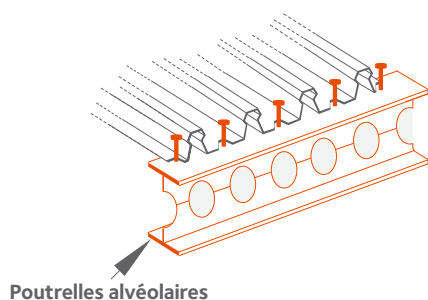
6. Les poutres cellulaires dissymétriques dans les applications de planchers mixtes et plateaux libres

L'utilisation de poutrelles ACB® dissymétriques dans les planchers mixtes (fig. 26) permet à la fois de maximiser la hauteur libre sous plafond et les portées libres, sans poteaux intermédiaires. Ainsi, les portées réalisables à l'aide de cette solution vont jusqu'à 30 mètres. Pour les planchers d'immeubles de bureaux, les portées usuelles sont de l'ordre de 18 mètres.

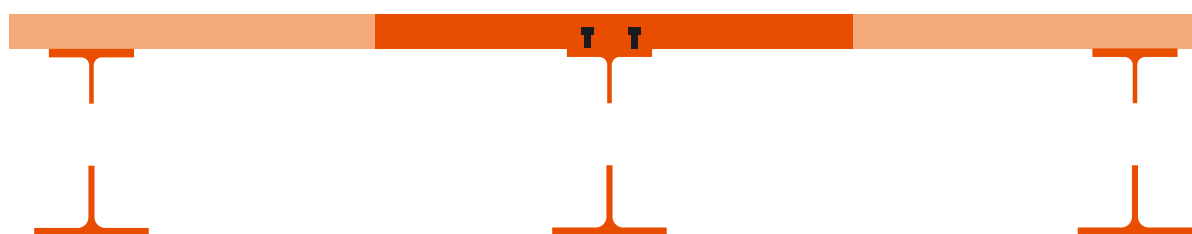
Ces poutres offrent des performances mécaniques permettant d'optimiser la consommation d'acier tout en répondant aux exigences de confort et de durabilité.

Les poutres sont espacées de 2,5 à 3 mètres dans le cas de dalles à bac collaborant et de 3 à 6 mètres dans le cas de pré-dalles, suivant les possibilités d'étalement. Les ouvertures sont espacées de l'ordre de 1,25 à 1,5 fois le diamètre, qui atteint 300 mm dans les cas courants.

Figure 26 : Poutres ACB® dissymétriques dans l'application "plancher"



Poutrelles alvéolaires

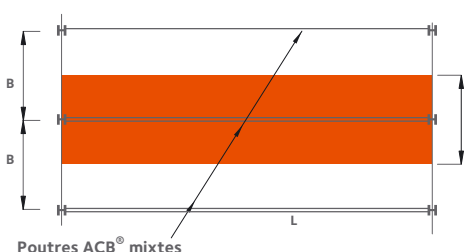


1. Aide à la conception

1.1. Choix de la hauteur de la poutrelle mixte ACB®

Outre les critères définis précédemment pour les poutres de couverture, il est important de prendre en compte la collaboration acier-béton, afin de remédier aux éventuels effets que le béton est susceptible de subir au cours du bétonnage et durant l'exploitation de l'ouvrage, en particulier lors du retrait et du fluage.

Figure 27 : Application mixte acier-béton des poutres ACB® dans les planchers



La hauteur H de la poutrelle ACB® sera définie en fonction de :

La portée L

La portée L peut varier entre 8 et 30 mètres selon le cas de figure. Dans l'hypothèse de portées isostatiques, la dalle en béton est comprimée sur la totalité de la portée, par rapport à des situations de continuité où le béton est fissuré sur les appuis intermédiaires.

L'espacement B

L'espacement des poutres dépend de trois paramètres :

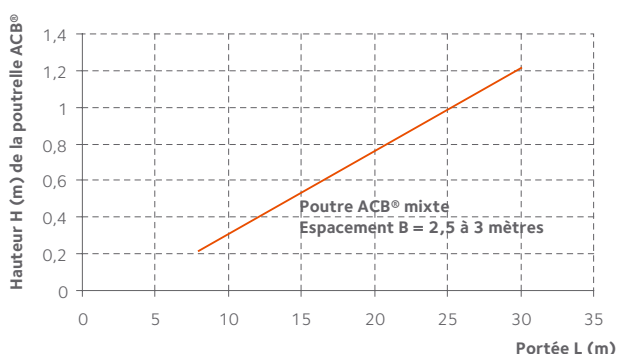
- Utilisation de dalles à bac collaborant
B = 2,5 à 3 mètres sans étais
B = 3 à 5 mètres avec étais
- Utilisation de pré-dalles en béton précontraint
B = 2,7 à 7 mètres avec étais suivant nécessité
- Epaisseur structurale autorisée du plancher H_T
 H_T correspondant à la hauteur de la section mixte (hauteur H de la poutrelle ACB® plus l'épaisseur de la dalle)

Il convient d'espacer les poutres ACB® en observant les rapports suivants :
 $L/H_T > 20$: B = 2,5 à 3 mètres
 $L/H_T < 15$: B = 3 à 5 mètre

Le confort des usagers et la vibration

Il s'agit ici de garantir au plancher une fréquence fondamentale propre, supérieure à une valeur limite de l'ordre de 3 à 4 Hz. Plus le poids propre et les charges d'exploitation sont importants, plus l'inertie de la poutre ACB® mixte doit être élevée. Pour un espacement de poutres ACB® de 2,5 à 3 mètres, un rapport $L/HT = 20$ peut être adopté.

Figure 28 : Hauteur H de la poutrelle ACB® en fonction de la portée



1.2. Choix du diamètre et de l'espacement des alvéoles

Le choix du diamètre et de l'espacement des alvéoles est normalement guidé par les exigences relatives au passage des conduits. Dans les planchers de bureaux, un diamètre de l'ordre de 250 à 350 mm permet de répondre à la plupart des cas de figure.

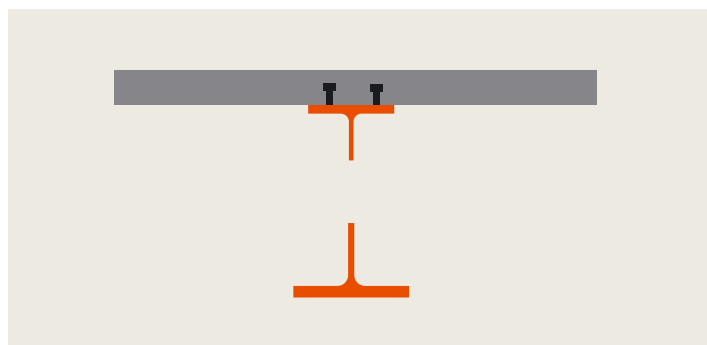
L'espacement des alvéoles S est de l'ordre de 1,5 fois le diamètre a_0 .

En ce qui concerne les valeurs minimales et maximales relatives au diamètre a_0 et à l'espacement S en fonction du profilé de base, les règles précédemment données pour les poutres ACB® en acier seul sont à observer également pour les poutres mixtes ACB®.

La possibilité d'utiliser des sections dissymétriques constitue la particularité des poutres mixtes ACB® (fig. 29). Il est donc important de prendre en compte les dimensions du profilé, en partie supérieure, pour définir les dimensions des alvéoles.

De plus, afin de conserver un comportement mécanique optimal, il convient de limiter le rapport de dissymétrie à 4,5 (il s'agit du rapport entre l'aire de la semelle inférieure et l'aire de la semelle supérieure).

Figure 29 : Poutrelle ACB® mixte à section métallique dissymétrique



2. Pré-dimensionnement et tables de performances

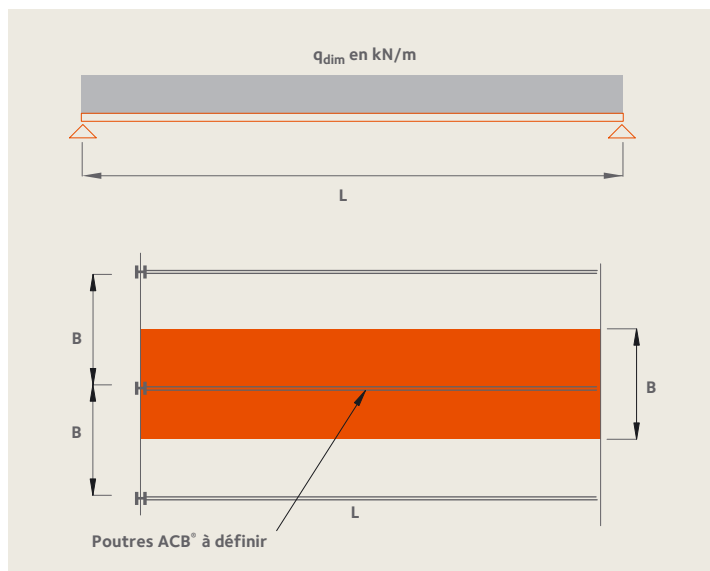
Pour une utilisation adéquate de ces courbes (voir pages 35–36 pour les applications de planchers mixtes), les hypothèses suivantes doivent être respectées :

Chargement

La charge de dimensionnement q_{dim} est à comparer avec la charge ultime q_u .

$$q_{dim} = (1,35G + 1,5Q)B$$

Figure 30 : Variables à déterminer pour l'utilisation des tables



où :

B = espacement des poutres,

G = charge permanente par mètre carré,

Q = charge d'exploitation par mètre carré.

Matériaux

Les courbes couvrent l'utilisation de l'acier de nuance S355 et S460 et deux classes de béton normal C25/30 et C30/37.

Dalle et connexion

Une dalle mixte à bac collaborant a été prise en compte lors de l'élaboration de ces tables. Deux épaisseurs (12 et 14 cm) sont considérées pour la dalle (il s'agit de l'épaisseur totale pour une hauteur de nervures égale à 60 mm). L'hypothèse d'une connexion complète entre la dalle et le profilé ACB® est considérée dans l'élaboration des tables de performances. Le type de connexion est à définir par l'utilisateur.

Diamètre et espacement

Les courbes couvrent des valeurs courantes de diamètre a_0 et d'espacement S des alvéoles.

$$(a_0 = 1,05 h, S = 1,25 a_0 \text{ et } S = 1,5 a_0)$$

Méthodes

Les mêmes méthodes que celles précédemment exposées peuvent être appliquées. À noter que :

La charge ultime q_u a été établie en considérant :

$$B = 3 \text{ mètres}$$

$$G = G_1 + G_2$$

G_1 représente le poids propre de la poutre ACB® et le poids propre de la dalle en béton normal d'une épaisseur de 12 cm ($g_{dalle} = 2 \text{ kN/m}^2$) ou 14 cm ($g_{dalle} = 2,5 \text{ kN/m}^2$) (bac à nervures de 6 cm de hauteur), G_2 représente les charges permanentes additionnelles dont la valeur est $0,75 \text{ kN/m}^2$.

La charge de dimensionnement $q_{dim} = (1,35G + 1,5Q) B$ est à comparer avec la charge ultime q_u .

Il suffit ensuite de s'assurer que $q_{dim} \leq q_u$

Phase de coulage

L'hypothèse d'une poutre étayée et entretoisée est considérée lors de l'élaboration des tables de pré-dimensionnement.

Flèche admissible

Les courbes proposées respectent une limitation de flèche égale à $L/350$ sous charges d'exploitation Q.



7. Stabilité au feu et sécurité incendie

La stabilité au feu requise pour les profilés alvéolaires peut être assurée par enduit projeté ou par peinture intumescente.

Dans les immeubles de bureaux où la réglementation exige le plus souvent une résistance au feu d'une heure, la solution la mieux adaptée est d'assurer la sécurité au feu par flocage si les poutres ne sont pas visibles (fig. 31).

Il est normal de prévoir des diamètres d'ouverture supérieurs de 3 à 5 cm par rapport à ceux des gaines, afin de ne pas abîmer la protection autour des alvéoles lors de la mise en place des installations techniques. De même, il convient d'être particulièrement vigilant au moment de la pose des gaines, conduits ou faux plafonds. Dans certains cas, le produit peut être projeté sur la structure en acier brut non traitée contre la corrosion.

La surface à protéger contre l'incendie est presque identique à celle du profilé de base.

Une sur-épaisseur de couche protectrice, de 2 à 3 cm, s'avère parfois nécessaire autour de l'ouverture afin d'assurer la protection du contour.

Dans le cas d'éléments cellulaires visibles – c'est-à-dire de poteaux de façade ou de poutres de toiture – l'application d'une peinture intumescente assure la résistance au feu tout en préservant l'esthétique architecturale de l'élément.

L'application de l'isolant pour poutrelles cellulaires est faite de façon identique aux poutrelles à âmes pleines. L'épaisseur à appliquer se détermine en général à l'aide des abaques des fournisseurs de protection en fonction du facteur de massivité adéquat dépendant du

mode de ruine. Cette épaisseur peut être aussi déterminée par simulation numérique.

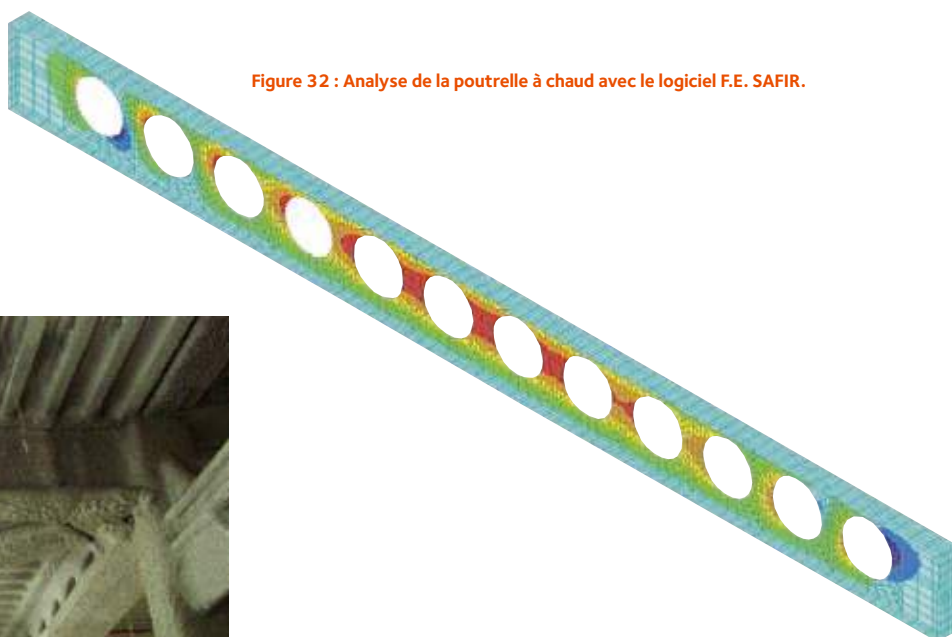
Le service d'Assistance Technique d'ArcelorMittal utilise le logiciel SAFIR spécialement adapté au calcul des poutres cellulaires.

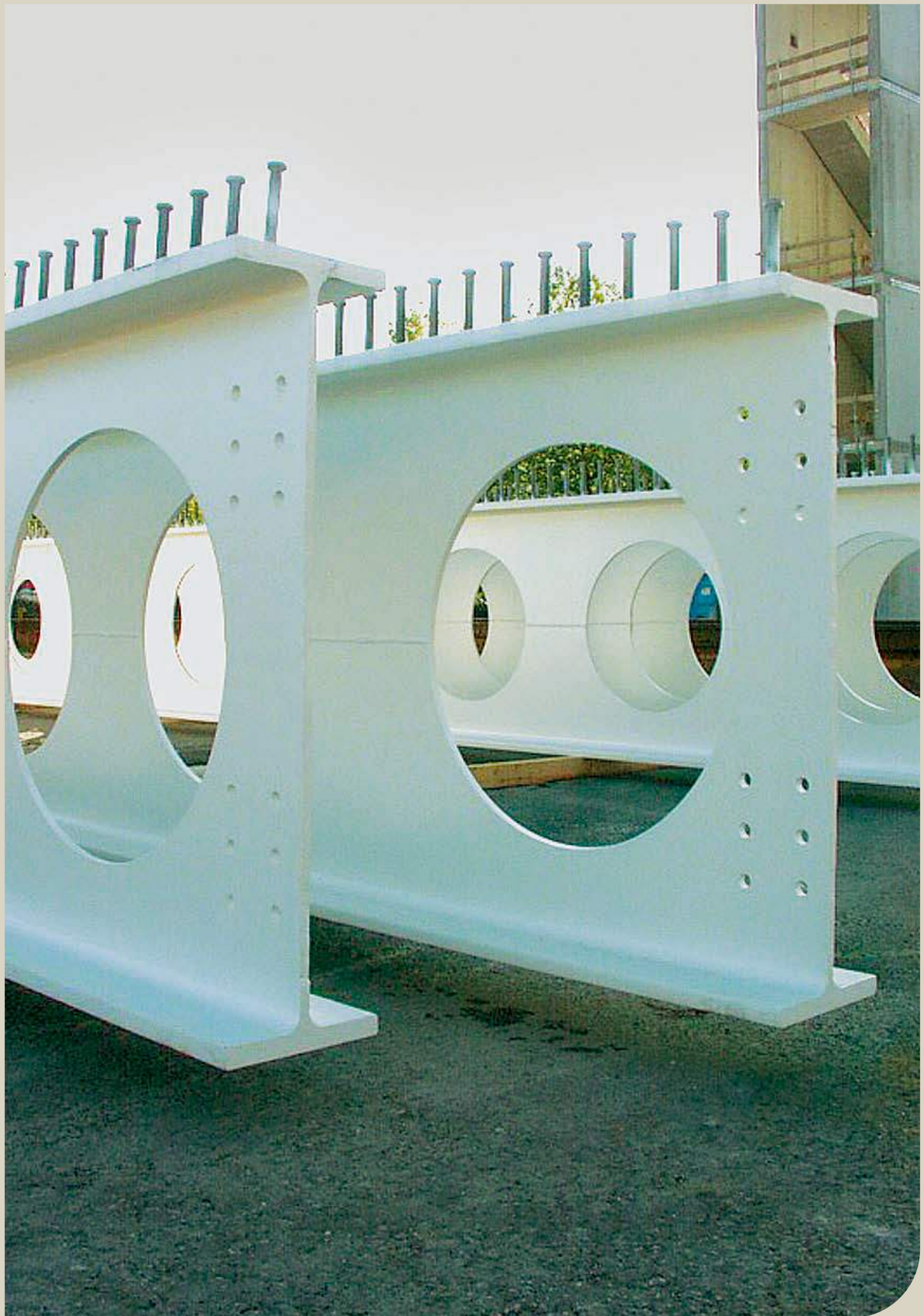
La protection passive (enduit projeté, peinture intumescente) peut être réduite ou parfois même évitée si une étude basée sur le concept du feu naturel selon la EN1991-1-2 démontre que la sécurité est garantie.

Figure 31 : Protection par flocage d'une poutrelle ACB®



Figure 32 : Analyse de la poutrelle à chaud avec le logiciel F.E. SAFIR.





8. Les poutrelles ACB® : une solution pour le développement durable

La politique environnementale du groupe ArcelorMittal s'inscrit dans un objectif de développement durable visant à établir un équilibre à long terme entre l'environnement, le bien-être social et l'économie.

Les sites de production des produits longs d'ArcelorMittal opèrent sous les critères du système de management environnemental tels que définis par la norme ISO 14001: 1996. Les usines de produits longs d'ArcelorMittal utilisent en grande majorité la ferraille recyclée comme matière première.

Cette nouvelle technologie permet des réductions substantielles d'émission et de consommation d'énergie primaire.

L'utilisation des poutrelles ACB® permet de :

- Réduire la quantité de matériaux de construction grâce au rapport favorable résistance/poids, à la possibilité d'utilisation de poutrelles asymétriques et à l'emploi d'aciers à haute résistance,
- Limiter le nombre de transports grâce à l'allègement des structures et assurer le minimum de nuisances,
- Accélérer la construction grâce à la préfabrication,
- Réduire les déchets et autres nuisances sur chantier en utilisant des assemblages "secs",
- Concevoir un bâtiment susceptible d'être déconstruit et réutilisé à d'autres fins,
- Augmenter la surface utilisable,
- Satisfaire aux exigences environnementales à travers des produits 100 % recyclés et 90 % recyclables.



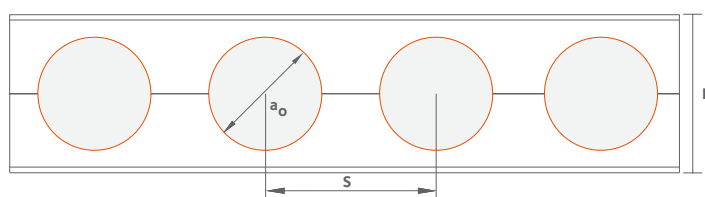
Bâtiment administratif pour la ville de Luxembourg, Rocade de Bonnevoie © Pacowski et Fritsch architectes.

9. Abaques de pré-dimensionnement ACB®

Les abaques de pré-dimensionnement ont été réalisés en considérant les valeurs caractéristiques définies sous les chapitres 5.2 resp. 6.2.

Un catalogue complet des configurations étudiées est disponible sur notre site :

www.arcelormittal.com/sections



Trois catégories d'abaques ont été définies :

Abaques de pré-dimensionnement pour couvertures

Qualité de l'acier S355.

Pour ces abaques une largeur de montant égale à

$S = 1.25a_0$ est optimale.

Les sections retenues sont les IPE pour les charges faibles, les HEA pour les charges moyennes, les HEM pour les charges importantes ainsi que pour les configurations où une limitation de la hauteur finale H doit être respectée.

Abaques de pré-dimensionnement pour planchers métalliques

Qualité de l'acier S355 et S460.

Pour ces abaques une largeur de montant égale à

$S = 1.5a_0$ est optimale.

Les sections retenues sont les IPE pour les charges faibles, les HEA pour les charges moyennes, les HEM pour les charges importantes ainsi que pour les configurations où une limitation de la hauteur finale H doit être respectée.

Abaques de pré-dimensionnement pour planchers mixtes

Qualité de l'acier S355 et S460.

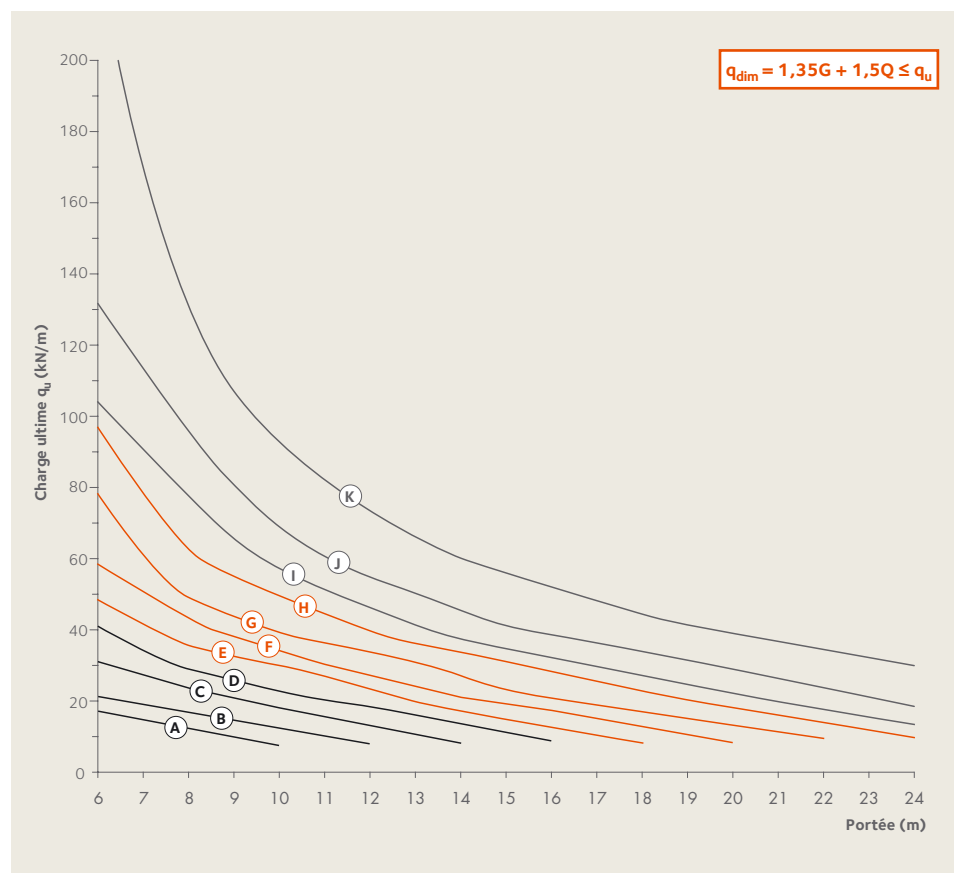
Pour ces abaques une largeur de montant égale à

$S = 1.5a_0$ est optimale.

Les configurations retenues varient en fonction des charges appliquées.

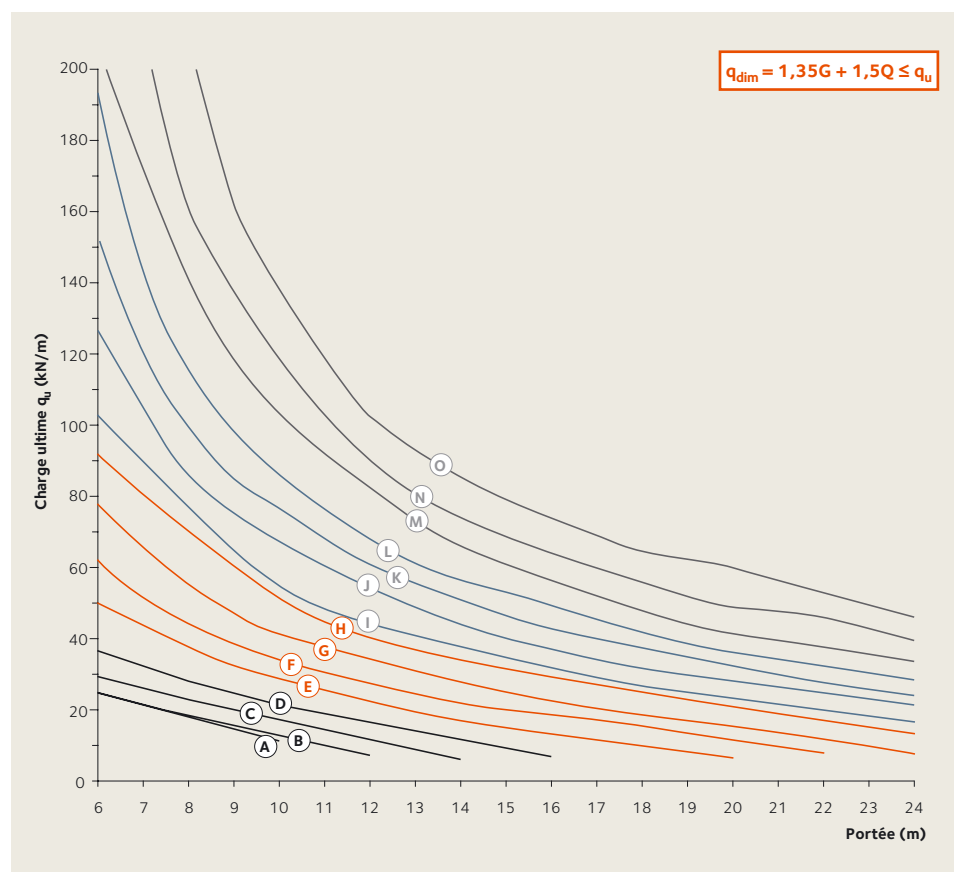
Table de performances pour couvertures et planchers métalliques

Abaque 1 : Section Acier - Profilé de base IPE. $S = 1.25a_0$ - Nuance S355



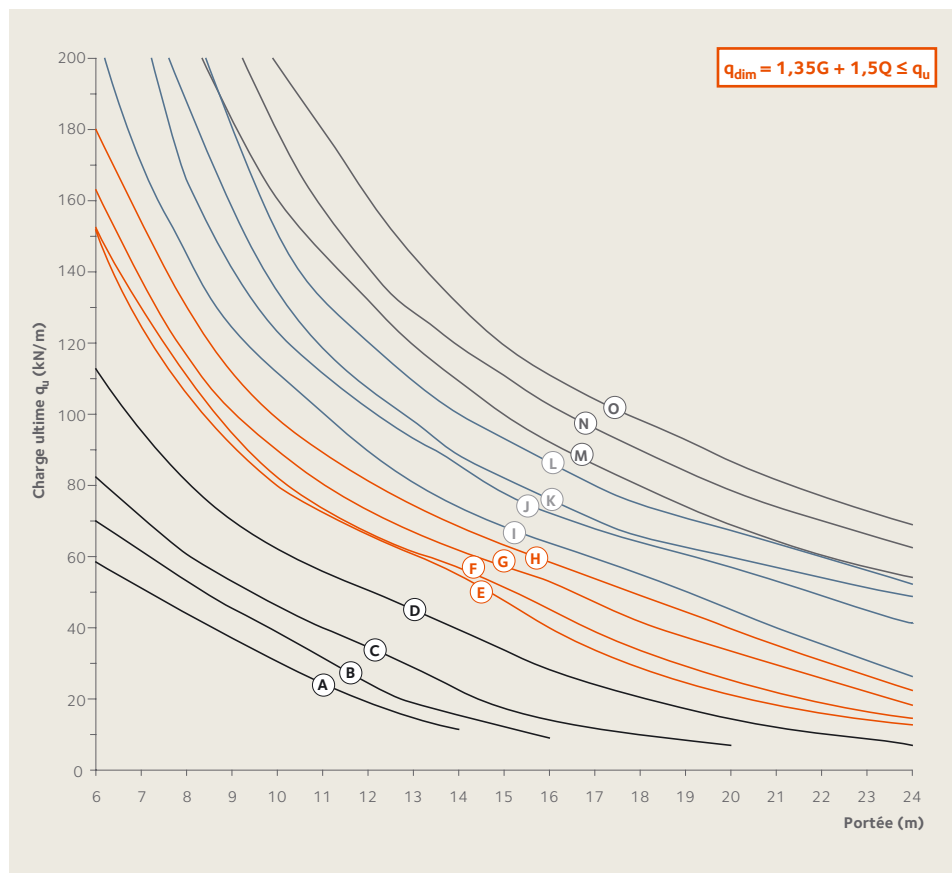
- A** = IPE 200 ($a_0=210$, $S=260$, $H=294$)
- B** = IPE 240 ($a_0=250$, $S=310$, $H=353$)
- C** = IPE 300 ($a_0=315$, $S=390$, $H=445$)
- D** = IPE 330 ($a_0=345$, $S=430$, $H=489$)
- E** = IPE 360 ($a_0=380$, $S=480$, $H=535$)
- F** = IPE 400 ($a_0=420$, $S=530$, $H=594$)
- G** = IPE 450 ($a_0=475$, $S=590$, $H=672$)
- H** = IPE 500 ($a_0=525$, $S=660$, $H=745$)
- I** = IPE 550 ($a_0=580$, $S=730$, $H=822$)
- J** = IPE 600 ($a_0=630$, $S=790$, $H=896$)
- K** = IPE 750X147 ($a_0=790$, $S=990$, $H=1127$)

Abaque 2 : Section Acier - Profilé de base HEA. $S = 1.25a_0$ - Nuance S355



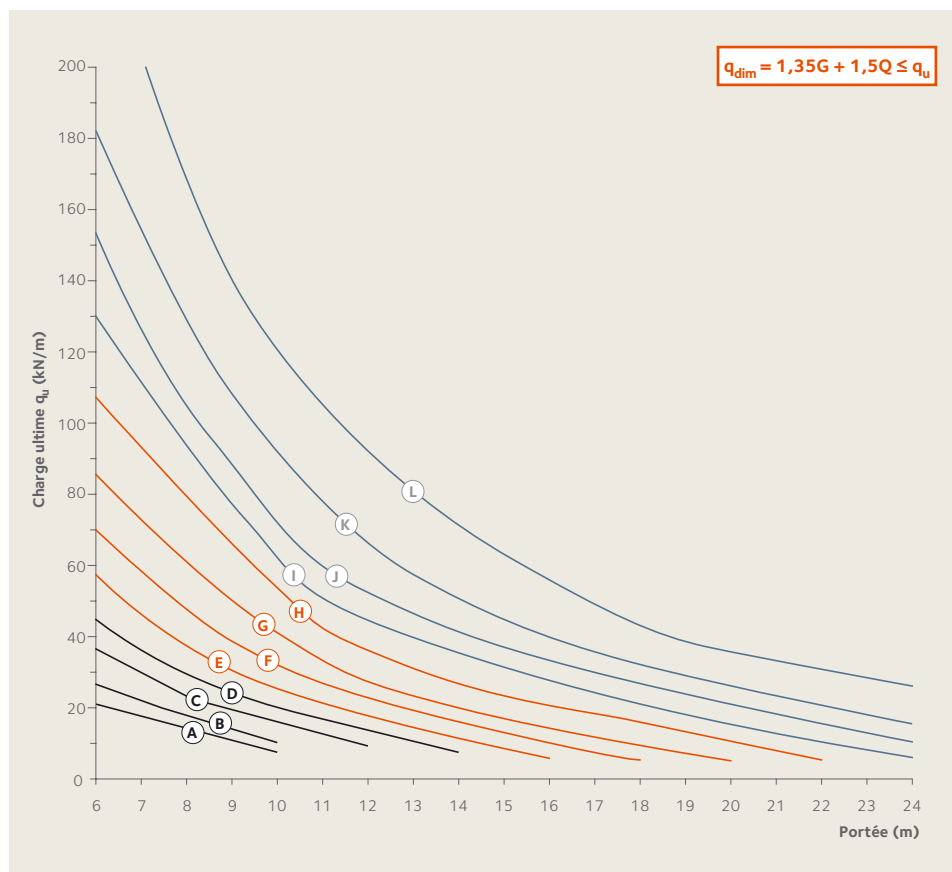
- A** = HEA 200 ($a_0=180$, $S=230$, $H=268$)
- B** = HEA 220 ($a_0=220$, $S=280$, $H=307$)
- C** = HEA 240 ($a_0=240$, $S=300$, $H=338$)
- D** = HEA 280 ($a_0=285$, $S=360$, $H=399$)
- E** = HEA 320 ($a_0=325$, $S=410$, $H=459$)
- F** = HEA 360 ($a_0=370$, $S=460$, $H=521$)
- G** = HEA 400 ($a_0=410$, $S=510$, $H=581$)
- H** = HEA 450 ($a_0=460$, $S=580$, $H=654$)
- I** = HEA 500 ($a_0=515$, $S=640$, $H=732$)
- J** = HEA 550 ($a_0=565$, $S=710$, $H=805$)
- K** = HEA 600 ($a_0=620$, $S=780$, $H=881$)
- L** = HEA 650 ($a_0=670$, $S=840$, $H=956$)
- M** = HEA 700 ($a_0=725$, $S=910$, $H=1032$)
- N** = HEA 800 ($a_0=830$, $S=1040$, $H=1183$)
- O** = HEA900 ($a_0=935$, $S=1170$, $H=1334$)

Abaque 3 : Section Acier - Profilé de base HEM. $S = 1.25a_0$ - Nuance S355



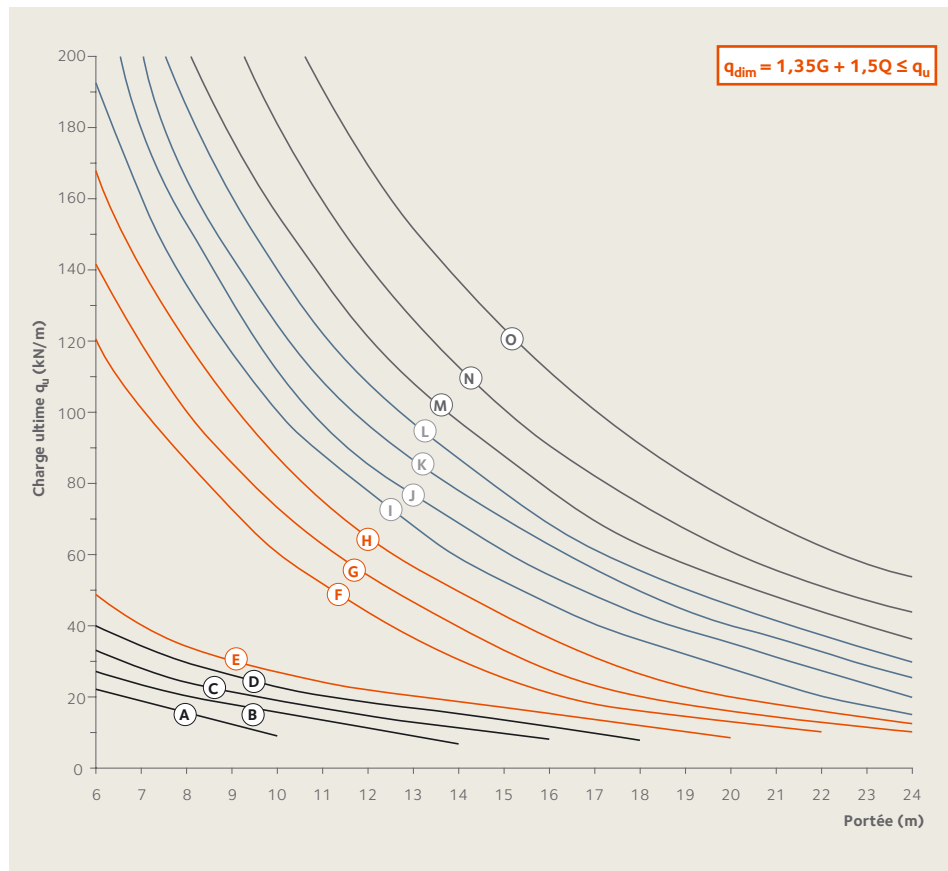
- A** = HEM 200 ($a_0=190, S=240, H=303$)
- B** = HEM 220 ($a_0=220, S=280, H=337$)
- C** = HEM 240 ($a_0=250, S=310, H=383$)
- D** = HEM 280 ($a_0=320, S=400, H=457$)
- E** = HEM 300 ($a_0=340, S=430, H=496$)
- F** = HEM 320 ($a_0=375, S=470, H=532$)
- G** = HEM 360 ($a_0=415, S=520, H=587$)
- H** = HEM 400 ($a_0=455, S=570, H=644$)
- I** = HEM 450 ($a_0=500, S=630, H=711$)
- J** = HEM 550 ($a_0=600, S=750, H=854$)
- K** = HEM 600 ($a_0=650, S=810, H=927$)
- L** = HEM 650 ($a_0=700, S=880, H=998$)
- M** = HEA 700 ($a_0=750, S=940, H=1070$)
- N** = HEA 800 ($a_0=855, S=1070, H=1219$)
- O** = HEA 900 ($a_0=955, S=1190, H=1365$)

Abaque 4 : Section Acier - Profilé de base IPE. $S = 1.5a_0$ - Nuance S355



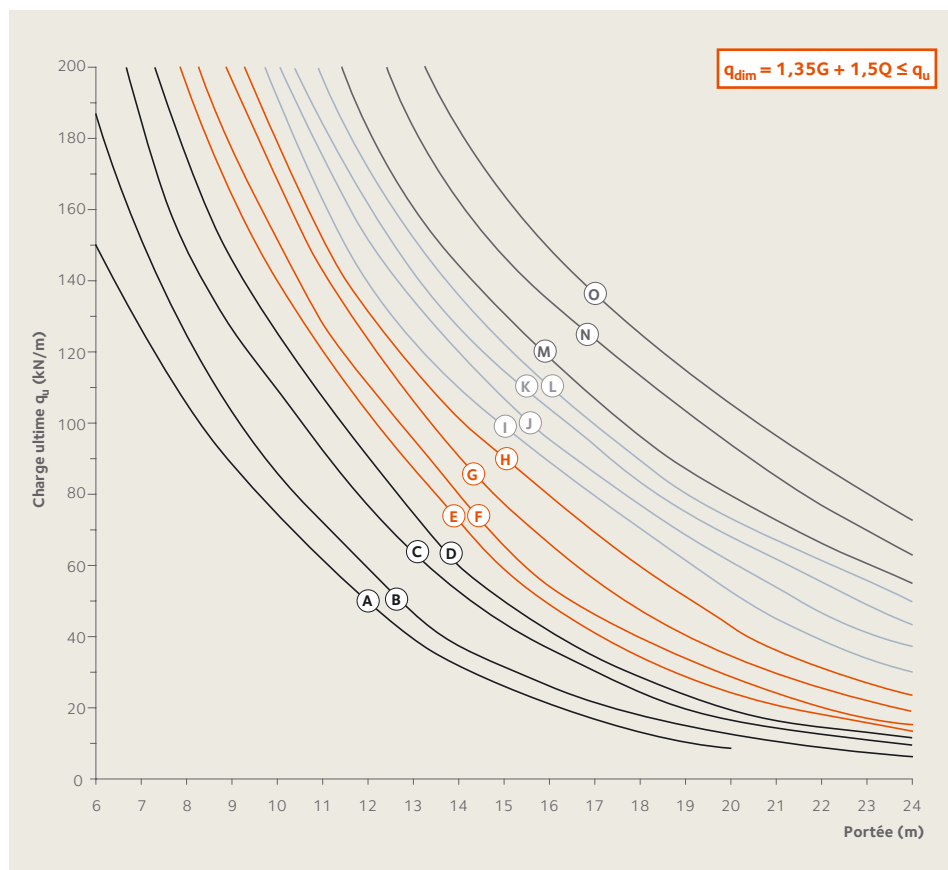
- A** = IPE 220 ($a_0=225, S=335, H=309$)
- B** = IPE 240 ($a_0=250, S=370, H=340$)
- C** = IPE 270 ($a_0=285, S=425, H=385$)
- D** = IPE 300 ($a_0=315, S=470, H=428$)
- E** = IPE 330 ($a_0=345, S=515, H=469$)
- F** = IPE 360 ($a_0=380, S=570, H=515$)
- G** = IPE 400 ($a_0=420, S=630, H=573$)
- H** = IPE 450 ($a_0=475, S=710, H=647$)
- I** = IPE 500 ($a_0=525, S=785, H=719$)
- J** = IPE 550 ($a_0=580, S=865, H=793$)
- K** = IPE 600 ($a_0=630, S=940, H=865$)
- L** = IPE 750X147 ($a_0=790, S=1170, H=1090$)

Abaque 5 : Section Acier - Profilé de base HEA. $S = 1.5a_0$ - Nuance S355



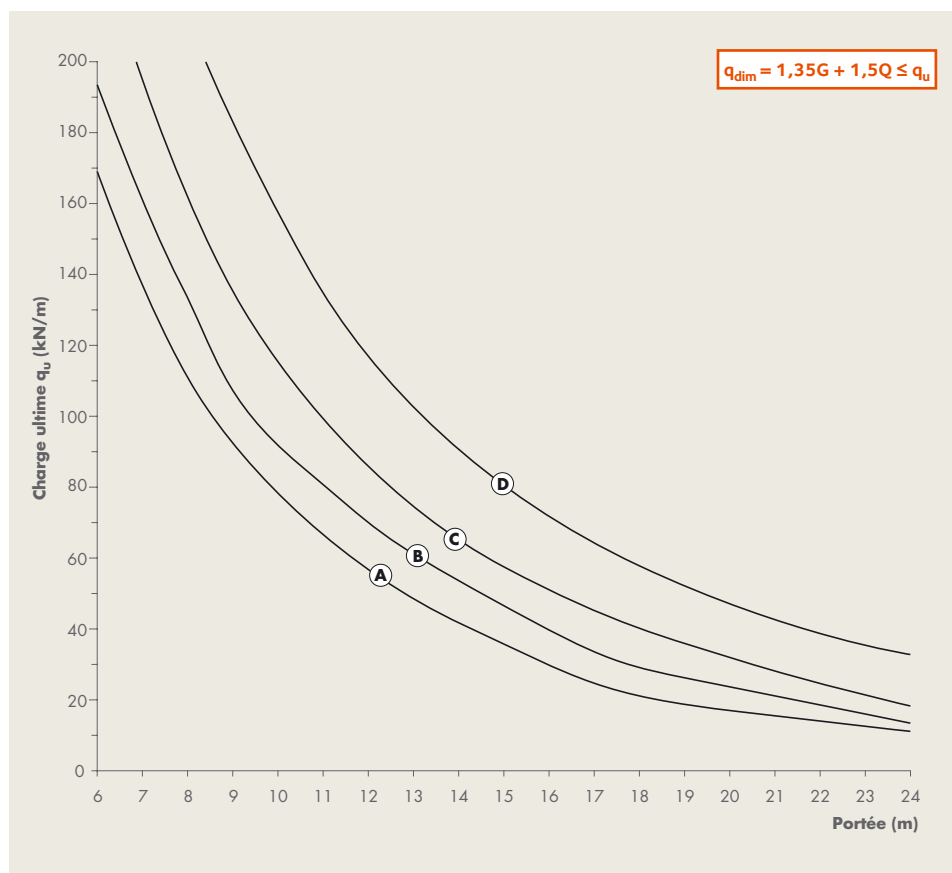
- A** = HEA 200 ($a_0=170$, $S=250$, $H=256$)
- B** = HEA 240 ($a_0=230$, $S=340$, $H=322$)
- C** = HEA 280 ($a_0=285$, $S=425$, $H=385$)
- D** = HEA 300 ($a_0=305$, $S=455$, $H=414$)
- E** = HEA 340 ($a_0=345$, $S=515$, $H=471$)
- F** = HEA 360 ($a_0=370$, $S=550$, $H=502$)
- G** = HEA 400 ($a_0=410$, $S=610$, $H=560$)
- H** = HEA 450 ($a_0=460$, $S=680$, $H=633$)
- I** = HEA 500 ($a_0=515$, $S=765$, $H=706$)
- J** = HEA 550 ($a_0=565$, $S=845$, $H=776$)
- K** = HEA 600 ($a_0=620$, $S=925$, $H=851$)
- L** = HEA 650 ($a_0=670$, $S=1000$, $H=922$)
- M** = HEA 700 ($a_0=725$, $S=1085$, $H=995$)
- N** = HEA 800 ($a_0=830$, $S=1240$, $H=1142$)
- O** = HEA 900 ($a_0=935$, $S=1395$, $H=1288$)

Abaque 6 : Section Acier - Profilé de base HEM. $S = 1.5a_0$ - Nuance S355

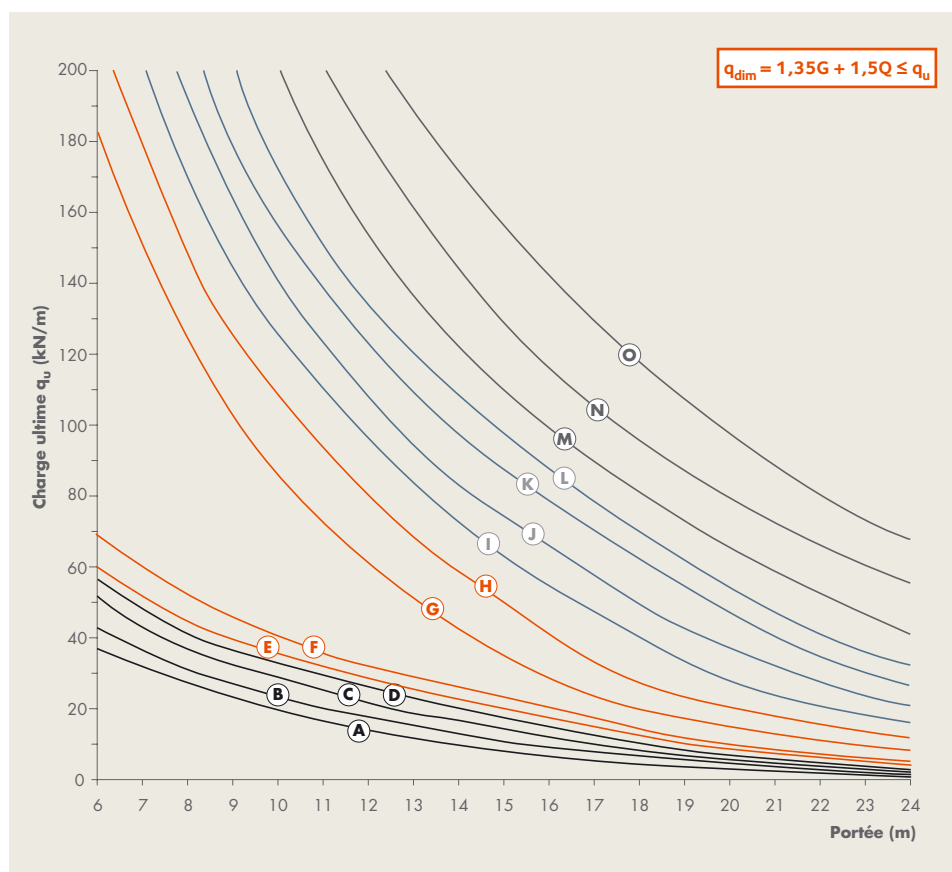


- A** = HEM 260 ($a_0=260$, $S=385$, $H=395$)
- B** = HEM 280 ($a_0=280$, $S=420$, $H=422$)
- C** = HEM 300 ($a_0=310$, $S=460$, $H=466$)
- D** = HEM 320 ($a_0=340$, $S=505$, $H=498$)
- E** = HEM 340 ($a_0=380$, $S=560$, $H=535$)
- F** = HEM 360 ($a_0=410$, $S=605$, $H=566$)
- G** = HEM 400 ($a_0=450$, $S=670$, $H=619$)
- H** = HEM 450 ($a_0=500$, $S=745$, $H=687$)
- I** = HEM 500 ($a_0=540$, $S=810$, $H=749$)
- J** = HEM 550 ($a_0=600$, $S=900$, $H=823$)
- K** = HEM 600 ($a_0=650$, $S=970$, $H=894$)
- L** = HEM 650 ($a_0=700$, $S=1050$, $H=962$)
- M** = HEM 700 ($a_0=750$, $S=1125$, $H=1031$)
- N** = HEM 800 ($a_0=855$, $S=1280$, $H=1176$)
- O** = HEM 900 ($a_0=955$, $S=1430$, $H=1315$)

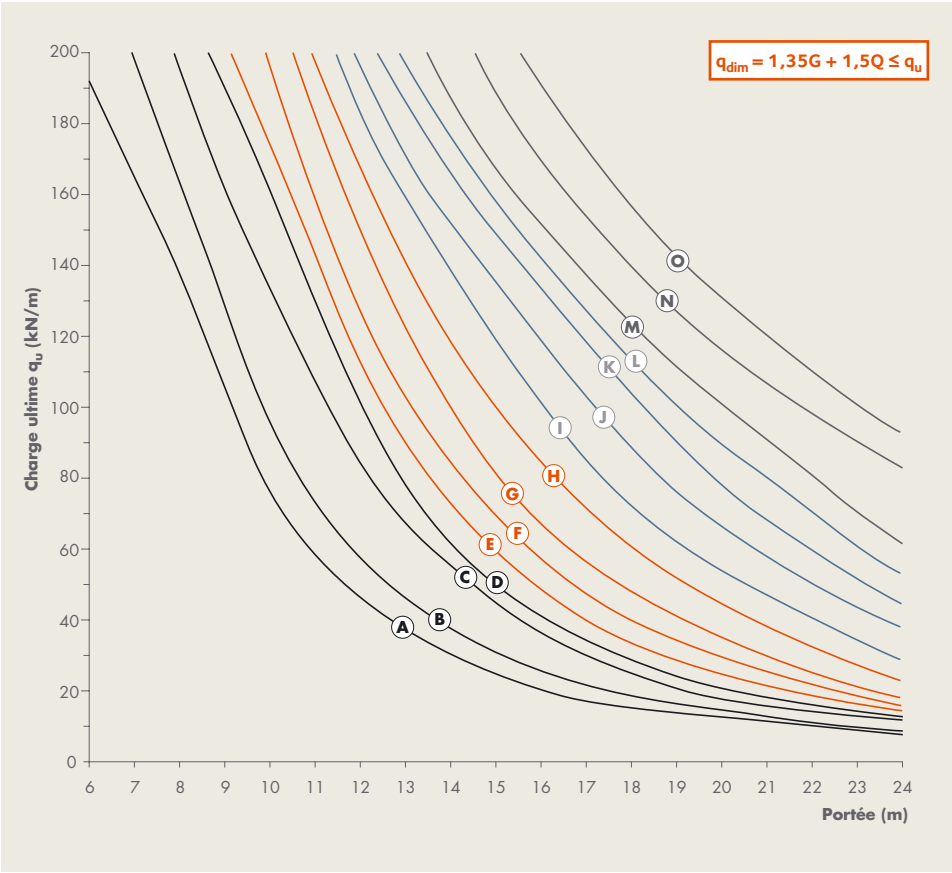
Abaque 7 : Section Acier - Profilé de base IPE. $S = 1.5a_0$ - Nuance S460



Abaque 8 : Section Acier - Profilé de base HEA. $S = 1.5a_0$ - Nuance S460



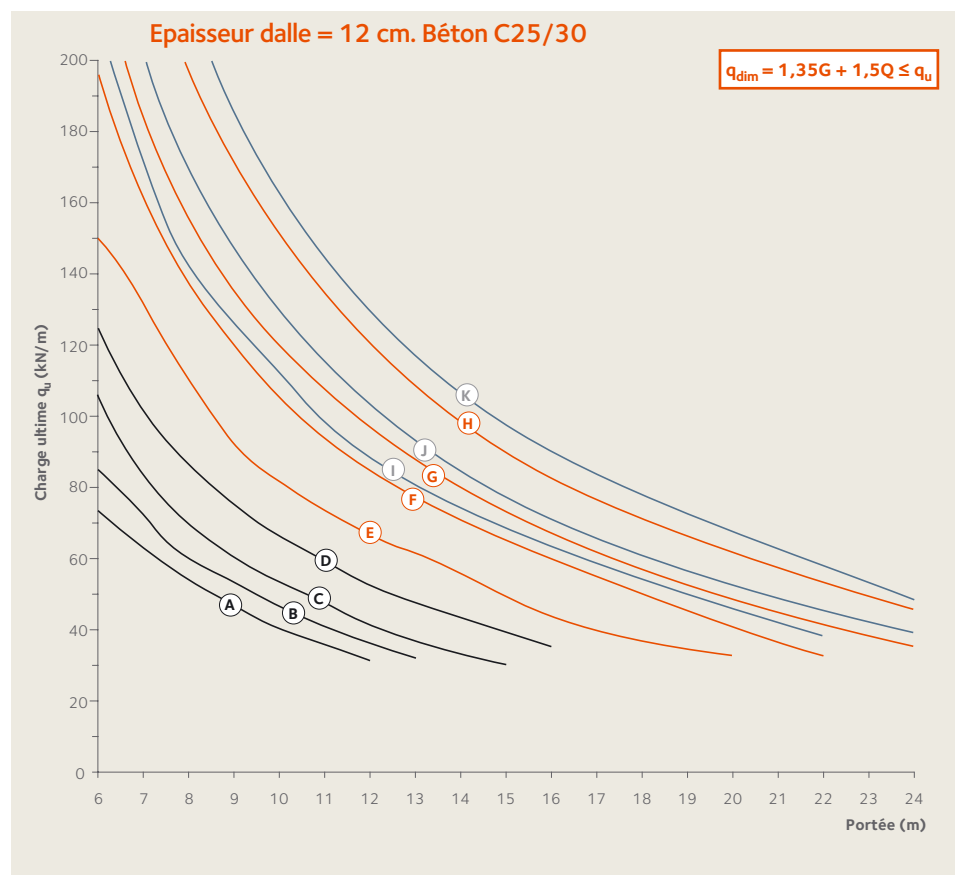
Abaque 9 : Section Acier - Profilé de base HEM. $S = 1.5a_0$ - Nuance S460



- A = HEM 260 ($a_0=260$, $S=385$, $H=395$)
- B = HEM 280 ($a_0=280$, $S=420$, $H=422$)
- C = HEM 300 ($a_0=310$, $S=460$, $H=466$)
- D = HEM 320 ($a_0=340$, $S=505$, $H=498$)
- E = HEM 340 ($a_0=380$, $S=560$, $H=535$)
- F = HEM 360 ($a_0=410$, $S=605$, $H=566$)
- G = HEM 400 ($a_0=450$, $S=670$, $H=619$)
- H = HEM 450 ($a_0=500$, $S=745$, $H=687$)
- I = HEM 500 ($a_0=540$, $S=810$, $H=749$)
- J = HEM 550 ($a_0=600$, $S=900$, $H=823$)
- K = HEM 600 ($a_0=650$, $S=970$, $H=894$)
- L = HEM 650 ($a_0=700$, $S=1050$, $H=962$)
- M = HEM 700 ($a_0=750$, $S=1125$, $H=1031$)
- N = HEM 800 ($a_0=855$, $S=1280$, $H=1176$)
- O = HEM 900 ($a_0=955$, $S=1430$, $H=1315$)

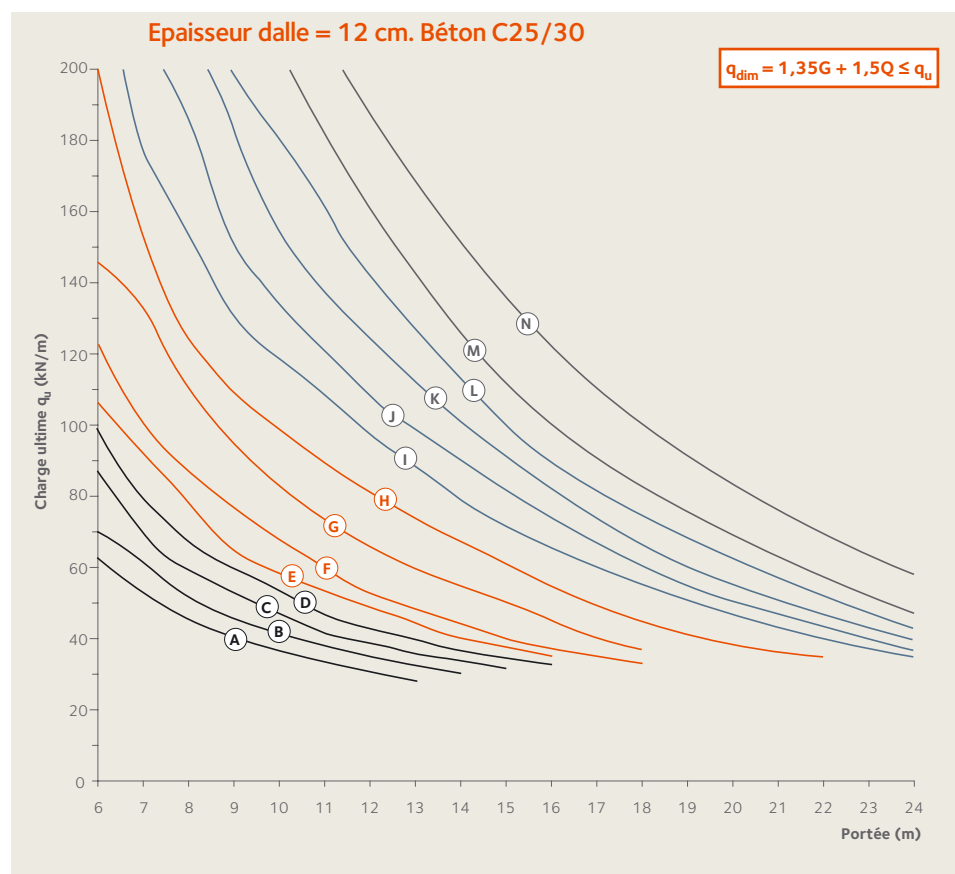
Table de performances pour planchers mixtes

Abaque 10 : Section mixte Acier-Béton - Profilé de base IPE & HEA-B. S = 1.5a0 - Nuance S355.



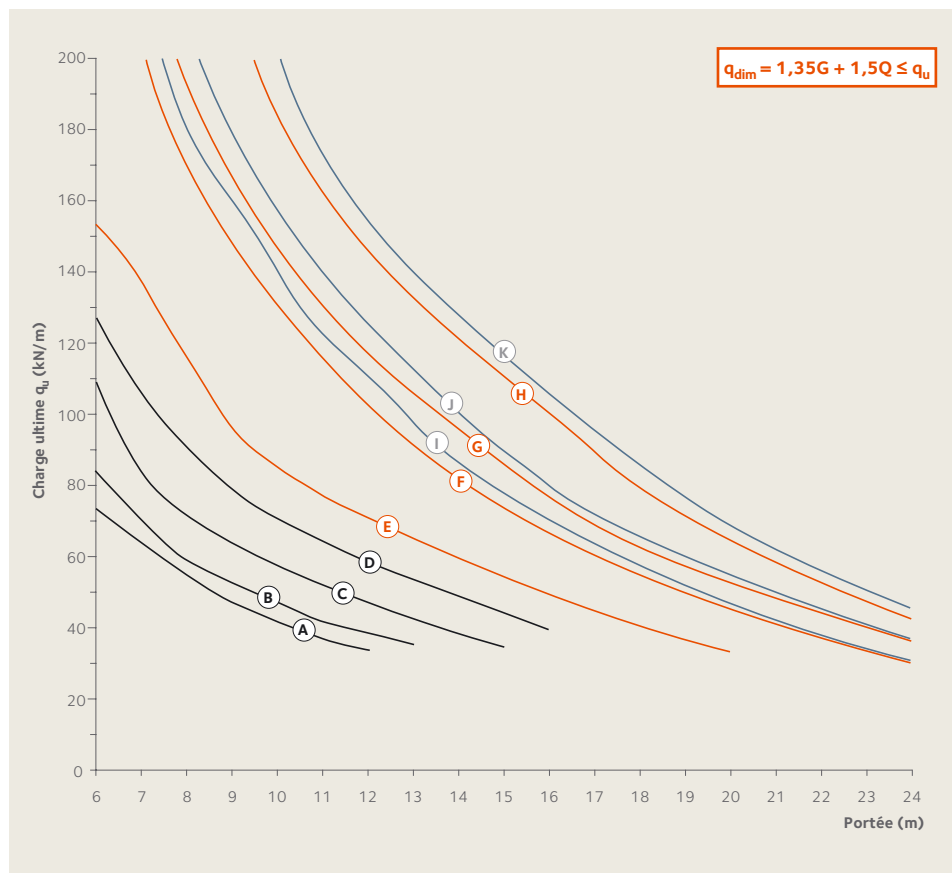
- A** = IPE 300-HEA 280 ($a_0=260$, $S=390$, $H=388$)
- B** = IPE 330-HEA 300 ($a_0=280$, $S=420$, $H=422$)
- C** = IPE 360-HEA 340 ($a_0=310$, $S=465$, $H=470$)
- D** = IPE 400-HEA 400 ($a_0=350$, $S=525$, $H=537$)
- E** = IPE 450-HEA 450 ($a_0=400$, $S=600$, $H=609$)
- F** = IPE 500-HEA 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=719$)
- G** = IPE 550-HEA 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=828$)
- H** = IPE 600-HEA 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=963$)
- I** = IPE 500-HEB 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=724$)
- J** = IPE 550-HEB 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=833$)
- K** = IPE 600-HEB 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=968$)

Abaque 11 : Section mixte Acier-Béton - Profilé de base HEA & HEB. S = 1.5a0 - Nuance S355



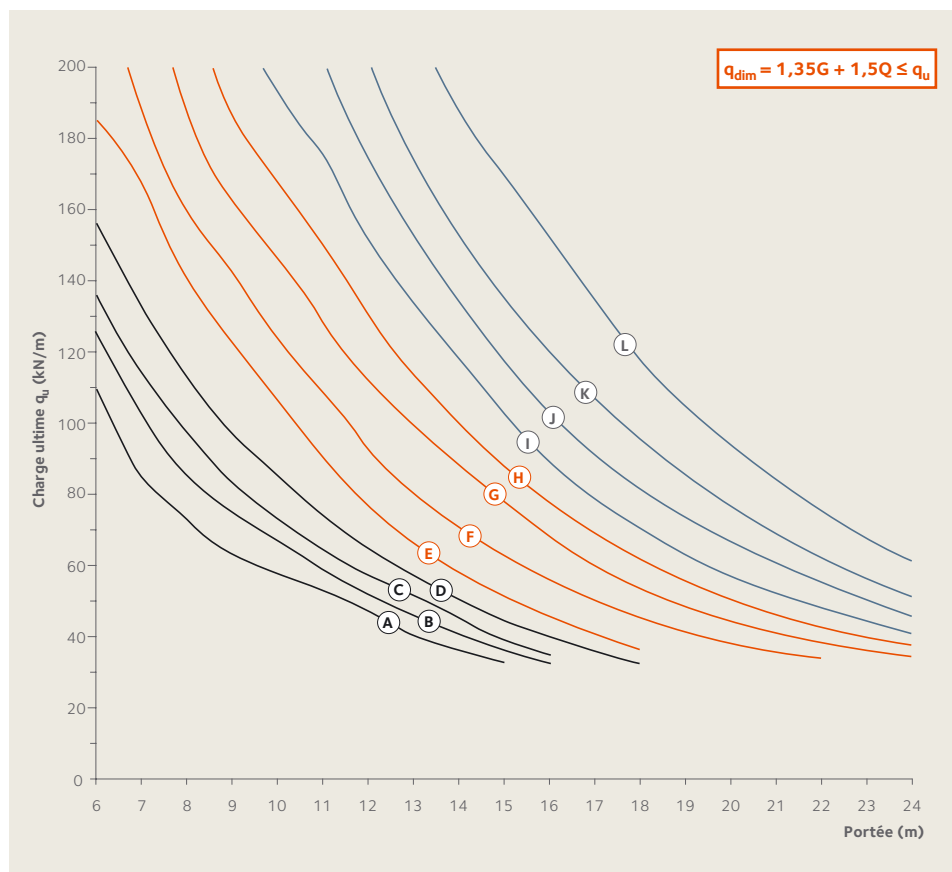
- A** = HEA 260-HEB 260 ($a_0=230$, $S=345$, $H=345$)
- B** = HEA 280-HEB 280 ($a_0=250$, $S=375$, $H=374$)
- C** = HEA 300-HEB 300 ($a_0=270$, $S=405$, $H=403$)
- D** = HEA 320-HEB 320 ($a_0=290$, $S=435$, $H=431$)
- E** = HEA 340-HEB 340 ($a_0=300$, $S=450$, $H=456$)
- F** = HEA 360-HEB 360 ($a_0=320$, $S=480$, $H=484$)
- G** = HEA 400-HEB 400 ($a_0=360$, $S=540$, $H=542$)
- H** = HEA 450-HEB 450 ($a_0=410$, $S=615$, $H=613$)
- I** = HEA 500-HEB 500 ($a_0=460$, $S=690$, $H=685$)
- J** = HEA 550-HEB 550 ($a_0=500$, $S=750$, $H=752$)
- K** = HEA 600-HEB 600 ($a_0=550$, $S=825$, $H=824$)
- L** = HEA 650-HEB 650 ($a_0=600$, $S=900$, $H=896$)
- M** = HEA 700-HEB 700 ($a_0=650$, $S=975$, $H=967$)
- N** = HEA 800-HEB 800 ($a_0=740$, $S=1110$, $H=1106$)

Abaque 12 : Section mixte Acier-Béton - Profilé de base IPE & HEA-B. $S = 1.5a_0$ - Nuance S460.



- A** = IPE 300-HEA 280 ($a_0=260$, $S=390$, $H=388$)
- B** = IPE 330-HEA 300 ($a_0=280$, $S=420$, $H=422$)
- C** = IPE 360-HEA 340 ($a_0=310$, $S=465$, $H=470$)
- D** = IPE 400-HEA 400 ($a_0=350$, $S=525$, $H=537$)
- E** = IPE 450-HEA 450 ($a_0=400$, $S=600$, $H=609$)
- F** = IPE 500-HEA 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=719$)
- G** = IPE 550-HEA 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=828$)
- H** = IPE 600-HEA 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=963$)
- I** = IPE 500-HEB 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=724$)
- J** = IPE 550-HEB 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=833$)
- K** = IPE 600-HEB 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=968$)

Abaque 13 : Section mixte Acier-Béton - Profilé de base HEA & HEB. $S = 1.5a_0$ - Nuance S460.



- A** = HEA 300-HEB 300 ($a_0=270$, $S=405$, $H=403$)
- B** = HEA 320-HEB 320 ($a_0=290$, $S=435$, $H=431$)
- C** = HEA 340-HEB 340 ($a_0=300$, $S=450$, $H=456$)
- D** = HEA 360-HEB 360 ($a_0=320$, $S=480$, $H=484$)
- E** = HEA 400-HEB 400 ($a_0=360$, $S=540$, $H=542$)
- F** = HEA 450-HEB 450 ($a_0=410$, $S=615$, $H=613$)
- G** = HEA 500-HEB 500 ($a_0=460$, $S=690$, $H=685$)
- H** = HEA 550-HEB 550 ($a_0=500$, $S=750$, $H=752$)
- I** = HEA 600-HEB 600 ($a_0=550$, $S=825$, $H=824$)
- J** = HEA 650-HEB 650 ($a_0=600$, $S=900$, $H=896$)
- K** = HEA 700-HEB 700 ($a_0=650$, $S=975$, $H=967$)
- L** = HEA 800-HEB 800 ($a_0=740$, $S=1110$, $H=1106$)

10. Abaques de pré-dimensionnement : exemples d'application

Les solives en poutrelles cellulaires ACB® sont à dimensionner pour un plancher mixte avec une portée de $L=16\text{ m}$ et un espacement de $B=3\text{ m}$. Pour des raisons architecturales, la hauteur finale du plancher est limitée à $H_t=700\text{ mm}$. Ceci permet une hauteur maximale du profilé ACB® de $H=580\text{ mm}$ avec une dalle de 120 mm .

Paramètres à considérer :

$L = 16\text{ m}$

$B = 3\text{ m}$

Epaisseur de la dalle égale à 12 cm .

Qualité du béton C25/30

Bac collaborant par défaut avec 60 mm d'hauteur de nervure.

Charges à considérer :

$q_{\text{dim}} = (1.35G + 1.5Q)B$ avec

$G = G_1 + G_2$

G_1 = Poids propre de la dalle et poids propre de la poutrelle ACB®.

Pour une dalle de 12 cm d'épaisseur sur bacs nervurés, le poids

$g_{\text{dalle}} \approx 2\text{ kN/m}^2$

Le poids de la poutrelle ACB® a été forfaitairement fixé à 1 kN/m égal à :

$g_{\text{ACB}} = 0.33\text{ kN/m}^2$.

G_2 = Charge permanente additionnelle, admise = 0.75 kN/m^2

Q = Charge d'exploitation,

valeur choisie pour cet exemple : 6 kN/m^2

$G_1 = g_{\text{dalle}} + g_{\text{ACB}} = 2.33\text{ kN/m}^2$

$G_2 = 0.75\text{ kN/m}^2$

$Q = 6\text{ kN/m}^2$

$q_{\text{dim}} = 39.5\text{ kN/m}$

En utilisant les abaques de pré-dimensionnement en fonction de la charge et de la portée, le profilé nécessaire peut être estimé. Etant donné qu'une hauteur finale maximale a été imposée, le premier choix d'abaque se porte sur la gamme HEA&HEB avec les deux nuances d'acier S355 et S460.



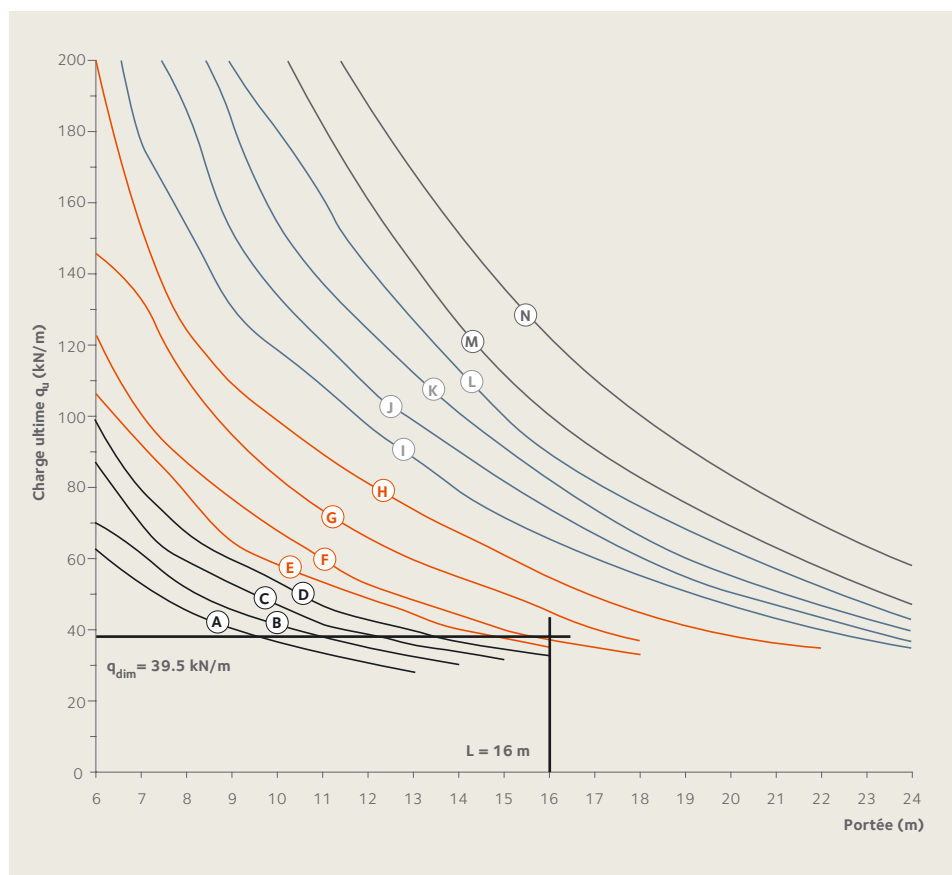
Voir page suivante : exemple 1.

Le choix se porte sur la courbe G à base HEA400/HEB400 avec $a_0 = 360\text{ mm}$ et $H = 542\text{ mm}$ en qualité S355. En faisant la même opération sur le tableau avec la nuance d'acier S460, il s'avère que le profilé nécessaire est identique. Ceci est dû au fait que le critère de dimensionnement pour cette configuration est la flèche et que l'inertie ne change pas avec une nuance d'acier plus élevée. Si la limitation de la hauteur finale n'est pas vraiment stricte, on peut considérer l'utilisation de l'abaque avec la configuration IPE&HEA/-B.

Voir page suivante : exemple 2.

Le profilé nécessaire est alors un IPE450/HEA450 (courbe E) avec $a_0 = 400\text{ mm}$ et $H = 609\text{ mm}$. Cette solution est plus légère que la précédente. Le profilé connu, il est recommandé d'introduire les valeurs dans le logiciel de pré-dimensionnement ACB afin d'affiner les résultats et d'effectuer les différents contrôles en ELS et en ELU.

Exemple 1.



Section mixte Acier-Béton

Profilé de base :

HEA & HEB-B,

$S = 1.5a_0$ - Nuance S355.

Epaisseur dalle = 12 cm.

Béton C25/30

A = HEA 260-HEB 260 ($a_0=230$, $S=345$, $H=345$)

B = HEA 280-HEB 280 ($a_0=250$, $S=375$, $H=374$)

C = HEA 300-HEB 300 ($a_0=270$, $S=405$, $H=403$)

D = HEA 320-HEB 320 ($a_0=290$, $S=435$, $H=431$)

E = HEA 340-HEB 340 ($a_0=300$, $S=450$, $H=456$)

F = HEA 360-HEB 360 ($a_0=320$, $S=480$, $H=484$)

G = HEA 400-HEB 400 ($a_0=360$, $S=540$, $H=542$)

H = HEA 450-HEB 450 ($a_0=410$, $S=615$, $H=613$)

I = HEA 500-HEB 500 ($a_0=460$, $S=690$, $H=685$)

J = HEA 550-HEB 550 ($a_0=500$, $S=750$, $H=752$)

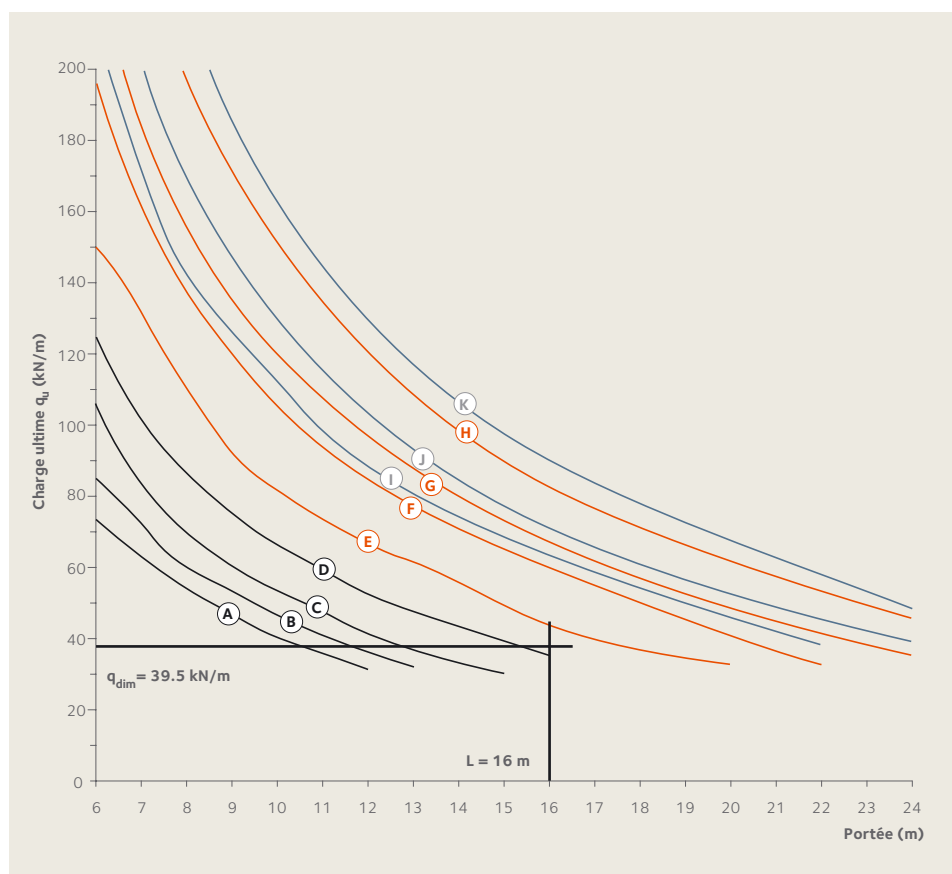
K = HEA 600-HEB 600 ($a_0=550$, $S=825$, $H=824$)

L = HEA 650-HEB 650 ($a_0=600$, $S=900$, $H=896$)

M = HEA 700-HEB 700 ($a_0=650$, $S=975$, $H=967$)

N = HEA 800-HEB 800 ($a_0=740$, $S=1110$, $H=1106$)

Exemple 2.



Section mixte Acier-Béton

Profilé de base :

IPE & HEA-B,

$S = 1.5a_0$ - Nuance S355.

Epaisseur dalle = 12 cm.

Béton C25/30

A = IPE 300-HEA 280 ($a_0=260$, $S=390$, $H=388$)

B = IPE 330-HEA 300 ($a_0=280$, $S=420$, $H=422$)

C = IPE 360-HEA 340 ($a_0=310$, $S=465$, $H=470$)

D = IPE 400-HEA 400 ($a_0=350$, $S=525$, $H=537$)

E = IPE 450-HEA 450 ($a_0=400$, $S=600$, $H=609$)

F = IPE 500-HEA 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=719$)

G = IPE 550-HEA 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=828$)

H = IPE 600-HEA 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=963$)

I = IPE 500-HEB 550 ($a_0=480$, $S=720$, $H=724$)

J = IPE 550-HEB 650 ($a_0=560$, $S=840$, $H=833$)

K = IPE 600-HEB 800 ($a_0=640$, $S=960$, $H=968$)



Support technique & parachèvement

Support technique

Nous vous proposons des conseils techniques gratuits pour optimiser l'emploi de nos produits et solutions dans vos projets et pour répondre à vos questions relatives à l'utilisation des profilés et aciers marchands. Ces conseils techniques couvrent la conception d'éléments de structures, les détails constructifs, la protection des surfaces, la protection incendie, la métallurgie et le soudage.

Nos spécialistes sont à votre disposition pour accompagner vos initiatives à travers le monde.

Pour faciliter le dimensionnement de vos projets, nous proposons également un ensemble de logiciels et documentations techniques que vous pouvez consulter ou télécharger sur le site

www.arcelormittal.com/sections

Parachèvement

Pour compléter les possibilités techniques de nos partenaires, nous nous sommes dotés d'outils de parachèvement performants et offrons un large éventail de services, tels que :

- forage
- oxycoupage
- découpes en Tés
- crantage
- contrefléchage
- cintrage
- dressage
- mise à longueur exacte par sciage à froid
- soudage de connecteurs
- grenaillage
- traitements de surface

Building & Construction Support

ArcelorMittal dispose d'une équipe de professionnels multi-produits dédiée au marché de la construction: la division Building and Construction Support (BCS).

Une palette complète de produits et solutions dédiés à la construction sous toutes ses formes : structures, façades, couvertures, etc. est disponible sur le site

www.constructalia.com

Vos partenaires

FRANCE

ArcelorMittal
Commercial Sections
5, rue Luigi Cherubini
F-93212 La Plaine Saint Denis Cedex
Tél. : +33 (0) 1 71 92 16 30
Fax : +33 (0) 1 71 92 17 97
www.arcelormittal.com/sections

ArcelorMittal
Building & Construction Support
5, rue Luigi Cherubini
F-93212 La Plaine Saint Denis Cedex
www.arcelormittal.com/constructalia

OTUA
Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier
5, rue Luigi Cherubini
F-93212 La Plaine Saint Denis Cedex
Tél. : +33 (0) 1 71 92 17 21
Fax : +33 (0) 1 71 92 17 89
www.otua.org

CTICM
Centre Technique Industriel de la
Construction Métallique
Domaine de Saint-Paul
F-78471 St-Rémy-lès-Chevreuses Cedex
Tél. : +33 (0) 1 30 85 25 00
Fax : +33 (0) 1 30 52 75 38
www.cticm.com

BELGIQUE

ArcelorMittal
Commercial Sections
Benelux B.V.
Boompjes 40
NL-3011 XB Rotterdam (Pays-Bas)
Tél. : +31 1 020 60 555
Fax. : +31 1 020 60 559
www.arcelormittal.com/sections

ArcelorMittal
Building & Construction Support
Chaussée de Zellik 12
B-1082 Bruxelles (Berchem-Sainte-Agathe)
www.arcelormittal.com/constructalia

Centre Information Acier
Chaussée de Zellik 12
B-1082 Bruxelles (Berchem-Sainte-Agathe)
Tél. : +32 2 509 15 01
Fax : +32 2 511 12 81
www.infosteel.be

ArcelorMittal
Commercial Sections

66, rue de Luxembourg
L-4221 Esch-sur-Alzette
LUXEMBOURG
Tel.: + 352 5313 3014
Fax: + 352 5313 3087

www.arcelormittal.com/sections



Sources Mixtes

Groupe de produits issu de forêts bien
gérées et d'autres sources contrôlées.
www.fsc.org Cert no. EUR-COC-051203
© 1996 Forest Stewardship Council